

Marit Thyholt

Varmeforsyning til lav- energiboliger i områder med fjernvarmekonsesjon

Analyser av CO₂-utslipp og
forsyningsikkerhet for elektrisitet

Doktoravhandling
for graden philosophiae doctor

Trondheim, august 2006

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for arkitektur og billedkunst
Institutt for byggekunst, historie og teknologi



NTNU

Det skapende universitet

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Doktoravhandling
for graden philosophiae doctor

Fakultet for arkitektur og billedkunst
Institutt for byggekunst, historie og teknologi

© Marit Thyholt

ISBN 82-471-8093-6 (trykt utg.)
ISBN 82-471-8092-8 (elektr. utg.)
ISSN 1503-8181

Doktoravhandling ved NTNU 2006:162

Trykt av NTNU-trykk

Marit Thyholt

Varmeforsyning til lavenergiboliger i områder med fjernvarmekonsesjon

Analyser av CO₂-utslipp og
forsyningssikkerhet for elektrisitet

Doktoravhandling
for graden Philosophiae Doctor (PhD)

Trondheim, juni 2006

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)
Fakultet for arkitektur og billedkunst
Institutt for byggekunst, historie og teknologi

Forord

Denne doktoravhandlingen er utført ved Institutt for byggekunst, historie og teknologi, Fakultet for arkitektur og billedkunst ved NTNU i Trondheim. Doktorstipendet har vært finansiert av Norges Forskningsråd, og gjennomført som en del av prosjektet "Passiv klimatisering i bygninger" ved SINTEF Byggforsk, avdeling Arkitektur og byggteknikk.

Min bakgrunn er sivilingeniør fra bygningsingeniøravdelingen ved NTH i 1986, og siden hovedsakelig som forsker ved SINTEF. Her har jeg arbeidet med problemstillinger innenfor fagområdet energibruk i bygninger, og arbeid med energikrav i de norske byggeforskriftene har vært sentralt. I de senere årene er det blitt mer aktuelt å se miljøvennlig energiforsyning og energieffektivisering i sammenheng, to viktige satsingsområder som ikke nødvendigvis er enkle å kombinere innenfor akseptable økonomiske rammebetingelser. Dette er også bakgrunnen for avhandlingen.

En stor takk rettes til veilederne, som har bidratt med verdifull veiledning og viktige innspill i arbeidet med avhandlingen. Oppnevnte veiledere har vært:

- Anne Grete Hestens, professor ved Institutt for byggekunst, historie og teknologi, Fakultet for arkitektur og billedkunst ved NTNU (hovedveileder)
- Øyvind Aschehoug, professor ved Institutt for byggekunst, historie og teknologi, Fakultet for arkitektur og billedkunst ved NTNU
- Tor Helge Dokka, seniorforsker ved SINTEF Byggforsk, Arkitektur og byggteknikk
- Rolf Ulseth, førsteamanuensis ved Institutt for energi- og prosessteknikk, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, NTNU

En stor takk rettes spesielt også til Kristian M. Lien, Ceoto AS, som har bidratt med både tid og gode råd rundt forståelsen av elektrisitets- og fjernvarmeforsyningen. En stor takk også til Trondheim Energiverk Fjernvarme, og spesielt May Toril Moen, som velvillig har bidratt med informasjon om fjernvarmeforsyningen i Trondheim, samt gode og viktige råd når det gjelder forståelse og beskrivelse av den generelle fjernvarmeforsyningen. Det rettes også stor takk til de øvrige fjernvarmeprodusentene som har bidratt med informasjon om sine anlegg. Både utbyggingsselskaper, kommuner og andre private og offentlige aktører har bidratt med nyttige råd og informasjon. En stor takk også til disse.

I stipendperioden har jeg fått anledning til å sitte sammen med mine gode kolleger ved SINTEF, avdeling Arkitektur og byggteknikk. Godt arbeidsmiljø, mange faglige diskusjoner og masse humor har bidratt til å gjøre stipendperioden til en trivelig og inspirerende periode. Hyggelige turer og samvær med kolleger fra Institutt for byggekunst, historie og teknologi ved NTNU har også bidratt til å gjøre stipendtiden til en fin periode.

Sammendrag

Krav om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg har i flere utbyggingsprosjekter, hovedsakelig i Trondheim, vist seg å komme i konflikt med bygging av lavenergiboliger. Utbyggerne av disse prosjektene fant at kostnadene knyttet til installasjon av vannbasert varmeanlegg for romoppvarming, i tillegg til frivillige energisparetiltak, totalt ble for høye til å gi akseptabel lønnsomhet i byggeprosjektet. Dessuten mente utbyggerne at kostnadene knyttet til et vannbasert varmeanlegg ikke sto i forhold til det lave behovet for romoppvarming. Utbyggerne ønsket av disse grunnene heller å benytte et rimeligere elektrisk varmeanlegg. Bruk av fjernvarme til tappevannsoppvarming, eventuelt også til oppvarming av ventilasjonsluft, ble imidlertid oppfattet som akseptabelt. Det var derfor ikke selve tilknytningsplikten som ble opplevd som problematisk, men heller kravet til varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg. I flere av byggeprosjektene ble lavenergikonseptet lagt bort når kommunen opprettholdt kravet til varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme. Fra byggesakene fremkom det at det var divergerende synspunkter hos aktørene som var involvert i byggesakene eller i byggesaksbehandlingen når det gjelder miljøkonsekvensene ved bruk av fjernvarme og elektrisitet til varmeformål. Av hensyn til fjernvarmeproduzentens økonomi og forutsigbarhet ønsket ikke politikerne å gi dispensasjon fra kravet om varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme. Kommunen hadde også vedtatt å satse på fjernvarme i tråd med nasjonale målsetninger. Samtidig var politikerne usikre på miljøkonsekvensene ved å åpne opp for slike dispensasjoner.

En spørreundersøkelse blant større boligutbyggere i Trondheim viser også at disse utbyggerne av økonomiske årsaker enten ikke vil komme til å bygge lavenergiboliger, eller er tilbakeholdne med å bygge slike boliger i områder med fjernvarmekonsekvenser så lenge kommunen opprettholder kravet om varmeanlegg for romoppvarming som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg.

Basert på de forutsetningene som er lagt til grunn for analysene i avhandlingen, vil årlige utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål generelt bli høyere for lavenergiboliger med helelektrisk oppvarming enn for en referansestandard, utført i henhold til antatt reviderte energikrav og med bruk av fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming. Dersom det benyttes fjernvarme til oppvarming av tappevann i lavenergiboliger, vil utslipp av CO₂ generelt kunne bli lavere enn for referansealternativet, avhengig av forhold som type grunnlastanlegg i fjernvarmeproduksjonen, klima m.m.

Sammenlignet med ny boligmasse bygget i henhold til antatt reviderte energikrav og hvor det benyttes fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming, vil økt behov for effektkapasitet i elektrisitetsforsyningen etter 20 år ved at det bygges lavenergiboliger med helelektrisk oppvarming, utgjøre cirka 5 % sett i forhold til dagens effektkapasitet.

Innhold

1	INNLEDNING	1
1.1	Introduksjon og målsetning.....	1
1.2	Bakgrunn	1
1.2.1	Utviklingen av energibruken i boligsektoren.....	2
1.2.2	Energibærere og varmeanlegg	4
1.2.3	Forurensende utslipp	9
1.2.4	Energiomlegging	10
1.3	Metode	11
1.4	Organisering.....	12
2	PASSIV ENERGIDESIGN.....	15
2.1	Introduksjon.....	15
2.2	Prinsipp	15
2.3	Motivasjon	20
2.4	Varmeanlegg	22
2.4.1	Varmeanlegg i lavenergiboliger	22
2.4.2	Varmeanlegg i nye boliger	23
2.5	Erfaringer med lavenergiboliger	24
2.6	Diskusjon.....	26
3	LOVVERKET SOM INSENTIV ELLER BARRIERE FOR BYGGING AV LAVENERGIBOLIGER	27
3.1	Introduksjon.....	27
3.2	Plan- og bygningsloven	28
3.2.1	Energiforsyning og varmeanlegg.....	28
3.2.2	Beredskapshensyn og varmeanlegg.....	34
3.2.3	Minstekrav til bygningers energieffektivitet	34
3.2.4	Kommunenes virkemidler	36
3.3	Energiloven	37
3.4	Energisertifikat.....	38
3.5	Tariffer, gebyrer og avgifter	38
3.5.1	Elektrisitet.....	39
3.5.2	Fjernvarme	41
3.6	Diskusjon.....	44
4	LAVENERGIPROSJEKTER I OMRÅDER MED FJERNVARMEKONSESJON.....	47
4.1	Introduksjon.....	47
4.2	Byggesaker	48
4.2.1	Rosenborg Park i Trondheim.....	48

4.2.2	Bloksberg studentboliger i Trondheim.....	54
4.2.3	Utleir Østre i Trondheim.....	59
4.2.4	Okstad Østre i Trondheim	62
4.2.5	Løren Park i Oslo.....	64
4.3	Spørreundersøkelse blant boligutbyggere i Trondheim	66
4.3.1	Bakgrunn og spørsmålsstilling	66
4.3.2	Resultat.....	67
4.4	Diskusjon.....	69
5	ENERGIFORSYNING TIL VARMEFORMÅL.....	71
5.1	Introduksjon.....	71
5.2	Fjernvarmeproduksjonen i Norge	71
5.3	Energibærere i fjernvarmeproduksjonen	74
5.3.1	Avfall og deponigass	78
5.3.2	Biobrensler	79
5.3.3	Omgivelsesvarme.....	80
5.3.4	Spillvarme fra industri.....	81
5.3.5	Fyringsoljer.....	81
5.3.6	Naturgass.....	82
5.3.7	Elektrisitet.....	82
5.4	Miljøbelastninger ved produksjon av fjernvarme og elektrisitet	83
5.4.1	Årsvirkningsgrader for kjeler i fjernvarmeanlegg.....	86
5.4.2	Elektrisitetsforbruk til drift av kjeler og sirkulasjonspumper	86
5.4.3	Tap i fjernvarme- og elektrisitetsnettet	87
5.4.4	CO ₂ -faktorer for energibærere.....	87
5.4.5	Diskusjon.....	93
6	LAVENERGIBOLIGER OG VARMEFORSYNING I ET MILJØPERSPEKTIV	95
6.1	Introduksjon.....	95
6.2	Boligmodeller.....	95
6.2.1	Konstruksjoner og lufttetthet.....	98
6.2.2	Varmeanlegg og energiforsyning til varmeformål.....	108
6.2.3	Ventilasjonsanlegg.....	110
6.2.4	Brukervaner	113
6.2.5	Klima.....	118
6.3	Energi- og effektbehov i boligmodellene.....	119
6.3.1	Beregnet energibehov	119
6.3.2	Beregnet effektbehov	122
6.4	Fjernvarmemodeller	124
6.4.1	Produksjonsprofil over året	124
6.4.2	Fjernvarmemodell FV-lav.....	127
6.4.3	Fjernvarmemodell FV-høy.....	128
6.4.4	Spisslastproduksjon	128
6.4.5	CO ₂ -faktorer for FV-lav og FV-høy	130

6.5	Varmeforsyning og CO ₂ -utslipp, hovedanalyse	134
6.6	Alternative analyser	139
6.6.1	Andre klima	140
6.6.2	Forenklede fjernvarmemodeller og annen produksjonsprofil	143
6.6.3	TEK-97 som referansestandard	150
6.6.4	Kollektiv måling og avregning av fjernvarmeforbruk	152
6.6.5	Bolig-C med fjernvarme til romoppvarming	154
6.6.6	Utslipp av CO ₂ i energikjeder i henhold til prEN 15203	155
6.7	Diskusjon	157
7	KONKLUSJON	161
	ENGLISH SUMMARY	165
	REFERANSER	187
	VEDLEGG 1. DEFINISJONER	197
	VEDLEGG 2. MOTIVASJON FOR BYGGING AV LAVENERGIBOLIGER	201
	VEDLEGG 3. RESULTATER FRA ALTERNATIVE ANALYSER	213
	V3.1 Andre klima	213
	V3.2 Forenklede fjernvarmemodeller	217
	V3.3 TEK-97 som referansestandard	231
	V3.4 Kollektiv måling og avregning	235
	V3.5 Bolig-C med fjernvarme til romoppvarming	237
	V3.6 Utslipp av CO ₂ i energikjeder i henhold til prEn 15203	238
	VEDLEGG 4. BYGGEFORSKRIFTER - HISTORIKK	239
	VEDLEGG 5. MILJØBELASTNINGER KNYTTET TIL PRODUKSJON OG DISTRIBUSJON AV BRENSLER	245
	VEDLEGG 6. SPØRRESKJEMA TIL BOLIGUTBYGGERE	249
	VEDLEGG 7. INNSPILL TIL BYGNINGSLOVUTVALGET	253

1 Innledning

1.1 Introduksjon og målsetning

Bygging av lavenergiboliger i større utbyggingsprosjekter er en helt ny situasjon i Norge. Kommunene har i liten grad analysert hvilken betydning denne boligstandarden vil ha for energiforsyningen, og hvordan denne standarden eventuelt vil rokke ved planene for satsing på fjernvarme. Bestemmelsene rundt kravene om tilknytning til fjernvarmeanlegg og kravet til varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme, er heller ikke formulert slik at energiforsyningen og varmebehovet skal ses i sammenheng. Det er derfor behov for å analysere lovgivningen rundt tilknytningsplikten for boliger med lavt varmebehov, først og fremst ut fra miljøhensyn og hensynet til sikkerheten i elektrisitetsforsyningen. Det er også behov for å kunne gi et beslutningsunderlag for kommunene i byggesaker hvor varmeanlegg i lavenergiboliger i områder med fjernvarmekonsesjon skal vurderes. Målsetningen med avhandlingen er å utarbeide et slikt beslutningsunderlag. Dette beslutningsunderlaget skal være basert på en overordnet nasjonal målsetning om reduksjon av CO₂-utslipp og bedring av sikkerheten i elektrisitetsforsyningen.

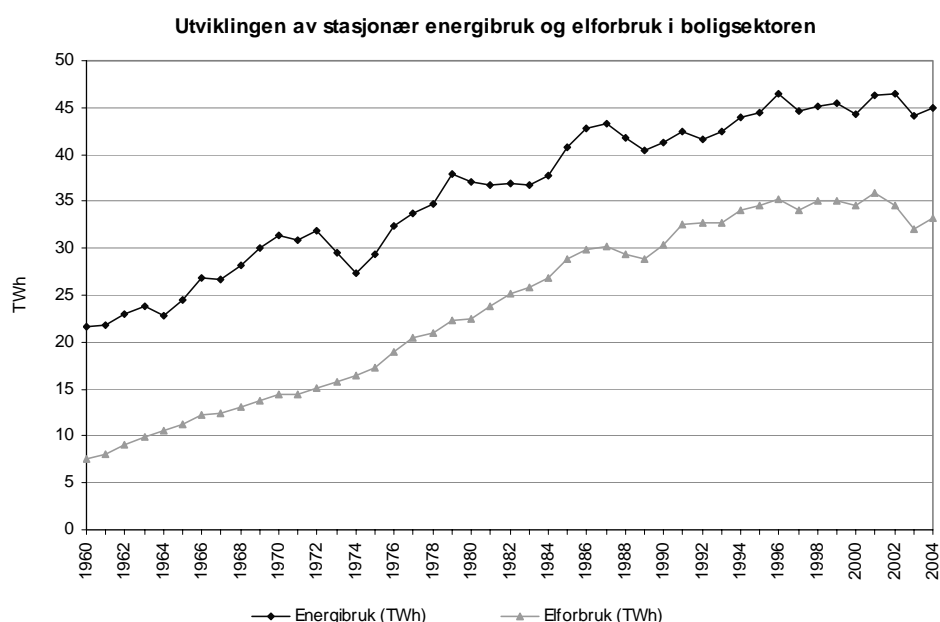
1.2 Bakgrunn

Norge er en energinasjon. I dette ligger at Norge har unike naturgitte energiressurser, særlig i form av olje, naturgass og vannmagasiner. Landet har også store og til nå nokså lite utnyttede energiressurser som vind, tidevann og bølger langs kysten. Som mange andre land har Norge også et betydelig samlet energipotensial i fornybare energiressurser som biomasse, solvarme og omgivelsesvarme, og i tillegg er avfall og spillvarme fra industri viktige energiressurser. Energiuttaket i Norge er over ni ganger større enn det innenlandske forbruket, noe som innebærer at Norge er en betydelig eksportør av energi.

Et moderne samfunn krever utstrakt bruk av energi til ulike formål, og i Norge har veksten i energibruken økt i takt med den økonomiske utviklingen. Den innenlandske energibruken i 2004, når det ses bort fra energisektorene, utgjorde 226 TWh. Dette var en økning på 31 % siden 1983 (SSB, 2005b), og økningen tilsvarer i gjennomsnitt 1,5 % hvert år. For bygningsmassen i sin helhet var den stasjonære og klimakorrigerede energibruken i 2001 cirka 82 TWh, og i boligsektoren cirka 47 TWh (Enova, 2005).

1.2.1 Utviklingen av energibruken i boligsektoren

Siden tidlig på 1960-tallet og frem til i dag er energibruken i boligsektoren mer enn fordoblet, til tross for stadig skjerpede krav til bygningers energieffektivitet. Det er flere årsaker til denne økningen. Vi blir stadig flere innbyggere, boligarealet har økt, og det har vært en kraftig økning i bruken av elektriske hjelpemidler i husholdningene. Økte krav til komfort, med blant annet høyere og mer stabile innnetemperaturer, flere oppvarmede rom og økt bruk av varmt tappevann, vil også kunne forklare noe av den økte energibruken. Energi- og elektrisitetsprisene har holdt seg relativt lave i denne perioden, og insentiver til energisparing har derfor ikke vært særlig til stede. Siden begynnelsen på 1990-tallet har imidlertid økningen av både elektrisitets- og energibruken i boligsektoren flatet noe ut, se Figur 1-1.



Figur 1-1 Utviklingen av elektrisitets- og energibruken i boligsektoren i perioden 1960 til og med 2004. Ikke klimakorrigerede data. Kilde: (Bøeng, 2005)

Den reduserte veksten i elektrisitets- og energibruken de siste årene har skjedd til tross for at boligarealet har økt¹ med mer enn 30 % frem til i dag. Dette indikerer at boligmassen i gjennomsnitt er blitt mer energieffektiv i løpet av denne perioden². Mens den spesifikke energibruken³ i boligmassen på midten av 1980-tallet var om lag 240 kWh/m², var den i begynnelsen på 2000-tallet under 210 kWh/m², avhengig av variasjoner i utetemperaturer. I Figur 1-2 er den relative

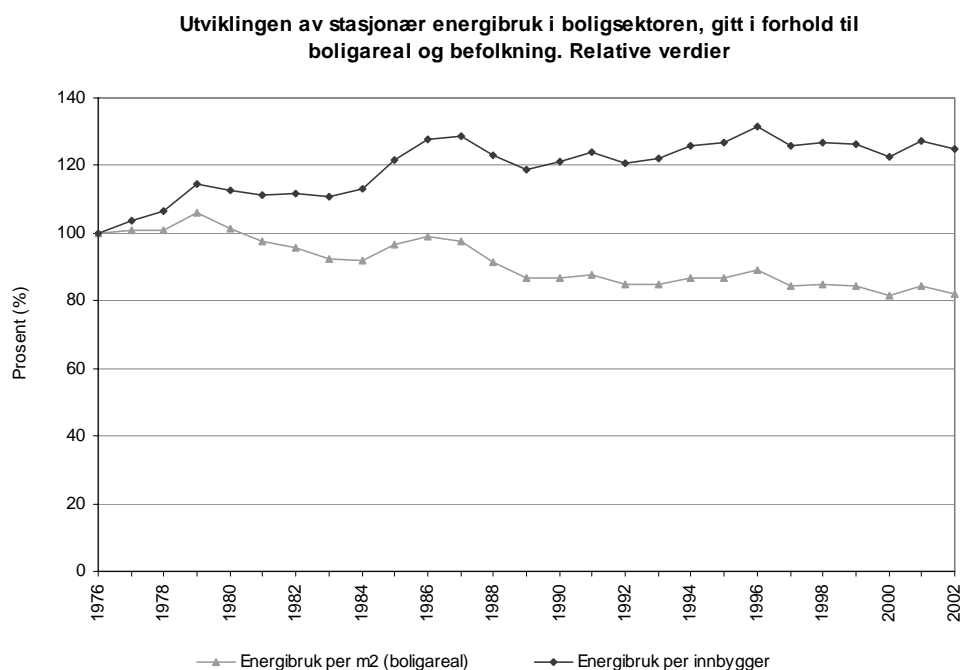
¹ Kilde for økning av boligarealet: se figurtekst til Figur 1-2

² Korrigerer for klimavariasjoner vil kunne gi et noe annet bilde av utviklingen

³ Tall basert på samme kildemateriale som Figur 1-2

utviklingen av spesifikk energibruk i boligsektoren vist for perioden 1976 til og med 2002.

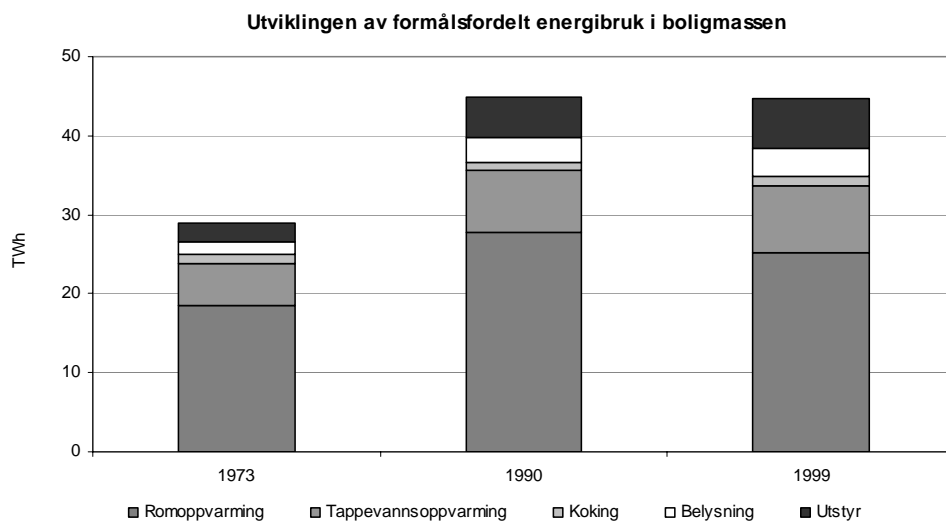
Hver og en av oss bruker i gjennomsnitt stadig mer energi til drift av våre boliger. Dette er også vist i Figur 1-2. Sammenlignet med Sverige og Danmark er energibruken per person i norske husholdninger omtrent den samme når det korrigeres for ulikheter i klima (Unander m. fl., 2004).



Figur 1-2 Relativ økning av stasjonær energibruk i boligsektoren, gitt i forhold til boligareal og befolkning. Relative verdier. Kilder: energistatistikk (Bøeng, 2005). Innbyggertall: historisk befolkningsstatistikk fra SSB. Boligareal basert på SSB Boforholdsundersøkelsen (1995), SSB Utvikling i boforhold 1987 - 1997 (Rapport 2002/3), SSB Levekårsundersøkelsen (2001), SSB Folke- og boligtellingen (2001).

I Figur 1-3 er utviklingen av energibruken i den norske boligsektoren vist, fordelt på ulike energitjenester. Energibruken til romoppvarming¹ utgjorde i 1999 i følge (Unander m. fl., 2004) cirka 54 % av den stasjonære energibruken i boligmassen. Når energibruken til varmt tappevann inkluderes, utgjorde energibruken til varmeformål 75 % av den stasjonære energibruken. Sett i forhold til den totale innenlandske energibruken, utgjør energibruk til varmeformål i boligsektoren om lag 15 %.

¹ I Enovas energistatistikk utgjør energibruken til romoppvarming 63 % (29,5 TWh) av den totale stasjonære energibruken i boligsektoren (2001). Tilsvarende tall for vannoppvarming er ikke gitt i denne statistikken



Figur 1-3 Formålsfordelt energibruk i husholdningene i 1973, 1990 og 1999. Kilde: (Unander m. fl., 2004)

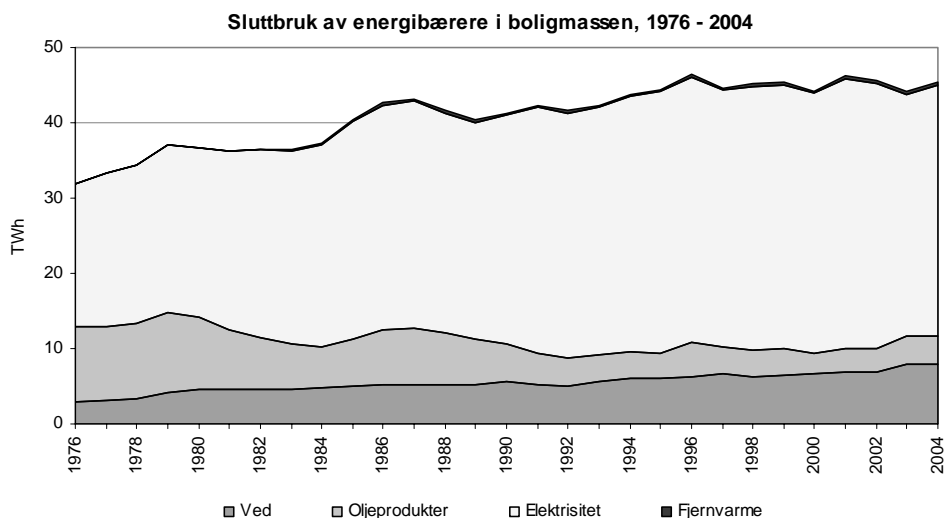
Energibruken i nye eneboliger, bygget i henhold til tekniske forskrifter fra 1997, vil kunne utgjøre i størrelsesorden 170 kWh per kvadratmeter boligareal (Fossdal, 2006).

Energibruk til drift av boligmassen utgjør om lag 28 % av husholdningenes totale direkte og indirekte energibruk. Andre store energibruksposter er transporttjenester (direkte) og produksjon og transport av matvarer og nytelsesmidler (indirekte), som til sammenligning utgjør henholdsvis cirka 25 % og 18 % av husholdningenes totale energibruk (Hille, 1995).

1.2.2 Energibærere og varmeanlegg

Til drift av boligmassen benyttes en rekke ulike energibærere. Elektrisitet kan benyttes til alle nødvendige energitjenester i boligen. Til oppvarmingsformål kan også andre energibærere benyttes. Av Figur 1-4 fremkommer sammensetningen av energibærere benyttet til drift av den norske boligmassen fra 1976 til med 2004. Elektrisitet utgjorde 73 % av energibruken i boligmassen i 2004.

Utnyttelsen av solvarme eller varme fremskaffet ved bruk av varmepumper fremkommer ikke av Figur 1-4. Dette skyldes at solvarmen normalt ikke betraktes som en del av energiforsyningen, og at kun elektrisitet til drift av varmepumpene er inkludert i energiregnskapet. Utnyttbar solvarme i den norske boligmassen ble for 1997 estimert til om lag 4,4 TWh, eller i gjennomsnitt 22 kWh per kvm boligareal (Wienold m. fl., 2003). Tilsvarende tall for varme fra varmepumper er ikke kjent (Baardsen, 2005)



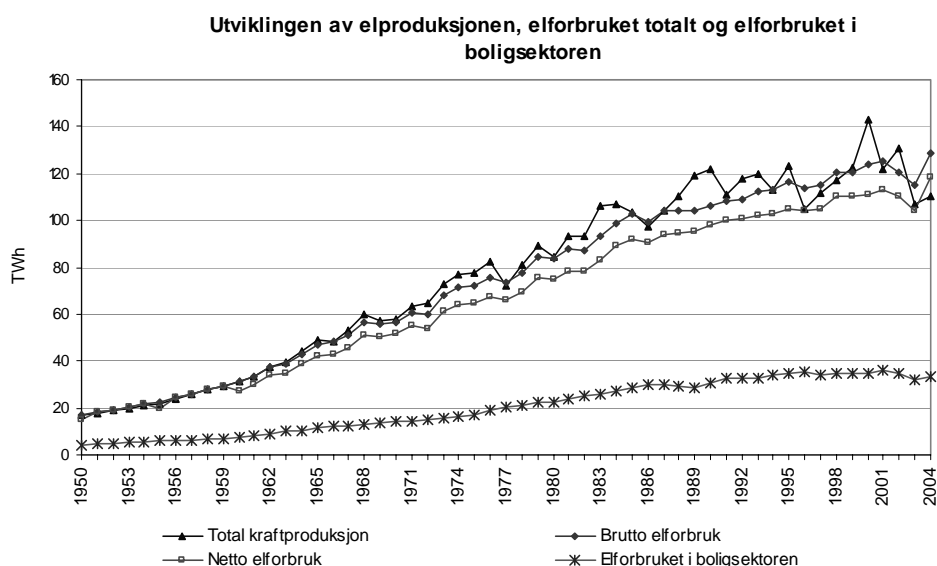
Figur 1-4 Utviklingen av den stasjonære energibruken i boligsektoren, gitt etter sluttbruk av energibærere. Kull, koks og naturgass fremkommer ikke av figuren pga lave verdier. Kilder: statistikk for 1976 – 2002 mottatt fra SSB, for 2003 og 2004 fra SSBs energiregnskap og -balanse (2005).

Det har vært en jevn vekst i bruken av fjernvarme i Norge de siste 10 til 15 årene. I 2004 var sluttforbruket av fjernvarme allikevel ikke høyere enn 2,4 TWh, hvorav 0,4 TWh ble benyttet i boligsektoren. Fjernvarmeforbruket i boligsektoren tilsvarer cirka 1 % av all energibruk til oppvarming når også varmt tappevann er inkludert. Til sammenligning utgjør bruken av fjernvarme i Sverige og Danmark i følge (IEA og OECD, 2004) henholdsvis cirka 30 og 40 % av energibruken til romoppvarming (1998). Den svenske fjernvarmeproduksjonen domineres av biobrensler, mens den danske produksjonen i hovedsak er basert på fossile brensler, spesielt kull og naturgass (IEA, 2002). I Norge er rundt 65 % av den fjernvarmen som leveres ut på distribusjonsnettet produsert ved avfallsforbrenning, bruk av biobrensler, spillvarme og varmepumper, se nærmere beskrivelse i kapittel 5.3.

Bruk av gass til varmeformål i nye boliger er i følge bransjemagasinet Rørfag (Rørfag, 2005) nå i sterk vekst i Norge. Ved flere av de største boligprosjektene i landet legges det opp til installasjon av gasspeis, og enkelte av prosjektene får også gass som hovedenergikilde. Eksempelvis tilrettelegges nær 70 % av de 500 nye boligene som Selvaagbygg i Oslo oppfører årlig, for bruk av gass. Også Block Watne og Skanska Bolig tilrettelegger for bruk av gass i en stor andel av boligene selskapene nå oppfører. I 2005 var tallet på gasstilkoblinger i boliger cirka 5000, og i 2006 ventes dette tallet i følge Rørfag å stige til rundt 6000.

Veksten i elektrisitetsforbruket og den moderate veksten i ny produksjonskapasitet for elektrisitet har resultert i at Norge i et år med normale nedbørs- og temperaturforhold har et elektrisitetsforbruk som er høyere enn kraftproduksjonen. Dette har ført til at Norge i slike år er netto importør av elektrisitet. Denne problemstillingen har blitt særlig belyst etter den tørre og kalde høsten og vinteren

2002-03, da det ble oppnådd rekordhøyde elektrisitetspriser og frykt for rasjonering av elektrisitet. Denne situasjonen resulterte i høyere oppmerksomhet rundt effekt- og kraftbalansen og energipolitikken i Norge, både blant politikere og vanlige forbrukere. Oppmerksomheten blant forbrukerne dreide seg først og fremst om prisen på elektrisitet, mens det på nasjonalt nivå i større grad ble satt søkelys på forsyningssikkerheten. Aktuelle tiltak for å øke og sikre tilgangen på elektrisitet i Norge er utbygging av ny kraftkapasitet, som blant annet gasskraftverk, og å øke overføringskapasiteten for elektrisitet både innenlands mellom regioner og mellom Norge og utlandet. Dette er tiltak med store økonomiske og/eller miljømessige konsekvenser. Det vil kunne være god samfunnsøkonomi i å redusere eller unngå behovet for slike tiltak, og fokus på reduksjon av elektrisitetsforbruket er derfor i høyeste grad satt på dagsordenen hos politikerne og ellers i samfunnet.



Figur 1-5 Utviklingen av innenlands kraftproduksjon, brutto elforbruk (inkludert pumpekraft, nett-tap og forbruk i kraftstasjonene), netto elforbruk (sluttforbruk) og elforbruket i boligsektoren i perioden 1950 - 2004. Avvik mellom total produksjon og brutto elforbruk er import eller eksport av elektrisitet. Kilder: SSB elektrisitetsstatistikk (2005). For boliger 1960 – 2004 (Bøeng, 2005), før 1960: Institutt for forbruksforskning (notater fra Prof. Hans Granum, NTH).

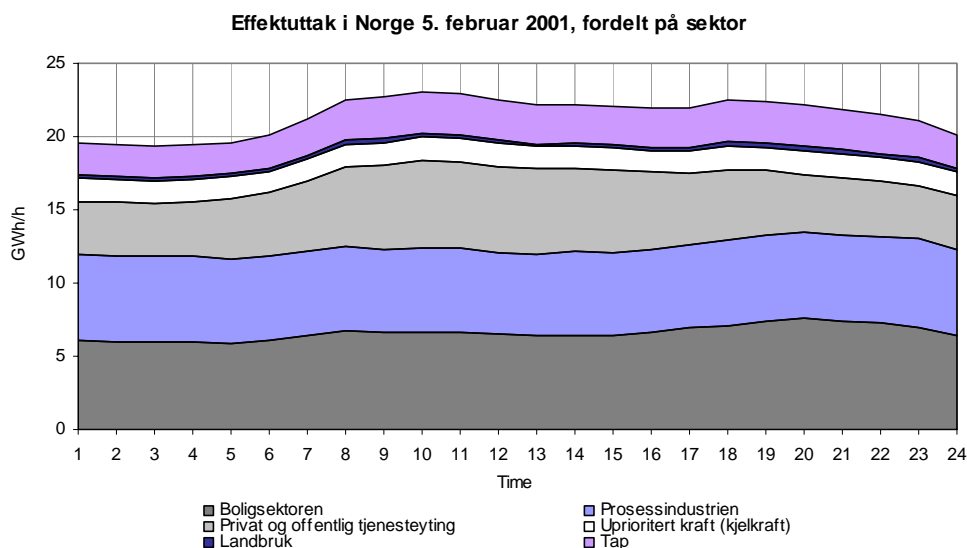
Bruken av elektrisitet i Norge har økt jevnt siden vannkraftutbyggingen i Norge kom i gang for alvor rundt 1900. I Figur 1-5 er utviklingen av innenlands kraftproduksjon og elektrisitetsforbruk i boligsektoren vist for perioden 1950 til og med 2004. Av det totale sluttforbruket av elektrisitet i Norge brukes i dag 28 % i boligsektoren, hvorav 17 % til romoppvarming¹.

Produksjonen i det norske vannkraftsystemet i et normalår er anslått til 119 TWh, men den årlige produksjonen er beregnet å kunne variere så mye som mellom 90

¹ 20,5 TWh elektrisitet til romoppvarming i boligsektoren (Enova, 2005), utgjør 17 % av totalt sluttforbruk av elektrisitet (netto elforbruk) på 118 TWh i 2004.

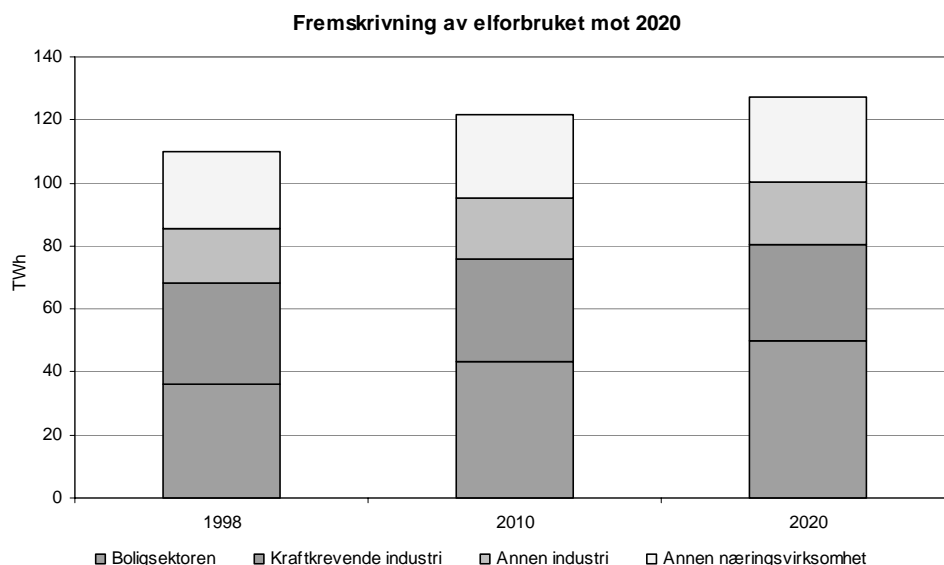
og 150 TWh. I dag har Norge en netto import av elektrisitet i størrelsesorden 5 - 6 TWh i år med normale temperaturforhold og nedbørsmengder. I et vannkraftsystem, som i Norge, vil magasinkapasiteten og fyllingsgraden begrense energiproduksjonen, mens kapasitet i maskiner og overføringslinjer er begrensende for effektuttaket. Flere europeiske land har i dag et betydelig effektoverskudd. Mens effektreserven utgjør 4 % av effektkapasiteten i Norge, utgjør effektreservene i Frankrike, Tyskland og Storbritannia i størrelsesorden 15 til 20 % (OED, 2004b). Norges avhengighet av vannkraft og de siste års begrensede utbygging av ny kapasitet på produksjons- og nettsiden, vil i økende grad medføre utfordringer knyttet til overføringskapasiteten i sentralnettet, særlig i Midt-Norge, Vestlandet i Bergensområdet og Østlandet i Oslo-området. Analyser som Statnett har gjort (Statnett, 2005), viser at kraftsituasjonen allerede i 2008 kan bli så krevende at det er stor risiko for å komme i en situasjon der Midt-Norge ikke kan forsynes tilstrekkelig. Analysene viser videre at det store underskuddet i området i perioder vil medføre fare for såkalt spenningskollaps. Dette vil kunne føre til mørklegging av hele Midt-Norge.

Total tilgjengelig kapasitet i kraftproduksjonen i Norge er i overkant av 24.000 MW. Siste rekord for effektuttak i Norge ble satt morgenen den 5. februar 2001. Forbruket var da oppe i 23 054 MW cirka klokken 10. Effektuttaket i boligsektoren utgjorde cirka 40 % av det totale effektuttaket på dette tidspunktet (Efflocom, 2001), se Figur 1-6. Det er antatt at om lag 50 % av effektuttaket på tidspunktet for maksimalt effektuttak gikk til oppvarmingsformål (Alm, 2001). Overføringstapet under effekttoppen utgjorde 13 % av det totale effektuttaket i nettet. De norske husholdningene har i gjennomsnitt sitt maksimale effektuttak mellom klokken 18 og 19, mens det samlede forbruket har sin effekttopp rundt klokken 10 om formiddagen.



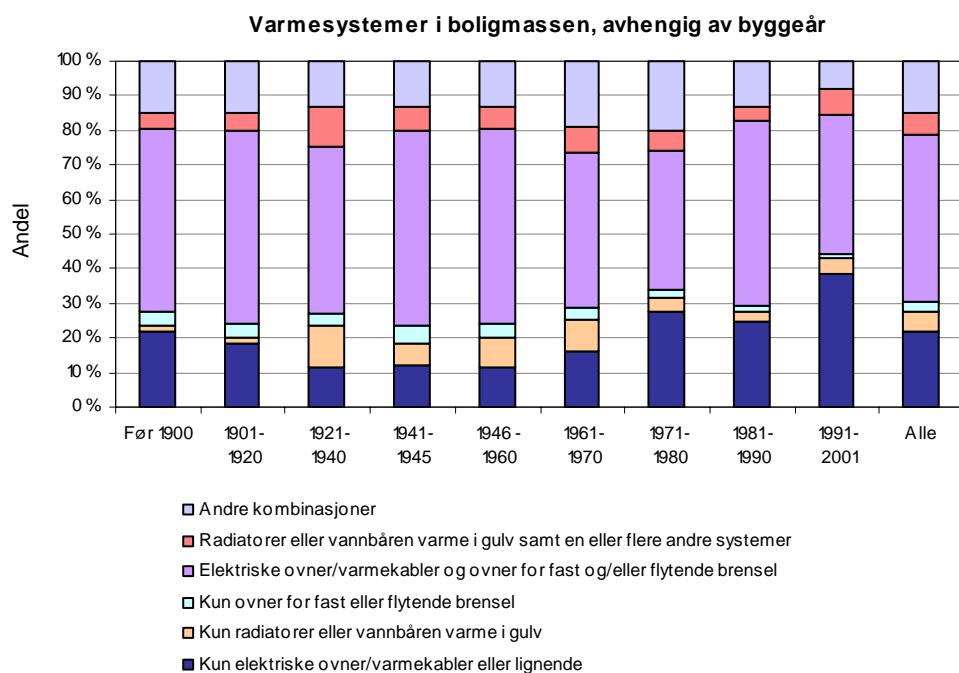
Figur 1-6 Effektuttak i Norge og i ulike sektorer 5. februar 2001. Kilde: basert på (Efflocom, 2001)

I Figur 1-7 er SSBs prognose for utviklingen av elektrisitetsforbruket i boligsektoren frem mot 2020 vist. I prognosen er denne etterspørselen antatt å øke med cirka 1,5 % hvert år frem mot 2020. Prognosen er basert på NOU 1998:11 Energi- og kraftbalansen mot 2020, scenariet "Stø kurs", hvor det er forutsatt minimal endring av den kursen Norge i dag (inntil 1998) har med hensyn til elektrisitetsforbruk, nivået på skatter, avgifter osv.



Figur 1-7 Fremskrivning av elektrisitetsforbruket (inkludert tap og pumpekraft), fordelt på boligsektoren og andre sektorer. Kilde: (Aune, 2003)

Bruken av ulike varmesystemer for romoppvarming i boliger har variert de siste hundre årene. På slutten av 1800-tallet ble de første sentralvarmeanleggene for boliger utviklet. Disse anleggene ble fyrt med ved, kull eller koks. Ganske snart ble det også tatt i bruk elektriske varmeovner, etter hvert som flere fikk tilgang på elektrisitet. Rundt 1960 var elektrisk oppvarming vanligste oppvarmingsmåte i boligene, og som følge av store vannkraftutbygginger og lave elektrisitetspriser, ble de aller fleste boliger bygget på 1970- og 80-tallet installert med elektriske ovner. Disse varmesystemene erstattet i stor grad sentralvarmesystemene (Grytli m. fl., 1998). Også oljekrisene i 1973 og 1979 bidro til en overgang til elektrisk oppvarming. I Figur 1-8 er det gitt en oversikt over hvilke varmesystemer som er installert i dagens boligmasse, avhengig av byggeår. For hele boligmassen benyttes elektriske varmeanlegg i over 70 % av boligene, enten som eneste varmeanlegg, eller i kombinasjon med andre typer varmeanlegg. Tilsvarende tall for vannbaserte varmeanlegg er cirka 12 %.



Figur 1-8 Varmesystemenes andel i den norske boligmassen, etter byggeår. Kilde: basert på SSB, Folke- og bolig tellingen 2001

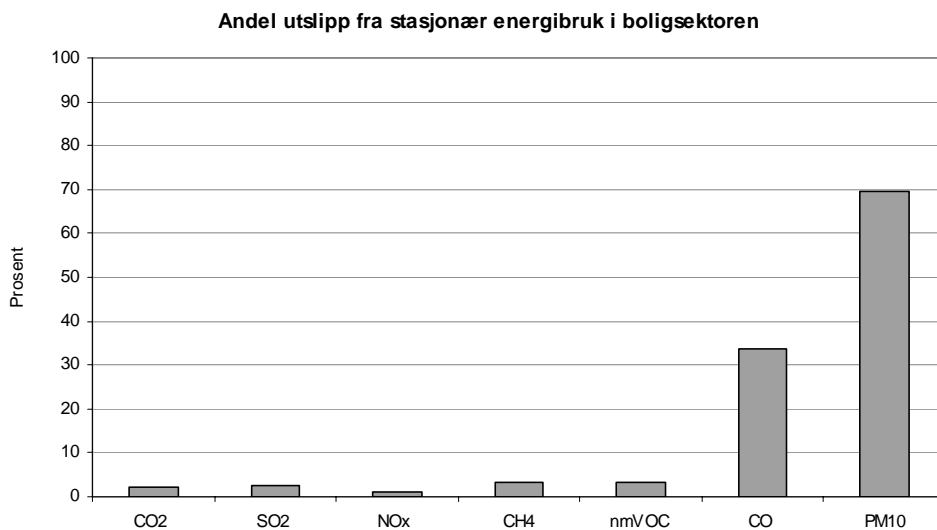
Siden tusenårsskiftet er vannbaserte varmeanlegg igjen blitt mer vanlige, og benyttes nå i om lag 40 % av nye eneboliger. Denne utviklingen er nærmere beskrevet i kapittel 2.4.2.

1.2.3 Forurensende utslipp

Bruk av energi kan forårsake uheldige konsekvenser for miljø og helse, og medvirker til flere av de miljøutfordringene vi står ovenfor i dag. Forurensende utslipp fra produksjon, distribusjon og bruk av energivarer kan medvirke til lokale miljøproblemer, eller de kan transporteres over lengre avstander og skape problemer andre steder. Norge har gjennom flere ulike internasjonale miljøavtaler forpliktet seg til å begrense eller redusere utslipp av ulike forurensningskomponenter. Norge har imidlertid problemer med å overholde flere av disse forpliktelsene, spesielt gjelder dette utslipp av klimagasser, nitrogenoksider og svoveldioksid. Dette er utslipp som hovedsakelig er knyttet til bruk eller utvinning av fossile energiresurser.

Utslipp fra stasjonær forbrenning i husholdningene, sammenlignet med totale nasjonale utslipp, er vist i Figur 1-9. For karbondioksid (CO_2), svoveldioksid (SO_2) og nitrogenoksider (NO_x) er utslippene fra boligsektoren lave, det vil si henholdsvis 2,3 %, 2,6 % og 1,0 % av de totale nasjonale utslippene. Også

husholdningenes utslipp av metan (CH₄) og flyktige organiske forbindelser unntatt metan (nmVOC), er lave. En viktig årsak til disse lave utslippstallene er at elektrisitet utgjør en høy andel av energibruken, og at statistikken forutsetter at denne elektrisiteten er vannkraft. En del av den elektrisiteten som Norge importerer, produseres imidlertid i kullkraftverk med relativt lave virkningsgrader. Elektrisitet kan derfor ikke lenger betraktes som forurensningsfri, i alle fall ikke i sin helhet. Høy andel utslipp av karbonmonoksid (CO) og partikler (PM10) fra boligsektoren tilskrives hovedsakelig vedfyring. Miljøbelastninger knyttet til energibruk er nærmere beskrevet i kapittel 5.4.



Figur 1-9 Andel utslipp til luft fra stasjonær energibruk i norske husholdninger, sammenlignet med totale nasjonale utslipp i 2003. Relative verdier. Kilde: SSB Naturressurser og miljø/kildefordelte utslipp til luft for 2003 (2005)

1.2.4 Energiomlegging

I NOU 1998:11 Energi og kraftbalansen mot 2020 (OED, 1998) ble det anbefalt en omorganisering av enøkvirksomheten i Norge. Dette ble fulgt opp i Energimeldingen (OED, 1999), hvor det også ble varslet om et eget sentralt organ for enøkvirksomheten. Olje- og energidepartementet gikk inn for en slik omorganisering vinteren 2000. Statsforetaket Enova SF ble etablert i 2001, og målet var å styrke arbeidet med en ”miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon” i Norge. Enovas målsetning er å bidra til en energisparing og økt bruk av nye fornybare energikilder, som samlet skal utgjøre 12 TWh innen 2010, med 2001 som referanseår. Av disse 12 TWh skal minimum 4 TWh være økt tilgang på vannbåren varme basert på nye fornybare energikilder, varmepumper og spillvarme, og minimum 3 TWh skal være økt produksjon av vindkraft. Veksten i energibruken skal reduseres ”mer enn om den overlates til seg selv”, og et delmål har vært at energisparing og økt bruk av nye fornybare energikilder samlet skulle utgjøre 5,5 TWh innen utgangen av 2005 (OED og Enova, 2004).

For å nå regjeringens målsetning for energiomleggingen, er energisparing og økt bruk av vannbåren varme, herunder fjernvarme, viktige satsingsområder. Bygging av lavenergiboliger, kjennetegnet spesielt ved at det termiske energibehovet er lavere enn i boliger bygget etter mer alminnelig standard, harmonerer med den uttalte nasjonale målsettingen om å redusere energibruken. Bruk av vannbåren varme på sin side, bidrar til økt energifleksibilitet og reduserer dermed avhengigheten av elektrisitet til varmeformål. Ved bruk av vannbaserte varmesystemer kan fjernvarme og energibærere fra nye fornybare energikilder utnyttes.

Det samfunnsmessige motivet for økt utbygging av fjernvarmekapasiteten er en målsetting om en mer miljøvennlig og energifleksibel energiforsyning. For å sikre det økonomiske grunnlaget for utbygging og drift av slike anlegg, kan kommunen kreve at bygninger som oppføres innenfor et konsesjonsområde for fjernvarme, tilknyttes fjernvarmenettet. I tillegg må slike bygninger utstyres slik at fjernvarme kan benyttes. I praksis innebærer dette installasjon av et vannbasert varmeanlegg.

Energisparetiltak, i avhandlingen også kalt lavenergiltak, og bruk av vannbåren varme er ikke nødvendigvis tiltak som er enkle å kombinere. Erfaringer de siste tre årene viser at frivillige lavenergiltak gjerne droppes når kommunen fastholder kravet om varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme. Dette skjer fordi boligutbyggerne vurderer kostnadene for både lavenergiltak og vannbasert varmedistribusjonsanlegg i samme prosjekt som for høye. Resultatet av flere byggeprosjekter, hvor intensjonen har vært lavenergistandard, har blitt ordinær energistandard, og med vannbåren varme basert på fjernvarme. Alternativet ville blitt boliger med lavere energibehov, men med romoppvarming hovedsakelig basert på elektrisitet. Tiltak for å nå de overordnede målsetningene om bedre forsyningssikkerhet og reduserte miljøbelastninger knyttet til energibruk, er på bakgrunn av disse forholdene derfor ikke nødvendigvis enkle å kombinere. Denne problemstillingen er hovedbakgrunnen for avhandlingen.

1.3 Metode

Et beslutningsunderlag for kommunene i byggesaker hvor varmeanlegg i lavenergiboliger i områder med fjernvarmekonsesjon skal vurderes, er utarbeidet på grunnlag av beregninger av CO₂-utslipp og behov for elektrisk effekt knyttet til varmeformål.

Det er foretatt sammenligninger av CO₂-utslipp for et bolicalternativ med en referansestandard, som i avhandlingen er forutsatt å kunne representere ny energistandard ved neste revisjon av tekniske forskrifter, med to bolicalternativer med ulik grad av lavenergistandard. I referansealternativet benyttes fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming, mens det i lavenergialternativene er forutsatt bruk av elektrisitet, eventuelt fjernvarme til oppvarming av tappevann.

Det er utviklet modeller for fjernvarmeanlegg, som i vesentlig grad anses å representere ytterpunktene når det gjelder bruk av energibærere i grunnlastproduksjonen, samt andelen grunnlastproduksjon av den totale fjernvarmeproduksjonen i norske fjernvarmeanlegg. Disse modellene danner i kombinasjon med energiberegninger for boligalternativene, samt beregnede CO₂-faktorer for elektrisitet og energibærere benyttet i fjernvarmeproduksjonen, grunnlaget for beregning av årlige utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål.

Beregning av behovet for elektrisk effekt til varmeformål i boligalternativene danner grunnlaget for en vurdering av hvordan boligalternativenes energistandard, med tilhørende energiforsyning til varmeformål, vil kunne påvirke fremtidig økt behov for elektrisk effekt i Norge.

Arbeidet med avhandlingen reflekterer status i januar 2006 med hensyn til lovverk, eller forslag til endring av lovverk, med tilhørende regelverk. Tilsvarende gjelder holdninger og praksis hos boligprodusenter, fjernvarmeselskaper og kommuner med hensyn til varmesystemer i lavenergiboliger. Noe informasjon, innhentet etter januar 2006, er imidlertid omtalt.

Målgruppen for avhandlingen er primært norske kommuner, lovgivende myndigheter og byggebransje. Avhandlingen er derfor skrevet på norsk. Et utfyllende sammendrag er imidlertid skrevet på engelsk.

I Vedlegg 1 er det gitt definisjoner av ulike begreper benyttet i avhandlingen. Det er derfor ikke gitt noen nærmere utdyping av begrep i hovedteksten.

1.4 Organisering

I kapittel 1 er det gitt en beskrivelse av utviklingen av elektrisitets- og energibruken i Norge og i boligsektoren, samt behovet for å redusere denne bruken ut fra et miljømessig- og forsyningsikkerhetsmessig synspunkt. I kapittelet rettes fokus på at det er en nasjonal målsetning å gjennomføre tiltak for å både redusere behovet for energi og elektrisitet samt å øke bruken av fjernvarme basert på fornybare energiresurser.

I kapittel 2 er det gitt en beskrivelse av den trenden en nå ser når det gjelder bygging av lavenergiboliger. Denne trenden vil kunne få betydning for energiforsyningen til fremtidige utbyggingsområder. Valg av varmesystemer i slike boliger beskrives også, og ses i forhold til den utviklingen en ser ellers i ny boligbebyggelse, samt i forhold til politiske mål om reduksjon av elektrisitetsforbruket til varmeformål.

I kapittel 3 er det gitt en beskrivelse av hvordan lovverket med tilhørende regelverk kan representere insentiver eller barrierer med hensyn til reduksjon av elektrisitets- og energibruken, samt økt bruk av fornybare energiresurser i varmforsyningen til

nye boliger. Det er lagt spesiell vekt på å beskrive bakgrunnen for tilknytningsplikten til fjernvarmeanlegg, og hvordan denne tilknytningsplikten er ment å skulle praktiseres av kommunene.

I kapittel 4 er det gitt en beskrivelse av flere byggesaker hvor intensjonen har vært bygging av boliger med lavenergistandard i områder med fjernvarmekonsesjon. I disse byggesakene har utbyggerne ønsket og eventuelt søkt dispensasjon fra tilknytningskravet eller kravet om varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme. Byggesakene viser aktørenes ulike synspunkter når det gjelder varmeanlegg i lavenergiboliger i områder med fjernvarmekonsesjon, samt hvilken betydning disse synspunktene har hatt for valg av endelige energiløsninger. Samtidig belyser byggesaksbehandlingen hvordan lovbestemmelsen om tilknytningsplikten er blitt praktisert i byggesaker hvor energibehovet til romoppvarming er planlagt å være lavt.

I kapittel 5 er det gitt en beskrivelse av hvilke energibærere som normalt benyttes i den norske fjernvarmeproduksjonen. Utslippsfaktorer for CO₂, knyttet til produksjon og leveranse av elektrisitet og fjernvarme, er også beskrevet. Innledningsvis i kapittelet er det først gitt en kort beskrivelse av fjernvarmeanlegg, samt utviklingen av fjernvarmeproduksjonen frem til i dag og en mulig utvikling fremover.

I kapittel 6 er utslipp av CO₂, knyttet til bruk av fjernvarme eller elektrisitet til varmeformål i en boligblokk, analysert og diskutert. Innledningsvis i kapittelet er det gitt en beskrivelse av en bygningsmodell, med bygningskropp, tekniske installasjoner og brukervaner. Det er valgt flere alternative utførelser av boligmodellen når det gjelder energistandard, og det er også skilt mellom bruk av elektrisitet og fjernvarme til varmeformål. Det er også utviklet og beskrevet modeller for fjernvarmeanlegg. Disse modellene, i kombinasjon med CO₂-faktorene beskrevet i kapittel 5, danner sammen med energiberegninger for de ulike boligalternativene grunnlaget for beregning av årlige utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål.

I kapittel 6 er også effektberegninger for boligalternativene beskrevet. Effektberegningene danner grunnlaget for en vurdering av hvordan boligalternativenes energistandard, med tilhørende energiforsyning til varmeformål, vil kunne påvirke fremtidig økt behov for elektrisk effekt i Norge.

I kapittel 7 er det gitt konklusjoner fra arbeidet. Resultatene fra CO₂- og effektberegningene er diskutert i forhold til hvordan både boligutbyggere og kommunene bør forholde seg til fremtidig mulige dispensasjonssaker når det gjelder varmeanlegg til romoppvarming i lavenergiboliger i områder med fjernvarmekonsesjon.

2 Passiv energidesign

2.1 Introduksjon

Som beskrevet i kapittel 1 har energibruken i boligmassen økt jevnt og trutt. Selv om den spesifikke energibruken i nye boliger i dag er vesentlig redusert sammenlignet med boliger fra for eksempel fra 1970-årene, er det fortsatt mulig å redusere denne energibruken ytterligere. Vi ser i dag en økende interesse blant boligprodusenter når det gjelder bygging av boliger med lavere energibehov enn hva som er vanlig i nybyggmarkedet. En slik trend vil bidra til å dempe veksten i energibruken, og kanskje snu vekst til reduksjon i boligsektoren dersom trenden forsterkes i årene fremover.

I dette kapitlet beskrives og diskuteres den trenden en nå ser når det gjelder bygging av boliger med redusert energibehov. Valg av varmesystemer i slike boliger beskrives også, og ses i forhold til den utviklingen en ser ellers i ny boligbebyggelse. Utviklingen belyses også i forhold til politiske mål om reduksjon av elektrisitetsforbruket til varmeformål. Fordi det er knyttet en viss skepsis til om energibehovet i slike boliger faktisk blir så lavt som forespeilet, er det også vist til erfaringer med lavenergiboliger. Spesielt er dette en aktuell problemstilling i byggesaker hvor utbygger søker dispensasjon fra kravet om tilknytning til fjernvarmeanlegg, eller fra kravet om varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme, for boliger med lavenergistandard i fjernvarmeområder. Innledningsvis gis en beskrivelse av konseptet ”passiv energidesign”, et konsept som i stor grad er lagt til grunn ved planlegging av nye lavenergiboliger i Norge.

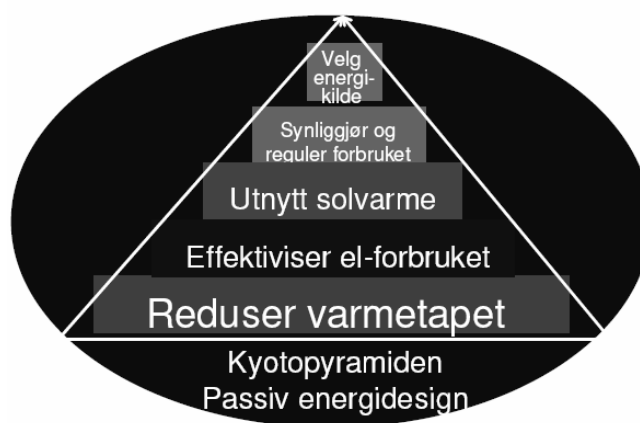
2.2 Prinsipp

I konseptet ”passiv energidesign” er brukervennlige og teknisk robuste løsninger for å oppnå lavt energibehov i bygninger vektlagt. Et viktig prinsipp er at slike boliger skal være interessante i det alminnelige boligmarkedet. Energikonseptet bør derfor ikke bidra til økte bokostnader, det vil si samlede månedlige renter og avdrag, for brukerne sammenlignet med boliger med alminnelig energistandard. Samtidig er det viktig for boligprodusentene å få dekket sine økte byggekostnader knyttet til lavenergiltakene. Begrepet ”kostnadseffektive lavenergiboliger” blir gjerne benyttet som betegnelse på denne typen boliger.

Filosofien bak konseptet passiv energidesign er basert på prinsippet Trias Energica¹, et prinsipp som først ble innført i Nederland i 1996. Trias Energica innebærer følgende prioriterte strategier for en mer bærekraftig utvikling i energisammenheng (Lysen, 1996):

1. Begrens behovet for energi så mye som mulig
2. Bruk mest mulig fornybare energikilder til å dekke resterende energibehov
3. Dersom det allikevel er behov for bruk av fossile brensler, bør disse benyttes så effektivt som mulig

For norske lavenergiboliger er prinsippet Trias Energica videreutviklet til å omfatte fem trinn, slik illustrert i Figur 2-1.



Figur 2-1 "Kyotopyramiden", prinsipp for passiv energidesign. Figuren er utviklet av Husbanken i samarbeid med SINTEF og Byggforsk (SINTEF Byggforsk fra 1. januar 2006).

Trinn 1 innebærer å redusere varmetapet mest mulig. Sett i forhold til alminnelig² energistandard, er hensiktsmessige tiltak bruk av mer varmeisolasjon, vinduer og dører med lavere U-verdier, reduksjon av kuldebroer, bedre lufttetthet og høyeffektiv³ varmegjenvinning fra ventilasjonsluften. Kompakt bygningsform og arealeffektiv planløsning er andre hensiktsmessige tiltak. Flere av tiltakene krever heller økt kunnskap og bevissthet enn høyere kostnader.

Trinn 2 innebærer å redusere behovet for elektrisitet. Aktuelle tiltak er bruk av energieffektive hvitevarer og belysning. Korte føringsveier for ventilasjonsluften

¹ Lånt uttrykk fra Trias Politica of Montesquieu, en strategi for bedre demokrati i Frankrike (kilde: Explore Dictionary of Philosophers). Først tatt i bruk i energisammenheng av Lysen (Lysen, 1996)

² Normalt standard etter minstekravene i tekniske forskrifter

³ Med temperaturvirkningsgrad rundt 80 %

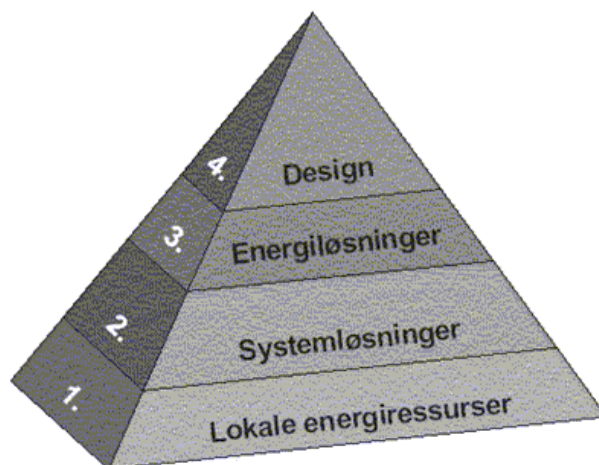
og lite trykkfall i ventilasjonsanlegget er også hensiktsmessige tiltak, fordi behovet for elektrisitet til vifter reduseres.

Trinn 3 innebærer hovedsakelig å benytte teknikker for passiv utnyttelse av solvarme. Aktiv utnyttelse av solvarme hører inn under trinn 5.

Trinn 4 innebærer å gi brukerne enkel og lettforståelig tilbakemelding på energibruken og bruksmønsteret ved bruk av hensiktsmessig teknologi. Denne teknologien kan også benyttes til behovsstyring av oppvarming, belysning og utstyr, samt ventilasjonsluftmengden.

Trinn 5 innebærer å velge den varme- eller energiforsyningen som på en mest mulig miljøvennlig og kostnadseffektiv måte dekker det lave varmebehovet som gjenstår etter at de øvrige tiltakene er gjennomført.

De lavenergiboligene som nå er under planlegging eller bygging i Norge, er i stor grad basert på konseptet passiv energidesign. Dette konseptet legger opp til at det energibehovet som gjenstår når energisparetiltakene er gjennomført, i størst mulig grad bør baseres på energibærere fra nye fornybare energikilder. I praksis blir imidlertid elektrisitet ofte valgt fordi elektriske panelovner fremstår som det mest kostnadseffektive varmeanlegget i slike boliger. Konseptet passiv design, eller lavenergiboliger, innebærer således ikke nødvendigvis noen ny praksis når det gjelder bruk av elektriske varmeanlegg.



Figur 2-2 Alternativ ”Kyotopyramide”. Kilde: Leif Amdahl, Norsk VVS Energi- og miljøteknisk forening

Interessefellesskapet for energifleksibel varmforsyning har presentert en alternativ ”Kyotopyramide”, eller strategi for ”energiriktig planlegging”, se Figur 2-2. Denne strategien tar utgangspunkt i at en starter med å betrakte tilgangen på lokale

energiressurser og energisystemer, som fjernvarme, både for dagens situasjon og på sikt. Når energiforsyningen til bygget er bestemt, og det er klart hvilke funksjoner som skal inn i bygget på kort og lang sikt, kan varmeisolasjonsgrad og andre løsninger for energieffektivisering velges. Avslutningsvis designes bygget. Med denne strategien er valg av energiforsyning med hensyn til energifleksibilitet og lavest mulige miljøbelastninger høyest prioritert, mens tiltak for å redusere behovet for energitilførselen er siste prioritet. Bygninger bygget etter dette prinsippet vil typisk kunne være bygninger bygget etter minstekravene i tekniske forskrifter, men med bruk av fjernvarme i stedet for elektrisitet til varmeformål.

Lavenergiboliger og Passivhus

Det finnes ingen klar definisjon av begrepet "lavenergibolig". Begrepet benyttes og har vært benyttet for boliger hvor det har vært planlagt eller gjennomført tiltak for energieffektivisering ut over minstekravene i tekniske forskrifter til Plan- og bygningsloven. Graden av energieffektivisering i disse boligene varierer, men generelt er lavenergiboligene basert på konseptet passiv energidesign. Husbanken, som gir lånetilskudd¹ til gode lavenergiprosjekter, benytter begrepet lavenergiboliger om boliger som har et årlig energibehov på mindre enn 100 kWh/m² (oppvarmet areal) og med et oppvarmingsbehov på rundt 30 kWh/m². For å oppnå et årlig energibehov under 100 kWh/m², benyttes i tillegg til god bygningskropp og høyeffektiv varmegjenvinner, også belysning og utstyr med lavt effektbehov, samt kanskje også behovsstyring av installasjonene. I januar 2006 var rundt 3000 lavenergiboliger enten under planlegging, bygging eller allerede bygget. Om lag 10 % av disse lavenergiboligene vil ha et årlig energibehov under 100 kWh/m², og om lag 10 % rundt 120 – 130 kWh/m² (Rødsjø, 2006). De øvrige, og den største andelen av lavenergiboligene, vil dermed ha et årlig energibehov i området 100 til 120 kWh/m². Til sammenligning vil nye norske eneboliger, bygget i henhold til dagens minstekrav eller praksis, ha et årlig energibehov rundt 170 kWh/m².

I Europa er det etter hvert bygget flere tusen "Passivhus". Passivhus bygges etter definerte prinsipper, og en klart definert energimålsetning. I slike hus skal ikke netto² energibehov til romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft være høyere enn 15 kWh/m² per år, og behovet for levert energi til passivhusboliger vil typisk være rundt 75 kWh/m² eller lavere. Et tilleggskrav for Passivhus er at primærenergi behovet, det vil si ikke fornybare energiresurser i hele energikjeden fra utvinning av primærenergiressurs frem til utnyttet energi hos sluttbruker, ikke skal være høyere enn 120 kWh/m² per år for all energibruk i bygningen (Feist, 2004c).

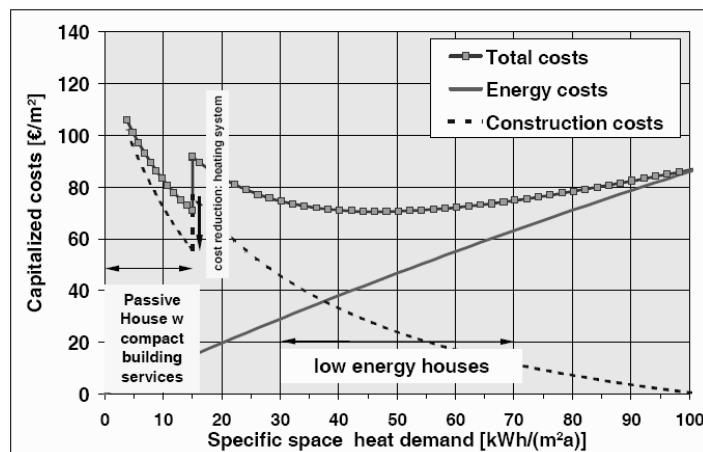
Konseptet Passivhus er basert på tanken om at høyest kostnadseffektivitet oppnås med energieffektiv design. Dette innebærer blant annet at kostnadene for

¹ Forsøks- og pilotprosjekter med ekstra høyt ambisjonsnivå har mulighet for tilskudd og lån på inntil 80 – 90 % av kostnadene (www.husbanken.no)

² Nødvendig energibehov for å erstatte varmetap, uavhengig av varmesystemets virkningsgrad

varmeinstallasjonene kan reduseres betraktelig dersom oppvarmingsbehovet blir lavt nok. I Passivhus-konseptet anbefales et øvre effektbehov på 10 W/m^2 for romoppvarming, inkludert oppvarming av ventilasjonsluften. Ved et slikt effektbehov kan tradisjonelle varmeanlegg sløyfes, og nødvendig energi til romoppvarming i de kaldeste vintermånedene kan i stedet distribueres som luftbåren varme ved bruk av ventilasjonsanlegget (Feist, 2004a). Slik luftbåren oppvarming er ikke vanlig i Norge i dag.

Passivhuskonseptets kostnadseffektivitet er illustrert i Figur 2-3. Passivhus defineres å være kostnadseffektive når kapitaliserte investerings- og energikostnader i et 30-års perspektiv ikke gir høyere kostnader enn en ny bolig med gjennomsnittlig energistandard (Feist, 2004b).



Figur 2-3 Kapitaliserte kostnader (nåverdi, periode 30 år), avhengig av energibehov til romoppvarming, inkludert oppvarming av ventilasjonsluft. Kilde: (Feist, 2004a)

De ekstra byggekostnadene knyttet til tiltakene for energieffektivisering i Passivhus dekkes i stor grad inn ved at behovet for vanlige varmeanlegg faller bort. I Tyskland og Østerrike er byggekostnadene for Passivhus rundt fem til åtte prosent høyere enn for boliger utført etter vanlig standard (Klinski, 2004). Samme kostnadsfilosofi kan legges til grunn for boliger med noe høyere energibehov. Ved høyere energi- og effektbehov vil imidlertid tradisjonelle varmeanlegg vanskelig la seg sløyfe helt.

I avhandlingen er begrepet lavenergi bolig i utgangspunktet benyttet for boliger hvor energibehovet til romoppvarming, inkludert oppvarming av ventilasjonsluft, er redusert med om lag 50 %, sammenlignet med dagens alminnelige nybyggstandard. Konkrete lavenergi prosjekter, beskrevet i kapittel 4 i avhandlingen, og hvor det ikke er fremkommet tall for årlig energibehov, kan imidlertid ha et høyere energibehov.

2.3 Motivasjon

For å få kjennskap til hva som er motivasjonen for bygging av lavenergiboliger, er tolv boligprodusenter eller utbyggingsselskaper intervjuet. Dette er byggefirmaer som enten har bygget eller som holder på å planlegge eller bygge lavenergiboliger. Alle byggefirmaene kan betraktes som flergangs boligbyggere. I tillegg er firmaenes hjemmeside på internett benyttet for innhenting av informasjon om konkrete prosjekter, markedsføring og energimålsetning. De ni første intervjuene ble foretatt per telefon i mars og april 2005, mens de tre siste ble foretatt i mars 2006, etter at flere byggefirmaer hadde startet bygging eller planlegging av slike boliger. En viktig målsetning med intervjuene har også vært å kartlegge hvilke varmesystemer byggefirmaene velger i slike boliger, og bakgrunnen for disse valgene. I undersøkelsen forstås begrepet lavenergibolig som boliger hvor energitiltakene som et minimum omfatter både økt grad av varmesolasjon i forhold til minstekravene i tekniske forskrifter, samt balansert ventilasjon med varmegjenvinner. Spørreundersøkelsen, med spørsmål og besvarelser, er beskrevet i Vedlegg 2. Under gis et resymé av svarene.

Fra undersøkelsen fremkommer en rekke motiver for bygging av lavenergiboliger. Flere motiver er felles for mange av byggefirmaene, mens noen bare nevnes av én eller noen få firmaer. Det utelukkes ikke at flere av de andre byggefirmaene også kan være motivert ut fra de samme faktorene, men dette har ikke kommet fram i intervjuene.

Et fellestrekk er at byggefirmaene enten ikke har erfart noen etterspørsel eller kun en liten etterspørsel etter lavenergiboliger. Byggefirmaene ønsker allikevel å satse på slike boliger fordi de forventer en økt etterspørsel i tiden fremover, og fordi de ønsker å være forberedt når denne etterspørselen kommer. Økt etterspørsel antas å være et resultat av økte energipriser i fremtiden og kommende energimerke- eller energisertifikatordning¹.

Andre faktorer som har bidratt til at én eller flere av byggefirmaene har ønsket å satse på lavenergiboliger er:

- å kunne tilby boliger med lavenergistandard vil ha positiv innvirkning på firmaets image i markedet
- firmaet ønsker å være ”i front” i bransjen med slike boliger
- firmaet ønsker for egen del å levere boliger med høy kvalitet
- bedre kjøpekraft blant folk vil gi økt etterspørsel etter høyere komfortnivå, noe som vil bidra til økt etterspørsel etter lavenergiboliger
- folk blir mer kvalitets- og miljøbevisste, noe som vil øke etterspørselen etter lavenergiboliger

¹ Det var våren 2005 ikke klart at den planlagte og frivillige energimerkeordningen for boliger ville bli en del av energisertifikatordningen i henhold til EUs direktiv om bygningers energiytelse.

- lavenergistandard vil kunne utløse boliglån fra Husbanken. Dette kan være viktig for boligbygging i distriktene, hvor banker ellers vil kunne være mer tilbakeholdne med boliglån
- lavenergistandard vil øke dekningsbidraget, det vil si salgsinntekter minus variable kostnader, siden en stor del av tilleggskostnadene for slike boliger tilskrives snekkerarbeider

Inndekking av økte byggekostnader knyttet til tiltakene for energieffektivisering varierer hos de byggefirmaene som er intervjuet. Dette kostnadstillegget dekkes inn eller vurderes dekket inn på følgende måter:

- økt boligpris for kunden
- benytte andre kostnadsreducerende tiltak på installasjoner og bygg
- redusert fortjenestemargin

Det utelukkes ikke at byggefirmaene kan benytte en kombinasjon av disse kostnadsstrategiene. Kostnadsstrategien avhenger også av om boligene produseres i prosjektmarkedet, eller om kunden selv velger boligtype og energistandard.

De byggefirmaene som deltok i spørreundersøkelsen hadde enten allerede bestemt at lavenergistandard skal bli ny standard for alle sine nybygg, eller ville vurdere dette når det var gjort flere erfaringer fra deres første lavenergiprojekt.

For boligutbyggere, som hadde planlagt lavenergiboliger i områder med fjernvarmekonsesjon, se kapittel 4, var målsetningen om lavenergiboliger motivert ut fra flere forhold. Felles for prosjektene var ønske om å benytte elektrisk varmeanlegg for romoppvarming. Viktige motivasjonsfaktorer for lavenergikonseptene kunne være (vilkårlig rekkefølge):

- lavere byggekostnader for lavenergistandard og elektrisk varmeanlegg sammenlignet med alminnelig energistandard og vannbasert varmeanlegg
- antatt større betalingsvillighet for kombinasjonen lavenergistandard og elektrisk varmeanlegg sammenlignet med alminnelig energistandard og med vannbasert varmeanlegg basert på fjernvarme
- antatt økt interesse i markedet for slike boliger som følge av mulig økning av energiprisene i årene fremover, og som følge av fremtidig energimerking av boliger
- være i front i markedet med slike boliger
- levere et produkt med bedre kvalitet

Hvilke varmeanlegg byggefirmaene som deltok i spørreundersøkelsen primært velger for lavenergiboligene, er beskrevet i kapittel 2.4.

2.4 Varmeanlegg

2.4.1 Varmeanlegg i lavenergiboliger

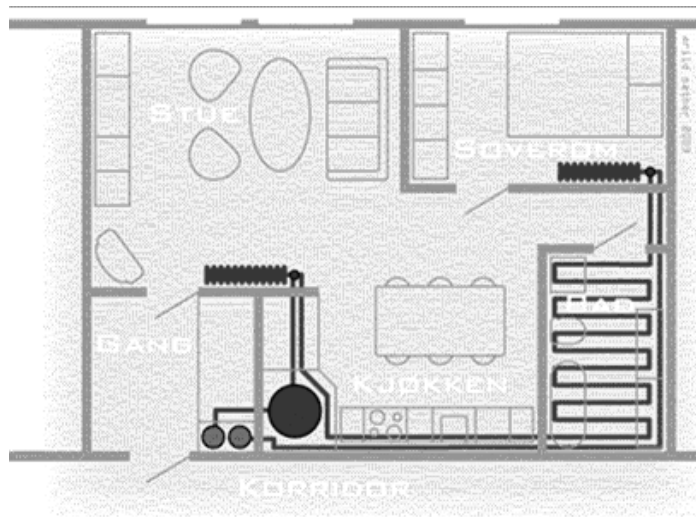
Fra spørreundersøkelsen blant byggefirmaene, beskrevet i kapittel 2.3, og fra gjennomgang av lavenergiprojekter beskrevet i kapittel 4, fremgår det at byggefirmaene hovedsakelig velger elektrisk romoppvarming i slike boliger. Vannbaserte varmeanlegg velges generelt bort fordi kostnadene for slike anlegg vurderes å være for høye. I småhus- og selvbyggermarkedet, hvor kunden i større grad selv kan velge varmeanlegg, fremgår det av spørreundersøkelsen at slike varmeanlegg kan være aktuelle dersom kunden ønsker det, men til kundens kostnad. De fleste lavenergiboligene blir allikevel planlagt med energifleksibel varmforsyning, eller mulighet for slik energifleksibilitet. I tillegg til elektrisk varmeanlegg blir boligene utstyrt med pipe, og eventuelt vedovn eller gasspeis.

Det fremkommer også fra spørreundersøkelsen og byggesakene beskrevet i kapittel 4, at kostnadsoverslagene for vannbaserte varmeanlegg i hovedsak baseres på en boligstandard med alminnelig energi- og effektbehov. Dette innebærer at det ikke tas hensyn til mulig kostnadsbesparelse ved å tilpasse varmeanlegget til et lavt effektbehov, og at lave U-verdier for vinduene kan gjøre kaldrassikring under vinduene overflødig.

Selv om elektriske varmesystemer i dag kan være mest kostnadseffektive i lavenergiboliger, vil andre varmesystemer på sikt kunne bli mer aktuelle. Fokus på de nasjonale konsekvensene ved bruk av elektrisitet til varmeformål vil kunne gi insentiver til bruk eller utvikling av mer energi- og kostnadseffektive systemer, tilpasset lavt energi- og effektbehov, enn de løsningene som benyttes eller allerede er på markedet i dag. For prismessig å kunne konkurrere med et elektrisk varmeanlegg, vil eksempelvis en forenkling av vannbaserte varmedistribusjonssystemer være nødvendig. Et prinsippforslag for et slikt varmesystem er illustrert i Figur 2-4. For at et slikt forenklet vannbasert varmedistribusjonssystem skal kunne tas i bruk, kreves i følge (Amdahl, 2006) informasjon ovenfor VVS-bransjen og at bransjen må våge å prøve ut en slik ny løsning.

I Passivhus-boliger benyttes tradisjonelle varmeanlegg i beskjeden grad. En gjennomgang¹ av boliger med passivhusstandard i Europa, beskrevet i prosjektet IEA Task 28 Sustainable Solar Housing, viser at varmebehovet i 13 av 14 passivhusboliger helt eller delvis dekkes med luftbåren varme, distribuert via ventilasjonsanlegget. Denne varmen produseres ved bruk av en rekke ulike energibærere, som elektrisitet fra nettet eller solceller, solvarme, biobrensel, fjernvarme, gass og varme fra varmepumpe.

¹ Gjennomgang av brosjyrer produsert i prosjektet IEA- SCH Task 28/ECBCS Annex 38: Sustainable Solar Housing. Lagt ut på <http://www.enova.no/?itemid=2035>



Figur 2-4 Forslag til kostnadseffektivt vannbasert varmedistribusjonsanlegg for romoppvarming og oppvarming av varmt tappevann, tilpasset lavt energi- og effektbehov, og lite kaldras fra vinduer. Illustrasjoner og idé: Leif Amdahl, Norsk VVS Energi- og miljøteknisk forening

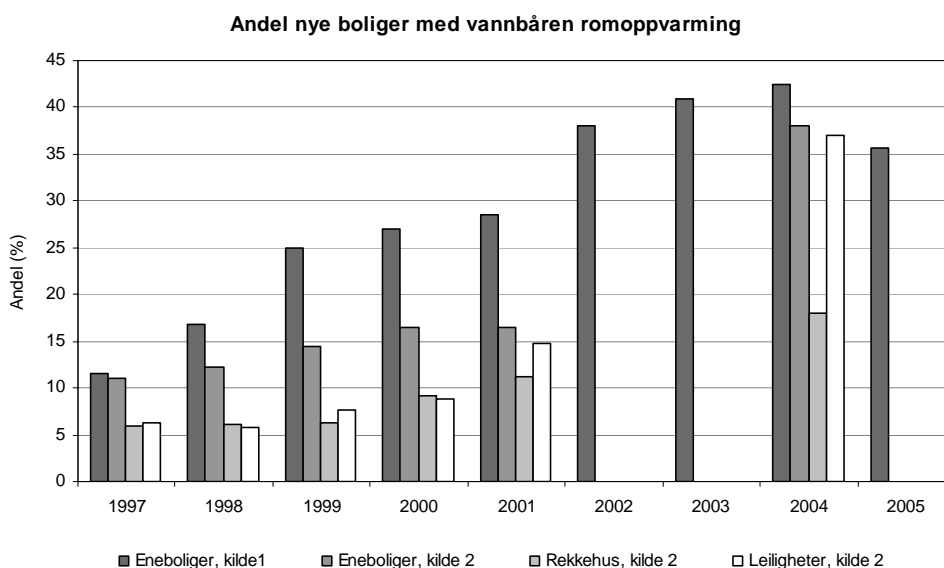
2.4.2 Varmeanlegg i nye boliger

I siste halvdel av 1990-årene økte bruken av vannbaserte varmeanlegg i nye boliger, se Figur 2-5. I følge Varmeinfo installeres det nå slike varmeanlegg i cirka 40 % av nye eneboliger (OED, 2002; Varmeinfo, 2004). I de fleste av disse anleggene benyttes elektrisitet til å varme opp vannet (Varmeinfo, 2005).

Boligprodusentenes forening har fått analysert hvordan boligkjøpernes preferanser med hensyn til valg av ulike energiløsninger i nye boliger har utviklet seg fra 2002 til 2004 (Prognosesenteret, 2004). Analysen viser at andelen boligkjøpere som benytter elektriske varmeovner eller varmekabler som hovedoppvarmingsløsning i nye boliger, har gått tilbake fra 64 til 37 % i perioden. Samtidig har den andelen som benytter vannbåren gulvvarme eller radiatorer som hovedoppvarmingsløsning økt¹ fra 7 til 34 %.

Av de boligkjøperne som hadde mulighet til å velge varmesystem selv i 2004, fremgår det fra boligprodusentenes undersøkelse at 39 % valgte vannbåren gulvvarme, mens 33 % valgte elektriske varmeovner eller varmekabler. I Figur 2-5 er utviklingen av bruk av vannbaserte varmeanlegg til romoppvarming illustrert.

¹ Det fremgår av analysen at 38 % av leilighetskjøperne benytter fjernvarme som hovedoppvarmingskilde, noe som betyr at valg av vannbasert varmeanlegg kan være et resultat av krav til varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmenettet. Det kan derfor stilles spørsmål om utvalget av leiligheter i undersøkelsen er representativt for alle nye leiligheter i Norge.



Figur 2-5 Andel nye boliger med vannbaserte varmeanlegg til romoppvarming. Kilde 1: (Varmeinfo, 2004), basert på statistikk fra SSB. Kilde 2: (OED, 2002) basert på statistikk fra Prognosesenteret, for 2004: (Prognosesenteret, 2004)

I en ny studie, utført av (Fossdal, 2006), fremkommer det at energibruken i eneboliger med vannbåren varme, og uten varmepumpe, i gjennomsnitt utgjør 176 kWh/m² (oppvarmet areal). For eneboliger med elektrisk oppvarming, utgjør tilsvarende energibruk 169 kWh/m². Grunnlaget for studien var henholdsvis 47 eneboliger med elektrisk romoppvarming og 78 eneboliger med vannbåren oppvarming. Det er ikke kjent hvor stor andel av disse boligene som hadde varmegjenvinning fra ventilasjonsluften. I studien konkluderes det med at det ikke er store forskjeller når det gjelder energibruk i eneboliger med elektrisk romoppvarming og eneboliger med vannbåren oppvarming (uten varmepumpe). For eldre boliger viser energimålinger fra Oslo Energi, Energiselskapet Asker og Bærum samt Trondheim Energiverk at energibruken i boliger med vannbåren varme basert på fjernvarme er omtrent som i boliger med elektrisk oppvarming (NVE, 1999). Den siste statistikken er basert på individuell avregning av energibruken.

2.5 Erfaringer med lavenergiboliger

Det har også vært bygget lavenergiboliger i Norge tidligere, i alle fall sett i forhold til den alminnelige energistandarden på den tiden da disse boligene ble bygget. Det første boligprosjektet med lavenergiprofil var byggingen av forsøksboligene på Tiller i Trondheim i begynnelsen på 1980-tallet. Andre mindre lavenergi prosjekter er også gjennomført senere, og typisk for disse boligene er at det har vært benyttet

teknologier for utstrakt passiv eller aktiv utnyttelse av solvarme. De lavenergiboligene som planlegges eller er under utbygging i dag, kan ikke uten videre sammenlignes med forsøksboligene fra 1980- og 1990-tallet. De nye lavenergiboligene vil i mindre grad kunne karakteriseres som forsøksprosjekter, siden materialene og den teknologien som benyttes i stor grad er kjent og utprøvd. Boligene er også i større grad tilpasset det alminnelige boligmarkedet, som blant annet innebærer større fokus på kostnadseffektivitet.

På tross av at nye lavenergiboliger i Norge i stor grad blir bygget eller planlagt med kjente og teknisk robuste løsninger, kan en som følger av manglende erfaringsgrunnlag med slike boliger ikke kunne forutsi i hvilken grad faktisk energibruk vil komme i overensstemmelse med beregnet energibehov. Nye boliger, bygget i henhold til tekniske forskrifter fra 1997, bygges imidlertid i stor grad med samme type løsninger som lavenergiboliger, men med lavere¹ grad av energieffektivitet. Det er derfor ikke grunn til å forvente større avvik mellom målt energibruk og beregnet energibehov i lavenergiboliger enn for boliger bygget etter mer alminnelig standard.

Det har vært uttrykt skepsis når det gjelder faktisk energibruk i planlagte lavenergiboliger, hvor det har vært søkt dispensasjon fra kravet om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmenettet. I slike saker er det viktig å vite at faktisk energibruk i den alternative boligen, som normalt vil være boliger bygget etter minstekravene i tekniske forskrifter, heller ikke nødvendigvis vil være i tråd med forventet eller beregnet energibehov. Ved bygging av lavenergiboliger rettes gjerne større fokus på god håndverksmessig utførelse når det gjelder lufttetthet. I tillegg vil det kunne være større bevissthet rundt kuldebroer, blant annet ved at dette tas hensyn til i energiberegningene. Avvik mellom beregnet energibehov og faktisk energibruk vil derfor kunne bli mindre for lavenergiboliger enn for vanlige boliger.

Målt energibruk i to større passivhusprosjekter

Erfaringer fra Passivhus-prosjekter viser at det er praktisk mulig å oppnå vesentlig lavere energibruk enn for boliger bygget med alminnelig energistandard. Som eksempel vises det under til to Passivhus-prosjekter i henholdsvis Sverige og Tyskland.

I Sverige har Statens Provningsanstalt foretatt målinger av energibruken i et Passivhus-prosjekt med 20 rekkehusleiligheter i Lindås Park sør for Göteborg. Målingene ble foretatt over en periode på to år. Det gjennomsnittlige elektrisitetsforbruket ble målt til 68 kWh/m² per år, hvorav 29,5 kWh/m² ble benyttet til varmeformål. Utnyttet solvarme fra solfangeranlegg ble i tillegg målt til 8,9 kWh/m². I forhold til beregnet elektrisitetsforbruk, var målt forbruk cirka 50 % høyere (IEA, 2004; Ruud og Lundin, 2004). På tross av avviket mellom beregnet og målt elektrisitetsforbruk, var elektrisitetsforbruket fortsatt lavt. Til

¹ Innebærer hovedsakelig mindre varmeisolasjon i ytterflatene, vinduer med høyere U-verdi, dårligere lufttetthet og lavere temperaturvirkingsgrad for varmeveksler i ventilasjonsanlegget.

sammenligning utgjør årlig elektrisitetsforbruk i svenske småhus bygget etter 1991, og med helelektrisk oppvarming, gjennomsnittlig cirka 135 kWh per kvm oppvarmet areal (SCB, 2005).

I Tyskland har Fraunhofer Institut für Bauphysik utført energimålinger over en periode på to år for et Passivhus-prosjekt med 52 boenheter i Stuttgart-Feuerbach. I dette prosjektet var varmepumpe benyttet til alle varmeformål. Det gjennomsnittlige elektrisitetsforbruket var målt til 28,9 kWh/m² per år, hvorav i underkant av 10 kWh/m² til varmeformål (Reiss, 2004).

2.6 Diskusjon

Siden totusenårsskiftet er det skapt en interesse i boligbransjen for bygging av lavenergiboliger. Når det nå planlegges, bygges eller er bygget rundt 3000 nye lavenergiboliger, er dette en indikasjon på at en del av boligmarkedet er under endring mot en mer energieffektiv standard.

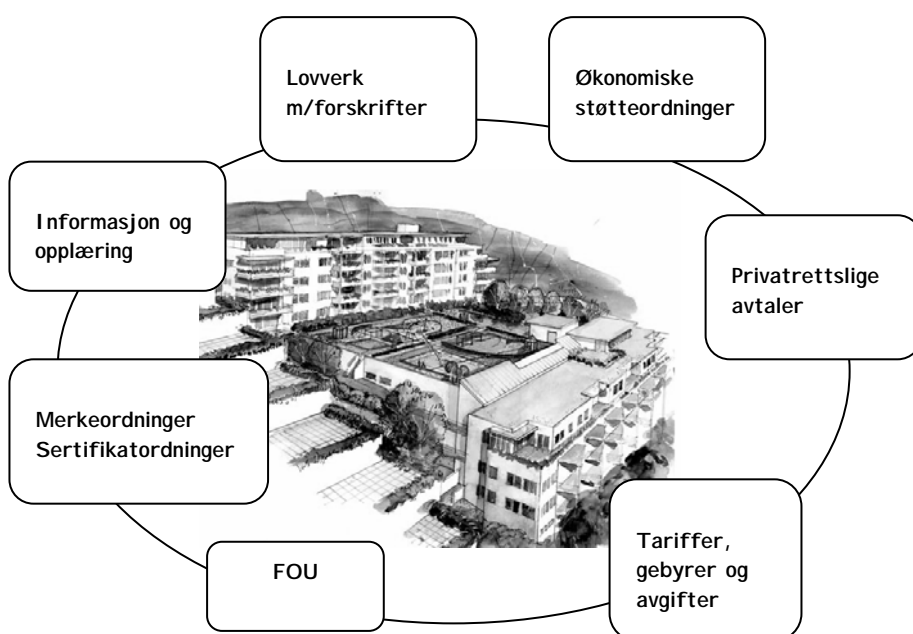
De boligprodusentene som bygger eller kommer til å bygge boliger med lavenergistandard, synes å være tilbakeholdne med å benytte en kombinasjon av lavenergistandard og vannbasert varmeanlegg. Et større innslag av lavenergiboliger i nybyggmarkedet vil derfor kunne påvirke den utviklingen en til nå har sett når det gjelder bruk av vannbåren varme. Alternativet til vannbåren varme er i dag hovedsakelig direkte elektrisk oppvarming, ofte i kombinasjon med vedfyring. Gasspeiser vil også kunne bli et viktig alternativ til vannbaserte varmeanlegg på sikt. Dersom vannbaserte varmedistribusjonssystemer også skal være økonomisk interessante i den delen av boligmarkedet som etter hvert vil bestå av lavenergiboliger, er det behov for utvikling av rimeligere systemer, tilpasset boliger med lavt energi- og effektbehov.

Så lenge de vannbaserte varmeanleggene som installeres i dag hovedsakelig har elektrisitet som eneste energibærer, vil lavenergiboliger med elektrisk oppvarming bidra til mindre bruk av elektrisitet. Unntaket er i områder med fjernvarmekonsesjon. Dersom differansen på prisen mellom elektrisitet og andre energibærere på sikt blir større enn i dag, vil imidlertid investering i en supplerende fyrkjel til elektrokjelen i et vannbasert varmeanlegg, kunne bli mer interessant, og således representere en større grad av energifleksibilitet.

3 Lovverket som insentiv eller barriere for bygging av lavenergiboliger

3.1 Introduksjon

Ved bruk av ulike virkemidler kan myndighetene påvirke utviklingen av energi- og elektrisitetsforbruket og bruken av energibærere fra fornybare energikilder i bygningssektoren. Aktuelle virkemidler er illustrert i Figur 3-1



Figur 3-1 Virkemidler som myndighetene kan benytte for å påvirke utviklingen av energiløsninger i bygningssektoren. Bygningskomplekset er Husby Amfi i Stjørdal. Illustrasjon Husby Amfi: ArciDeco AS

Myndighetene har i en årrekke hatt fokus på reduksjon av energi- og elektrisitetsforbruket og økt bruk av energibærere fra fornybare energikilder i bygningssektoren. De siste årene har imidlertid disse problemstillingene fått økt fokus som følge av en mer anstrengt effekt- og kraftbalanse, samt utslippsforpliktelser i henhold til Kyoto-protokollen.

I dette kapittelet beskrives og diskuteres hvordan lovverket med tilhørende regelverk kan representere insentiver eller barrierer med hensyn til reduksjon av elektrisitets- og energibruken, samt økt bruk av energibærere fra fornybare energikilder i nye boliger. Regelverket diskuteres i forhold til både myndighetenes muligheter til å påvirke energiløsninger, og boligprodusentenes ønsker om å bygge lavenergiboliger. Foreliggende forslag til nye lover og forskrifter, eller endring av gjeldene regelverk i denne sammenhengen, beskrives også.

3.2 Plan- og bygningsloven

På departementsplan er myndigheten etter plan- og bygningsloven (pbl) i dag delt mellom Miljøverndepartementet (MD) og Kommunal- og regionaldepartementet (KRD). Hovedlinjen i myndighetsfordelingen er at Miljøverndepartementet er ansvarlig for plandelen av loven, mens Kommunal- og regionaldepartementet har ansvaret for byggesaksdelen.

Fem forskrifter er gitt til loven. Av disse er det tekniske forskrifter, TEK, fra 1997 som utfyller loven når det gjelder krav til byggverkets materielle egenskaper. Til TEK er det også gitt en veiledning, REN, som gir fortolkninger til bestemmelsene i TEK og som angir løsninger som tilfredsstillende forskriften.

3.2.1 Energiforsyning og varmeanlegg

Bestemmelsen om tilknytningsplikt til fjernvarmeanlegg ble tatt inn i plan- og bygningsloven i 1986. Etter gjeldende ordlyd i pbl § 66a om fjernvarmeanlegg heter det:

Etter at konsesjon etter lov om produksjon, omforming, overføring og fordeling av energi m.m. (energiloven) er gitt, kan det ved vedtekt bestemmes at bygninger som oppføres innenfor konsesjonsområdet, må tilknyttes fjernvarmeanlegget.

Vedtekten vedtas av kommunestyret. I kommuner med vedtekt om tilknytningsplikt, er det vanlig at byggeprosjekter underlegges individuell vurdering i forhold til eventuelt tilknytningskrav. Vurderingen baseres på om fjernvarmeselskapet finner lønnsomhet ved å føre frem fjernvarme til det aktuelle utbyggingsområdet. Dersom fjernvarmeselskapet finner slik fremføring ulønnsom, blir dette vektlagt (Selfors, 2004).

Bestemmelsen om tilknytningsplikt til fjernvarmeanlegg utdypes i TEK § 8-51 om energiforhold. Her heter det:

Der hvor det ved kommunal vedtekt til plan- og bygningsloven § 66a er fastsatt tilknytningsplikt til fjernvarmeanlegg, skal bygninger utstyres slik at fjernvarme kan utnyttes.

I praksis innebærer denne bestemmelsen installasjon av varmeanlegg for vann- eller luftbåren varme, men luftbåren varme som hovedoppvarmingskilde er ikke vanlig i norske boliger. Omfanget av nødvendige installasjoner er beskrevet i forskriftens § 9-23, og omtales senere i dette delkapittelet.

I områder uten fjernvarmekonsesjon finnes det i dag ingen hjemmel for kommunene til å kunne pålegge utbygger installasjon av noen bestemt type varmeanlegg. Kommunen kan imidlertid benytte privatrettslige avtaler for å fremme slike tiltak. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 3.2.4.

Forståelse av lovbestemmelsen om tilknytningsplikt

Forarbeidene til en lov eller lovbestemmelse forklarer bakgrunnen og motivene for bestemmelsen. Når man kjenner forhistorien til lovbestemmelsen, kan en unngå å gi bestemmelsen utilsiktet rekkevidde. Det viktigste innholdet i loven gis i selve lovteksten, mens det i forarbeidene gis stoff til å tolke ordlyden i lovteksten. Lovtekst og lovforarbeider må derfor ses under ett. Lovforarbeidene representerer også fagkunnskapen som har vært grunnlaget for lovens innhold, og respekten for denne kunnskapen er en relevant årsak til at lovforarbeidene skal telle i lovtolkningen (Boe, 1996). Viktige lovforarbeider er Norges offentlige utredninger (NOU)¹, Odelstingsproposisjoner (Ot.prp.)² og innstillinger til Odelstinget (Innst.O.)³.

I forbindelse med innføring av Lov om bygging og drift av fjernvarmeanlegg, eller fjernvarmeloven, ble bestemmelsen om tilknytningsplikt tatt inn i plan- og bygningsloven i 1986. Fjernvarmeloven ble i 1991 innlemmet i Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m., eller energiloven, da all lovgivning om energiforsyning ble samlet i én lov. Under er det vist til de lovforarbeidene til fjernvarmeloven, inkludert bestemmelsen om tilknytningsplikt i plan- og bygningsloven, som beskriver bakgrunnen for og intensjonen med bestemmelsen om tilknytningsplikten. Av forarbeidene fremkommer også hvordan bestemmelsen er ment å skulle praktiseres av kommunene.

¹ Publikasjonsserie, på oppdrag fra departement eller regjering, med offentliggjøring av (komité-)utredninger om forskjellige forhold i samfunnet, blant annet lovspørsmål.

² Regjeringens forslag til ny eller endret lov/lovtekst med forarbeider for behandling i Odelstinget

³ I lovsaker stortingskomiteenes vurderinger av regjeringens lovforslag og komiteenes forslag til vedtak i Odelstinget

Relevante lovforarbeider:

- Energilovutvalgets forslag til lov om bygging og drift av fjernvarmeanlegg i NOU 1981:36 om fjernvarmeanlegg
- Ot.prp. nr. 34 (1984 – 1985). Om lov om bygging og drift av fjernvarmeanlegg.
- Innst. O. nr. 29 (1985 – 1986). Innstilling fra energi- og industrikomiteen om lov om bygging og drift av fjernvarmeanlegg

Odelstingsproposisjonen og innstillingen til Odelstinget overlapper hverandre i vesentlig grad, og det henvises derfor ikke spesifikt til noen av disse nedenfor. Siden både proposisjonen og innstillingen gjengir mye av innholdet i NOU 1981:36, er ikke utredningen benyttet som kildemateriale i beskrivelsen av forarbeidene under. Teksten under henviser derfor kun til proposisjonen og innstillingen til Odelstinget.

Hensikten med innføring av tilknytningsplikten var å sikre det økonomiske grunnlaget for bygging og drift av fjernvarmeanlegg. Særlig fra utbyggerne av fjernvarmeanlegg ble det fremhevet behov for å få lovfestet tilknytningsplikt. Økt bruk av fjernvarme var på det tidspunktet da fjernvarmeloven var under utredning, ansett for å være et viktig bidrag til å møte fremtidig knapphet på elektrisitet i deler av landet. Økt bruk av fjernvarme var dessuten ansett som viktig for å fremme fleksibel energibruk ved utnyttelse av tilfeldig¹ kraft og spillvarme fra industri, og dessuten for å bidra til redusert oljeforbruk og mindre forurensning. Fjernvarmen ville i tillegg representere en løsning med hensyn til avfallsproblemer samt muliggjøre at avfallens energiinnhold kunne utnyttes. Dette er argumenter som er like relevante i dag. For at det økonomiske grunnlaget skulle være til stede for utbygging av fjernvarmeanlegg og infrastruktur for leveranse av fjernvarme, ble kravet til tilknytningsplikt innført.

Energiutvalget så at tilknytning til fjernvarmeanlegget og bruk av fjernvarme kunne tenkes å være mindre økonomisk fordelaktig for den enkelte abonnent, men viktigheten av å sikre lønnsomheten i fjernvarmeprosjekter måtte prioriteres. Imidlertid presiserte utvalget følgende:

En grunnleggende forutsetning for tilknytningsplikten må imidlertid i slike tilfeller være at fjernvarme fremstår som det aktuelle alternativ til elektrisk oppvarming for å sikre oppdekking av energi i vedkommende område.

I lovforarbeidene ble det videre påpekt:

For enkelte typer ny bebyggelse, som helseinstitusjoner, yrkes- og industribygg kan andre oppvarmingssystemer enn det kollektive anlegg representere et bedre alternativ både ut fra et energimessig og økonomisk synspunkt. Det samme vil oftest gjelde visse typer småhusbebyggelse som private eneboliger o.l. I slike tilfeller bør ikke tilknytningsplikten gjøres gjeldende. Det er imidlertid

¹ Med tilfeldig kraft menes uprioritert/ utkoblar kraft, kjelkraft, uprioritert overføring.

departementets forutsetning at vedtak om tilknytningsplikt i utgangspunktet bør omfatte hele det forsyningsområdet den enkelte konsesjon er gjort gjeldende for, eller grupper av abonnenter innen et bestemt område. Unntak fra denne plikten må da gis i hvert enkelt tilfelle. Slike unntak kan gjøres samtidig med vedtaket om tilknytningsplikt, eller i særlige tilfeller på et senere tidspunkt.

Fra høringen av NOU 1981:36 argumenterte Norges naturvernforbund med at energisparing ved varmeisolering og fremføring av fjernvarme måtte betraktes som alternative måter å dekke energibehovet på. Energiøkonomisk ville sparetiltak som varmeisolering være gunstigere enn tilførsel av varme. Naturvernforbundet mente derfor at tilknytningsplikten måtte ”utformes slik at den ikke gikk på bekostning av mer gunstige sparetiltak”. Det ble poengtert at målsetningen for lovutformingen måtte være at den som eier bygningen hadde muligheter for å investere i varmeisolering fremfor tilknytning til fjernvarmeanlegg. Det ble derfor foreslått at tilknytningsplikten skulle gjøres avhengig av en nedre grense for varmebehovet i den aktuelle bygningen. Olje- og energidepartementet (OED) ville ikke gå inn for Naturvernforbundets forslag om en mer detaljert regulering av tilknytningsplikten. Dette ble begrunnet med at anleggets kostnader og abonnentenes varmebehov vil være et ledd i den vurdering som legges til grunn for en eventuell konsesjon, og om tilknytning pålegges.

Også Norsk Fjernvarmeforening, før nyopprettelsen i 1991, var en av høringsinstansene for den nye fjernvarmeloven. Foreningen mente i utgangspunktet at tilknytningsplikt var unødvendig. I følge foreningen burde eieren av fjernvarmeanlegget utforme sitt tilbud til forbrukeren slik at begge parter fikk fordel av at leveranse av varme kom i stand. Dersom dette ikke kunne ordnes, burde leveransen utsettes til forholdene lå til rette for dette. Dersom det ble vedtatt tilknytningsplikt, måtte det etter foreningens mening i alle fall kunne gis dispensasjon til bygg som har et ”energiriktig oppvarmingssystem og som er mer økonomisk enn fjernvarme.”

Det ble under utredningen av fjernvarmeloven påpekt at tilknytningsplikten og vannbasert varmeanlegg kunne representere høyere installasjonskostnader, særlig i boliger. Det ble derfor vurdert om det ville være riktig å foreslå regler som kunne kompensere for disse høyere utgiftene, for eksempel ved å ta renteutgifter av høyere installasjonskostnader med i betraktning ved prisfastsettelsen av fjernvarme. På grunn av ulike vanskeligheter med en slik ordning, ble det ikke foreslått et slikt system. Det ble imidlertid presisert at utbyggerne av fjernvarmeanlegg måtte ta hensyn til dette ved prisfastsettelsen av fjernvarmen. På hvilken måte ble ikke kommentert.

Ekstrakostnadene ved installasjon av varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg, var også et argument for nødvendigheten av tilknytningsplikten. Disse kostnadene ville ellers kunne være avgjørende for at kunden valgte å ikke tilknytte bygningen til fjernvarmeanlegget.

Krav om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg er gitt i tekniske forskrifter § 9-23. Etter at bestemmelsen om tilknytningsplikt i plan- og bygningsloven ble innført i 1986, erfarte man at fjernvarme ble for lite brukt fordi det ikke samtidig var stilt krav om at det skulle være installert varmeanlegg som kunne utnytte fjernvarme. Bestemmelsen om slike varmeanlegg ble derfor tatt inn i tekniske forskrifter i 1997. Varmeanlegg var i denne sammenhengen kun ment å skulle bidra til romoppvarming, og ikke oppvarming av ventilasjonsluft eller tappevann (Maagerø, 2004).

Tilknytningsplikten og tilhørende krav til installasjon av varmeanlegg for romoppvarming som kan utnytte fjernvarme, i praksis vannbasert varmeanlegg, har i flere nye utbyggingsprosjekter vist seg å komme i konflikt med bygging av boliger hvor behovet for romoppvarming er lavt. Disse byggesakene er beskrevet i kapittel 4.

Revisjon av plan- og bygningsloven

Bygningslovutvalget, som ble oppnevnt i 2002, kom i juni 2005 med NOU 2005:12 Mer effektiv bygningslovgivning II (Bygningslovutvalget, 2005). I utredningen, som gir forslag til endring av plan- og bygningsloven, diskuteres behovet og bakgrunnen for å endre teksten i § 66 a om fjernvarmeanlegg. I forslag til ny tekst for lovbestemmelsen, som ved endring vil bli § 27-4, heter det:

Hvis et tiltak skal gjennomføres innenfor et konsesjonsområde for fjernvarme og tilknytningsplikt for tiltaket er bestemt i plan, skal tiltaket knyttes til fjernvarmeanlegget.

Kommunen kan gjøre unntak fra tilknytningsplikten der det dokumenteres at alternativ til tilknytning til fjernvarmeanlegg vil være miljømessig bedre.

Bakgrunnen for endring av lovteksten er en erkjennelse av at tilknytningsplikten, eller tilhørende krav i tekniske forskrifter om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg, i flere tilfeller har vist seg å være en barriere for alternative energiløsninger, som blant annet lavenergiboliger. Bygningslovutvalgets argumentasjon for behovet for endring av lovteksten er i vesentlig grad basert på innspill, gitt etter både oppfordring fra utvalget og som et ledd i arbeidet med denne doktoravhandlingen. Det vises til Vedlegg 7 hvor brev til Bygningslovutvalget er gjengitt.

Andre ledd i den foreslåtte fjernvarmebestemmelsen i loven, innebærer i følge Bygningslovutvalget at kommunen bør forplikte seg til å vurdere hvorvidt det er hensiktsmessig med tilknytningsplikt dersom utbygger kan dokumentere andre løsninger med miljømessige fordeler. Utvalgets presiserer, slik det også er anbefalt i brevet til utvalget, at forslaget til revidert lovtekst gjenspeiler intensjonen med praktiseringen av tilknytningsplikten. Utvalget mener imidlertid at kommunen kan stå relativt fritt i avgjørelsen om fritak i tilfelle bør gis, da hensynet til fritak må

vurderes opp mot andre hensyn, som for eksempel økonomisk forutsigbarhet for utbyggere av fjernvarmeanlegg.

Bygningslovutvalget viser i utredningen til at med ”miljømessig bedre” menes blant annet at ”bruk av alternative energibærere eller energikilder i stedet for tilknytning til fjernvarmeanlegg vil føre til at bygningen vil kreve mindre energi eller forårsake mindre utslipp¹ enn alternativet under ellers like forhold”. Det skal være opp til tiltakshaver å dokumentere at alternative løsninger er miljømessig bedre. Samtidig viser utvalget til at det forutsettes utviklet en måte å dokumentere dette på. Siden klare kriterier for dokumentasjon ikke finnes i dag, mener utvalget at det vil ta en viss tid før unntaksbestemmelsen i lovteksten vil bli brukt i særlig utstrekning. I brevet til utvalget ble det påpekt at dette er en målsetning med doktorgradsarbeidet.

Bygningslovutvalget påpeker at det ikke skal gis anledning til å trekke inn økonomiske vurderinger ved dokumentasjon av alternative løsnings miljømessige egenskaper. Dette innebærer at verken privat-, bedrifts- eller samfunnsøkonomiske vurderinger skal legges til grunn for et eventuelt fritak fra tilknytningsplikten.

I utredningen påpeker utvalget at et fritak fra tilknytningsplikten kan innebære en kostnad for fjernvarmeprodusentene. Samtidig påpeker utvalget at framtidige eiere av boliger som er unntatt tilknytningsplikten som følge av miljømessig bedre energiløsninger, kan gis innsparinger i form av lavere driftskostnader. Utvalget skriver også at tiltakshaver gis reduserte investeringskostnader fordi han slipper å investere i kostbar infrastruktur, noe som er en forutsetning for å oppfylle tilknytningsplikten.

Den endringen som foreslås i lovteksten for fjernvarmebestemmelsen vil ikke nødvendigvis medføre annen praksis når det gjelder behandling av dispensasjonssøknader knyttet til tilknytningsplikten eller til varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg. Men intensjonen med praktiseringen av tilknytningsplikten vil nå komme frem av lovteksten, forutsatt at forslaget til endring blir vedtatt. Dette vil kunne bidra til større aksept for alternative energiløsninger.

Et annet utvalg, Planlovutvalget, foreslår i NOU 2003:14 om bedre kommunal og regional planlegging (Planlovutvalget, 2003) at kommunene med hjemmel i plan- og bygningsloven skal gis mulighet til å forby eller påby bestemte løsninger for energiforsyning i tilknytning til utbyggingsområder. Forslaget er ikke konkretisert med hensyn til hvilke restriksjoner som kan være aktuelle. Planlovutvalget mener imidlertid at loven må åpne for bedre adgang for kommunene til å kunne kreve vannbåren varme og tilknytning til fjernvarmeanlegg i forbindelse med ny utbygging. I denne sammenhengen går utvalget inn for at tilknytningsplikt ikke lenger skal være betinget av at det skal være gitt fjernvarmekonsesjon for området.

¹ Det er ikke konkretisert hvilke utslipp det siktes til

Dette innebærer at tilknytning også kan pålegges i områder med små fjernvarmeanlegg, og at vedtatt tilknytningsplikt lettere kan fremme ny fjernvarmeutbygging. Samtidig innebærer forslaget at nye utbyggingsområder, med eller uten lavenergistandard og uten fjernvarmekonsesjon, vil kunne kreves tilrettelagt for eventuell fremtidig tilknytning til fjernvarmeanlegg.

3.2.2 Beredskapshensyn og varmeanlegg

I TEK § 10-62 om skorstein i boliger, kreves at småhus og boligblokker med inntil to etasjer skal ha skorstein som gir mulighet for installasjon av ildsted til bruk ved bortfall av hovedenergileveranse. Kravet om skorstein gjelder ikke dersom

- bygningen kan varmes opp med to tilstrekkelige og uavhengige energibærere, som ikke krever skorstein
- bygningen er tilknyttet fjernvarmeanlegg

For boliger over to etasjer stilles det i gjeldende regelverk ikke krav om skorstein eller annen mulighet for energifleksibilitet. I boligblokker vil derfor ikke tilknytning til fjernvarmeanlegg innebære sparte investeringskostnader for pipe.

3.2.3 Minstekrav til bygningers energieffektivitet

Kravene til bygningers energieffektivitet, eller varmeisolerende egenskaper, har endret seg mye siden de første kravene ble stilt i byggeforskriften av 1928. Kravene var til å begynne med satt for å ivareta behovet for godt inn klima. Etter hvert som gode og rimelige varmeisolasjonsmaterialer kom på markedet, ble kravene til varmeisolasjon i større grad satt med hensyn til god energiøkonomi, både for samfunnet og private. I den gjeldende forskriften av 1997 (TEK), er alle U-verdikrav tuftet på samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Det vises til Vedlegg 4 for nærmere beskrivelse av utviklingen av kravene til bygningers energieffektivitet.

Revisjon av tekniske forskrifter

Norge har vedtatt å implementere EUs direktiv om bygningers energiytelse, eller energiytelsesdirektivet¹. Målet med direktivet er ”å fremme økt energiytelse i bygninger i Fellesskapet, idet det tas hensyn til uteklima og lokale forhold samt krav til inn klima og kostnadseffektivitet” (EU-parlamentet, 2002). Bakgrunnen for direktivet er behovet for redusert energibruk i bygningssektoren for å begrense utslipp av CO₂ knyttet til energibruken, samt å øke sikkerheten i energiforsyningen. Direktivet krever at myndighetene setter minimumskrav til bygningers energiytelse i nye bygninger, og i eksisterende bygninger som omfattes av større rehabilitering. Det skal i henhold til direktivet også etableres ordninger for energisertifikater og kontroll av kjeler og klimaanlegg. Som et resultat av de

¹ Energy Performance of Buildings Directive 2002/91/EC

høye oljeprisene høsten 2005, har EU-kommisjonen pekt på nødvendigheten av en fullstendig og hurtig gjennomføring av direktivet, og kommisjonen har i denne sammenhengen satt energieffektivisering som første prioriterte tiltak i en fem-punkts handlingsplan for å møte utfordringene i kjølvannet av de høye oljeprisene. Som prioriterte tiltak nummer to skal bruken av olje reduseres ved blant annet å øke bruken av energibærere fra fornybare energikilder (EU-kommisjonen, 2005).

Olje- og energidepartementet (OED) og Kommunal og regionaldepartementet (KRD) har ansvaret for implementeringen av energiytelsesdirektivet i Norge. OED har gitt Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) oppdraget med å utarbeide forslag til nødvendige ordninger for energisertifikat og inspeksjon av tekniske anlegg. KRD har ansvaret for å utvikle rammemetode for beregning av bygningers energiytelse. Lovforslag om energisertifikat og inspeksjonsordninger er under utforming, og vil bli sendt på offentlig høring fra OED i 2006. Hensikten med energisertifikatet, som skal foreligge for nye bygninger og for bygninger som omsettes eller leies ut, er økt fokus på energibruk og energikostnader, og dermed økt etterspørsel etter å eie eller leie energieffektive bygninger. Som beskrevet i kapittel 2.3, er innføringen av energisertifikatordningen en viktig motivasjonsfaktor blant boligprodusenter og andre aktører i byggebransjen for bygging av lavenergiboliger.

Som et ledd i implementeringen av energiytelsesdirektivet, er tekniske forskrifter under revisjon. Arbeidet med revisjonen var imidlertid påbegynt uavhengig av direktivet, og ville derfor blitt gjennomført uansett. Både minstekravet til bygningers energiytelse og metoden for dokumentasjon av dette minstekravet, skal revideres. Revidert forskrift skulle i utgangspunktet tre i kraft innen 4. januar 2006, men forsinkelser har medført at den reviderte forskriften ikke vil tre i kraft før 2007. Den ”rød-grønne” regjeringen, som overtok i oktober 2005, har i sin regjeringserklæring (Flertallsregjeringen, 2005) erklært at det skal utarbeides nye byggeforskrifter som gjør lavenergiboliger til standard. Hva som blir fremtidig minstestandard i tekniske forskrifter var imidlertid fortsatt uklart i januar 2006.

I tilknytning til direktivet jobber European Committee for Standardization (CEN) med standarder som skal benyttes som underlag ved dokumentasjon av bygningers energiytelse i henhold til direktivet, eller regler gitt i henhold til direktivet. I henhold til prEN 15203¹ fra desember 2005, skal bygningers energiytelse presenteres gjennom en indikator basert på levert energi, vektet for faktorer for primærenergi, utslipp av CO₂, energikostnader eller faktorer basert på nasjonal energipolitikk.

Primærenergi kan i følge prEN 15203 enten uttrykkes ved ”Primary Energy factor” eller ”Primary Resource Energy Factor”. Førstnevnte faktor, eller primærenergifaktoren, angir bruken av primære energiresurser i hele energikjeden

¹ Energy performance of buildings – Assessment of energy use and definition of energy ratings (Bygningers energiytelse - Bedømmelse av energibruk og definisjon av kvantifisering)

fra utvinning av primærenergikilden til levert ferdig energivare. "Primary energy resource factor", under kalt "fossilenergifaktoren", tilsvarer primærenergifaktoren, men kun bruken av ikke-fornybare energiressurser er inkludert. Faktorene angis som mengden primærenergi dividert med mengden levert energi til sluttbruker. I standardforslaget er det vist til at hvert land kan utarbeide egne verdier for primær- og fossilenergifaktorer, samt faktorer for CO₂-utslipp i energikjeden for ulike brenslere. Inntil slike nasjonale faktorer er utarbeidet, kan verdier gitt i vedlegg til standardforslaget benyttes. Disse faktorene stammer fra en sveitsisk database fra 1996 (Frischknecht m. fl., 1996), som benyttes i blant annet livssyklusanalyser i Vest-Europa. Hvordan Norge bør forholde seg til verdiene i standardforslaget, er diskutert i kapittel 2.6.

3.2.4 Kommunenes virkemidler

Kommunene har i dag få virkemidler når det gjelder å kunne påvirke energiløsninger i nye boliger eller boligområder. Muligheten for å kunne kreve tilknytning til fjernvarmeanlegg er beskrevet i kapittel 3.2.1. De øvrige, men begrensede mulighetene, er beskrevet nedenfor.

Kommunene kan benytte privatrettslige avtaler for å få gjennomført tiltak i tråd med kommunens planer. Utbyggingsavtaler¹ er eksempel på slike avtaler. En utbyggingsavtale kan defineres som en kontrakt om gjennomføring av en planlagt utbygging, inngått mellom en utbygger og en kommune. Avtalen gir begge parter større rettigheter og/eller plikter enn det som følger av bestemmelser i plan- og bygningsloven eller annen lovgivning. I en utbyggingsavtale er det snakk om "å gi og ta", og kommunens ønske om ulike miljøtiltak i utbyggingen kan for eksempel aksepteres av utbygger ved at det gis reduksjon av ulike avgifter og gebyrer.

Røyken kommune benytter i dag en standard utbyggingsavtale hvor det stilles krav om at minst 50 % av energibehovet i utbyggingsprosjekter skal dekkes av andre energibærere enn elektrisitet. For boligprosjekter blir denne avtalen benyttet når utbyggingen omfatter mer enn fem boligenheter. Det har ikke vært stilt vilkår med hensyn til økt energieffektivitet i boligene ut over minstekravene i tekniske forskrifter. Utbyggingsavtalen med krav til energibærere er blitt praktisert ved flere boligutbygginger. Røyken kommune har også krav i sin kommuneplan om at det skal utarbeides en energiutredning ved større utbygginger (Lund, 2004).

Lier kommune stiller krav til energiutredning i tilknytning til reguleringsplaner. Kravet til utredning er avledet fra formålsparagrafen til plan- og bygningsloven, og er videre forankret i kommuneplanens miljømål. Utredningen skal synliggjøre på hvilken måte planlagte løsninger bidrar til å nå kommuneplanens mål om redusert energibruk og avhengighet av elektrisitet i forhold til standard løsninger. Kravet om utredning gjør at utbygger må se på muligheter som ellers ikke ville blitt

¹ Ny lov og forskrift om utbyggingsavtaler trer i kraft 1. juli 2006.

vurdert. Kommunen benytter utbyggingsavtaler for å få gjennomført løsninger beskrevet i energiutredningen. I utbyggingsavtalene har det vært fokus på å begrense energibehovet, og i minst tre utbyggingsprosjekter har det vært avtalt økt grad av varmeisolasjon samt balansert ventilasjon med varmegjenvinning (Brekken, 2004).

En hver aktør som sitter som grunneier og som selger tomteareal har ved salg av tomter anledning til å avtale vilkår etter privatrettslige regler. Dette gjelder også kommunene. Kommunen som grunneier kan på denne måten stille krav som går ut over kravene i plan- og bygningsloven, eksempelvis til energiløsninger i nybygg. I Stavanger kommune har kommunen som grunneier stilt krav til bruk av vannbåren varme i nye utbyggingsprosjekter i områder hvor det ikke foreligger konsesjon for fjernvarme. Eksempler på slike utbyggingsområder er Krosshaug og Loen med sammenlagt rundt 220 boliger (Stav, 2004).

I henhold til § 20-4 nr. 6 bokstav b i plan- og bygningsloven har kommunene anledning til å gi bestemmelser i arealdelen til kommuneplanen som vil kunne ha betydning for energieffektivitet og valg av energiløsninger i nye utbyggingsområder. Disse bestemmelsene kan gjelde utnyttelsesgrad og lokalisering av utbyggingsområder, samt bygningers form og størrelse. Ved høy utnyttelsesgrad øker lønnsomheten ved å bringe frem nærvarme eller fjernvarme til området. Lokalisering av utbyggingsområder til områder med gunstig lokalklima i forhold til vind, sol og temperaturer, vil sammen med en kompakt bygningsform påvirke energibruken. I hvilken grad kommunene utnytter disse mulighetene, er ikke diskutert i avhandlingen. Dersom planlovutvalgets forslag i NOU 2003:14 om endringer i plan- og bygningsloven med hensyn til energiløsninger blir gjennomført, se kapittel 3.2.1, vil kommunene få større mulighet for påvirkning når det gjelder varme- og energiforsyning til nye boligområder.

3.3 Energiloven

I formålsparagrafen til Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (OED, 1990), eller energiloven, heter det:

Loven skal sikre at produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi foregår på en samfunnsmessig rasjonell måte, herunder at det tas hensyn til allmenne og private interesser som blir berørt.

Et fjernvarmeanlegg er etter energiloven konsesjonspliktig dersom anlegget forsyner eksterne forbrukere og har en ytelse over 10 MW. Konsesjonæren for fjernvarme har etter energilovens § 5-4 plikt til å skaffe tilknyttede abonnenter fjernvarme. Abonnementen på sin side plikter etter lovens § 5-5 å betale tilknytningsavgift og fast årlig avgift, uavhengig av om fjernvarme nyttes eller

ikke. Det foreligger altså ingen plikt til å benytte fjernvarme selv om abonnenten er tilknyttet fjernvarmeanlegg.

Prisen for fjernvarme skal i henhold til energilovens § 5-5 ikke overstige prisen for elektrisk oppvarming i vedkommende forsyningsområde. ”Prisen for fjernvarme” innebærer i følge Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) løpende kostnader for bruk av varme, og ikke engangs kostnader knyttet til installasjoner og tilknytning til fjernvarmenettet (NVE, 2002b). Løpende kostnader for bruk av fjernvarme omfatter energileddet samt eventuell fast årsavgift og effekttariff, inkludert merverdiavgift. Referanseprisen for elektrisitet inkluderer i følge NVE nettleie og kraftpris, inkludert merverdiavgift.

3.4 Energisertifikat

I følge artikkel 7 i EUs direktiv om bygningers energiytelse, skal det fremlegges et energisertifikat for nye bygg eller bygg som selges eller leies ut. Målsetningen med ordningen er økt bevissthet og handling når det gjelder energibruk i bygninger. Energisertifikatet skal blant annet inneholde referanseverdier for å gi forbrukerne mulighet til å sammenligne og vurdere bygningers energiytelse. Lov og forskrifter knyttet til energisertifikatordningen ventes i løpet av 2006 (NVE, 2005b).

Den kommende energisertifikatordningen har vist seg å være en viktig motivasjonsfaktor for boligprodusenter og andre aktører i byggebransjen som satser på lavenergiboliger som ny standard eller som et supplement til allerede standardisert utvalg. Dette fremkommer av en spørreundersøkelse beskrevet i kapittel 2.3 og i Vedlegg 2.

3.5 Tariffer, gebyrer og avgifter

Energiprisen kan ha betydning for energibruken i husholdningene og for hvilke energibærere som velges til varmeformål. Bruk av avgifter på brensler og elektrisitet er derfor et virkemiddel myndighetene benytter for blant annet å regulere energibruken. I dette kapitlet beskrives de tariffene, gebyrene og avgiftene, hjemlet i lovverket, som kan ha betydning for bygging og etterspørsel av lavenergiboliger. I avhandlingen er det fjernvarme og elektrisitet som vurderes i forbindelse med energiforsyningen til nye boliger, og det fokuseres derfor her på disse energiforsyningssystemene. Hvorvidt selve nivået på tariffene, gebyrene eller avgiftene er riktig fastsatt ut fra miljøhensyn, konkurransehensyn osv, diskuteres ikke her.

3.5.1 Elektrisitet

Tariffer

Elektrisitetsprisen, eller strømprisen, til husholdningene består av flere ledd:

- Kraftpris; fastsettes på bakgrunn av tilbud og etterspørsel på markedsbørsen NordPool. I tillegg kommer kraftselskapenes margin, som skal dekke driftskostnader og fortjeneste. Kunden kan fritt velge mellom kraftleverandører, og det gis tilbud om ulike prisavtaler.
- Nettleie; eller overføringstariffen, er den prisen kunden må betale for å få transportert elektrisitet fra kraftverket til bruksstedet, og betales til det lokale nettselskapet, uavhengig av kraftleverandør. Nettleien kontrolleres av myndighetene ved Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Nettleien i Norge varierer, avhengig av befolkningstetthet og geografi. Dette innebærer at nettleien normalt er lavest i tett befolkede områder.
- Forbruksavgift; eller el-avgift, betales til staten. Fra og med 1. januar 2004 overtok nettselskapene innkrevingen av forbruksavgiften.
- Avgift til statens Energifond; forvaltes av Enova SF.
- Merverdiavgift; betales for nettleie, kraftpris, forbruksavgift og avgift til energifondet.

For husholdningene består nettleien av flere ledd:

- Fastledd; et årlig beløp som minimum skal dekke kundespesifikke kostnader til måling, avregning, fakturering m.m.
- Energiledd; et forbruksavhengig ledd og skal minimum dekke kostnaden ved tap i nettet. Energileddet kan i tillegg dekke en andel av de faste kostnadene som ikke dekkes inn gjennom fastleddet. Forbruksavgiften og avgift til statens Energifond belastes energileddet.
- Effektledd; benyttes vanligvis ikke for husholdningskunder.

Kraftprisen og avgiften til statens Energifond er uavhengige av energi- og effektbehovet i husholdningene. Det samme gjelder forbruksavgiften og merverdiavgiften. Forbruksavgiften for husholdningene utgjorde per 1. januar 2006 10,05 øre/kWh eksklusive merverdiavgift (FIN, 2005). Inntil 2004 var det fritak for forbruksavgift på elektrisitet benyttet til produksjon av fjernvarme. I 2004 ble det imidlertid innført forbruksavgift på 0,45 øre/kWh, som tilsvarer minimumssatsen i EUs energiskattedirektiv. Det betales derfor mindre forbruksavgift til staten ved indirekte bruk av elektrisitet via fjernvarme enn ved bruk av elektrisitet direkte til drift av panelovner o.l.

Effektleddet i nettleien benyttes vanligvis ikke hos husholdningene. Lavt effektbehov som følge av lavenergitiltak eller bruk av alternative energibærere til oppvarming, gir derfor ikke grunnlag for redusert nettleie. Dette til tross for at slike tiltak reduserer nettselskapets kostnader knyttet til tap og forsterkninger i nettet sammenlignet med boliger bygget etter alminnelig standard og med elektrisk oppvarming. Eventuell innføring av effektledd i nettleien hos husholdningene vil

være fordelaktig for brukere av lavenergiboliger sammenlignet med brukere av boliger med lavere energistandard.

I Nordland, Troms og Finnmark er det i henhold til merverdiavgiftsloven (FIN, 1969) fritak for merverdiavgift på elektrisitet, på samme måte som for fjernvarme. I Finnmark og deler av Nord-Troms er det også fritak for forbruksavgift (FIN, 2005).

Anleggsbidrag og tilknytningsavgift

Nettselskapene kan med hjemmel i forskrift om kontroll av nettvirksomhet (OED og NVE, 1999) benytte anleggsbidrag for å dekke anleggskostnadene ved nye nettilknytninger eller ved forsterkning av nettet til eksisterende kunder. Anleggsbidraget er en engangskostnad, og skal beregnes ut fra kostnadene som følger av kundens tilknytning til nettet. Det er ulik praktisering hos nettselskapene med hensyn til bruk av anleggsbidrag.

Regelverket for beregning av anleggsbidrag ble endret med virkning fra 1. januar 2002. Bakgrunnen var at en ønsket å likebehandle ulike energibærere. Tidligere kunne det ved fastsettelse av anleggsbidrag tas hensyn til den forventede økningen i levert energi som tilknytningen av kunden bidro til. Dette førte til at kunder som benyttet alternative energibærere, eller som hadde et forventet lavt elektrisitetsforbruk, måtte betale et høyere anleggsbidrag enn kunder med "normalt" forbruk. For å unngå slik forskjellsbehandling ble forskrift om kontroll av nettvirksomhet endret slik at bestemmelsen nå er nøytral i forhold til valg av energisystem til oppvarming (Stortinget, 2003). Anleggsbidraget skal derfor fastsettes uavhengig av kundens forventede energiuttak, jamfør forskriftens § 17-5.

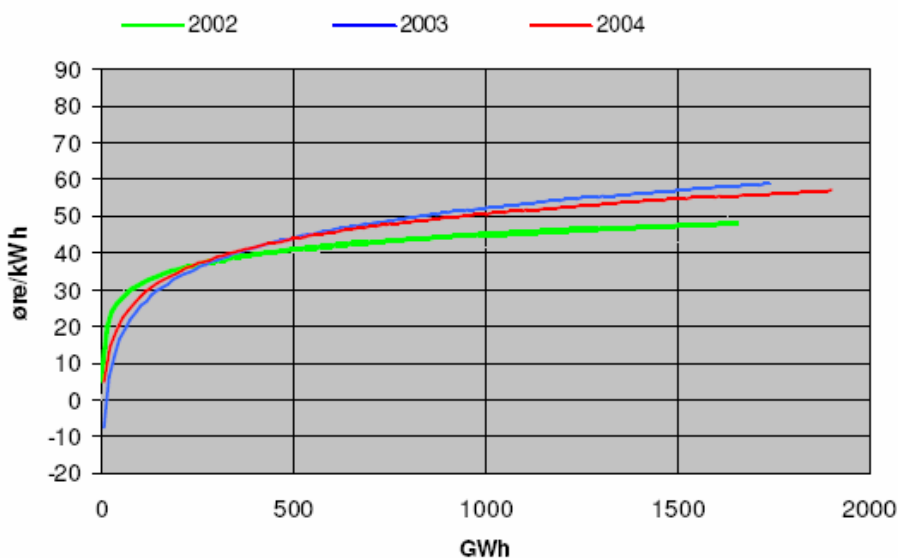
For utbyggingsområder med lavenergiboliger vil anleggskostnadene kunne bli noe lavere enn for tilsvarende områder med ordinært energi- og effektbehov. Anleggskostnadene kan reduseres ved at nettstasjonen og overføringsnettet kan utføres litt mindre. Hafslund Nett, som krever anleggsbidrag fra kunder i sitt nett, opplyser at redusert effektbehov i nye bygg har en viss betydning for anleggsbidraget. Nettselskapet fakturerer nettkunden kun for de faktiske kostnadene ved en utbygging, og når disse reduseres, reduseres også anleggsbidraget. Anleggskostnadene reduseres hovedsakelig som følge av mindre kabeldimensjoner, men også som følge av behov for mindre trafo. Vanligvis vil selve anleggsarbeidene, som består av graving, legging, fylling, tilkobling m.m., bli noenlunde de samme som ved tilknytning av ordinære bygg. Materialkostnadene vil imidlertid bli noe lavere når effektbehovet hos kunden reduseres. Eksempelvis vil en effektreduksjon på 50 % hos nettkunden kunne medføre en reduksjon av anleggsbidraget på cirka 1.500 - 2.500 kroner per installert kW hos Hafslund Nett. Det presiseres fra Hafslund Nett at dette er et grovt overslag, som vil kunne variere fra utbygging til utbygging (Andreassen, 2004).

Fastsettelsen av anleggsbidrag varierer hos nettselskapene. I følge NVE er reduksjon av anleggsbidraget som følge av lavere effektbehov ikke vanlig praksis (Venjum, 2004).

Nettselskapet kan også kreve tilknytningsgebyr av nye kunder som tilknyttes nettet. Det gis i Forskrift om kontroll av nettvirksomhet adgang til å differensiere tilknytningsavgiften etter størrelse på overbelastningsvernet (hovedsikringen). En minsteavgift er imidlertid ikke uvanlig hos de nettselskaper som krever denne type tilknytningsavgift, og bygging av lavenergiboliger vil derfor ikke nødvendigvis gis noen økonomisk fordel.

3.5.2 Fjernvarme

Utformingen av fjernvarmetariffen varierer mellom de ulike fjernvarmeselskapene. Tariffen for husholdningskundene kan bestå av et energiledd, fastledd og et effektledd. Fjernvarmeprodusenten kan også kreve tilknytningsavgift. Hos kunder uten tilknytningsplikt reguleres energileddet i forhold til pris på alternativ energibærer til oppvarming, som oftest olje eller elektrisitet. For kunder med tilknytningsplikt legges gjerne kundens alternative pris på elektrisitet i samme forsyningsområde til grunn. For slike kunder skal fjernvarmeprisen i følge energilovens § 5-5 ikke ”overstige prisen for elektrisk oppvarming i vedkommende forsyningsområde.”



Figur 3-2 Varighetskurve for norske fjernvarmepriser, gitt i forhold til leveransevolum for 2002 – 2004. Eksklusive mva. Kilde: (NVE m. fl., 2005)

I Figur 3-2 er fjernvarmepris, eksklusive merverdiavgift, vist i forhold til leveransevolum i Norge for perioden 2002 – 2004. Hovedandelen omsettes innenfor et spenn på 10 øre per kWh, det vil si fra 42 til 52 øre per kWh (NVE m. fl., 2005), eller 53 til 65 øre per kWh inkludert merverdiavgift. I figuren er det ikke differensiert mellom ulike forbruksgrupper, og det er heller ikke tatt hensyn til eventuell årsavgift, effekttariff eller tilknytningsavgift.

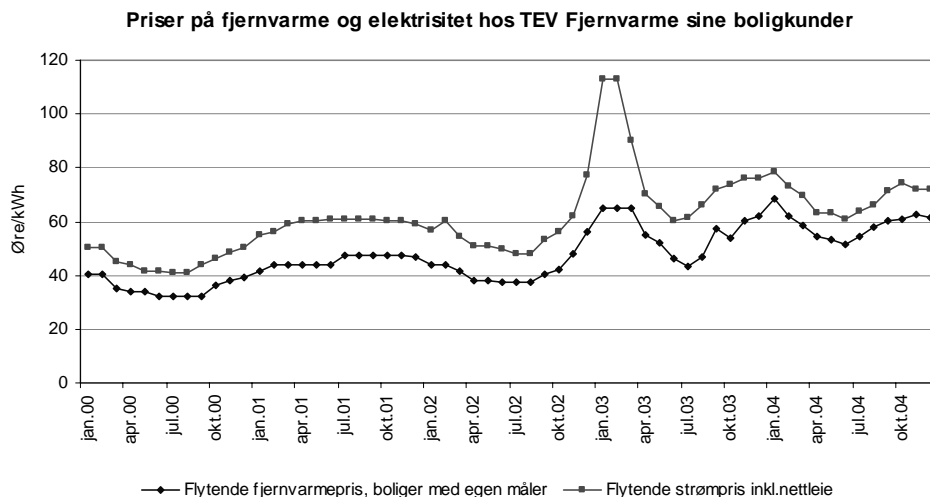
Fjernvarmeprisen varierer mellom de ulike fjernvarmeprodusentene, og avhenger blant annet av hvordan ansvarsgrensen mellom produsenten og kunde er definert. Ansvarsgrensen kan for noen fjernvarmeprodusenter gå ved yttervegg hos kunden, mens hos andre kan kostnader knyttet til investering, drift og vedlikehold av kundesentral være fjernvarmeselskapets ansvar. Noen fjernvarmeprodusenter benytter effekttariff, og/eller krever årlig fastavgift og eventuell tilknytningsavgift, mens andre produsenter inkluderer disse kostnadene i energileddet. Fjernvarmeprisene hos de ulike fjernvarmeprodusentene kan som følge av ulik praktisering av ansvarsgrensen, årsavgift, effekttariff og tilknytningsavgift, ikke sammenlignes direkte. Av samme grunn kan heller ikke elektrisitetsprisen og fjernvarmeprisen hos fjernvarmekundene sammenlignes direkte.

Effektledet i fjernvarmetariffen for husholdningskundene benyttes i varierende grad. Eksempelvis benyttes ikke denne tariffen hos de tre største fjernvarmeprodusentene i Norge. Av den totale fjernvarmeleveransen til norske husholdningskunder utgjør leveransen fra disse produsentene sammenlagt cirka 80 % (SSB, 2004c, 2005a). Blant fjernvarmeprodusenter som benytter slik tariff er Bærum Fjernvarme og Drammen Fjernvarme, og husholdningskunder med lavt effektbehov vil hos disse fjernvarmeprodusentene årlig kunne spare henholdsvis 340 og 380 kroner inkludert merverdiavgift per spart abonnert kW (Bærum Fjernvarme, 2006; Drammen Fjernvarme, 2006). Effektledet kommer imidlertid i tillegg til energileddet.

Hvordan fjernvarmeprisen fastsettes i forhold til den prisen husholdningskundene betaler for elektrisitet, varierer også mellom de ulike fjernvarmeselskapene. For de tre største fjernvarmeprodusentene i Norge er prinsippene for tariffene hos husholdningskundene beskrevet nedenfor.

I Figur 3-3 er fjernvarmeprisen, sammenlignet med elektrisitetsprisen for perioden 2000 til og med 2004, vist for Trondheim Energiverk Fjernvarme sine husholdningskunder. Fjernvarmeprisen hos TEV Fjernvarme reguleres i forhold til kundens alternativ til fjernvarme. For boliger har alternativet tradisjonelt vært elektrisitet, men også varmpumper og energibærere som ved, olje og parafin har blitt lagt til grunn ved prisfastsettelsen. Fjernvarmeselskapet erkjenner at tilknytningsplikten til fjernvarmeanlegg innebærer merkostnader for kunden, som må investere i et vannbasert varmeanlegg. Siden ansvarsgrensen går ved kundens yttervegg, er kostnadene knyttet til investering og vedlikehold av kundesentral også kundens økonomiske ansvar. Som følge av disse merkostnadene har TEV Fjernvarme som generell retningslinje at fjernvarmeprisen skal ligge en god del

under elektrisitetsprisen hos kunden (TEV Fjernvarme, 2003c). I tillegg til fjernvarmeprisen kommer årlig fastavgift, som i 2005 var 868 kroner inklusive merverdiavgift for kunder med individuell måler.



Figur 3-3 Elpris og fjernvarmepris (VH4 for privatkunder med separat måling) for kunder hos Trondheim Energiverk Fjernvarme. Priser inkludert mva, og eksklusive årsavgift. Kilde: statistikk tilsendt fra TEV Fjernvarme, samt statistikk lagt ut på selskapets web-side.

Tariffen hos husholdningskunder hos Viken Fjernvarme i Oslo reguleres i henhold til variasjoner i samlet pris på elektrisitet til oppvarming i samme forsyningsområde, og kundene gis i følge selskapets web-side en rabatt på mellom 2 og 10 % av samlet elektrisitetspris, avhenging av type boligbebyggelse og ansvarsgrense. Hos BKK Fjernvarme i Bergen vil flytende fjernvarmepris (tariff VHM) i henhold til tilsendt informasjon fra selskapet tilsvare elektrisitetsprisen hos kunden, det vil si markedspris for elektrisitet for Bergen-området. Verken Viken Fjernvarme eller BKK Fjernvarme krever årlig fastavgift i tillegg til energiledet.

Fjernvarmekunder betaler ingen forbruksavgift på fjernvarme, og heller ingen annen offentlig avgift enn merverdiavgift. I Nordland, Troms og Finnmark er det fritak for merverdiavgift på fjernvarme, på samme måte som for elektrisitet.

Tilknytningsavgift

Fjernvarmeselskapet kan i henhold til energilovens § 5-5 kreve tilknytningsavgift. Praktiseringen av denne avgiften varierer mellom de ulike fjernvarmeselskapene. Mens noen inkluderer selskapets kostnader knyttet til fremføring av fjernvarmenettet og tilknytning av kunden til nettet i energiledet, vil andre kreve å få dekket inn hele eller deler av sine kostnader gjennom en slik engangsavgift. Denne ulike praktiseringen vil derfor kunne gi ulike kostnader for boligutbyggere.

Det er ikke gitt noen retningslinjer for hva tilknytningsavgiften skal kunne dekke, eller hvordan denne skal beregnes. Dersom tilknytningsavgiften for fjernvarme dekker anleggskostnader, kan denne avgiften sammenlignes med anleggsbidrag for tilknytning til elektrisitetsnettet. For tilknytning til elektrisitetsnettet kan ikke anleggsbidraget fastsettes avhengig av kundens forventede energiuttak, jmfør § 17-5 i forskrift om kontroll av nettvirksomhet. For fjernvarme finnes ikke lignende begrensninger i regelverket. Tilknytningsavgift¹ avhengig av fremtidig fjernvarmeleveranse, har vært aktuelt tema i forbindelse med to boligutbygginger i Trondheim. Disse byggesakene er beskrevet i kapittel 4.2.1 og 4.2.2. Selv om det ikke er gitt retningslinjer for beregning av tilknytningsavgift for fjernvarmekunder, har kunder med tilknytningsplikt, i medhold av energilovens § 5-5, rett til å klage til konsesjonsmyndigheten over priser og andre leveringsvilkår.

3.6 Diskusjon

Forbeholdet i lovforarbeidene når det gjelder praktiseringen av tilknytningsplikten, innebærer at det bør unnlates å kreve tilknytningsplikt, eventuelt gis dispensasjon fra vedtatt tilknytningsplikt, dersom andre løsninger enn fjernvarme bidrar like godt eller bedre til å sikre elektrisitetsforsyningen i vedkommende område, eller representerer et bedre alternativ ut fra et ”energimessig og økonomisk” synspunkt. Basert på teksten i lovforarbeidene tolkes ”et bedre alternativ ut fra et energimessig og økonomisk synspunkt” å innebære lavere energibruk med mindre miljøbelastninger som resultat, oppnådd med lavere investerings- og eventuelt driftskostnader for nybygg enn ved bruk av og tilrettelegging for bruk av fjernvarme. Hvilke kriterier som bør legges til grunn for en slik miljøvurdering er imidlertid ikke gitt.

I gjeldende lovverk med tilhørende regelverk, samt dagens tariffer, gebyrer og avgifter, finnes ingen insentiver for bygging av lavenergiboliger når boligene ikke skal driftes av utbygger. I lovverket vil imidlertid bestemmelsen om tilknytningsplikt til et fjernvarmeanlegg kunne representere en barriere for bygging av slike boliger som følge av for høye byggekostnader knyttet til både varmeanlegg, lavenergitiltak og eventuell tilknytningsavgift. Fjernvarmeprisen vil heller ikke alltid være lavere enn elektrisitetsprisen hos husholdningskunder. Når det tas hensyn til eventuell årlig fastavgift og effektledd, vil den samlede fjernvarmeprisen kunne bli høyere enn elektrisitetsprisen, noe som er i strid med energilovens bestemmelse om pristak på fjernvarme i forhold til prisen på elektrisitet. Bruk av fjernvarme vil av den grunn ikke nødvendigvis være økonomisk gunstig fremfor bruk av elektrisitet til varformål, eller være noe insentiv for å bekoste både vannbasert varmeanlegg og lavenergitiltak. Av kommende regelverk vil energisertifikatordningen i henhold til EUs direktiv om bygningers energiytelse, kunne bli et viktig insentiv for bygging av

¹ I den aktuelle byggesaken var begrepet *anleggsbidrag* benyttet

lavenergiboliger, og eventuelt også for bruk av energibærere fra fornybare energiressurser.

Nye forskriftskrav til bygningers energieffektivitet eller energiytelse kan bli skjerpet i forhold til gjeldende krav, og i nye boliger vil skjerpede krav sannsynligvis først og fremst være knyttet til varmebehovet til romoppvarming og ventilasjonsluft. Differansen mellom ny alminnelig standard og "lavenergistandard" vil kunne bli vesentlig redusert sammenlignet med dette forholdet i dag. En konsekvens av mer energieffektiv boligmasse vil bli lavere etterspørsel etter varme. Dette er forhold som kommunene etter hvert må ta hensyn til i den lokale energiplanleggingen, spesielt dersom kommunene får større myndighet til å påvirke eller bestemme energiløsninger i nye utbyggingsområder, slik anbefalt i NOU 2003:14. Lavere varmebehov i nye boligområder vil også kunne medføre at fjernvarmeprodusenten finner det lite økonomisk interessant å levere fjernvarme til slike områder. En konsekvens av dette vil kunne bli at nasjonale mål om økt bruk av fjernvarme blir vanskeligere å oppnå. I hvilken grad mindre fjernvarmeleveranse til romoppvarming og eventuell oppvarming av ventilasjonsluft vil få betydning for fjernvarmeprodusentenes lønnsomhet, er ikke vurdert eller diskutert i avhandlingen.

Det bør utarbeides egne nasjonale primærenergifaktorer og fossilenergifaktorer, samt faktorer for CO₂ i vedlegg til prEN 15203. Dette er viktig fordi energikjedene for norske brenslere vil kunne være annerledes enn for brenslere benyttet i andre europeiske land. I de faktorene som er gitt i vedlegg til prEN 15203, utgjør eksempelvis bruken av fossile energiressurser til foredling, transport, lagring osv av fyringsoljer og naturgass henholdsvis mellom 50 og 60 % for fyringsoljer og mellom 36 og 53 % for naturgass, gitt i forhold til energiinnholdet i brenslene. Til sammenligning viser norske livssyklusanalyser at tilsvarende energibruk for fyringsoljer og naturgass på det norske markedet utgjør mindre enn 10 % av energiinnholdet i brenslene, se tabell V5-1 i Vedlegg 5 (i avhandlingen). For elektrisitet er det i vedlegg til prEN 15203 gitt verdier representative for den gjennomsnittlige europeiske¹ kraftproduksjonen i 1990. Gjennomsnittlig utslipp for denne el-mixen utgjør 514 gram CO₂ per kWh levert elektrisitet. Det finnes ingen norsk konsensus om hvordan elektrisitet skal betraktes i denne sammenhengen, verken for dagens situasjon eller for fremtiden, se diskusjon i kapittel 5.4.4. En avklaring rundt dette spørsmålet er viktig, fordi utslipp fra ulike kraftproduksjonsanlegg varierer vesentlig, og fordi slike verdier vil måtte legges til grunn i ulike miljøanalyser i fremtiden.

¹Østerrike, Belgia, Frankrike, Tyskland, Hellas, Italia, Luxemburg, Nederland, Portugal, Spania, Sveits og Eks-Jugoslavia.

4 Lavenergiprojekter i områder med fjernvarmekonsesjon

4.1 Introduksjon

Norske myndigheter har en målsetning om lavere energibruk, økt energifleksibilitet og omlegging til nye fornybare energikilder. Dette er ikke nødvendigvis lett forenbare målsetninger. I flere utbyggingsprosjekter har det vist seg at boligutbyggers målsetning om bygging av lavenergiboliger har kommet i konflikt med kravene knyttet til tilknytning til fjernvarmeanlegg i områder med fjernvarmekonsesjon. I fire boligprosjekter med lavenergiprofil i Trondheim er det blitt søkt om dispensasjon fra tilknytningsplikten eller fra kravet til varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg. I dette kapittelet beskrives disse byggeprosjektene med fokus på byggesaksbehandlingen og prosjektenes energiløsninger. Det er valgt å beskrive alle fire byggesakene fordi disse er noe forskjellige når det gjelder boligutbyggernes energikonsept, dispensasjonssøknadens innhold, de involverte aktørenes holdninger til dispensasjonen og kommuneadministrasjonens og politikernes praktisering av regelverket rundt tilknytningsplikten. Det gis i tillegg en beskrivelse av en større boligutbygging i Oslo. Også i dette byggeprosjektet er tilknytningsplikten med tilhørende krav om varmeanlegg for boliger med lavenergiprofil et diskusjonstema. Dette spørsmålet var i januar 2006 enda ikke behandlet administrativt eller politisk i kommunen. Byggeprosjektet blir derfor kun belyst fra boligutbyggers side.

Hensikten med å beskrive disse byggesakene er å vise aktørenes ulike synspunkter når det gjelder varmeanlegg i lavenergiboliger i områder med fjernvarmekonsesjon, og hvilken betydning disse synspunktene har hatt for valg av endelige energiløsninger. Samtidig belyser byggesaksbehandlingen hvordan lovbestemmelsen om tilknytningsplikten er blitt praktisert i byggeprosjekter hvor energibehovet til romoppvarming er lavt. Andre tilsvarende saker i Norge er ikke kjent, og det antas at det er kun Trondheim kommune som per januar 2006 har behandlet denne type problemstilling. Beskrivelsen av byggesakene er basert på ulike dokumenter i tilknytning til byggesaksbehandlingen, protokoller eller videopptak fra møter i byutviklingskomiteen, bygningsråd og bystyre, og direkte kommunikasjon med ulike involverte aktører.

At kravet om tilknytning til fjernvarmeanlegg kan være konfliktfylt i forhold til investering i energisparetiltak, er ikke bare et særnorsk fenomen. Eksempelvis er det i en utredning utarbeidet for den svenske regjeringen om strategi for energieffektivisering i bebyggelsen (Miljövärdsberedningen, 2004), vist til kritikk mot at tilknytningsplikten i ny bebyggelse hemmer konkurransen med energieffektiviserende tiltak eller miljøvennlige og individuelle

energiforsyningssystemer. Problemstillingen er også belyst i tilknytning til bygging av lavenergi- eller Passivhus-boliger i Freiburg i Tyskland (Spät, 2004). Tilknytningsplikten for disse boligene ble svært kritisert fordi kostnadene forbundet med fjernvarmetilknytningen ikke ga insentiver til investering i energisparende tiltak eller solfangeranlegg. I denne saken opphevd kommunen tilknytningsplikten. Som en forutsetning ble det imidlertid stilt krav til svært lavt varmebehov, grundig dokumentasjon av varmebehovet, samt at det skulle benyttes solfangeranlegg, slik det i utgangspunktet var planlagt. I tillegg måtte en forplikte seg til å ikke benytte elektrisitet til varmeformål. Slikt sett skiller denne tyske byggesaken seg fra den norske "konflikten", hvor det i stor grad er ønske om å kunne benytte et rimelig elektrisk varmeanlegg i lavenergiboliger.

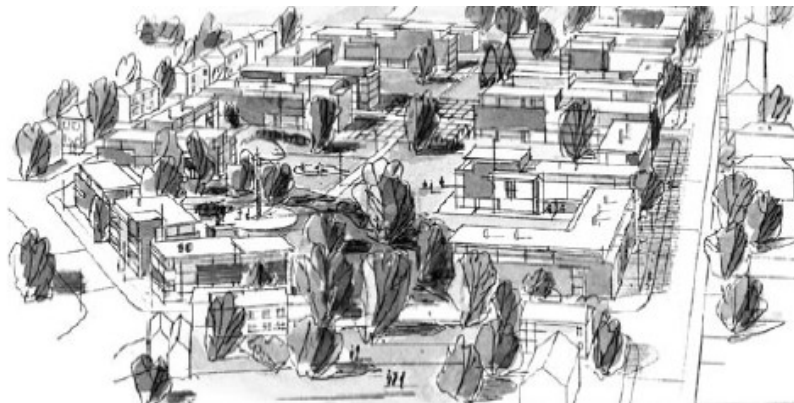
I tilknytning til byggesakene beskrevet i dette kapitlet, er det søkt informasjon om boligutbyggerne har planer om å tilrettelegge for individuell måling og avregning av fjernvarmeforbruket, eller om kollektiv måling og avregning blir resultatet dersom lavenergikonseptet ikke blir eller ble gjennomført. Det er også vektlagt å belyse boligutbyggerens kostnadskalkyler for varmeanlegg for romoppvarming, dersom slike kalkyler forelå, samt om disse kalkylene var basert på redusert effektbehov. Boligutbyggerens motivasjon for bygging av lavenergiboliger er i tillegg undersøkt. Dersom det i teksten ikke er vist til merverdiavgift, skyldes dette at slik informasjon ikke er fremkommet fra informasjonsmaterialet.

4.2 Byggesaker

4.2.1 Rosenborg Park i Trondheim

Heimdal Utbyggingsselskap planla i 2003 en stor utbygging av boliger i Rosenborg-området i Trondheim. Utbyggingsselskapet hadde ambisjoner om at prosjektet, som totalt omfattet cirka 500 boliger, skulle bli et byøkologisk pionerprosjekt både i Trondheim og nasjonalt. Det ble gitt økonomisk støtte fra både Enova og Husbanken til prosjektering, seminar for arkitekter, rådgivere, entreprenører m.m. Prosjektet ble organisert gjennom Rosenborg Utviklingsselskap AS, eid av Heimdal Utbyggingsselskap AS og Veidekke AS.

SINTEF bistod utbyggingsselskapet med utredning av lavenergikonseptet. Dette konseptet var beregnet å skulle gi cirka 40 % reduksjon av det totale energibehovet og cirka 50 % reduksjon av energibehovet til romoppvarming, sett i forhold til nye boliger bygget etter "vanlig standard". Referansen "vanlig standard" var forutsatt å ha noe lavere energibehov enn tilsvarende boliger bygget etter minstekravene i tekniske forskrifter fra 1997 (Dokka, 2003). I energiberegningene ble det sett bort fra eventuell energibruk til oppvarming av innglassede balkonger.



Figur 4-1 Rosenborg Park i Trondheim, med 500 boliger. Illustrasjon: div.A arkitekter AS

Satsingen på lavenergistandard var motivert ut fra flere forhold. Bygging av lavenergiboliger med elektrisk romoppvarming ville gi lavere byggekostnader enn ordinære boliger med vannbåren romoppvarming, som var alternativet siden boligområdet lå innenfor konsesjonsområdet for fjernvarme. I tillegg mente utbyggingsselskapet at en slik løsning ville være bedre i et miljøperspektiv. Lavere byggekostnader, lavere driftskostnader for brukeren og et mer miljøvennlig konsept ble derfor vurdert som en vinn-vinn-situasjon (Selvaag, 2003; By, 2005). Disse forholdene var også ansett som klart positive i konkurransen med andre byggeprosjekter i byen. Tomten var kostbar, og utbyggingsselskapet var avhengig av å ha et annerledes produkt enn konkurrentene (Leikvam, 2003).

Rosenborgområdet ligger innenfor Trondheim Energiverk Fjernvarme (TEV Fjernvarme) sitt konsesjonsområde. Det var planlagt at fjernvarme skulle benyttes til oppvarming av tappevann og gulvvarme i badrom. Fordi romoppvarmingsbehovet var lavt, var den øvrige romoppvarmingen planlagt å skulle dekkes med elektriske panelovner.

Utbyggingsselskapet fremmet søknad om dispensasjon fra bestemmelsen om varmeanlegg i reguleringsplanen for Rosenborg, som var godkjent av bystyret i mai 2003. I reguleringsplanen het det at:

Reguleringsområdet ligger innenfor konsesjonsområdet for fjernvarme. Bygningenes varmesystemer skal derfor utformes for slik tilknytning. Eventuell søknad om dispensasjon fra tilknytningsplikten skal behandles av bygningsrådet/det faste utvalg for plansaker.

Dispensasjonssøknaden og høringsuttalelser

Utbyggingsselskapet søkte ikke om dispensasjon fra selve tilknytningsplikten, fordi en ønsket å bruke fjernvarme til oppvarming av tappevann. Det ble imidlertid søkt om fritak fra kravet om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmenettet. I

dispensasjonssøknaden argumenterte utbyggingsselskapet med at den planlagte løsningen med lavenergiltak og elektrisk romoppvarming var den klart beste løsningen ut fra både et miljø-, komfort- og lønnsomhetsperspektiv. I denne sammenhengen hevdet utbyggingsselskapet at investeringskostnadene for vannbasert varmeanlegg ville bli urimelig høye i forhold til det lave varmebehovet. Tilleggskostnadene knyttet til et vannbasert varmesystem, sammenlignet med direkte elektrisk oppvarming, var beregnet til 35.000 kroner¹ per leilighet. Det ble også argumentert med at fjernvarmeleveransen til romoppvarmingen i de kaldeste vintermånedene i stor grad måtte baseres på olje, gass og elektrisitet, noe som var uheldig i miljørammen. Søkeren stilte seg også tvilende til om prisen på fjernvarme ville bli noe særlig lavere enn for elektrisitet på sikt. Dette ble begrunnet med liten prisforskjell mellom fjernvarme og elektrisitet, og sannsynlig økt energibehov ved bruk av et vannbasert varmeanlegg i forhold til panelovner som følge av tregere regulering (Selvaag, 2003).

TEV Fjernvarme påpekte i sin uttalelse vedrørende dispensasjonssøknaden at søknaden la opp til økt bruk av elektrisitet til oppvarming, og da spesielt i høylastperioder om vinteren. Det ble vist til at dette var stikk i strid med nasjonale målsetninger. TEV Fjernvarme, som et ansvarlig selskap, kunne derfor ikke være enig i et slikt forslag. TEV Fjernvarme skrev at selskapet var sterkt opptatt av å bidra til en høyst nødvendig økt fleksibilitet i energiforsyningen. Et eventuelt forslag om å unnta deler av fremtidig boligbygging i Norge fra mulig fjernvarmeforsyning, og heller ensidig satse på elektrisk oppvarming i høylastperioder, burde behandles på et nasjonalt nivå. TEV Fjernvarme viste også til at kunder knyttet til et fjernvarmeanlegg har en vesentlig fordel i forhold til ordinære strømkunder ved at de har tilgang på energifleksibilitet. Dette ble fremhevet å gi større sikkerhet mot høye elektrisitetspriser, slik situasjonen var vinteren 2002-03. TEV Fjernvarme stilte seg i sin høringsuttalelse også kritisk til at "fjernvarme til romoppvarming gir en betydelig økning i energiforbruket" (TEV Fjernvarme, 2003a).

Den administrative behandlingen

Trondheim kommune har innført vedtekt om tilknytningsplikt i henhold til plan- og bygningslovens § 66a. I vedtekten heter det at:

Bygningsrådet kan bestemme at bygninger som oppføres innenfor et område som omfattes av konsesjon gitt etter lov av 18 april 1985, nr 10 om bygging og drift av fjernvarmeanlegg, må tilknyttes fjernvarmeanlegget.

¹ Med et gjennomsnittlig areal per boenhet på 73 m², blir gjennomsnittlig tilleggskostnad for vannbasert varmeanlegg cirka 480 kr/m².

I retningslinjer knyttet til kommuneplanens arealdel 2001–2012 heter det i tillegg:

Innenfor byggeområdet skal det som hovedregel i ny utbygging og/eller større rehabilitering med samlet golvareal over 1000 m² installeres varmeanlegg som er forberedt for tilknytning til fjernvarme eller annen miljøvennlig varmekilde. Innenfor konsesjonsområdet for fjernvarme, jfr. vedtekt sak B107/1990, kreves dispensasjon fra byggeforskriftens § 9-23 dersom annet varmeanlegg velges.

I saksutredningen fra plan- og bygningsenheten, det vil si rådmannens utredning (Trondheim kommune, 2004a), ble det gjort oppmerksom på at dispensasjon fra tekniske forskrifter § 9-23 om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme, var "upløyd mark" for rådmannen. Det hadde heller ikke vært mulig å innhente lignende erfaring fra andre steder i Norge. Rådmannen hadde derfor vært avhengig av å innhente råd og anbefalinger fra fagmiljøene. Rådmannen påpekte at det var behov for en prinsipiell avklaring av hvilke momenter man skulle legge avgjørende vekt på i slike saker der flere hensyn trekker i ulike retninger. Spesielt var det ønskelig å få en avklaring på hvorvidt man skal kunne kreve at bygninger med redusert energibehov må tilknyttes fjernvarmeanlegget.

TEV Fjernvarme ønsket av økonomiske årsaker å ikke levere fjernvarme til kun oppvarming av tappevann. Dette fordi selskapet er avhengig av tilstrekkelig fortjeneste for å kunne ha økonomi til vedlikehold og utvidelse av fjernvarmesystemet. Dette synet erkjente også rådmannen. Samtidig viste rådmannen til en studie utarbeidet for Enova (Lien, 2003), som viste at størst lønnsomhet oppnås for både utbygger og fjernvarmeleverandør når fjernvarme benyttes til kun oppvarming av tappevann. I følge rådmannen forklares dette i studien med at romoppvarmingsbehovet forekommer konsentrert i fyringssesongen, og må i stor grad dekkes ved bruk av kostbar toppplastenergi. Oppvarmingen av forbruksvann vil videre, i følge studien, i langt større grad foregå gjennom hele året, og kan således dekkes av mindre kostbar grunnlastenergi som det store deler av året vil være overskudd¹ av.

I saksutredningen ble det understreket at fjernvarmekonsesjonæren ikke kunne nekte å levere fjernvarme innenfor konsesjonsområdet, selv om fjernvarme kun ble benyttet til oppvarming av tappevann. Det ble imidlertid påpekt at TEV Fjernvarme, med hjemmel i energiloven, kunne kreve tilknytningsavgift for bygninger innen konsesjonsområdet. TEV Fjernvarme hadde gjort rådmannen kjent med at dette tidligere aldri hadde blitt gjort i Norge, men at dette kunne være en mulig løsning i Trondheim for å sikre det økonomiske grunnlaget for fjernvarmeanlegget. Rådmannen pekte på at en eventuell tilknytningsavgift kunne gjøre bruk av fjernvarme til oppvarming av tappevann økonomisk uinteressant for utbygger. Trondheim kommune kunne heller ikke, med hjemmel i lovverket, kreve at utbygger skulle benytte fjernvarme til oppvarming av tappevann. Dersom bygningsrådet/det faste utvalget for plansaker ga dispensasjon fra kravet om

¹ Grunnlastproduksjonen hos TEV Fjernvarme er i hovedsak basert på forbrenning av avfall.

varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg, samtidig med at TEV Fjernvarme krevde tilknytningsavgift, kunne dette i ytterste konsekvens medføre at all oppvarming ville skje med bruk av elektrisitet.

Rådmannen viste i saksutredningen til at en viktig miljøeffekt ved avfallsforbrenning er at dette gir redusert behov for areal til avfallsdeponering. Dessuten vil en, i følge rådmannen, kunne oppnå miljøgevinster i form av reduserte utslipp som nitrogenoksider, svoveldioksider, klimagassen karbondioksid, samt støv og sot ved å benytte seg av ”fornybare energiresurser”. Imidlertid vektla rådmannen at Enova-studien viste at levering av fjernvarme til kun varmt tappevann ville gi et lavere utslipp av karbondioksid enn ved bruk av fjernvarme til både romoppvarming og varmt tappevann.

I sin konklusjon viste rådmannen til at det var divergerende oppfatninger mellom TEV Fjernvarme og andre fagmiljøer om spørsmålene som dispensasjonssøknaden utløste. Rådmannen mente på tross av dette at det riktige måtte være å velge den løsningen som totalt sett ga det ”beste energiøkonomiske resultatet”. Rådmannen innstilte derfor på at tilknytningsplikten ble opprettholdt, men at det ble dispensert fra kravet om at bygninger i området skulle ha varmeanlegg som kunne tilknyttes fjernvarmeanlegg. Det ble imidlertid foreslått at det måtte stilles krav om en plan for oppfølging av resultatene. På denne måten kunne en få nødvendig erfaring med energibruken i praksis, en erfaring som var viktig med tanke på senere saker.

Miljøavdelingen i kommunen kommenterte i sin uttalelse til rådmannens utredning at det er viktig å unngå bruk av elektrisitet til oppvarming for å begrense toppbelastningen i elektrisitetsnettet midtvinters. Miljøavdelingen hevdet også at ”enøk-tiltak” ofte er lønnsomme, og at det er all grunn til å vurdere ekstra enøk-tiltak også når bebyggelsen forsynes med fjernvarme. Det var derfor, i følge miljøavdelingen, ikke et spørsmål om enøk eller fjernvarme (Trondheim kommune, 2003).

I forslaget til vedtak, utarbeidet av plan- og bygningsenheten i kommunen (Trondheim kommune, 2004b), ble følgende betingelser foreslått for at det skulle gis dispensasjon fra kravet om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg:

- 1. Det må før videre behandling av saken foreligge et energibudsjett som dokumenterer at det enkelte byggs gjennomsnittlige årlige energibehov ikke overstiger ca 100 kWh/m².*
- 2. Det må foreligge en plan for etterprøving av resultatene før det gis endelig brukstillatelse/ferdigattest. Planen må godkjennes av plan- og bygningsenheten.*

Behandling i bygningsrådet

Ved behandling av dispensasjonssøknaden i bygningsrådet 20. januar 2004 ble det sluttet følgende vedtak:

Bygningsrådet/det faste utvalg for plansaker vedtar at tilknytningsplikten til fjernvarmeanlegg gjennomføres fullt ut for bygninger som ligger innenfor konsesjonsområdet for fjernvarme. Bygningsrådet/det faste utvalg for plansaker finner ikke at det foreligger særlige grunner til å dispensere fra dette kravet, jfr. plan- og bygningsloven § 7.

En fryktet at en dispensasjon for så store prosjekt det er snakk om her kan uthule så vel bestemmelser i plan- og bygningsloven om tilknytning til fjernvarmeanlegg som tidligere vedtak i Trondheim bystyre.

Bygningsrådet legger særlig vekt på at fjernvarmesystem kan benytte flere forskjellige energikilder, og er dermed mer robust enn f.eks. elektriske varmesystem. Det er dessuten en nasjonal målsetning at husholdningene skal gjøre seg mindre avhengige av elektrisk kraft, for å kunne stå bedre rustet til evt. fremtidig kraftkrise.

Vedtaket i bygningsrådet innebar at det ikke ble gitt dispensasjon fra kravet om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg. Ved behandlingen av dispensasjonssøknaden, som ble behandlet samtidig med dispensasjonssøknaden fra Studentsamskipnaden i Trondheim, se kapittel 4.2.2, ble det uttalt at bygningsrådet/det faste utvalg for plansaker ikke ønsker å bli forelagt denne type søknader. I følge (Leikvam, 2004) ble dette begrunnet med at slik dispensasjon ville kunne gi presedens for slike saker i fremtiden, noe som kunne gi negative konsekvenser for TEV Fjernvarme.

Utfall for lavenergikonseptet

Som følge av kravet om varmeanlegg for romoppvarming som kan tilknyttes fjernvarmeanlegget, fant utbyggingsselskapet å måtte fravike lavenergikonseptet. Dette ble begrunnet med at både ekstraordinære energisparetiltak og vannbasert varmeanlegg ville gi for høye byggekostnader. Boligene ble derfor i stedet bygget etter alminnelig standard (By, 2005).

Videre oppfølging

I april samme året ble denne saken tatt opp til diskusjon i møte mellom plan- og bygningsenheten og politikere fra Trondheim kommune. Hensikten med møtet var å avklare om avslaget i bygningsrådet innebar at det i fremtiden ikke ville være mulig å fremme lignende dispensasjonssøknader. I møtet kom det frem at politikerne ikke ville stille seg i veien dersom et bredt faglig miljø, inkludert TEV Fjernvarme, kunne stille seg bak en slik søknad. Samtidig var det nødvendig med en avtalt plan for dokumentasjon av den faktiske energibruken, kostnader og miljøkonsekvenser for et fremtidig lavenergiprojekt. Erfaringene fra et slikt "pilotprosjekt" ville kunne danne grunnlag for en videre vurdering av hvordan kommunen skal behandle slike saker (Gismervik, 2004). For siste byggetrinn, det vil si byggetrinn B4, vurderte utbyggingsselskapet et slikt prosjekt. Erfaringene fra både første fase av Rosenborg-utbyggingen, og til sist utbyggingen ved Utleir

Østre, se kapittel 4.2.3, medførte imidlertid at utbyggeren valgte ordinær energistandard og fjernvarme til romoppvarming også for dette byggetrinnet. Utstyr for individuell måling av fjernvarmen ble ikke installert (By, 2005).

Diskusjon på Stortinget

Problemstillingen rundt varmeløsningen for Rosenborg-utbyggingen, samt for Bloksberg studentboliger beskrevet i kapittel 4.2.2, har vært et diskusjonstema på Stortinget. I brev fra Øyvind Korsberg (FrP) til daværende olje- og energiminister Einar Steensnæs (KrF), ble det med henvisning til Rosenborg Park og Bloksberg studentboliger stilt følgende spørsmål i Dok. 15 spm. 622 (2003-2004):

I svar på skriftlig spørsmål nr. 589 skriver statsråden at "Regjeringen fører en ambisiøs politikk for en omlegging av energibruk og energiproduksjon. Et element i denne politikken er å benytte energien mer effektivt". Regjeringen har en klar målsetning om økt bruk av fjernvarme. I en del nybygg pålegges utbygger å installere fjernvarme selv om det verken er mest lønnsomt eller gis best energieffektivitet. Er dette i tråd med Regjeringens energipolitiske målsetning?

I svar fra Steensnæs ble det vist til at kommunene har kunnskap om lokale forhold og har ansvaret for arealplanleggingen. Kommunene burde dermed ha de beste forutsetningene for å vurdere i hvilke tilfeller det bør pålegges tilknytningsplikt.

Som en oppfølging til spm. 622 og henvisninger til de samme utbyggingsprosjektene, spurte Øyvind Vaksdal (FrP) i Dok. 15 spm. 841 (2003-2004):

Regjeringen jobber for tiden aktivt med å øke bruken av fjernvarme, så vel som nye krav til energibruk i bygg. For små bopeler kan dette bli en kostbar fornøyelse, hvor man både bygger moderne og energieffektivt, men likevel må tilknyttes fjernvarmeanlegg slik at man må foreta en "dobbelinvestering" som vanskelig kan sies å være samfunnsøkonomisk lønnsom. Vil statsråden ta initiativ for at man setter en minimumsgrense, basert på energibruk, for hvilke bygg hvor det kan kreves tilknytningsplikt?

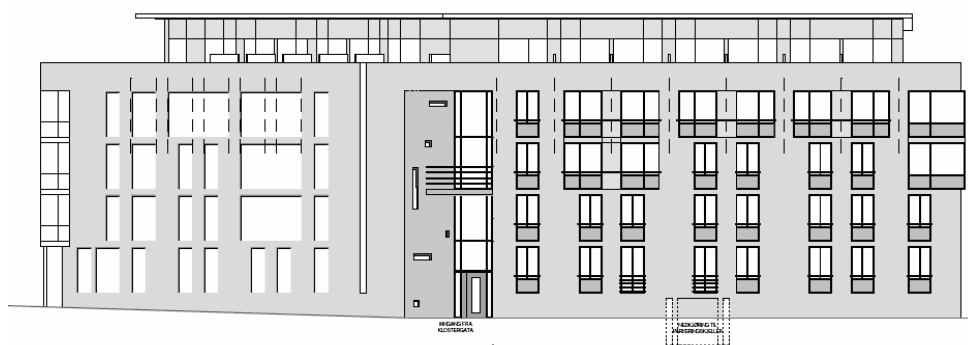
Olje- og energiministeren, nå Thorild Widvey (H), henviste også her til at det er kommunene som har de beste forutsetninger for å vurdere eventuell tilknytningsplikt, og at statsråden derfor ikke ser at det er behov for å innføre en minimumsgrense basert på energibruk for å kunne kreve tilknytningsplikt.

4.2.2 Bloksberg studentboliger i Trondheim

Studentsamskipnaden i Trondheim, SiT, har som et generelt hovedmål i sine prosjekter å prioritere bygningsmessige og andre tiltak som reduserer

energibehovet. Det legges vekt på god miljøprofil og en prioritering av løsninger som gir akseptable investeringskostnader og lavest mulige energi- og vedlikeholdskostnader. Lave driftskostnader er viktig siden SiT selv drifter den bygningsmassen selskapet oppfører.

Studentboligene i Klostergata 29, eller Bloksberg studentboliger, ligger innenfor TEV Fjernvarme sitt konsesjonsområde. Boligene ble ferdigstilt i 2004. Utgangspunktet for valg av energiløsninger var SiTs overordnede målsetning om bruk av energisparende og miljøfremmende tiltak innenfor akseptable totaløkonomiske rammer for studentboliger, fastsatt av Utdannings- og forskningsdepartementet (Flem, 2004b).



Figur 4-2 Studentboliger i Klostergata 29, eller Bloksberg studentboliger, nordvest fasade. Kilde: SiT

Bloksberg studentboliger var i utgangspunktet planlagt for fjernvarme til både romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og tappevann. Det var også planlagt tiltak for redusert energibehov, som bedre varmeisolasjon for alle ytterkonstruksjoner og balansert ventilasjon med varmegjenvinning. I tillegg var det forutsatt installasjon av utstyr for nattsinking av innetemperaturen samt dagsinking når studentene ikke er tilstede. Med energispareiltakene var energibehovet til romoppvarming, eksklusiv ventilasjon, beregnet å utgjøre 8 % av det totale energibehovet. Med bakgrunn i dette lave oppvarmingsbehovet vurderte SiT bruken av vannbåren romoppvarming med radiatorer opp mot en løsning med elektriske panelovner. Bruk av panelovner var beregnet å gi cirka 1,1 millioner i sparte anleggskostnader. Bruken av panelovner ville i følge SiT også gi driftsmessige fordeler ved at en kunne ta i bruk et enkelt styringssystem¹ av ovnene, som ville gi tvungen energisparing. SiT fant det vanskelig å forsvare

¹ Nobø styringssystem med nattsinking (velges manuelt) og automatisk ”sparmodus”, som kobles inn tre timer etter at ”komfortmodus” er valgt manuelt

merkostnadene¹ på 1,1 millioner kroner for et varmeanlegg når energibehovet til romoppvarming var så lavt (VIS-A-VIS, 2003a; Flem, 2004a, 2005).

Dispensasjonssøknaden

På bakgrunn av forholdene beskrevet over, ble det søkt om dispensasjon fra kravet om varmeanlegg for romoppvarming som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg. I søknaden ble det argumentert med at bruk av panelovner med Nobø styringssystem medfører mindre energibruk enn med et tregere radiatorsystem, og at bruk av panelovner også medfører betydelige reduksjoner i investeringskostnadene. Det ble også påpekt i dispensasjonssøknaden at oppvarming av tappevann og ventilasjonsluft, som til sammen ville utgjøre cirka 60 % av det totale energibehovet, skulle baseres på fjernvarme. Siden tekniske forskrifter ikke krever at det skal tilrettelegges for bruk av fjernvarme til oppvarming av tappevann og ventilasjonsluft, mente SiT at den ønskede løsningen burde være et svært godt kompromiss (VIS-A-VIS, 2003b).

Den administrative og politiske behandlingen

Både saksutredningen og forslaget til vedtak i bygningsrådet fra rådmannen var tilnærmet den samme som for Rosenborg Park. Dispensasjonssøknaden fra SiT ble også avvist i bygningsrådet 20. januar 2004, med samme begrunnelse som for Rosenborg Park.

Videre saksgang med bygningsrådet

Det ble fra SiT anmodet om ny behandling i bygningsrådet. Begrunnelsen var at SiT gjennom diskusjoner med fagmiljøer og politikere hadde fått et inntrykk av at det i mange sammenhenger settes likhetstegn mellom tilknytningsplikt og bruksplikt for fjernvarme. I anmodningen om ny behandling ble det påpekt at plan- og bygningsloven kun regulerer tilknytningsplikt, og ikke bruksplikt. TEV Fjernvarme hadde også bekreftet dette i brev til SiT. SiT mente at det i saksfremstillingen vedrørende dispensasjonssøknaden ikke hadde blitt poengtert godt nok at det ikke foreligger bruksplikt på fjernvarme, og at dette måtte være av vesentlig betydning for saken.

SiT viste også til at bygningsrådet gjennom sitt vedtak vedrørende dispensasjonssøknaden krevde at det skulle være vannbåren romoppvarming. Denne oppvarmingen tilsvarte 8 % av byggets totale energibehov, noe som utløste et restbehov på 92 %, som i prinsippet kunne dekkes med elektrisk energi. SiT påpekte at de kunne forplikte seg til å installere anlegg for vannbåren varme for tappevann og ventilasjonsluft, mot å slippe vannbåren varme til romoppvarming. Et slikt ”teknisk bytte” ville i følge SiT være i samsvar med premissene i bygningsrådets vedtak, jamfør vedtakets avsnitt om uthuling av plan- og

¹ Merkostnadene for varmeanlegget var beregnet for et anlegg dimensjonert i forhold til et normalt effektbehov.

bygningssloven og nasjonal målsetning om reduksjon av elektrisitetsforbruket (VIS-A-VIS, 2004).

I et vedlagt notat til brevet oversendt bygningsrådet (Flem, 2004a), poengterte SiT at de kunne velge å bruke energi fra egen fyringssentral til bruk i det vannbaserte anlegget for romoppvarming, som kommunen hadde pålagt SiT å installere. SiT viste til at dersom tilknytningsplikten til fjernvarmeanlegget ble krevd gjennomført fullt ut, og dersom utbygger samtidig valgte egen fyringssentral, ville fjernvarmerør bli lagt fram til bygget uten at rørsystemet nødvendigvis kom til å bli benyttet. Dette ble beskrevet som en åpenbart dårlig samfunns- og privatøkonomisk løsning. Alternativer til fjernvarme ville være elektrisitet med uprioritert overføring, og gass. SiT poengterte at de skulle ha minst to uavhengige energibærere, slik at varmforsyningen kunne baseres på flere uavhengige leverandører. Dette ble begrunnet med at en da får en prismessig konkurranse mellom energileveransene.

SiT viste også i notatet til at dersom det skal foretas energimåling i hver av de små boenhetene med radiatorer, var det nødvendig med en ekstra vannmåler i tillegg til vannmåler for forbruksvann og måler for elektrisitet. Konsekvensen ville bli at målere for romoppvarming neppe ville bli montert av hensynet til kostnadene¹. Erfaringstall fra Steinan studentby hadde i følge SiT vist at den totale energibruken gikk ned med 15 til 17 prosent da det ble installert utstyr for individuell måling og avregning av varmeforbruket. SiT skrev i notatet også at energibruken ville øke som følge av et tregere system å regulere, og at studentene kom til å benytte vinduene til regulering av romtemperaturen, slik som ved Fantoft studentby i Bergen. SiT pekte videre på økt energibruk som følge av varmetap i varmerør som går i sjakter og rom som ikke trenger oppvarming. Dersom det imidlertid ble benyttet panelovner, mente SiT at tvungen energisparing ville bli gjennomført ved bruk av "Nobø-bryteren".

I notatet viste SiT til beregninger av investerings- og driftskostnadene ved å installere radiatoranlegg for romoppvarming, sammenlignet med varmeanlegg bestående av elektriske panelovner. Disse beregningene viste at et radiatoranlegg ville medføre en merkostnad på cirka 1,70 kroner per kWh de neste 15 til 20 årene. Dette var en merkostnad som SiT så langt som mulig ville forsøke å frita studentene for.

Saken ble ikke gjenopptatt i bygningsrådet, og SiT fremmet heller ikke flere anmodninger om dispensasjon fra kravet om varmeanlegg for romoppvarming som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg.

¹ I ettertid er det klart at SiT har som målsetning å installere måler og avlesningsutstyr for individuell avregning av varmeforbruket (Flem, 2005)

Alternativ varmforsyning

Parallelt med diskusjonene om varmeanlegg for romoppvarming, ble det ført en diskusjon med TEV Fjernvarme og TEV Nett om alternativ varmforsyning til tappevann og ventilasjonsluft, og eventuelt romoppvarming dersom bygningsrådet påla varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegget. SiT ønsket å kunne velge mellom flere energibærere, som etter noe utredning ble gass og elektrisitet med uprioritert overføring. Alternative energibærere var ønsket som et supplement til fjernvarme, fordi fjernvarmen i en tidlig fase ble priset så høyt at alternativ varmforsyning ville lønne seg. Dersom SiT bestemte seg for alternativ varmforsyning som supplement til fjernvarme, ville imidlertid både TEV Fjernvarme og TEV Nett belaste SiT med anleggsbidrag, kostnader som normalt blir dekket av energiselskapet.

TEV Fjernvarme legger vanligvis fjernvarmerør kostnadsfritt inn til kundens husvegg. I de tilfeller der kunden ikke ønsker å bruke fjernvarme, krever TEV Fjernvarme at kunden dekker kostnadene med fremføring av rør. For Klostergata 29 utgjorde disse kostnadene i størrelsesorden 250.000 til 300.000 kroner. Siden TEV Fjernvarme ikke hadde noen garanti for at fjernvarme ville benyttes, så selskapet seg nødt til å få dekket sine kostnader dersom det ble lagt til rette for alternativ varmforsyning. Dersom kunden investerte i alternativ varmforsyning, men inngikk en langsiktig kontrakt om å bruke bare fjernvarme, ville imidlertid kravet om anleggsbidrag falle bort (TEV Fjernvarme, 2003b).

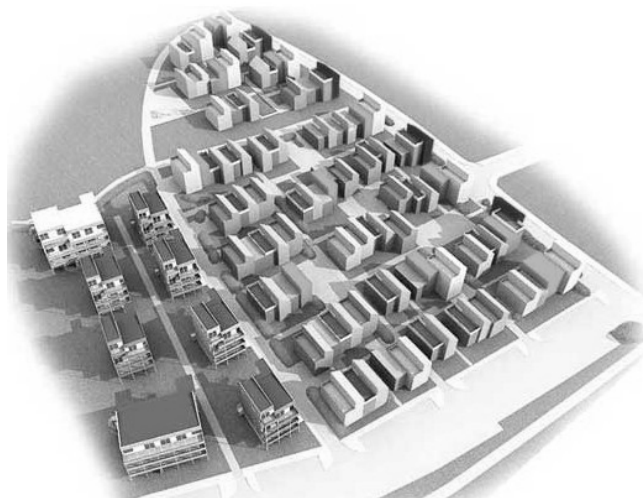
TEV Nett ville påføres ekstra kostnader dersom SiT valgte å basere romoppvarmingen på alternativ varmforsyning, som inkluderte elektrisitet med uprioritert overføring. I en slik situasjon måtte det utvidelser til i TEV Nett sin trafo for å dekke dette ekstra elektrisitetsbehovet. I områder med fjernvarmekonsesjon har TEV Nett basert dimensjoneringen av nettet på et stort innslag av fjernvarme. Dersom det allikevel skulle benyttes elektrisitet til oppvarming, ville dette utløse ekstra kostnader som selskapet ville kreve dekket (Sylte, 2004). For Bloksberg Studentboliger ville denne utvidelsen medføre et anleggsbidrag på 150.000 kroner (Tempero, 2004a). For nybygg utenfor områder med fjernvarmekonsesjon krever ikke TEV Nett kunden for anleggsbidrag så lenge elektrisitetsbehovet er innenfor det normale.

Til tross for de bebudete anleggsbidragene fra TEV Fjernvarme og TEV Nett, vurderte SiT fortsatt alternativ varmforsyning fordi dette representerte den rimeligste løsningen. Dersom TEV Fjernvarme skulle få hele leveransen, måtte selskapet fremskaffe en prismodell som ”garantert” ble billigere for SiT enn alternativene med uprioritert elektrisitet og gass (Tempero, 2004a). En slik prismodell ble til slutt forhandlet frem, og SiT valgte å forplikte seg til å bruke fjernvarme til romoppvarming samt oppvarming av ventilasjonsluft og tappevann (Tempero, 2004b; TEV Fjernvarme og SiT, 2004). Alternativ varmforsyning ble derfor valgt bort. Totalkonseptet ble derfor som i utgangspunktet planlagt, det vil si med lavenergiltak og vannbasert varmesystem, basert på fjernvarme.

4.2.3 Utleir Østre i Trondheim

Heimdal Utbyggingsselskap ble i 2003 forespurt om å delta i et pilotprosjekt under EUs Concerto-program. En viktig målsetning med Concerto er demonstrasjon av gode lavenergiprojekter. Utbyggingen av Utleir Østre i Trondheim ble valgt som case, og energimålsetningen var 40 % reduksjon av den totale energibruken sammenlignet med minstekravene i tekniske forskrifter fra 1997. Øvrige deltakere i Concerto-prosjektet i Trondheim var blant annet SINTEF, Trondheim Energiverk og Trondheim kommune (Selvaag, 2004).

Prosjektets resultater skulle måles etter faktisk energibruk i driftsfasen, og ikke etter teoretiske beregninger. Oppnådd energibesparelse ville gi utbetaling fra Concerto-programmet. Et helt sentralt energisparetiltak, i tillegg til tiltak som økt varmeisolasjon, høyeffektiv varmegjenvinning m.m., var et enkelt styringssystem for effektiv regulering av romtemperaturen. For å oppnå slik temperaturregulering, og den energisparingen som utbyggingsselskapet forpliktet seg til for å få utbetalt støtte fra Concerto-programmet, forutsatte selskapet bruk av elektriske panelovner. Et vannbasert oppvarmingssystem ville i følge utbyggingsselskapet medføre for høy energibruk på grunn av tregere regulering. Det ble også vurdert gasspeis i samtlige leiligheter, samt koblingspunkter på kjøkken og terrasse for bruk av gass (Selvaag, 2004).



Figur 4-3 Utleir Østre. Illustrasjon: <http://www.easyliving.as/boligoversikt.html>

Den administrative saksbehandlingen

I utredningen av bestemmelsene for reguleringsplanen for Utleir Østre (Trondheim kommune, 2004d) så rådmannen at planene for elektrisk romoppvarming i lavenergikonseptet kunne komme i konflikt med TEV Fjernvarme sine planer om å innlemme utbyggingsområdet i konsesjonsområdet for fjernvarme. Rådmannen kunne ikke pålegge utbygger å tilrettelegge for bruk av fjernvarme så lenge

utbyggingsområdet lå utenfor det eksisterende konsesjonsområdet. TEV Fjernvarme hadde imidlertid signalisert at selskapet ville søke om konsesjon for dette området. Denne søknadsprosessen ville ta omtrent et halvt år, og konsesjon ville derfor ikke foreligge før etter at første rammetillatelse for utbyggingen ville være gitt.

Rådmannen viste til at senere utbyggingstrinn ville kunne bli pålagt tilrettelegging for bruk av fjernvarme. For å sikre intensjonen om energisparing og forutsigbarhet i utbyggingsprosjektet, ble det foreslått en egen bestemmelse vedrørende energi i reguleringsplanen. Denne bestemmelsen, § 3.9, forutsatte 40 % redusert energibruk i forhold til forskriftskravet fra 1997, og at vannbåren varme ikke ble benyttet til romoppvarming. Forslaget innebar, i følge rådmannen, at det først og fremst ville være hensynet til energieffektivitet som ville være avgjørende i dette spørsmålet, og ikke hensynet til vannbåren varme og energifleksibilitet. Dersom det ble gitt konsesjon for fjernvarme for Utleir-området, viste administrasjonen i sin utredning til at byggesøknader for Utleir måtte til politisk behandling på ordinær måte. Under henvisning til den nye bestemmelsen, det vil si § 3.9, antok administrasjonen at det med stor sannsynlighet ville bli tilrådd dispensasjon¹.

Den politisk saksbehandlingen

Innstillingen vedrørende bestemmelsene til reguleringsplan for Utleir Østre, ble først behandlet i bygningsrådet og byutviklingskomiteen, før endelig vedtak ble fattet i bystyret i desember 2004. Bygningsrådet og byutviklingskomiteen gitt imot innstillingen fra rådmannen, og foreslo at det skulle legges til rette for fjernvarme. Innstillingen fra byutviklingskomiteen til bystyret var som gjengitt under.

- 1. Bystyret vedtar at det skal legges til rette for vannbåren varme i hele området, men inntil 50 % av boenhetene/leilighetene kan bygges med annen varmekilde under forutsetning av deltakelse og måloppnåelse i concerto-programmet. Dette betyr at hele området forsynes med tappevann fra fjernvarmeanlegget*
- 2. Bystyret ønsker å legge til rette for at så mange som mulig av nye utbyggingsområder i kommunen legges inn under konsesjonsområdet til fjernvarmeanlegget*
- 3. Bystyret ønsker å redusere kommunens bruk av energi ved å oppfordre til mer energisparende bygninger. Trondheim kommune har bl.a. ved å tilslutte seg Aalborg-charteret (vedtatt av bystyret i 1996) forpliktet seg til å innføre og fremme en fornuftig og effektiv bruk av ressurser. Å sørge for energisparende tiltak i forbindelse med boligbygging og andre bygninger er i samsvar med slike målsetninger.*

Dagen før bystyret skulle vedta bestemmelsene til reguleringsplanen for Utleir Østre, ble bystyret av plan- og bygningsenheten gjort oppmerksom på at det ikke

¹ Utredningen tolkes slik at det vises til dispensasjon fra kravet om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg, og ikke til dispensasjon fra tilknytningskravet.

fantas lovhjemmel for å pålegge utbygger å tilrettelegge for bruk av fjernvarme, verken til romoppvarming eller til varmt tappevann¹. Dette som følge av at utbyggingsområdet lå utenfor konsesjonsområdet for fjernvarme (Trondheim kommune, 2005). Etter krav fra bystyrerepresentanter samme dag som byggesaken skulle opp til behandling i bystyret, forpliktet Heimdal Utbyggingsselskap seg i et brev til bystyret (Klingenberg, 2005) allikevel å følge de foreslåtte kravene i innstillingen til bystyrets vedtak. Bystyret ville ellers utsette byggesaken. Av økonomiske årsaker var det viktig for utbyggingsselskapet at byggeprosjektet ikke ble forsinket, noe også bystyrerepresentantene var klar over (Selvaag, 2005; Tronshart, 2005). Utbyggingsselskapet stilte på sin side som forutsetning at TEV Fjernvarme skulle sørge for å innlemme Utleir Østre innenfor konsesjonsområdet innen byggestart, med de forpliktelser dette ville innebære for energiselskapet. Videre måtte TEV Fjernvarme forplikte seg til å levere fjernvarme til tappevannsoppvarming også for den delen av byggeprosjektet som ikke skulle ha vannbåren romoppvarming. Det ble også stilt krav om at TEV Fjernvarme ikke skulle pålegge utbyggingsselskapet anleggsbidrag som følge av lavt varmebehov. Til sist forutsatte utbyggingsselskapet at den delen av byggeprosjektet som skulle ha vannbåren romoppvarming, ble tatt ut av Concerto-prosjektet. Denne betingelsen ble stilt fordi den forpliktete energimålsetningen i Concerto-avtalen ble vurdert umulig å tilfredsstillende med vannbåren romoppvarming (Selvaag, 2005).

Bystyret betraktet den avtalte energiløsningen som et godt kompromiss mellom målsetningen om økt bruk av fjernvarme i byen og ønsket om å delta i et forskningsprosjekt som har som overordnet mål å spare energi. Erfaringene fra et slikt prosjekt ble ansett å være viktig for fremtidig politisk behandling av lavenergiprojekter innenfor området for fjernvarmekonsesjon. Bystyret mente også at deltakelsen i Concerto-programmet var en garanti for at energimålsetningen ville bli oppnådd, fordi utbygger ellers ville miste den økonomiske støtten (Trondheim kommune, 2004a).

Valgt energikonsept

Heimdal Utbyggingsselskap trakk seg fra Concerto-programmet i februar 2005. Det ble trukket frem to årsaker for denne beslutningen. For det første var halvparten av utbyggingsområdet tatt ut av Concerto-prosjektet som følge av kravet om vannbåren romoppvarming. Concerto-prosjektet var dessuten forsinket fra EUs side, og utbyggingsselskapet hadde ikke lenger mulighet for å vente på avklaringer rundt eventuell deltakelse (Selvaag, 2005). Kravet om fjernvarmetilknytningen ville også bidra til vesentlig økte kostnader på toppen av kostnadene for lavenergiltakene, noe som medførte stor økonomisk risiko for utbyggingsselskapet (Bratt, 2005). Tilleggskostnadene² for varmeanlegget for

¹ Det finnes ingen lovhjemmel for å kreve tilrettelegging for bruk av fjernvarme til oppvarming av tappevann, selv om det måtte foreligge fjernvarmekonsesjon.

² I disse kostnadene er det ikke tatt hensyn til muligheten for en forenkling av anlegget som følge av lavere effektbehov og mulig eliminert behov for kaldrassikring under vinduene (Selvaag, 2005).

vannbåren varme var beregnet å utgjøre om lag 50.000 kroner inklusive merverdiavgift i gjennomsnitt per leilighet (Selvaag, 2005).

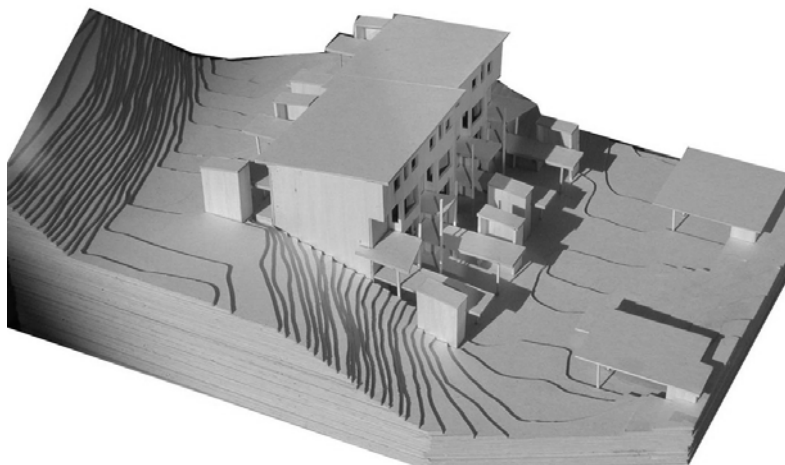
Boligene ved Utleir Østre vil på tross av at prosjektet ble tatt ut av Concerto-programmet, bli bygget med noe bedre energistandard enn mer tradisjonell standard. Denne forbedrede energistandarden velges fordi utbyggingselskapet ser en voksende etterspørsel etter mer energieffektive boliger. Markedsundersøkelser som selskapet har fått utført i 2002 og 2004, viser en klar endring med hensyn til etterspørselen etter energieffektiviserende tiltak. En noe høyere energistandard velges også fordi selskapet ønsker å være i front i markedet når det gjelder denne type boliger. Det vil ved Utleir Østre bli tilrettelagt for individuell måling av fjernvarmeforbruket (Selvaag, 2005).

4.2.4 Okstad Østre i Trondheim

Utbyggingsområdet Okstad Østre i Trondheim eies av Block Watne, og ligger innenfor TEV Fjernvarme sitt konsesjonsområde. Utbyggingsområdet var planlagt med cirka 180 leiligheter, fordelt på 55 hus, og med en blanding av 3-etasjes flerfamiliehus og kjedete eneboliger. Tidligere utbygginger av boligfelt på Okstad ble bygget uten fjernvarmetilknytning, og utbygger ønsket heller ikke å måtte legge til rette for fjernvarme i det nye utbyggingsfeltet. Okstad Østre er et geoteknisk kostbart område å bygge ut, og lønnsomheten for byggeprosjektet var vurdert å ligge i grenseland. Tilknytning til fjernvarmeanlegget, med de kostnader dette medførte på installasjonssiden, ble av utbygger vurdert å forverre lønnsomheten i prosjektet ytterligere. I tillegg var det uklart når infrastruktur for fjernvarme ville ligge klart. Samlet sett var det derfor usikkert om byggeprosjektet var gjennomførbart ut fra økonomiske hensyn. TEV Fjernvarme ønsket i utgangspunktet heller ikke å legge frem infrastruktur for fjernvarme til Okstad Østre som følge av få brukere i forhold til de betydelige kostnadene knyttet til fremføring av fjernvarmenettet til utbyggingsområdet. Ut fra økonomiske hensyn setter TEV Fjernvarme den nedre grensen for årlig varmeleveranse til 10.000 kWh per ny kunde, forutsatt at varmeleveransen foregår innenfor akseptabel avstand fra eksisterende fjernvarmenett (TEV Fjernvarme, 2004). På bakgrunn av disse forholdene ønsket utbygger at det i utarbeidelsen av bestemmelsene til reguleringsplanen måtte avklares om området måtte tilknyttes fjernvarmeanlegget (Selberg, 2004; Jøsok, 2005).

Som et alternativ til fjernvarmetilknytning foreslo utbygger at området kunne utvikles med lavenergiboliger. Boligene skulle også tilrettelegges for bruk av gass som et supplement til elektrisk romoppvarming. Block Watne har inngått avtale med Statoil om bruk av gass i alle nye boligprosjekter. Statoil eier og driver gassinstallasjonene, og selger energien til brukerne. Block Watne på sin side bekoster kjøp og installasjon av gasspeis. Disse kostnadene tilsvares om lag kostnadene ved skorstein, som kan sløyfes fordi boligene kan varmes opp med to tilstrekkelige og uavhengige energibærere, jamfør reglene om beredskapshensyn

gitt i tekniske forskrifter § 10-62 for mindre bolighus. Gassløsningen betraktes i følge Block Watne som et attraktivt tilbud blant boligkjøperne (Jøsok, 2005).



Figur 4-4 Modell av rekkehus med sokkeletasje for Okstad Østre. Modell: Selberg Arkitektkontor

Lavenergikonseptet med gasspeisløsningen ble i utgangspunktet ikke vurdert å være rimeligere enn ordinære boliger tilpasset fjernvarmetilknytning. Utbygger antok imidlertid at markedsprisen for lavenergiboligene ville være høyere enn ordinære boliger med vannbåren romoppvarming, basert på fjernvarme. Når TEV Fjernvarme samtidig vurderte kostnadene for å kunne føre frem fjernvarme til området som for høye, mente utbygger at alternativet med lavenergiboliger måtte bli en god løsning for alle parter (Jøsok, 2005).

Den administrative saksbehandlingen

Plan- og bygningsenheten fant det vanskelig å kunne dispensere fra tilknytningskravet for utbyggingsområder som ligger innenfor konsesjonsområdet. Dette som følge av at det i tidligere saker hadde blitt gitt klar instruks fra politisk hold om at det ikke skulle gis slike dispensasjoner (Hjelm-Hansen, 2005). Det ble derfor innstilt på at det i reguleringsplanen for området skulle tas med bestemmelse som sikret at det ble lagt til rette for fjernvarme (Trondheim kommune, 2004c).

I forkant av behandlingen av reguleringsplanen i bygningsrådet, ble det avklart ovenfor politikerne at TEV Fjernvarme allikevel vurderte at kostnadene ved fremføring av fjernvarmenettet til Okstad Østre lå innenfor akseptable økonomiske rammer. Fjernvarmetraseen kunne forenkles i forhold til den traseen som tidligere ble lagt til grunn for kostnadsvurderingene, og dette medførte reduserte kostnader (Moen, 2005). Bygningsrådet la dette til grunn for sitt vedtak om tilknytningsplikt for Okstad Østre (Tronshart, 2005).

Valgt energikonsept

Ettersom det var blitt klart at fremføring av fjernvarmenettet ikke ville gi forsinkelser for prosjektet, ble det besluttet å gjennomføre utbyggingen. Alternativet med lavenergiboliger ble valgt bort som følge av tilknytningsplikten. (Jøsok, 2005).

Første byggetrinn omfatter rekkehus med sokkeletasje, en boligform uten fellesfunksjoner. Det vil derfor bli tilrettelagt for individuell måling og avregning av fjernvarmeforbruket i disse boligene. For neste byggetrinn, som i større grad vil omfattes av blokkbebyggelse, kan det imidlertid bli aktuelt å planlegge for felles måling og avregning. (Jøsok, 2005).

4.2.5 Løren Park i Oslo

På tomten Løren Leir og noen tilliggende tomter i Oslo skal Selvaagbygg bygge rundt 1500 boliger. De første 200 boligene fra første byggetrinn var planlagt innflyttingsklare slutten av 2005. Under beskrives status for prosjektet per april 2005. Alle opplysningene er basert på (Solberg og Bakke, 2005).



Figur 4-5 Lørenfeltet i Oslo. Første og andre byggetrinn utgjør omtrent kvadratet øverst til venstre. Kilde: www.selvaagbygg.no

Det første byggetrinnet bygges med lavenergistandard og med en målsetning om et energibehov rundt 100 kWh/m². Initiativet om lavenergiboliger kom delvis gjennom deltakelse i FoU-prosjekt "Oikos Nomos – utvikling av framtidrettede byboliger", hvor passiv energidesign er et grunnleggende prinsipp. Et viktig delmål

i dette prosjektet er å bygge pilotbygg med lavt energibehov. Også Enova oppfordret Selvaagbygg til å satse på lavenergistandard for den nye utbyggingen. Økonomisk støtte ble gitt på grunnlag av avtalefestet energimålsetning.

Lørenfeltet ligger innenfor Viken Fjernvarme sitt konsesjonsområde, og det er vedtatt tilknytningsplikt for utbyggingsområdet. Som følge av lavt varmebehov mener utbygger at det ut fra et økonomisk og energimessig synspunkt er mer riktig å benytte elektrisk romoppvarming. Tilleggskostnaden for et vannbasert varmeanlegg med radiatorer og gulvvarme i bad, og når det tas hensyn til redusert effektbehov, er anslått til cirka 300 kr/m² sammenlignet med et elektrisk varmeanlegg. Anslaget gjelder leiligheter på 70 m². Utbygger anser også vannbåren oppvarming å være lite egnet i bygg med lavt varmebehov som følge av treg regulering. I dialogen med Viken Fjernvarme i forkant av første byggetrinn, ble det på grunnlag av disse synspunktene diskutert fritak fra tilknytningsplikten, eventuelt bruk av fjernvarme til varmt tappevann. Energiselskapet var negativt innstilt til begge alternativene. Utbygger valgte på grunn av fremdriften i utbyggingen å ikke gå lenger med dette spørsmålet, og besluttet å bygge de første boligene med lavenergistandard og vannbasert varmeanlegg som kunne tilknyttes fjernvarmeanlegget. Beslutningen om å holde fast ved lavenergikonseptet var også begrunnet med at Enova hadde gitt støtte, som betinget slik standard.

For neste byggetrinn vil utbyggingsselskapet søke en dialog med politikerne for å få fritak fra tilknytningsplikten, eventuelt å bruke fjernvarme til oppvarming av tappevann i stedet for til romoppvarming. Dersom denne dialogen ikke fører frem, og utbygger må installere vannbasert varmeanlegg for romoppvarming, vurderer utbyggingsselskapet å redusere energimålsetningen ut fra økonomiske hensyn. Det mest kostbare energisparetiltaket, som er balansert ventilasjonsanlegg med varmegjenvinner, vil da sannsynligvis bli droppet, og det vil i stedet bli benyttet mekanisk avtrekksventilasjon uten varmegjenvinning. Bedre varmeisolasjonsstandard vil imidlertid trolig opprettholdes.

Dersom bygging av lavenergiboliger gir fritak for vannbasert varmeanlegg til romoppvarming i fjernvarmeområdet, vurderer Selvaagbygg dette som positivt i forhold til videre satsing på lavenergiboliger. Når Selvaagbygg har fått mer erfaring fra Lørenutbyggingen, vil også selskapet vurdere om lavenergistandard skal bli alminnelig standard for fremtidige byggeprosjekter.

En viktig motivasjonsfaktor for satsingen på lavenergistandard er kommende skjerping av energikravene i tekniske forskrifter. Utbyggingsselskapet har tro på at energi er noe kundene også kommer til å bli mer oppmerksomme på i fremtiden, spesielt dersom energiprisene går opp og energimerking av boliger blir en realitet. Utbyggingsselskapet mener også at det er viktig å være i front i markedet og levere boliger som kundene vil være fornøyde med over lang tid. Utbyggingsselskapet vurderer også at energisparetiltakene i lavenergikonseptet vil gi andre positive effekter, som for eksempel bedre inn klima.

Økte entreprenørkostnader for lavenergiltakene, sammenlignet med minstekravene i tekniske forskrifter, er beregnet til mellom 500 og 1000 kr/m² eksklusive merverdiavgift. Det er da tatt hensyn til kostnader knyttet til energioppfølging, planlegging, prosjektering og markedsføring av lavenergikonseptet.

Ved kontraktsinngåelse får kundene informasjon om lavenergikonseptet, og de blir bedt om å godkjenne at energibruken blir fulgt opp de tre første årene. Utbyggingsselskapet har også forhandlet frem en avtale med Fokus Bank, som øker låneutmålingen til kundene som følge av lavere driftskostnader. Økt låneutmåling er beregnet til cirka 50.000 kroner per leilighet.

4.3 Spørreundersøkelse blant boligutbyggere i Trondheim

4.3.1 Bakgrunn og spørsmålsstilling

I etterkant av avslaget på dispensasjonssøknaden for Rosenborg Park, felt B2, ble det i november 2004 foretatt en spørreundersøkelse blant de største utbyggingsselskapene i Trondheim om hvordan avslaget vil påvirke eventuell fremtidig planlegging av lavenergiboliger innenfor konsesjonsområdet for fjernvarme i Trondheim. I alt ni selskaper ble forelagt undersøkelsen, ett selskap svarte ikke. Spørreskjemaet, med beskrivelse av bakgrunnen for spørreundersøkelsen, er gjengitt i Vedlegg 6. Under gjengis spørsmålet som ble stilt, noe forkortet. Utbyggingsselskapene ble også oppfordret til å kommentere hvorvidt de hadde registrert etterspørsel etter lavenergiboliger i markedet, og om de hadde vurdert bygging av slike boliger. Minst ett utbyggingsselskap ønsket anonymisering av svaret. Det gis derfor ingen henvisning til hvilke selskaper som ble forelagt undersøkelsen.

De utbyggingsselskapene som svarte i spørreundersøkelsen, har sammenlagt en vesentlig markedsandel i boligbyggemarkedet i trondheimsområdet. Sammenlagt sto disse selskapene for om lag 1250 nye boliger i dette området i 2003. Til sammenligning ble det totalt dette året bygget cirka 1200 boliger i Trondheim kommune, og 1450 boliger i Trondheim med tilgrensende kommuner. For Trondheim og kommunene i regionen, begrenset til 45 minutters reisetid fra Trondheim, ble det bygget cirka 1700 boliger i 2003 (Trondheim kommune, 2004b).

Spørsmål:

Hvilken betydning har avslaget i Bygningsrådet for eventuell fremtidig bygging av lavenergiboliger innenfor området for fjernvarmekonsesjon, forutsatt uendrede rammevilkår (lovverk, energipriser, boligetterspørsel m.m.)? Det

forutsettes at boligene skal selges, og ikke driftes av utbyggingsselskapet i fremtiden.

Svaralternativer:

1. **Ingen betydning**, lavenergiboliger vil kunne bygges uavhengig av om det må installeres varmeanlegg for romoppvarming som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg
2. **Usikkert**, bygging av lavenergiboliger er ikke nødvendigvis avhengig av hvilket varmesystem for romoppvarming som installeres
3. **Stor betydning**, dvs bygging av lavenergiboliger vil ikke være aktuelt når det må installeres varmeanlegg for romoppvarming som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg

4.3.2 Resultat

Ingen av utbyggerne svarte alternativ 1. Dette betyr at ingen mente at bygging av lavenergiboliger vil kunne skje uavhengig av type oppvarmingssystem for romoppvarming. Tre utbyggere svarte alternativ to, noe som innebærer at de var usikre på om krav om vannbasert varmeanlegg¹ er avgjørende for eventuell bygging av lavenergiboliger. Sentrale kommentarer fra disse utbyggerne:

”Det er viktig å skille mellom lavenergi og passivhus. For å oppnå passivhus vil det ikke være aktuelt å installere varmeanlegg for romoppvarming som kan tilknyttes fjernvarme. En tilknytting kan eventuelt begrenses til å gjelde tappevann.”

”Usikkert, bygging av lavenergiboliger er ikke nødvendigvis avhengig av hvilket varmesystem for romoppvarming som installeres. Det kan også tenkes at det er fornuftig å prioritere de tiltak som gir bidrag uten at dette nødvendigvis påfører store kostnader. Noe kan løses ved bedre planlegging. Om vi skal gå på tiltak som medfører vesentlig økning av kostnader, må dette tas igjen på utsalgspris. Per i dag oppfatter vi det ikke som at kundene prioriterer lavenergi i forhold til annen mulig oppgradering av boligen. Dette kan muligens endres ved at det fokuseres også på totale kostnader og ikke bare anskaffelseskostnader.”

”Generelt vil vi si at etablering av lavenergiboliger, hvor muligheten for å optimalisere begrenses av kommunale føringer, ikke vil være ønskelig, verken fra utbyggers side eller fra kjøpers side. Det er greit at man har føringer, men om de skal være bastante, uavhengig av de mål som nåes, er ikke optimalt sett fra vår side. Det må være mulig å foreta vurderinger og beslutninger hvor vedtak kan gå på tvers av hovedlinjene i den grad dette er den beste løsningen

¹ I spørreundersøkelsen ble det presisert at varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg i praksis betyr vannbasert varmeanlegg.

både på kort og lang sikt uten at dette skal føre til en generell presedens. Nødvendig fleksibilitet og bestemmelser for å nå de beste felles mål, bør tilstrebes i stedet for rigide bestemmelser. Av svaralternativene har jeg vanskelig for å svare bastant 1, 2 eller 3, men jeg kan vanskelig se at det ikke skal ha noen betydning. Vi ser ingen stor etterspørsel etter lavenergiboliger i noen av segmentene. I og med at det gjennomgående bygges små enheter, vil også ønske og krav i den forbindelse være noe redusert.”

De øvrige fem utbyggerne svarte alternativ tre. Disse utbyggerne finner altså ikke å kunne kombinere vannbasert varmeanlegg til romoppvarming med lavenergistandard.

De utbyggerne som svarte alternativ tre, bygger om lag halvparten av de om lag 1250 nye boligene det er referert til over. Kommentarer fra disse utbyggerne:

”Med dagens rammevilkår vil det etter vårt skjønn ikke være lønnsomt å satse på lavenergiboliger når det må installeres vannbaserte varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme. Problematikken gjelder særlig små leiligheter. Dermed hindrer dette kravet en satsing på utvikling av energieffektive løsninger i konsesjonsområdene (og kanskje generelt). Et mer fleksibelt regelverk som ikke ”favoriserer” fjernvarmeløsningen i de tilfeller der andre løsninger beviselig er bedre når det gjelder energibruk, ville være bedre for samfunnet, ikke bare utbyggerne.”

”Ut fra et energimessig synspunkt så kunne man sagt ”ja takk, - begge deler”. Det de fleste utbyggere opplever er at markedet ikke er villig til å betale den merkostnad en lavenergibolig medfører. Når også fjernvarme med tilhørende anlegg representerer en betydelig kostøkning sammenlignet med normal standard, så sier det seg selv at kombinasjonen av fjernvarme + lavenergitiltak ikke blir særlig konkurransedyktig.”

”Ved å pålegge oss tilknytning til fjernvarmeanlegg, som påfører prosjektet forholdsvis store kostnader, begrenser dette muligheten til å legge inn andre fordeler i prosjektet, som for eksempel lavenergiløsninger.”

”Vår erfaring med fjernvarme er at de anleggene som finnes på markedet i dag er vanskelige å styre, og stille inn, og ikke minst måle effekten på. Ved profilering av lavenergiboliger må en være 100 % sikker på at dette blir resultatet etter at det er bygget, (det må kunne være etterprøvbart/dokumenterbart) og med fjernvarme er dette Pt for usikkert. Samtidig tror/mener vi at en lavenergibolig er avhengig av varmekilder som reagerer raskt og effektivt, og fjernvarme er vel noe av det dårligste i så måte.”

”Lite tyder på at ”lavenergi” er et viktig salgsargument i boligsalg, i hvert fall i blokkbebyggelse hvor energibruken pr bolig i utgangspunktet er lav. Mulig fremtidig innsparing/livsløpskostnader tror jeg blir lite vektlagt, og får

vesentlig utslag først når andre faktorer står likt. "Komfort" vil prioriteres langt høyere enn "energisnålhet". Derfor; hvis kostbar fjernvarme¹ må legges inn, tror jeg det er lite marked for ytterligere lavenergiltak som driver prisen på boligen opp."

4.4 Diskusjon

Krav om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg, har i flere utbyggingsprosjekter vist seg å komme i konflikt med bygging av lavenergiboliger. Utbyggerne av disse prosjektene fant at kostnadene knyttet til vannbasert varmeanlegg for romoppvarming, i tillegg til frivillige energisparetiltak, totalt ble for høye til å gi akseptabel lønnsomhet i byggeprosjektet. Utbyggerne ønsket heller å benytte et rimeligere elektrisk varmeanlegg. Bruk av fjernvarme til tappevannsoppvarming ble imidlertid oppfattet som akseptabelt. Det var derfor ikke selve tilknytningsplikten som ble opplevd som problematisk, men heller kravet om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg. I flere av byggeprosjektene beskrevet i dette kapittelet, ble lavenergikonseptet lagt bort når kommunen opprettholdt dette kravet.

En spørreundersøkelse blant større boligutbyggere i Trondheim viser at disse utbyggerne enten ikke vil komme til å bygge lavenergiboliger eller er tilbakeholdne med å bygge slike boliger i områder med fjernvarmekonsesjon, så lenge kommunen opprettholder kravet om varmeanlegg for romoppvarming som kan tilknyttes fjernvarmeanlegget. Dette forklares hovedsakelig med at de totale kostnadene knyttet til både lavenergiltak og vannbasert varmeanlegg vurderes å bli for høye.

Det er en generell oppfatning blant politikere i Trondheim kommune at et viktig og ikke uttalt motiv blant boligutbyggere som ønsker å bygge lavenergiboliger med elektrisk romoppvarming, er kostnadsbesparelser. Politikerne har på tross av dette tillitt til at utbyggerne har hatt et oppriktig ønske om å bygge miljøvennlige boliger (Tronshart, 2005). Gjennomgangen av byggesakene, beskrevet i dette kapittelet, viser at kostnadsbesparelser kan være et motiv hos boligutbyggerne. Samtidig betrakter utbyggerne lavenergikonseptet med elektrisk romoppvarming som et fullgodt eller bedre alternativ med hensyn til miljø, sammenlignet med boliger med ordinær energistandard og med bruk av fjernvarme til romoppvarming.

Politikerne i Trondheim kommune har vært tilbakeholdne med å gi dispensasjon fra krav om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg i byggesaker med lavenergiboliger. En viktig årsak er hensynet til fjernvarme produsentens økonomi og forutsigbarhet, og at kommunen har vedtatt å satse på fjernvarme i tråd med

¹ Med "fjernvarme" siktes det til varmeanlegget, dette er avklart med utbyggingsselskapet i etterkant.

nasjonale målsetninger. Samtidig er politikerne usikre på miljøkonsekvensene ved å åpne for slike dispensasjoner.

Det opereres med tilleggskostnader for vannbaserte varmeanlegg i området 300 til 500 kroner¹ per m² boligareal eller bruksareal, sammenlignet med et elektrisk varmeanlegg. Det er disse tilleggskostnadene utbyggerne finner for høye å kunne forsvare i tillegg til kostnadene for lavenergitiltakene. Til sammenligning utgjør ikke tilsvarende tilleggskostnader oppgitt i NOU 1998:11 om energi- og kraftbalansen mot 2020 mer enn i cirka 70 kroner² per m². Her er det med andre ord store avvik i kostnadstallene. Det er i avhandlingen ikke tatt stilling til hva som er representative kostnadstall i denne sammenhengen. Ved vurdering av kostnadene for vannbaserte varmeanlegg i byggeprosjektene, var det imidlertid, med unntak av ett byggeprosjekt, ikke vurdert om anlegget kunne forenkles som følge av lavere effektbehov og mindre kaldras fra vinduene. Et mer kostnadseffektivt vannbasert varmeanlegg, tilpasset lavenergistandard, vil i større grad kostnadmessig kunne konkurrere med panelovner. Rimeligere vannbaserte varmeanlegg vil derfor kunne bidra til at bygging av lavenergiboliger i fjernvarmeområder kan bli mer aktuelt. Denne problemstillingen er nærmere beskrevet i kapittel 2.4.1.

Energibruken kan avhenge noe av om det blir foretatt felles eller individuell måling og avregning av varmeforbruket, se forøvrig kapittel 6.2.4. Ved elektrisk oppvarming avleses normalt elektrisitetsforbruket individuelt for den enkelte husstand. Ved bruk av vannbaserte varmeanlegg og med felles varmforsyning, varierer imidlertid praksisen med individuell måling og avregning. Dette viser også beskrivelsen av byggesakene i dette kapittelet. Kommunene har foreløpig ingen hjemmel til å pålegge denne type energibesparende tiltak. Økt energibruk som følge av felles måling og avregning, kan derfor være en utilsiktet konsekvens av at varmebehovet blir dekket opp med fjernvarme.

^{1,2} Ikke oppgitt om dette er inkludert merverdiavgift.

5 Energiforsyning til varmeformål

5.1 Introduksjon

Norske myndigheter anser økt bruk av fjernvarme som et viktig virkemiddel for å nå overordnede mål om en ”miljøvennlig omlegging av energibruken og energiproduksjonen”, og for å bedre sikkerheten i elektrisitetsforsyningen (OED, 2004b). Økt bruk av fjernvarme vil kunne bidra til mindre luftforurensninger, både lokalt og globalt. Lokalt vil en kunne oppnå reduserte utslipp til luft dersom fjernvarmen erstatter varme produsert i mindre energieffektive fyringsanlegg, som vedovner og oljefyringsanlegg. I et globalt perspektiv vil spesielt reduserte utslipp av klimagassen karbondioksid (CO₂) kunne være en miljøgevinst ved bruk av fjernvarme, avhengig av hvilke energibærere som er benyttet i fjernvarmeproduksjonen og av hvilke energibærere fjernvarmen erstatter. Økt bruk av fjernvarme vil også avhjelpe en stadig strammere kraft- og effektbalanse.

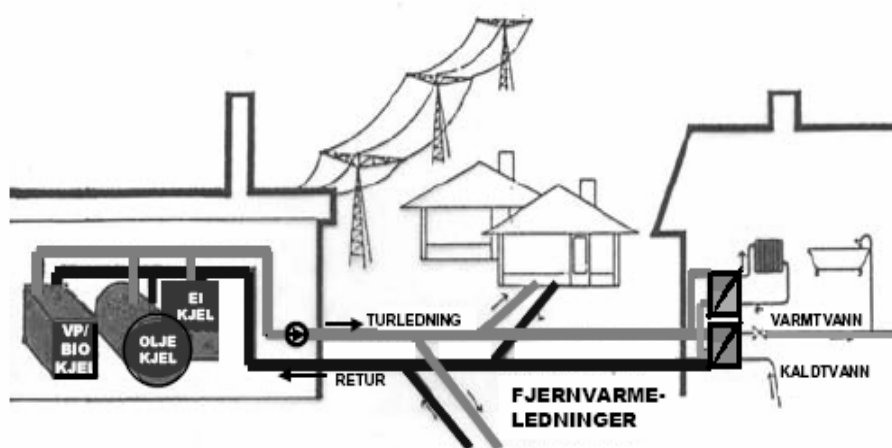
I dette kapitlet beskrives ulike energibærere som benyttes i fjernvarmeproduksjonen, og i hvilken grad disse kan antas å bli benyttet til dette formålet i fremtiden. I kapitlet gis også utslippsfaktorer for CO₂ knyttet til produksjon og leveranse av elektrisitet og fjernvarme. Dette er faktorer som er benyttet i miljøanalysene av energiforsyningen til varmeformål i nye boliger, beskrevet i kapittel 6. Innledningsvis i kapitlet gis en beskrivelse av utviklingen av fjernvarmeproduksjonen frem til i dag og en mulig utvikling fremover.

5.2 Fjernvarmeproduksjonen i Norge

Det er i dag etablert fjernvarmeanlegg i en del større byer og tettsteder hvor det ligger til rette for utnyttelse av lokale energiresurser. I 2004 var det i alt 38 fjernvarmebedrifter i Norge (NVE, 2005a).

I et fjernvarmeanlegg produseres varme i en varmesentral, og varmen overføres via et rørsystem til bygninger som ligger geografisk atskilt fra varmesentralen. Vann benyttes normalt som varmebærer ved distribusjon av varmen. Statistisk sentralbyrå (SSB) definerer grensen for dimensjonerende effekt på minst 1 MW for et fjernvarmeanlegg. Mindre anlegg kan betegnes som ”nærvarmeanlegg”, som ofte planlegges for senere tilknytning til et fjernvarmeanlegg. I fjernvarmeproduksjonen kan varmepumper, biobrensler, elektrisitet, gass, olje og kull benyttes. Sistnevne energibærere benyttes på Svalbard. Fjernvarmen kan også produseres ved å utnytte varme fra avfallsforbrenning og spillvarme fra industrien.

Et fjernvarmeanlegg kan ha én eller flere varmesentraler. Varmesentralen består i tillegg til utstyr for varmeproduksjonen, som kjeler, varmepumper og lignende, også av utstyr som er nødvendig for å kunne pumpe vannet rundt i systemet, holde trykket på riktig nivå, osv. Fjernvarmen distribueres til kundene via isolerte rør nedgravet i bakken. Vann med høy temperatur føres fram til kunden for overføring av varme til kundens interne distribusjonssystem, før vannet føres avkjølt tilbake igjen for ny oppvarming i varmesentralen. Overføringen av varmen skjer vanligvis via en varmeveksler i kundens abonnentsentral, eller kundesentralen. I kundesentralen installeres i tillegg nødvendig utstyr for måling av levert varme, samt ventiler for regulering og avstengning. Kundens varmeanlegg er vanligvis et vannbasert anlegg, med radiatorer, rørslynger i gulfv for gulvvarme eller varmebatteri for oppvarming av ventilasjonsluften. For oppvarming av tappevann benyttes vanligvis separat varmeveksler i kundesentralen.



Figur 5-1 Prinsipp for fjernvarmedistribusjon. Illustrasjon: Rolf Ulseth, NTNU

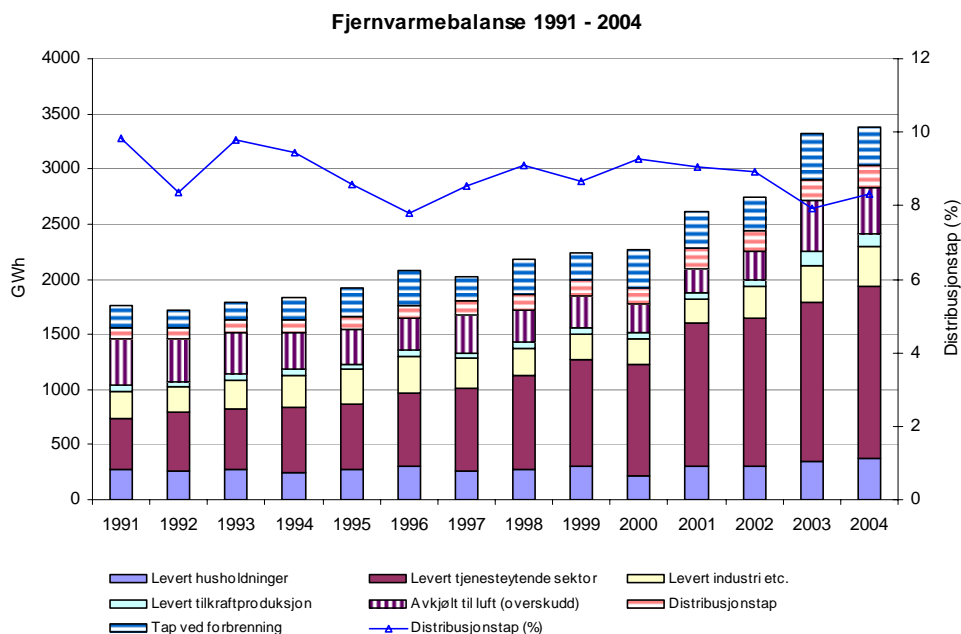
I de fleste fjernvarmeanlegg er fjernvarmeproduksjonen basert på en grunnlastproduksjon, som forutsettes å gi tilstrekkelig effekt og energi det meste av året. Grunnlastproduksjonen dekkes ofte av energibærere som avfall, biobrensler, spillvarme fra industri og varme generert fra varmepumper. Dette er energibærere som normalt er rimeligere enn elektrisitet, fyringsoljer og gass. For å unngå for høye investeringskostnader, dimensjoneres ikke grunnlastanlegget for å dekke hele effektbehovet på kalde dager. For å dekke toppplastene, eller spisslastene, installeres derfor i tillegg olje-, gass- eller elektrokjeler, eventuelt en kombinasjon av disse. Investering i slik spisslastkapasitet er mindre kapitalkrevende enn grunnlastkapasiteten, mens prisen for energibærerne normalt er høyere. Typisk dimensjonering av grunnlastkjeler¹ er 40 til 50 % av maksimalt last, men

¹ Dimensjoneringen av kjeler i avfallsforbrenningsanlegg vil kunne avhenge mer av tilgang på avfall enn kostnader for kjelanlegget, fordi avfallet har negativ kostnad.

grunnlastproduksjonen kan for enkelte anlegg utgjøre hele 80 til 90 % av den totale varmeproduksjonen i løpet av året.

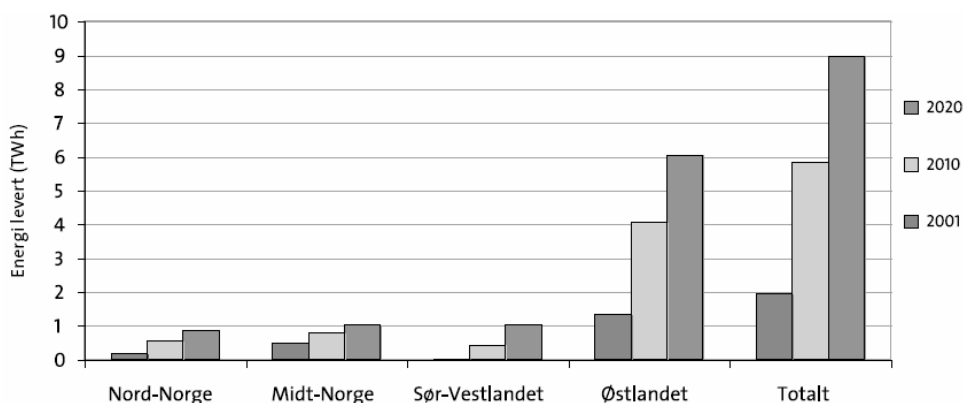
Avfall genereres kontinuerlig, mens varmebehovet varierer over året. I perioder med lite varmebehov vil varmen fra et avfallforbrenningsanlegg som ikke benyttes i fjernvarmeproduksjonen eller til kraftproduksjon kjøles bort mot uteluft. I 2004 ble 415 GWh avkjølt mot luft i norske fjernvarmeanlegg, se Figur 5-2.

I forbrenningsprosessen vil det oppstå ulike tap, som varme avgasser, ufullstendig forbrente brenselkomponenter, tap fra kjeloverflaten osv. Typiske årsvirkningsgrader for moderne kjeler er omtalt i kapittel 5.4.1. Også distribusjon av fjernvarmen frem til kundene innebærer tap. I Figur 5-2 er energibalansen for fjernvarmeproduksjonen i Norge for perioden 1991 til og med 2004 illustrert. Totalt ble 3,4 TWh brensel eller elektrisitet benyttet i fjernvarmeproduksjonen i 2004. Etter fradrag for varme levert til kraftproduksjon, varme avkjølt til luft og tap i forbrenningsprosessen, utgjorde netto produksjon av fjernvarme cirka 2,5 TWh. Av denne varmen ble cirka 2,3 TWh levert til sluttbrukerne, hvorav 16 % ble benyttet i husholdningene. I 2004 utgjorde tapet i distribusjonsnettet 8,3 % av den varmen som ble levert ut på distribusjonsnettet. I gjennomsnitt utgjorde dette tapet 8,8 % i perioden 1991 til og med 2004 (SSB, 2005a).



Figur 5-2 Energibalansen for fjernvarmeproduksjonen i Norge (ikke Svalbard) for perioden 1991 til og med 2004. Tap ved forbrenning er forutsatt å utgjøre avviket mellom brenselforbruk og brutto fjernvarmeproduksjon. Varme fra varmepumper er ikke inkludert i statistikken over brenselforbruk, men er inkludert i statistikken over netto fjernvarmeproduksjon, vist i Figur 5-5. Kilde: SSB Fjernvarmestatistikk 2004/SSB statistikkbanken

I følge foreliggende prognoser for fjernvarmeutbygging i Norge, vil fjernvarmeleveransen i 2010 utgjøre cirka 6 TWh og i 2020 cirka 9 TWh (Enova, 2003). I Figur 5-3 er dagens fjernvarmeproduksjon og planlagt økning av produksjonen fram mot 2020 vist, inndelt etter landsdel.



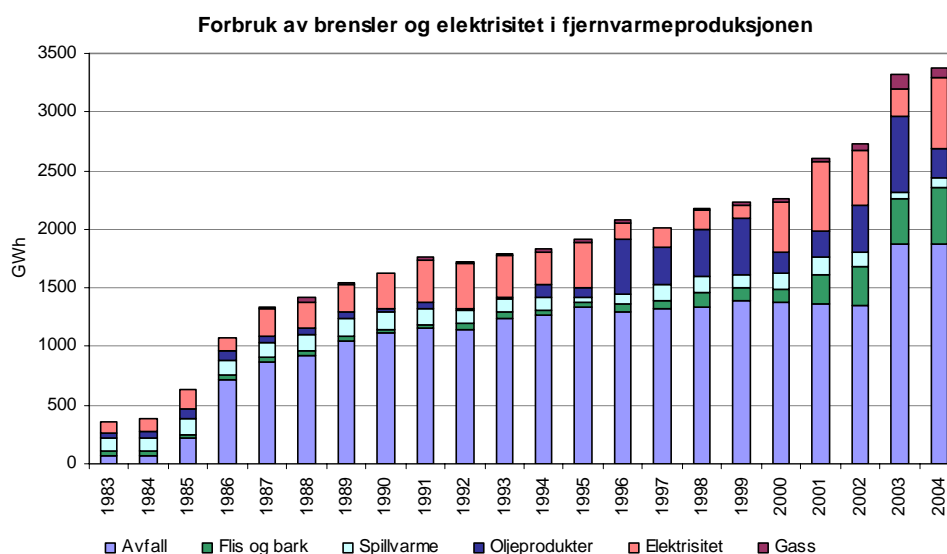
Figur 5-3 Fjernvarmeproduksjonen i norske fjernvarmeanlegg i 2001, og planlagte anlegg, gitt i forhold til landsdel. Kilde: (Enova, 2003)

Ved bruk av varmepumper i fjernvarmeproduksjonen kan den kalde siden av varmepumpen utnyttes til å produsere kaldt vann for fjernkjøling. I 2003 ble 52 GWh fjernkjøling levert til forbruker (SSB, 2004b). I kraft-varmeverk¹ kan det produseres både fjernvarme og elektrisitet. I 2003 ble det produsert 167 GWh elektrisitet i slike anlegg i Norge (SSB, 2004c).

5.3 Energibærere i fjernvarmeproduksjonen

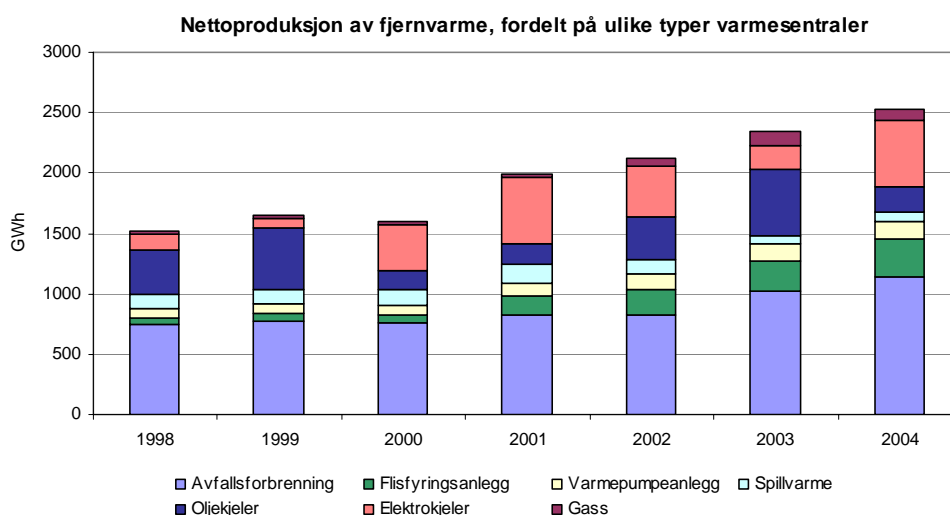
Det benyttes en rekke ulike energibærere ved produksjon av fjernvarme. I 2004 utgjorde avfall, biobrensler, spillvarme fra industri samt deponigass om lag 70 % av energiinnholdet i de energibærerne som ble benyttet i fjernvarmeproduksjonen i Norge (SSB, 2005a). Resterende fjernvarme produseres hovedsakelig ved bruk av elektrisitet, oljeprodukter og naturgass. I Figur 5-4 er forbruket av brensler og elektrisitet til fjernvarmeproduksjonen vist for perioden 1983 til og med 2004. I tillegg kommer varme tilført med varmepumper.

¹ CHP - Combined Heat and Power



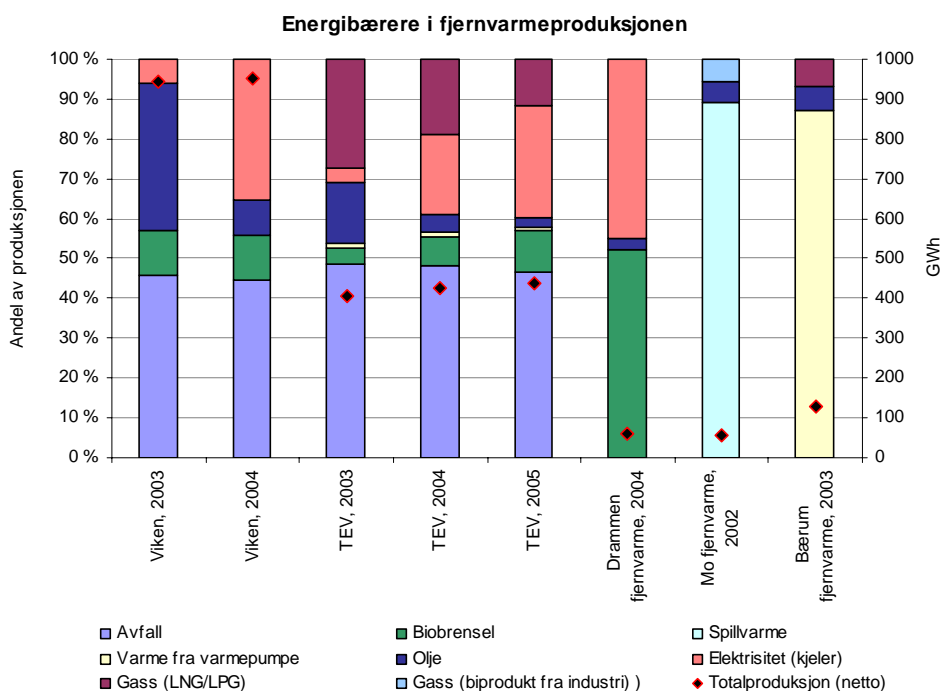
Figur 5-4 Forbruk av brensler og elektrisitet i fjernvarmeproduksjonen i perioden 1983 til og med 2004. Kilde: SSB Fjernvarmestatistikk 2004/statistikkbanken. ("Gass" inkluderer naturgass, LPG, deponigass og "annen" gass. Elektrisitet inkluderer elektrisitet til elektrokjeler og varmepumper. Kilde: fjernvarmestatistikk tilsendt fra SSB.)

Av netto fjernvarmeproduksjon i 2004, det vil si den fjernvarmen som ble levert ut på distribusjonsnett, var 66 % produsert ved avfallsforbrenning, bruk av biobrensler, spillvarme og varmepumper, se Figur 5-5. Som gjennomsnitt for perioden 1998 til og med 2004 utgjorde denne andelen 64 % (SSB, 2005a).



Figur 5-5 Nettoproduksjon av fjernvarme, fordelt på ulike typer varmesentraler for perioden 1998 – 2004. Kilde: SSBs fjernvarmestatistikk

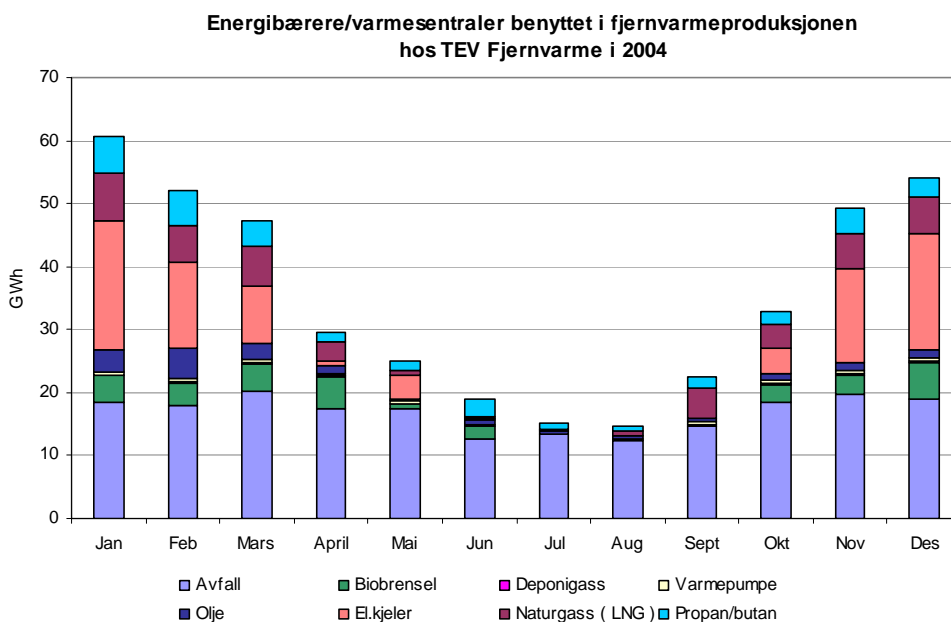
Sammensetningen av energibærere i fjernvarmeproduksjonen varierer mellom de ulike fjernvarmeprodusentene, og fra år til år. Hos de største produsentene Viken Fjernvarme i Oslo og Trondheim Energiverk Fjernvarme (TEV Fjernvarme), er fjernvarmeproduksjonen i stor grad basert på avfallsforbrenning. Andre produsenter kan ha stor tilgang på fornybare energiressurser og spillvarme fra industri. Mo Fjernvarme i Mo i Rana baserer eksempelvis tilnærmet hele sin fjernvarmeproduksjon på spillprodukter, det vil si både varme og gass fra industri. Andre produsenter baserer hoveddelen av sin fjernvarmeproduksjon på biobrensel eller varmpumpe. I Figur 5-6 er det gitt en oversikt over variasjonen i bruken av ulike energibærere hos noen større fjernvarmeprodusenter, som alle leverer fjernvarme til boliger. For Viken Fjernvarme og TEV Fjernvarme er bruken av energibærere vist for flere år for å vise at variasjonen av elektrisitetsprisen påvirker sammensetningen av energibærerne.



Figur 5-6 Produksjon av fjernvarme fordelt på energibærere hos noen fjernvarmeprodusenter, både som prosentvis fordeling og i GWh. Elektrisitet til drift av varmpumper fremkommer ikke av figuren. Kilder: Viken Fjernvarme: årsberetninger for 2003 og 2004. For de øvrige produsentene: tilsendt statistikk.

Bruken av de ulike energibærerne i fjernvarmeproduksjonen varierer i løpet av året. Energibærerne i grunnlastproduksjonen benyttes tilnærmet hele året, mens energibærerne i spisslastproduksjonen benyttes i den perioden det er behov for å supplere grunnlastproduksjonen. Spisslastanlegget kan også utnyttes som reserve ved driftstans av grunnlastanlegget. Spisslast- eller reservelastanlegget kan også

erstatte grunnlastanlegget dersom lasten blir for lav for effektiv drift, en situasjon som typisk kan oppstå om sommeren. Figur 5-7 viser hvordan bruken av de ulike energibærerne fordelt seg på årets tolv måneder hos TEV Fjernvarme i 2004. For hele året utgjorde fjernvarme basert på biobrensler, avfall, deponigass og omgivelsesvarme levert med varmepumpe 57 % av den totale varmeleveransen ut på distribusjonsnettet.



Figur 5-7 Netto fjernvarmeproduksjon hos TEV Fjernvarme i 2004, fordelt på energibærere/varmesentraler. Kilde: statistikk tilsendt fra TEV Fjernvarme

I Enovas varmestudie fra 2003 (Enova, 2003) antas at økningen i fjernvarmeproduksjonen, basert på fornybare¹ energiresurser mot 2010, vil bestå av omtrent like store andeler fra avfall, rivningsvirke og omgivelsesvarme levert med varmepumpe, samt noe mindre ren biomasse. Bidraget fra spillvarme forventes i studien å bli relativt lite. Total økning av årlig fjernvarmeproduksjon basert på fornybare energiresurser, anslås til i underkant av 2 TWh inntil 2010.

¹ I Enova-studien er avfall og spillvarme fra industri definert som "fornybare energibærere". Kommunalt avfall, avfall fra industri og spillvarme fra industri sorteres ikke under begrepene "fornybare" eller "ikke fornybare" energikilder. Avfall kan bestå av både nedbrytbart avfall, som betegnes som biomasse (se definisjon i Vedlegg 1), og avfall basert på fossile materialressurser. Eksempelvis forutsetter TEV Fjernvarme at 8 % av avfallet som benyttes til energigjenvinning, utgjøres av plast, mens resten er fornybar biomasse (TEV Fjernvarme, 2002). Spillvarme fra industri kan være et biprodukt etter bruk av både fornybare og ikke fornybare energiresurser i produksjonen. Varmen fra avfallsforbrenningen og spillvarmen fra industri er restprodukter som uansett vil bli produsert, og det anses derfor som et miljøvennlig tiltak å ta vare på denne varmen.

I avhandlingen vurderes bruk av fjernvarme i nye boliger, som kan forventes å bli stående i 50 til 100 år. I en miljøvurdering av fjernvarmeforsyningen er det derfor hensiktsmessig å vurdere fjernvarmeproduksjonen i et tidsperspektiv ut over dagens situasjon. Det samme gjelder produksjonen av elektrisitet, fordi elektrisitet benyttes både i fjernvarmeproduksjonen og direkte til varmeformål i boligene.

5.3.1 Avfall og deponigass

Avfall er etterlatenskaper fra produksjon og forbruk, og økonomisk vekst bidrar til økte avfallsmengder. Avfall som er teknisk eller samfunnsøkonomisk lite egnet til materialgjenvinning, kan ha et betydelig energipotensial ved energigjenvinning. Ved slik energigjenvinning unngås samtidig flere uheldige miljøbelastninger, blant annet utslipp av klimagassen metan fra avfallsfyllinger.

Regjeringen tar sikte på å innføre forbud mot deponering av nedbrytbart¹ avfall fra 2009 (MD, 2005). En god del av dette avfallet kan energigjenvinnes. Dersom et slikt forbud trer i kraft, kan det argumenteres med at overskuddsvarmen fra avfallsforbrenningen bør kunne betraktes på lik linje med overskuddsvarme, eller spillvarme, fra industri. Dette innebærer at utslipp fra avfallsforbrenningen ikke tas med i miljøregnskapet for den varmen som utnyttes. Denne betraktningen forutsetter effektiv utnyttelse av avfallet som energiressurs, og at det ikke produseres overskuddsvarme som kjøles bort ved lav varmeetterspørsel. I stedet for at overskuddsvarme kjøles bort, vil det være bedre utnyttelse av den begrensede avfallsressursen om avfallet utnyttes i andre fjernvarmeanlegg, og dermed erstatter mindre miljøvennlig varmeproduksjon i andre regioner. En forutsetning for en slik ”spillvarmebetraktning” er også at en ser bort fra eventuelle ekstra utslipp knyttet til transport² dersom avfallet må fraktes over lengre avstander for å kunne energigjenvinnes. Til slutt forutsettes også at materialgjenvinningen fra avfallet er god, og at det derfor ikke finnes bedre alternativer for anvendelse av avfallet enn forbrenning. I avhandlingen er de nevnte forutsetningene lagt til grunn for miljøvurderingen av fjernvarme basert på avfallsforbrenning, selv om situasjonen i praksis neppe vil være like ideell.

Varme fra avfallsforbrenning benyttes i grunnlastproduksjonen. I sommerhalvåret, når det er minst varmebehov, vil overskudd av avfall kunne medføre at deler av overskuddsvarmen fra avfallsforbrenningen må kjøles bort, slik vist i Figur 5-2. I vinterhalvåret, når varmebehovet er størst, vil derimot tilgangen på avfall og kapasiteten i forbrenningsanlegget kunne være for liten til å dekke varmeetterspørselen i fjernvarmeområdet.

¹ Tre-, papir-, tekstil-, matavfall og slam. Kan utnyttes til material- og energigjenvinning, samt kompostering.

² Utslipp av CO₂ knyttet til transport av husholdningsavfall utgjør i følge (Uppenberg m. fl., 2001) cirka 5 gram per kWh brensel, forutsatt 30 km transportavstand.

I fremtiden vil emballering av avfall fra sommer til vinter kunne bli mer vanlig, noe som vil gi økt energiutnyttelse av avfallet. Emballering av avfall er eksempelvis aktuelt ved utvidelsen av avfallsforbrenningsanlegget ved Heimdal varmesentral, som eies og drives av Trondheim Energiverk (TEV).

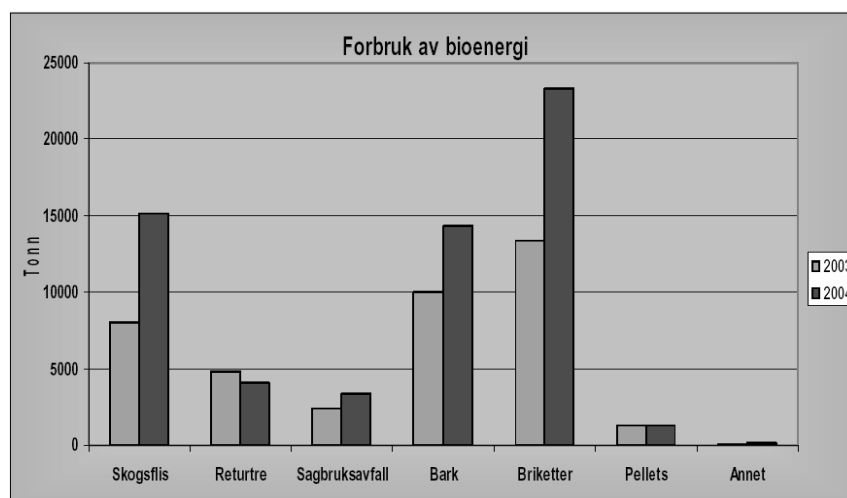
I 2003 ble rundt 640.000 tonn avfall benyttet til energigjenvinning i norske fjernvarmeanlegg (SSB, 2004c). Netto fjernvarmeproduksjon fra utnyttelse av avfall utgjorde 1,1 TWh i 2004 (SSB, 2005a). Dette tilsvarte 45 % av den totale netto fjernvarmeproduksjonen dette året. Avfall vil også være et viktig brensel i fremtidig fjernvarmeproduksjon. I avhandlingen er derfor avfall inkludert i miljøvurderingen av fjernvarmeforsyningen til nye boliger.

I dagens fjernvarmeproduksjon utgjør varmeproduksjonen basert på deponigass fra avfallsfyllinger rundt 0,5 % av den totale netto fjernvarmeproduksjonen i Norge (SSB, 2004c). Som følge av denne lave andelen, samt at deponering av nedbrytbart avfall sannsynligvis blir forbudt fra 2009, er bruken av deponigass i fjernvarmeproduksjonen ikke inkludert i miljøvurderingen av fjernvarmeforsyningen i avhandlingen.

5.3.2 Biobrensler

Biobrensler er et samlebegrep for brensler basert på biomasse. Biobrensler omfatter både faste, flytende og gassformige brensler. Også avfallsbasert biologisk brensel hører inn under biobrenselbegrepet. I avhandlingen er begrepet biobrensel benyttet for faste brensler basert på skogsvirke, inkludert rivningsvirke.

I fjernvarmeanlegg benyttes biobrensler hovedsakelig i grunnlastproduksjonen. Vanligste biobrensler i slike anlegg er briketter, flis og bark. Det finnes flere typer flis, og i større varmesentraler er det vanlig å benytte skogsflis, flis av utsortert og rent rivningsvirke eller annet returvirke fra avfallssektoren. Briketter er et biobrensel som presses til stavformede kubber med en diameter over 25 mm, og er derfor bearbeidet i større grad enn flis før det brennes. Pellets, som er en samlebetegnelse på treflis komprimert til små sylindrerformede enheter med diameter mindre enn 25 mm, benyttes i liten grad som følge av forholdsvis høye produksjonskostnader (NoBio, 2002). I Figur 5-8 er det vist en oversikt over de biobrenslene som benyttes i norske fjernvarmeanlegg.



Figur 5-8 Forbruk av biobrensler i fjernvarmeanlegg i Norge. Kilde: (NoBio, 2004)

Utslipp fra forbrenning av biobrensler i fjernvarmeanlegg avhenger av forbrenningsteknologi, renseteknologi og kvaliteten på brenselet. Klimagassen CO₂ fra forbrenning av biobrensler betraktes normalt å bli tilbakeført til naturen gjennom fotosyntesen. Netto CO₂-utslipp fra forbrenning av slike brensler betraktes derfor å være lik null. Dette er også forutsatt i avhandlingen.

Det har vært en betydelig økning i bruken av biobrensler i fjernvarmeproduksjonen de siste årene, noe som også fremgår av Figur 5-4. I 2004 ble det produsert 312 GWh fjernvarme basert på biobrensler, noe som utgjorde 12 % av den totale netto fjernvarmeproduksjonen.

Fordi biobrensler er og vil være viktig i dagens og fremtidens fjernvarmeproduksjon, er bruk av biobrensler inkludert i miljøvurderingen av fjernvarmeforsyningen i avhandlingen.

5.3.3 Omgivelsesvarme

Ved å benytte varmepumper i fjernvarmeproduksjonen kan en utnytte omgivelsesenergi fra grunnen og sjøvann, varmen i kloakk samt spillvarme fra industri. Til drift av varmepumper benyttes normalt elektrisitet. I både 2003 og 2004 ble 139 GWh fjernvarme produsert ved bruk av varmepumper, noe som tilsvarer 6 % av den totale netto fjernvarmeproduksjonen i Norge. Til drift av pumpene i 2003 ble det benyttet 49 GWh elektrisitet (SSB, 2004c). Dette gir en gjennomsnittlig årsvarmefaktor¹ for varmepumpene på 2,8.

¹ Varmefaktoren, eller COP (Coefficient of performance), er gitt av forholdet mellom avgitt varmeleveranse fra pumpen over året eller fyringssesongen, og totalt tilført energi til å drive varmepumpen.

Varmepumper som grunnlastkapasitet skiller seg fra de andre grunnlastkapasitetene ved at elektrisitet benyttes i vesentlig større grad som hjelpeenergi i varmeproduksjonen. Varmepumper benyttes i relativt beskjeden grad i dagens fjernvarmeproduksjon, men det antas i følge Enovas varmestudie (Enova, 2003) at bruken vil øke noe i fremtiden. Bruk av varmpumper er inkludert i miljøvurderingen av fjernvarmeforsyningen i avhandlingen, blant annet for å synliggjøre utslippene av CO₂ fra produksjonen av elektrisitet benyttet til drift av pumpene.

5.3.4 Spillvarme fra industri

Omtrent 50 % av all stasjonær energibruk i Norge benyttes i industrien, og en god del av denne energien frigjøres igjen i form av kjølevann, damp eller røykgass. Statens forurensningstilsyn (SFT) antar at det er økonomisk mulig å gjenvinne en tredjedel av denne spillvarmen, men risiko for nedleggelse av varmekilden gjør at reelt potensial sannsynligvis er lavere (SFT, 2005b). I 2004 ble kun 86 GWh spillvarme utnyttet i fjernvarmeproduksjonen (SSB, 2005a). Dette utgjorde 3 % av netto fjernvarmeproduksjon i Norge.

Siden spillvarme fra industri utgjør en liten andel av fjernvarmeproduksjonen i dag, og fordi den, i følge varmestudien fra Enova, heller ikke ventes å utgjøre noen stor økning i årene fremover, er ikke spillvarme fra industri inkludert i miljøvurderingen av fjernvarmeforsyningen i avhandlingen.

5.3.5 Fyringsoljer

Fyringsolje er et fossilt brensel som fremstilles av råolje. Råoljen gjennomgår en raffineringssprosess, som gir ulike oljeprodukter. I fjernvarmeanlegg benyttes i dag hovedsakelig mellomdestillater (SSB, 2004c).

I fjernvarmeanlegg benyttes fyringsoljer hovedsakelig i spisslast- eller reservelastproduksjonen. I 2004 ble 202 GWh fjernvarme produsert i oljekjeler (SSB, 2005a). Dette tilsvarer 8 % av den totale netto fjernvarmeproduksjonen, mot 24 % året før, da bruken av oljeprodukter var høy som følge av høye elektrisitetspriser.

Siden fyringsoljer i dag utgjør en vesentlig andel av energibærerne i fjernvarmeproduksjonen, er fyringsoljer inkludert i miljøvurderingen av fjernvarmeforsyningen i avhandlingen.

5.3.6 Naturgass

Naturgass er et samlebegrep for gass som er dannet ved nedbrytning og omdanning av organisk materiale under jordens overflate, og består hovedsakelig av hydrokarboner. Naturgassen i Nordsjøen inneholder i gjennomsnitt cirka 80 % metan (CH₄), men innholdet kan for enkelte felt være godt over 90 %. Den resterende gassen består av etan, propan, butan, karbondioksid, nitrogen samt noe tyngre hydrokarboner, gjerne benevnt som kondensat (NVE, 2004).

I 2004 ble 99 GWh fjernvarme produsert fra naturgass (SSB, 2005a), noe som tilsvarer 4 % av den totale netto fjernvarmeproduksjonen i Norge. Det er en politisk målsetning at en større del av Norges naturgassressurser skal tas i bruk innenlands, blant annet for å erstatte bruken av andre fossile energibærere (OED, 2004b). En forutsetning for en slik konvertering i fjernvarmeproduksjonen er at prisen på naturgass blir konkurransedyktig med prisen på fyringsolje og elektrisitet. Bruk av naturgass vil bidra med cirka 25 % lavere utslipp¹ av karbondioksid (CO₂) enn ved bruk av lette fyringsoljer.

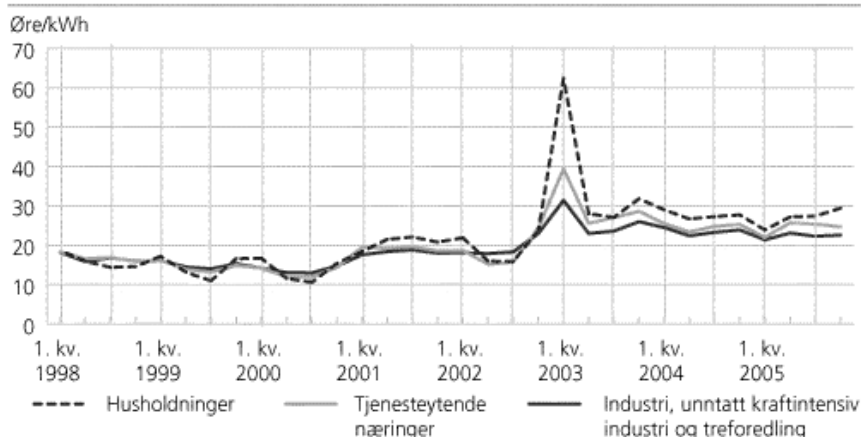
I avhandlingen er naturgass av avgrensningshensyn ikke inkludert i miljøvurderingen av fjernvarmeforsyningen.

5.3.7 Elektrisitet

I fjernvarmeproduksjonen benyttes elektrisitet i både elektrokjeler og til drift av varmepumper, samt annet produksjonsutstyr. I elektrokjeler benyttes elektrisitet hovedsakelig som spisslast eller reservelast, men elektrisitet kan også benyttes som grunnlast dersom elektrisitetsprisen er lav. I 2004 ble 547 GWh fjernvarme produsert i elektrokjeler, noe som tilsvarer 22 % av den totale netto fjernvarmeproduksjonen i Norge. Til sammenligning ble kun 8 % av netto fjernvarmeproduksjon produsert i elektrokjeler i 2003 (SSB, 2005a). Det vesentlig lavere elektrisitetsforbruket i 2003 hadde sammenheng med de høye elektrisitetsprisene dette året. I Figur 5-9 er prisutviklingen for elektrisitet i perioden 1998 til og med 2005 vist for ulike forbruksgrupper. Prisene er eksklusive avgifter.

¹ Utslipp av CO₂, gitt per kWh brensel, er for naturgass 202 gram/kWh og for lette fyringsoljer 274 gram/kWh. Kilde: (Uppenberg m. fl., 2001)

Gjennomsnittlige priser på elektrisk kraft, eksklusive avgifter og nettleie. Alle typer kontrakter. 1. kvartal 1998-4. kvartal 2005. Øre/kWh



Figur 5-9 Variasjon av elektrisitetsprisen hos ulike forbruksgrupper. Kilde: SSB Elektrisitetsstatistikk

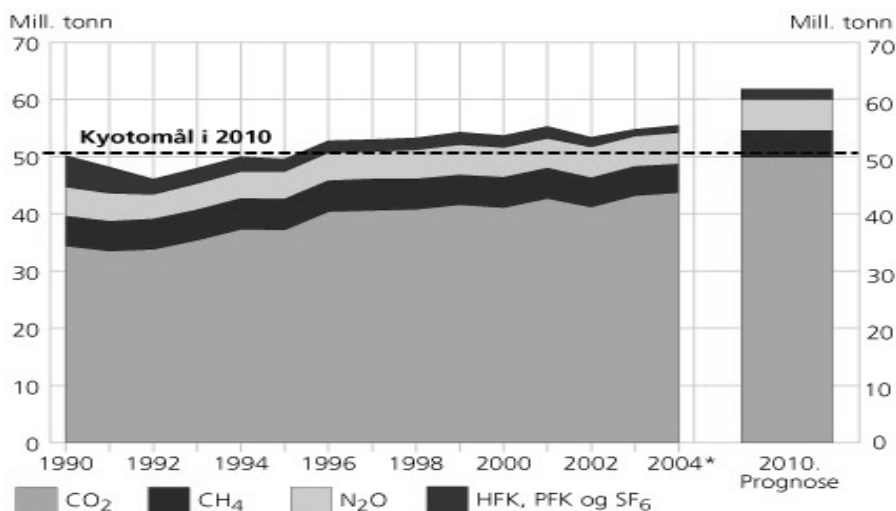
Fjernvarmeprodusentene vil normalt benytte elektrisitet med uprioritert overføringstariff for å spare kostnader. Produsentene vil derfor være avhengige av å kunne benytte en annen energibærer i tillegg i spisslastproduksjonen. I dag velges normalt en kombinasjon av elektrisitet og olje, og det er prisen som avgjør hvilken energibærer som benyttes. Størrelsen på overføringstariffen avhenger av hvilket spenningsnivå elektrisiteten tas ut på, og uttak på høyere spenningsnivå innebærer sparte kostnader for fjernvarmeprodusentene. Fjernvarmeprodusentene betaler en lav elektrisitetsavgift, det vil si 0,45 øre/kWh, mot 9,88 øre/kWh som var ordinær elektrisitetsavgift i 2005. Gunstige prisforhold bidrar til at elektrisitet lettere blir konkurransedyktig med olje når det gjelder pris enn hos "vanlige" forbrukere. Det er vanskelig å forutsi utviklingen av prisen på elektrisitet og fyringsolje i årene fremover, og i avhandlingen er både elektrisitet og fyringsolje forutsatt benyttet i spisslastproduksjonen, se nærmere beskrivelse i kapittel 6.4.4.

5.4 Miljøbelastninger ved produksjon av fjernvarme og elektrisitet

Den viktigste bakgrunnen for myndighetenes målsetning om redusert energibruk og omlegging til nye fornybare energikilder, er sikkerheten i elektrisitetsforsyningen og mindre miljøbelastninger knyttet til energibruk. Ut fra disse forholdene kan en vurdering av fjernvarme- og elektrisitetsforsyningen til boliger baseres på flere kriterier, som:

- forurensende utslipp, med uheldige konsekvenser for miljø og helse
- bruk av elektrisitet med tanke på forsyningssikkerhet
- bruk av begrensede fossile energiresurser

Utslipp av klimagasser¹ vil på sikt kunne føre til at gjennomsnittstemperaturen ved jordoverflaten øker. En slik temperaturøkning vil eksempelvis kunne bidra til heving av havnivået, og endring av nedbørsmønstre og vindsystemer. Disse endringene vil kunne få svært alvorlige følger for naturlige økosystemer og for samfunnsforhold. Den viktigste klimagassen er karbondioksid, CO₂. Størsteparten av utslippene av klimagasser nasjonalt kommer fra bruk av fossile brenslere til ulike formål, som transport og stasjonær forbrenning. Andre viktige klimagasser er metan (CH₄) og lystgass (N₂O). Norge har gjennom Kyotoprotokollen forpliktet seg til at utslippene av klimagasser i perioden 2008 – 2012 ikke skal være mer enn én prosent høyere enn 1990-nivået etter at det er tatt hensyn til kvotehandel og de andre mekanismene for reduserte utslipp. Dette tilsvarer et utslipp på 50,6 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Norges samlede utslipp av klimagasser i 2004 var 55,5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Dette var 4,8 millioner tonn, eller nesten ti prosent mer enn Kyoto-målet. Statistisk sentralbyrå antar i sine prognoser at utslippene av klimagasser vil øke vesentlig i årene fremover, og at Kyoto-målet vil bli langt overskredet, se Figur 5-10. Veksten i de samlede klimagassutslippene fra 1990 til 2004 skyldes primært utslippene fra olje- og gassvirksomheten, som steg med 77 % i perioden (SSB, 2005c).



Figur 5-10 Utvikling av klimagassutslipp i Norge, med prognose for 2010. Millioner tonn CO₂-ekvivalenter. Kilde: (SSB, 2005c)

¹ Klimagasser er en samlebetegnelse på de seks gassene karbondioksid (CO₂), metan (CH₄), lystgass (N₂O), og de fluorholdige gassene HFK, PFK og SF₆. Utslippene regnes om til CO₂-ekvivalenter for å vekte utslippet av den enkelte gass, avhengig av hvor sterk klimapåvirkning den har. CO₂-utslippene bidro med 79 prosent av samlet klimagassutslipp i 2003 (SSB, 2005c). Utslipp av klimagasser bidrar til endring av drivhuseffekten. Det er stor variasjon mellom de ulike klimagassenes oppvarmingseffekt og levetid i atmosfæren. For å sammenligne betydningen av ulike klimagasser, benyttes GWP – Global Warming Potential. GWP-verdien for en gass defineres som den akkumulerte påvirkning på drivhuseffekten fra ett tonn utslipp av gassen sammenlignet med ett tonn utslipp av CO₂ over et spesifisert tidsrom. Ved hjelp av GWP-verdiene blir utslippene av klimagasser veid sammen til CO₂-ekvivalenter.

Norge har også problemer med å overholde internasjonale avtaler når det gjelder å begrense utslipp av nitrogenoksider (NO_x) og svoveldioksider (SO_2). Utslipp av disse komponentene er imidlertid vesentlig knyttet til myndighetenes krav til rensing, og det vil derfor i stor grad heller være økonomiske enn tekniske barrierer som må overvinnes for å møte disse utfordringene. Som følge av ulike rensekra, avhengig av blant annet fjernvarmeanleggets størrelse og plassering, vil utslippene fra fjernvarmeproduksjonen også variere.

Det er av miljø- og helsemessige årsaker også viktig å begrense andre utslippskomponenter knyttet til energiforsyningen, som karbonmonoksid (CO), flyktige organiske forbindelser unntatt metan (nmVOC), svevestøv osv. Betydningen av utslippsbegrensninger kan imidlertid avhenge av nærheten mellom utslippsstedet og hvor det bor folk. Betydningen kan også avhenge av om det er andre utslippskilder i nærheten, slik at det samlede utslippet overskrider grenseverdiene i lokalmiljøet.

Fossile energikilder er et fellesbegrep for energikilder med biologisk opprinnelse, og som finnes i jordskorpen. Til de fossile energikildene, eller energiressursene, hører først og fremst forekomstene av kull, råolje og naturgass. Kull utgjør de største påviste reservene av fossile energiressurser, og med uendret produksjonsnivå vil reservene holde for cirka 220 års produksjon. De påviste utvinnbare oljereservene i verden vil vare cirka 40 år med uendret produksjonsnivå. Når det gjelder naturgass, vil verdens påviste utvinnbare reserver holde i cirka 60 år med uendret produksjonsnivå (OED, 1998). Reservene av utvinnbare fossile energiressurser er med andre ord svært begrenset i et lengre tidsperspektiv, og en mer energieffektiv bygningsmasse vil bidra til redusert forbruk av disse energiressursene.

Som følge av spesielt stort fokus i Norge og internasjonalt når det gjelder å begrense utslipp av CO_2 , er vurderingen av miljøbelastninger knyttet til fjernvarme- og elektrisitetsforsyningen i avhandlingen avgrenset til å gjelde utslipp av denne klimagassen. Det er i tillegg gitt en vurdering av hvordan behovet for elektrisk effekt til varmeformål i boliger med ulikt varmebehov, og hvor varmebehovet er dekket opp med elektrisitet eller fjernvarme, vil påvirke behovet for økt effektkapasitet for produksjon og overføring av elektrisitet. Dette behandles imidlertid i kapittel 6.

Ved beregning av utslipp av CO_2 knyttet til fjernvarme- og elektrisitetsforsyningen er det ikke tatt hensyn til utslipp ved produksjon, transport og lagring av brensler. En detaljert beregning av utslippene i hele energikjeden for energibærere er vurdert å være lite hensiktsmessig som følge av stor usikkerhet rundt hvordan elektrisitet skal vurderes i miljørammen, se kapittel 5.4.4. I kapittel 6.6.6 diskuteres imidlertid i hvilken grad bruk av verdier for CO_2 -utslipp i hele energikjeden i henhold til utkast til CEN-standard prEn 15203 påvirker beregningsresultatene. Som vist til i kapittel 3.6, avviker tall for CO_2 -utslipp i energikjeden i dette standardforslaget vesentlig fra tall fremkommet i norske LCA-studier. Det

foreligger imidlertid ikke noe forslag til nasjonale (norske) verdier til prEn 15203. Verdiene i standardforslaget er allikevel benyttet for å vise hvordan hensynet til hele energikjeden vil påvirke miljøvurderingen av energiforsyningen dersom disse verdiene legges til grunn.

5.4.1 Årsvirkningsgrader for kjeler i fjernvarmeanlegg

Årsvirkningsgrader for kjeler i moderne fjernvarmeanlegg kan være som vist i Tabell 5-1. Det er sett bort fra eventuell røykgasskondensering i lavtemperatursystemer, en teknologi som enda ikke er vanlig i Norge. På tross av at momentanvirkningsgraden for kjelene vil kunne variere over året, er årsvirkningsgradene forutsatt å være representative for driften hele året. I avhandlingen er det kun årsvirkningsgrader for oljekjeler, elektrokjeler og varmpumper som har betydning, siden det ses bort fra utslipp av CO₂ ved forbrenning av avfall og biobrensler, se kapittel 5.3.1 og 5.3.2.

Tabell 5-1 Årsvirkningsgrader for kjeler i fjernvarmeanlegg. Kilder: (NVE, 2002a) og (Norsk Fjernvarme, 2004). NVE baserer sine tall på KNE (Norsk Energi – kjelforeningen)

Energibærer	Årsvirkningsgrad for kjeler Kilde 1 (NVE) (%)	Årsvirkningsgrad for kjeler Kilde 2 (Norsk Fjernvarme) (%)	Årsvirkningsgrad forutsatt i avhandlingen (%)
Avfall	85	-	85 ¹
Biobrensel	75	85	85 ¹
Fyringsolje	85	70 -90	85
Elektrisitet	95	98	95
Varmepumpe	290		280 ²

¹ Benyttes i kapittel 6.6.6 og i Tabell 5-5

²COP = 2,8

Varmefaktoren for varmpumper vil variere, og avhenger blant annet av temperaturen i varmekilden. I avhandlingen er en årsvarmefaktor, det vil si COP, forutsatt lik 2.8, som er representativ for gjennomsnittet av varmpumper benyttet i den norske fjernvarmeproduksjonen, se kapittel 5.3.3.

5.4.2 Elektrisitetsforbruk til drift av kjeler og sirkulasjonspumper

Til drift av kjeler og sirkulasjonspumper tilknyttet fjernvarmenettet benyttes elektrisitet, tilsvarende cirka 2 % av den varmemengden som leveres ut på nettet. Avfallsforbrenningsanlegg vil kreve noe høyere elektrisitetsforbruk, avhengig av den tekniske løsningen. Av den energien som benyttes til drift av sirkulasjonspumper, vil om lag 70 % omgjøres til friksjonsvarme og dermed inngå

i varmforsyningen (Evensen, 2005). I avhandlingen er netto elektrisitetsforbruk til drift av pumper og kjeler forutsatt å utgjøre 1 % per enhet produsert fjernvarme.

5.4.3 Tap i fjernvarme- og elektrisitetsnett

Fjernvarmenettet

I avhandlingen er tapet i fjernvarmenettet forutsatt lik 9 % av levert varme ut på nettet, se forøvrig fjernvarmestatistikk beskrevet i kapittel 5.2. Dette gir en overføringsvirkningsgrad i distribusjonsnett på 91 %.

Elektrisitetsnett

Overføringstapene ved distribusjon av elektrisitet frem til sluttbruker varierer noe fra år til år. Faktorer som påvirker dette tapet er overføringslengden, belastningen i nettet og spenningsnivået. Sett i forhold til årlig elektrisitetsforbruk har de årlige nettapene blitt redusert fra cirka 10 % på begynnelsen av 1970-tallet til cirka 8 % i dag. Tapene fordeler seg med om lag halvparten på distribusjonsnett, en fjerdedel på regionalnett og en fjerdedel på sentralnett (OED, 2004b). Tapene i Skagerak-kablene, det vil si de Statnett-eide overføringskablene mellom Danmark og Norge, inngår i tapene for det norske sentralnett. Statistisk sentralbyrås energiregnskap for 2004 viser at tap i elektrisitetsnett utgjorde 7,2 % av brutto innenlands tilgang på elektrisitet (SSB, 2005b). I gjennomsnitt for perioden 1994 til og med 2004 utgjorde dette tapet 7,9 % (SSB, 2004d). I avhandlingen er det forutsatt at overføringstapet i elektrisitetsnett utgjør 8 %. Dette gir en overføringsvirkningsgrad i elektrisitetsnett på 92 %. Tapet i nettet vil i høylastperioder være høyere enn gjennomsnittet, og i lavlastperioder lavere. I avhandlingen er dette tapet forutsatt å være likt hele året.

5.4.4 CO₂-faktorer for energibærere

Elektrisitet kan produseres på ulike måter. Elektrisitet produsert i Norge er hovedsakelig vannkraft, mens kraftproduksjonen i andre europeiske land i stor grad er basert på forbrenning av fossile brensler. Forurensende utslipp fra produksjon av elektrisitet avhenger av produksjonsteknologien og hvilke energibærere som benyttes i produksjonen. Hvilken teknologi og energibærer som forutsettes lagt til grunn i kraftproduksjonen, er derfor avgjørende i en miljøvurdering av elektrisitetsforsyningen.

I Norge finnes det ikke noen konsensus om hvordan en skal betrakte bruk av elektrisitet i forhold til utslipp av CO₂. Det hersker også uenighet rundt dette spørsmålet, alt fra om bruk eller sparing av elektrisitet skal vurderes ut fra en

marginalbetraktning¹ i nordisk eller europeisk perspektiv, eller ses i sammenheng med sammensetningen av alle energibærerne i den kraftproduksjonen som elektrisitetsforsyningen er basert på. Under vises det til ulike analyser eller rapporter hvor det diskuteres hvordan bruk av elektrisitet kan betraktes i et miljøperspektiv. Felles for analysene er at ny bruk, eller reduksjon av elektrisitetsforbruket, betraktes i forhold til den marginale kraftproduksjonen innenfor de definerte systemgrensene. Videre i delkapittelet er det gitt en oversikt over kraftproduksjonen innen Nordel, som er samarbeidsorganet for de systemansvarlige nettselskapene i Norden.

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Oljedirektoratet (OD) har på oppdrag fra Olje- og energidepartementet (OED) foretatt en vurdering av kraftforsyningen fra land til sokkelen (NVE og OD, 2002). I denne studien ble det antatt at kullkraft, produsert med en gjennomsnittlig virkningsgrad på 40 %, utgjorde den dominerende marginalkraften i det integrerte nordeuropeiske kraftmarkedet i 2003. Frem mot 2028 er det i rapporten antatt at marginal kraftproduksjon vil endres mot gasskraft med årsvirkningsgrad rundt 60 %.

Statens forurensningstilsyn (SFT) forutsetter i oppdatert tiltaksanalyse for reduksjon av klimagassutslipp i Norge (SFT, 2005a) at tiltak som reduserer behovet for elektrisk kraft vil redusere utslippene av klimagasser tilsvarende utslipp fra kraftproduksjon i konvensjonelle gasskraftverk av den typen som skal bygges på Kårstø. Begrunnelsen for denne forutsetningen er at norske utslipp betraktes i forhold til Norges utslippsforpliktelser under Kyotoprotokollen, og at indirekte utslipp som oppstår ved netto import av elektrisitet produsert med fossile brenslere i utlandet ikke vil være relevant for den norske oppfyllelsen av utslippsforpliktelsene. SFT viser til at prisen på importert elektrisitet vil inkludere kostnadene de utenlandske landene vil ha for å nå sine utslippsforpliktelser. Dersom fremtidige gasskraftverk kan ta i bruk teknologiløsninger for CO₂-håndtering, viser SFT i sin tiltaksanalyse at CO₂-utslippene knyttet til elektrisitetsforbruk i Norge vil bli lavere.

I en analyse utført av ECON på oppdrag fra Statens energimyndighet i Sverige (ECON, 2002), er det ”mellaneffektiva”² kullkraftverk i Danmark og Finland som er vurdert å levere marginalkraft på det nordiske kraftmarkedet i dag. Kullkraftanlegg med lavest energieffektivitet og de høyeste variable kostnadene benyttes i følge ECON ved flaskehals for kraftoverføringen, som gjerne sammenfaller med perioder med svært høye laster. På lengre sikt vurderer ECON at norsk eller tysk gasskraft vil utgjøre marginalkapasiteten, fordi gasskraft antas å bli den kapasiteten som blir mest lønnsom å bygge ut forutsatt økte elektrisitetspriser. Marginalproduksjonen på sikt vurderes dermed i forhold til den kraftkapasiteten som vil måtte bygges ut for å dekke økt etterspørsel etter

¹ Med marginalkraft siktes det til kraftproduksjonen ved produksjonsanleggene med de høyeste variable kostnadene, og som settes i drift sist for å produsere de siste kilowatt-timene.

² I følge rapporten har en stor andel av kullkraftkapasiteten i Danmark en virkningsgrad rundt 42 %. Tilsvarende tall for Finland er ikke gitt i rapporten, men tabell 2.1 i rapporten antyder generelt noe lavere virkningsgrad i Finske kondenskraftanlegg enn i Danske anlegg.

elektrisitet, og ikke i forhold til ”den siste” kilowattimen som produseres på marginalen når ny kapasitet først er satt i drift.

Den nye norske regjeringen, innsatt i oktober 2005, har erklært at nye konsesjoner for gasskraftverk skal baseres på CO₂-håndtering. Også ved gasskraftverket på Kårstø, hvor Naturkraft har igangsatt utbygging, sier den nye regjeringen at det skal arbeides med å etablere et fullskala anlegg for fjerning av CO₂, og at staten skal bidra med økonomisk støtte til dette. Tilsvarende gjelder for gasskraftverk ved Skogn og Kollsnes, hvor det er gitt konsesjon, men hvor utbygging fortsatt ikke er vedtatt¹. Målet for den nye regjeringen er at CO₂ skal benyttes som trykkstøtte for felt i Nordsjøen slik at mer olje kan utvinnes (Flertallsregjeringen, 2005). At den nye regjeringen nå går inn for CO₂-håndtering, skyldes i stor grad analyser som viser at dette kan være god samfunnsøkonomi. Miljøorganisasjonen Bellona har beregnet at CO₂-fangst og deponering fra gasskraftverk og industri vil kunne gi Norge flere hundre milliarder kroner i økte inntekter ved at CO₂ benyttes som trykkstøtte for økt oljeutvinning (EOR²). I tillegg vil Norge med CO₂-håndtering kunne overholde sine Kyoto-forpliktelser (Jakobsen m. fl., 2005). Også Statens forurensningstilsyn viser i sin klimatilaksanalyse til at CO₂-fangst og bruk av CO₂ til økt oljeutvinning trolig vil bli samfunnsøkonomisk lønnsomt (SFT, 2005a). Klimagassen CO₂ fra gasskraftverk med CO₂-håndtering og EOR blir ikke lenger betraktet som et avfallsprodukt, men en ressurs, som også kan importeres³ fra andre land. Ved CO₂-håndtering kan det benyttes flere typer teknologier, men ikke noen av disse teknologiene er foreløpig demonstrert for store gasskraftverk. Renseprosessene er energikrevende, og virkningsgraden for gasskraftverk med CO₂-rensing (fangst) vil kunne ligge i området 46 til 50 %. Det forventes at virkningsgraden med videre utvikling av teknologiene vil kunne øke i forhold til disse anslagene, kanskje opp mot 54 % (OD, 2005). Rensegraden vil kunne utgjøre om lag 80 til 90 % med dagens teknologi. Når det tas hensyn til nødvendig energibruk til renseprosessen, transport og lagring av CO₂, vil mengden frigjort CO₂ totalt øke sammenlignet med gasskraftproduksjon uten CO₂-håndtering. Men ved fradrag for ”fangst” og lagret CO₂, blir resterende utslipp til atmosfæren om lag 45 gram per produsert kWh gasskraft (IPPC, 2005).

Innenfor Nordel, unntatt Island, utgjør elektrisitet produsert i termiske kraftverk cirka 20 % av den årlige kraftproduksjonen, mens vannkraft, kjernekraft og vindkraft samlet utgjør resterende kraftproduksjon. Det er også noe kraftutveksling mellom Nordel og Russland, Tyskland og Polen, men andelen import, sammenlignet med kraftproduksjonen innen Nordel, utgjør i følge årsstatistikk fra Nordel mindre enn 4 % hvert av de fem siste årene. Produksjonen av elektrisitet over året innenfor Nordel, med unntak av Island, er vist i Figur 5-11. I figuren er kraftproduksjonen sortert etter økende variable produksjonskostnader. Den mest kostbare kraftproduksjonen foregår i separate kondenskraftverk som ikke er knyttet

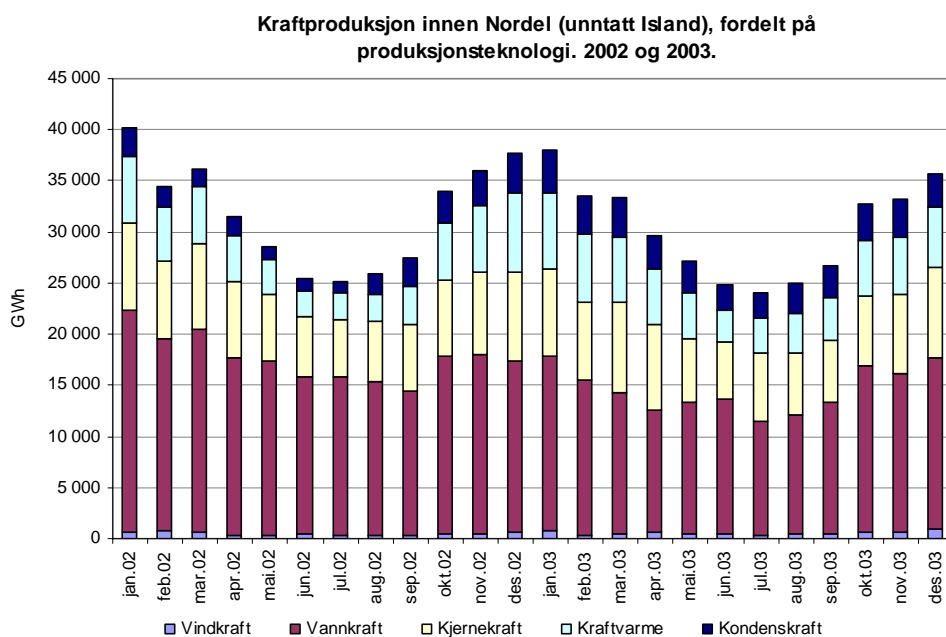
¹ Per januar 2006

² Extended Oil Recovery

³ Vil kunne ses i sammenheng med salg av CO₂-kvoter innefor Kyotoavtalen

til noen varmeproduksjon. I denne kraftproduksjonen benyttes flere typer brenslere; som kull, naturgass, olje, ulike biobrenslere inkludert torv, og avfall. Av figuren fremgår det at kraftproduksjonen i kondenskraftverk var høy siste del av 2002, samt i 2003. Dette var et resultat av den kalde og tørre høsten og vinteren 2002-03. I hele 2002 utgjorde kraftproduksjonen i kondenskraftverkene totalt 27 TWh, eller om lag 7 % av den totale kraftproduksjonen.

Det har ikke vært et mål i avhandlingen å foreta en utredning om hvordan elektrisitetsforbruket i bygningssektoren skal vurderes i forhold til utslipp av CO₂. Dette er en omfattende oppgave, som også vil kunne være kilde til betydelig debatt. Fordi resultatene fra miljøvurderingen av energiforsyningen til varmeformål i nye boliger er svært avhengig av hvordan elektrisitet betraktes i denne sammenhengen, er det i avhandlingen benyttet to modeller for kraftproduksjon i CO₂-beregningene. Felles for modellene, henholdsvis El-A og El-B, er at elektrisitetsforbruket betraktes innenfor en nordisk systemgrense. Dette innebærer at det er tatt hensyn til at Norge er en del av et felles nordisk kraftmarked. Felles er også at det er marginal kraftproduksjon som er lagt til grunn for modellene, og ikke gjennomsnitt av kraftproduksjonen innen kraftmarkedet, illustrert i Figur 5-11. Dette innebærer at elektrisitetsforbruket vurderes i forhold til hvordan det nordiske kraftsystemet vil kunne reagere på endret etterspørsel, enten ved at elektrisitetsforbruket øker eller reduseres, eller at elektrisitet erstattes av andre energibærere.



Figur 5-11 Kraftproduksjonen innen Nordel, unntatt Island, i 2002 og 2003. Basert på månedsstatistikk fra Nordel, samt informasjon om andel separat kondenskraftproduksjon i Danmark fra (Energi styrelsen, 2002).

EI-A

I EI-A er elektrisitet forutsatt produsert i kullkraftverk med en årsvirkningsgrad på 40 %, som er antatt å representere kullkondensverk med middels energieffektivitet i Norden. Utslipp av CO₂ fra kraftproduksjonen er for EI-A satt lik 820 gram per kWh produsert elektrisitet, som er i henhold til utslippstall¹ for kullkraftverk anbefalt i (Uppenberg m. fl., 2001). Marginalbetraktningen tar utgangspunkt i at endret elektrisitetsforbruk i ny boligmasse som følge av energispareiltak eller bruk av annen energiforsyning innenfor systemgrensen, ikke utgjør en større energimengde enn hva kullkraftproduksjonen utgjør innen samme systemgrense.

EI-B

I EI-B er elektrisitet forutsatt produsert i gasskraftanlegg, med en gjennomsnittlig virkningsgrad på 58 %, inkludert elektrisitet til drift av produksjonsutstyr². Dette er anlegg som vil kunne dekke opp en stor andel av økt etterspørsel etter elektrisitet i Norden i årene fremover. Utslipp av CO₂ fra kraftproduksjonen er for EI-B satt lik 355 gram per kWh produsert elektrisitet, som er representativt for anlegg tilsvarende det planlagte gasskraftverket på Kårstø (Naturkraft, 2004).

Utslipp av CO₂ for fjernvarme, basert på forbrenning av ulike brensler, er vist i Tabell 5-2. Varme fra avfallsforbrenning betraktes som spillvarme, og det ses derfor bort fra utslipp av CO₂ fra avfallsforbrenningen i miljøvurderingen av fjernvarmeforsyningen. Biobrensler betraktes som CO₂-nøytrale, det vil si CO₂-utslipp fra forbrenning av biobrensler er satt lik null.

Tabell 5-2 Utslipp av CO₂ for levert fjernvarme ved bruk av avfall, biobrensler eller fyringsolje i fjernvarmeproduksjonen. Eksklusive utslipp knyttet til drift av kjeler og sirkulasjonspumper. Kilde utslipp per kWh brensel (olje): (Uppenberg m. fl., 2001)

Brensel	Utslipp av CO ₂ per kWh brensel	Årsvirkningsgrad for kjeler	Overføringsvirkningsgrad i fjernvarmenettet	Utslipp av CO ₂ per kWh levert fjernvarme
	(g/kWh)	-	-	(g/kWh)
Avfall	0	-	-	0
Biobrensler	0	-	-	0
Fyringsolje	274	0,85	0,91	354

¹ Uppenberg oppgir 328 gram CO₂ per kWh brensel. 40 % virkningsgrad gir 820 gram CO₂ per kWh produsert elektrisitet.

² Årsvirkningsgraden for gasskraftproduksjonen er av Naturkraft oppgitt å utgjøre 58 – 60 %, når det er tatt hensyn til bruk av elektrisitet til drift av produksjonsutstyr (Fuglseth, 2005). Tilsvarende er forutsatt å gjelde for årsvirkningsgraden for kullkraftverk

I Tabell 5-3 er verdier vist for CO₂-utslipp, knyttet til leveranse av elektrisitet direkte til bolig, eller knyttet til leveranse av fjernvarme når fjernvarmen er produsert ved bruk av elektrisitet eller varmepumper. Utslipp av CO₂ for levert fjernvarme og elektrisitet fremkommer ved å dividere utslipp fra fjernvarme- eller elektrisitetsproduksjonen med produktet av årsvirkningsgrader og verdier for overføringsvirkningsgrader i distribusjonsnett¹.

Tabell 5-3 Utslipp av CO₂ for levert fjernvarme ved bruk av elektrisitet og varmepumper i fjernvarmeproduksjonen, samt utslipp for levert elektrisitet direkte til sluttbruker. Eksklusive utslipp knyttet til drift av kjeler og sirkulasjonspumper

Formål	El-modell	Utslipp av CO ₂ per kWh produsert elektrisitet	Overføringsvirkningsgrad i elnettet	Årsvirkningsgrad kjel/COP varmepumpe	Overføringsvirkningsgrad i fjernvarmenettet	Utslipp av CO ₂ per kWh levert fjernvarme eller elektrisitet
		(g/kWh)	-	-	-	(g/kWh)
Elektrisitet i fjernvarmeproduksjonen	El-A	820	0,92	0,95	0,91	1031
Elektrisitet til varmepumper i fjernvarmeproduksjonen				2,8	0,91	350
Elektrisitet direkte til sluttbruker				-	-	891
Elektrisitet i fjernvarmeproduksjonen	El-B	355	0,92	0,95	0,91	446
Elektrisitet til varmepumper i fjernvarmeproduksjonen				2,8	0,91	151
Elektrisitet direkte til sluttbruker				-	-	386

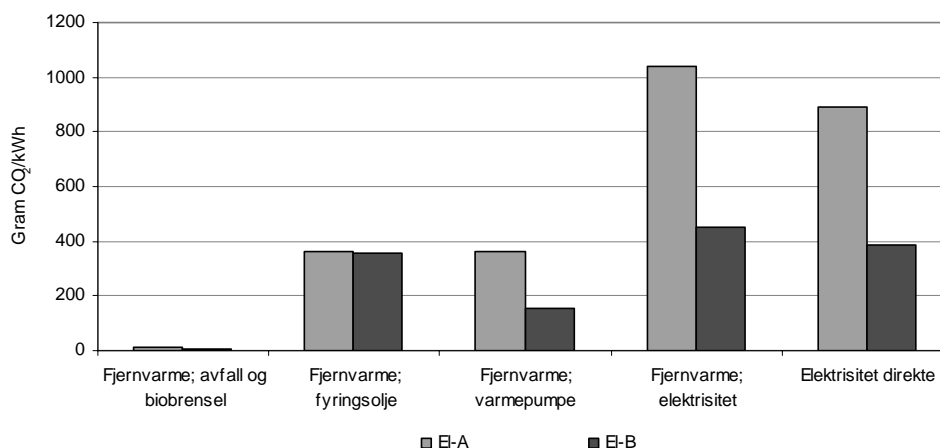
Elektrisitetsforbruk knyttet til drift av kjeler og sirkulasjonspumper i fjernvarmeanlegget utgjør 1 % per enhet produsert fjernvarme, se kapittel 5.4.2. Utslipp av CO₂ knyttet til dette elektrisitetsforbruket, når det tas hensyn tap i elektrisitets- og fjernvarmenettet, er vist i Tabell 5-4.

¹ I tabellen er verdier for overføringsvirkningsgrader for elektrisitets- og fjernvarmenettet samt årsvirkningsgrader for kjeler og varmepumper dividert med 100. Tilsvarende gjelder for Tabell 5-2 og Tabell 5-4.

Tabell 5-4 Utslipp av CO₂ knyttet til elforbruk til drift av kjeler og sirkulasjonspumper i fjernvarmeanlegget.

Formål	El-modell	Utslipp av CO ₂ per kWh produsert elektrisitet	Overføringsvirkningsgrad i elnettet	Overføringsvirkningsgrad i fjernvarmenettet	Utslipp av CO ₂ per kWh levert fjernvarme eller elektrisitet
		(g/kWh)	-	-	(g/kWh)
Elektrisitet til drift av kjeler og sirkulasjonspumper	El-A	0,01 · 820	0,92	0,91	10
	El-B	0,01 · 355	0,92	0,91	4

I Figur 5-12 er samlede verdier for CO₂-utslipp vist for elektrisitet- og fjernvarmeleveransen til sluttbruker, inkludert utslipp knyttet til drift av kjeler og sirkulasjonspumper. Samlede utslipp av CO₂ betegnes i avhandlingen som "CO₂-faktorer".

**CO₂-faktorer for fjernvarme og elektrisitet, avhengig av el-modell.
Gitt per kWh levert energi til bolig**

Figur 5-12 CO₂-faktorer for elektrisitet og fjernvarme, avhengig av energibærer benyttet i fjernvarmeproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert energi til bolig.

5.5 Diskusjon

Det er stor usikkerhet rundt CO₂-utslipp knyttet til produksjon av elektrisitet. Fordi det ikke finnes noen konsensus i Norge om hvordan elektrisitet skal betraktes i miljø sammenheng, må spennet mellom el-modellene betraktes som variasjonsområdet for CO₂-utslipp for andre mulige el-modeller.

Nye gasskraftverk med CO₂-håndtering vil i løpet av en 10-årsperiode kunne bli en realitet i Norge. Dette scenariet er av avgrensingshensyn ikke lagt til grunn ved beregning av CO₂-faktorer for elektrisitet. Et slikt scenario ville imidlertid ha medført en CO₂-faktor rundt 50 gram CO₂ per kWh levert elektrisitet, med andre ord ikke vesentlig mye høyere enn CO₂-faktorene for fjernvarme basert på biobrensel og avfall.

Fordi usikkerheten rundt CO₂-faktoren for elektrisitet er stor, vil et høyt detaljeringsnivå ved beregning av CO₂-faktorene ikke være særlig relevant. I lys av dette vil det i utgangspunktet være lite hensiktsmessig å ta hensyn til bruk av elektrisitet til drift av kjeler og sirkulasjonspumper, som ikke bidrar med mer enn 10 og 4 gram CO₂ per kWh levert fjernvarme ved henholdsvis el-modell El-A and El-B. Det er imidlertid tatt hensyn til bruk av elektrisitet til drift av pumper i vannbaserte varmeanlegg i boligmodellen, se kapittel 6.2.2. Det er derfor vurdert som riktig å også ta hensyn til drift av produksjonsutstyr i fjernvarmeanlegget. Hensyntagen til drift av kjeler og sirkulasjonspumper bidrar også til å synliggjøre at biobrensler ikke er helt CO₂-nøytrale i fjernvarmesammenheng.

Ved beregning av CO₂-faktorene er det ikke tatt hensyn til utslipp knyttet til produksjon og distribusjon av energibærere. For avfall, biobrensler og fyringsoljer vurderes utslipp knyttet til denne delen av energibærernes energikjede å være lite viktig, forutsatt at verdier vist i Tabell 5-5 legges til grunn. Tabellverdiene er basert på norske eller svenske LCA-studier, se tabell V5-1 og V5-2 i Vedlegg 5. For elektrisitet vil hensynet til utslipp ved produksjon og distribusjon av brensler benyttet i kraftproduksjonen bety mer, spesielt dersom elektrisitet er produsert i kullkraftverk. Bryting av kull medfører utslipp av klimagassen metan, og de totale klimagassutslippene, gitt som CO₂-ekvivalenter, vil derfor kunne bli betydelige.

Tabell 5-5 Tillegg til beregnet CO₂-faktor for biobrensler, fyringsoljer og elektrisitet.

Energiressurs	Produksjon og distribusjon Gram CO ₂ /CO ₂ -ekv. per kWh brensel	Valgt verdi Gram CO ₂ /CO ₂ -ekv. per kWh brensel	Tillegg ¹ til beregnet CO ₂ -faktor. Gram CO ₂ /CO ₂ -ekv. per kWh levert fjernvarme eller elektrisitet
Avfall	5	5	+ 7
Flis	Cirka 10	10	+ 13
Fyringsolje	10 – 20	15	+ 19
Naturgass	10 – 20	15	+ 33 for levert fjernvarme, produsert med elektrisitet (gasskraft, El-B) + 28 for elektrisitet (gasskraft, El-B) levert direkte
Kull	20 - 90	60	+ 189 for levert fjernvarme, produsert med elektrisitet (kullkraft El-A) + 163 for elektrisitet (kullkraft El-A) levert direkte

¹ Det er tatt hensyn til tap i kraftproduksjonen, i elektrisitetsnettet, i kjeler i fjernvarmeanlegget, og tap i distribusjonsnettet for fjernvarme.

6 Lavenergiboliger og varmforsyning i et miljøperspektiv

6.1 Introduksjon

Miljøbelastninger knyttet til bruk av energi i en bygning avhenger av bygningens form og energistandard, bruksmønster og klima, og av type energiforsyning som benyttes til ulike energitjenester i bygningen. I dette kapitlet beskrives utførelse av en tenkt boligblokk, som representerer en typisk bebyggelse i bystrøk eller i tettbebygde strøk hvor det kan være grunnlag for fjernvarmeutbygging. Det er valgt flere alternative utførelser av boligblokken når det gjelder energistandard, og det er også skilt mellom bruk av elektrisitet og fjernvarme til varmeformål.

Miljøbelastninger knyttet til bruk av fjernvarme henger nøye sammen med hvilke energibærere som benyttes i fjernvarmeproduksjonen, og spesielt er sammensetningen av energibærerne i fyringsperioden viktig for miljøbelastningene. I dette kapitlet beskrives også modeller for fjernvarmeanlegg, som vurderes å representere spennvidden med hensyn til bruk av energibærere i grunnlastproduksjonen, samt andelen grunnlastproduksjon av den totale fjernvarmeproduksjonen i norske fjernvarmeanlegg.

I kapitlet er CO₂-utslipp for et boligalternativ med en referansestandard forutsatt å kunne representere ny energistandard etter kommende revisjon av tekniske forskrifter, sammenlignet med CO₂-utslipp fra to lavenergialternativer. I referansealternativet benyttes fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming og elektrisitet til oppvarming av ventilasjonsluft, mens det i lavenergialternativene er forutsatt bruk av elektrisitet til alle varmeformål, eventuelt fjernvarme til oppvarming av tappevann. I kapitlet gis også en beskrivelse av hvordan boligmodellens energistandard, med tilhørende energiforsyning til varmeformål, vil kunne påvirke fremtidig økt effektbehov i den norske elektrisitetsforsyningen.

6.2 Boligmodeller

Fjernvarme er mest aktuelt i områder med høy varmetetthet, det vil si høyt varmebehov sett i forhold til områdets areal. Typisk boligbebyggelse i slike områder vil være små og større boligblokker. I de byggesakene som er beskrevet i kapittel 4, og hvor det var planlagt boliger med lavenergistandard i områder med fjernvarmekonsesjon, var også boligbyggene i hovedsak blokker. I avhandlingen er det valgt å benytte en fireetasjes boligblokk med i alt 24 leiligheter som boligmodell. Boligmodellen har en form slik illustrert i Figur 6-1. Det er forutsatt

at boligblokken har gjennomgående leiligheter, hver på 50 kvadratmeter boligareal¹. I praksis vil arealet i leilighetene i en boligblokk variere noe, men for å begrense antall variable i energiberegningene er det i boligmodellen forutsatt like leiligheter.



Figur 6-1 Boligmodellen er en fireetasjes boligblokk med 24 gjennomgående leiligheter

Atkomst forutsettes via bakken eller svalganger, og det ses derfor bort fra uoppvarmede trapperom og korridorer. Det ses også bort fra uoppvarmet kjeller, som er vanlig i boligblokker. Kundesentralen for fjernvarmetilknytningen og en del av det interne distribusjonsnettet for fordeling av varmt vann plasseres vanligvis i kjeller. Det er allikevel valgt gulv på grunn for å forenkle boligmodellen. Denne forenklingen har ingen betydning for energi- og miljøanalysene i avhandlingen, se nærmere beskrivelse i kapittel 6.2.1.

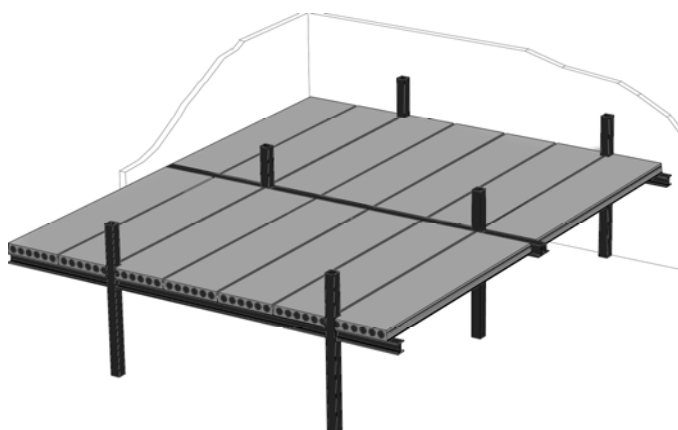
Vinduene i boligblokken er orientert mot henholdsvis sør og nord. Både balkonger og svalganger forutsettes å være plassert frittstående på søyler og uten kontakt med ytterveggen. Det ses derfor bort fra kuldebroeffekt fra disse konstruksjonene. Fysiske mål for boligblokken er gitt i Tabell 6-1.

¹ Oppvarmet areal innenfor ytterveggene

Tabell 6-1 Fysiske mål for boligmodellen

Bygningsdeler m.m.	Fysiske mål	Kommentarer
Grunnflate	300 m ²	Gulv på grunn, 30 m x 10 m
Antall etasjer	4	
Samlet gulvareal	1200 m ²	Hele arealet forutsettes oppvarmet
Vindusareal mot sør	82 m ²	Vindus- og dørareal utgjør samlet 20 % av oppvarmet boligareal
Balkongdører mot sør	38 m ²	
Vindusareal mot nord	72 m ²	
Inngangsdører mot nord	48 m ²	
Areal yttervegger	592 m ²	Eksklusive vinduer og dører
Areal utvendig tak	300 m ²	Flatt tak
Innvendig romhøyde	2,40 m	
Antall leiligheter	24	Gjennomgående leiligheter, à 50 m ²

Det er for alle boligalternativene valgt løsninger og produkter som er alminnelig tilgjengelige på markedet, og lavenergialternativene representerer derfor ikke boligbygg med spesialtilpassede løsninger. Boligblokken er forutsatt oppført med prefabrikkerte hulldekkeelementer på bæresystem av stål, slik vist i Figur 6-2. Skillevegger mellom og i leilighetene forutsettes oppført som lettvegger. Fasadene er forutsatt utført i utfyllende bindingsverk med trestendere og med utvendig trekledning. Avstanden mellom stålsøylene i fasadene tilsvarer bredden på leilighetene, det vil si fem meter. Det er også forutsatt en stålsøyle midt i hver endefasade, slik at avstanden mellom søylene også her blir fem meter. Etasjeskillerne er forutsatt opplagt på ståldragere med I-profil langs langfasadene.

**Figur 6-2** Søyle-/bjelkekonstruksjon med hulldekkeelementer. Illustrasjon: Mur-Senteret

I analysene er det benyttet tre alternative utførelser av boligmodellen når det gjelder energistandard. Boligalternativet Bolig-A tilsvarer den standarden som vil kunne være representativ for nye boligblokker når energikravene i tekniske forskrifter blir revidert, med virkning fra 2007. I januar 2006 var det enda ikke klart hva som vil bli nytt kravnivå, men utredninger rundt ulike kravnivå forelå, samt forslag til metode for dokumentasjon av bygningers energiytelse. I avhandlingen er det tatt utgangspunkt i det nivået som i utredningen fra (Wigenstad og Thyholt, 2005) ble kalt "medium standard". I forhold til minstekravene i gjeldende tekniske forskrifter (TEK), er det totale energibehovet og energibehovet til romoppvarming, inkludert oppvarming av ventilasjonsluft, med "medium standarden" redusert med henholdsvis cirka 25 % og 70 % for boligblokker. Den høye reduksjonen av varmebehovet tilskrives hovedsakelig bruk av balansert ventilasjon med høy varmegjennvinningsgrad, men også lavere U-verdi for vinduer og gulv. Varmeisolasjonsstandarden for yttervegger og tak er beholdt uendret sammenlignet med gjeldende minstekrav i TEK.

Boligalternativ Bolig-B tilsvarer en standard hvor romoppvarmingsbehovet, inkludert oppvarming av ventilasjonsluft, er redusert med cirka 45 % i forhold til Bolig-A. Redusert varmebehov tilskrives bedre lufttetthet, bedre varmeisolerende vinduer og mer varmeisolasjon i tak og yttervegger.

For det siste boligalternativet, Bolig-C, er energibehovet til romoppvarming ytterligere redusert, det vil si totalt med cirka 65 % sammenlignet med Bolig-A og cirka 40 % i forhold til Bolig-B. Bolig-C skiller seg fra Bolig-B med ytterligere mer varmeisolasjon i ytterkonstruksjonene, bedre lufttetthet, samt noe bedre varmeisolerende vinduer.

Det er forutsatt samme type belysning og elektrisk utstyr i alle boligalternativene, og driften av boligene antas også å være lik. Det er dermed kun tiltak for reduksjon av energibehovet til romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft som vurderes. Dette er gjort fordi det i avhandlingen er fokus på miljøbelastningene knyttet til bruk av ulike løsninger for energiforsyning til varmeformål, avhengig av boligens varmebehov.

6.2.1 Konstruksjoner og lufttetthet

Yttervegger

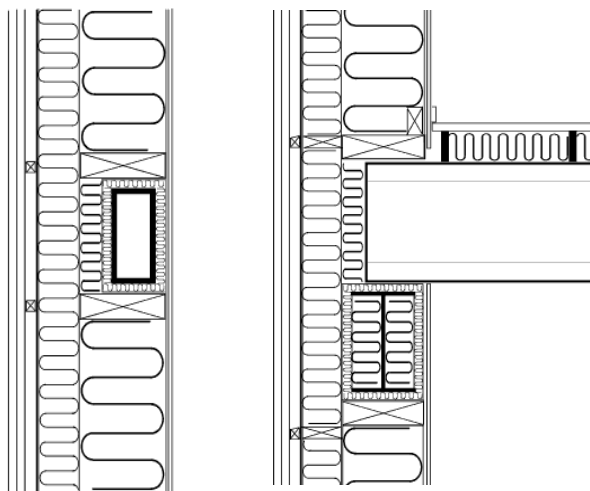
I ytterveggene er det benyttet tykkelser for varmeisolasjonen slik vist i Tabell 6-2. Det er benyttet 12 mm porøse trefiberplater som vindtettende sjikt, i tillegg er det benyttet utvendig luftet trekledning.

Tabell 6-2 Varmeisolasjonstykkelser i yttervegg, og U-verdier. Kilde U-verdier: Byggforskserien Byggdetaljblad 471.012.

Boligalternativer	Tykkelse mineralull (mm)	U-verdi ¹ veggfelt (W/m ² K)
Bolig-A	200	0,21
Bolig-B	250	0,16
Bolig-C	300	0,14

¹Inkluderer kuldebroeffekten av vertikale stendere, samt topp- og bunnsvill. I henhold til Byggdetaljblad 471.012 er det foretatt korreksjoner av U-verdi for krysslekting (Bolig-B og Bolig-C) og porøse trefiberplater (alle boligvarianter). For både krysslekting og bruk av porøse trefiberplater for yttervegger med stenderdimensjoner 198 mm og større gis et fradrag på 0,01 W/m²K.

Detaljer for tilslutning mellom etasjeskiller og yttervegg, samt for stålsøyle i yttervegg er vist i Figur 6-3. For Bolig-A er det benyttet 200 mm varmeisolasjon, hvor de ytterste 50 mm fungerer som kuldebrobryter på utsiden av dekkeforkanten. For Bolig-B og Bolig-C er det i tillegg benyttet et ekstra utenpåliggende bindingsverk, forskjøvet i forhold til det innerste bindingsverket for å redusere kuldebroeffekten av treverket. Isolasjonstykkelsene i yttervegg for Bolig-B og Bolig-C er henholdsvis 250 og 300 mm, hvorav henholdsvis 100 og 150 mm fungerer som kuldebrobryter på utsiden av dekkeforkantene.



Figur 6-3 Horisontal- og vertikalsnitt for yttervegg, vist med stålsøyle for vertikalsnitt og tilslutning mellom dekke og yttervegg i horisontalsnitt.

Løsningen med todelt og forskjøvet stenderverk, som blant annet er benyttet i lavenergiprojektet Husby Amfi i Stjørdal, bidrar til at kuldebroeffekten av

etasjeskillerne reduseres vesentlig, se Tabell 6-3. Bilde av yttervegg under bygging ved Husby Amfi er vist i Figur 6-4.



Figur 6-4 Todelt stenderverk i yttervegg ved Husby Amfi i Stjørdal. På bildet vises dekkeforkant for etasjeskiller, samt omramming rundt vindu i nedre høyre hjørne. Innvendig stenderverk er plassert på innsiden av dekkeforkant (over og under dekket), mens det ytterste stenderverket er plassert på utsiden.

I lette bindingsverksvegger vil losholter og ekstra stendere i tilknytning til vindus- og døråpninger representere kuldebroer. For gjennomgående treverk med dimensjonene 198 og 298 mm vil kuldebroene utgjøre henholdsvis 0,013 og 0,009 W/mK (Myhre og Dokka, 2004). For treverk med dimensjonen 248 mm er kuldbroverdien i avhandlingen forutsatt å utgjøre 0,011 W/mK. For boligblokken er det forutsatt at antall løpemeter med ekstra treverk i losholter og stendere sammenlagt utgjør 720 meter¹.

Kuldebroer i tilslutningen mellom yttervegg og etasjeskillere, mellom yttervegg og taket, og i yttervegg med stålsøyler er beregnet med Therm Finite Element Simulator², versjon 5.2 fra Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL). Kuldebroverdiene er vist i Tabell 6-3, og danner grunnlaget for beregning av ekvivalent U-verdi for veggfeltene.

¹ Det er forutsatt 30 meter per boenhet, fordelt på to fasader.

² Algoritmer basert på ISO 15099 Thermal performance of windows, doors and shading devices. Detailed calculations.

Tabell 6-3 Kuldebroverdier i yttervegg, samt for tilslutningen mellom yttervegg og tak (tillagt U-verdi for veggfeltet). Ekvivalente U-verdier for veggfelt.

Spesifisering av kuldebroer	Bolig-A	Bolig-B	Bolig-C
Tykkelse varmeisolasjon (mineralull) i yttervegg (mm)	200	250	300
U-verdi veggfelt uten kuldebroer (W/m ² K)	0,21	0,16	0,14
Areal yttervegger, ekskl. vinduer og dører (m ²)	592	592	592
Løpemetere kuldebroer ved dekkeforkant/ståldragere (m)	180	180	180
Beregnet kuldebroverdi per løpemetere (W/mK)	0,19	0,10	0,06
Total kuldebroverdi (W/K)	34	18	11
Løpemetere kuldebroer ved dekkeforkant uten ståldrager i endefasade (m)	60	60	60
Beregnet kuldebroverdi per løpemetere (W/mK)	0,16	0,08	0,05
Total kuldebroverdi (W/K)	10	5	3
Løpemetere stålsøyler i fasader, ekskl. hjørner (m)	125	125	125
Beregnet kuldebroverdi per løpemetere (W/mK)	0,08	0,05	0,03
Total kuldebroverdi (W/K)	10	6	4
Løpemetere stålsøyler i hjørner (m)	42	42	42
Beregnet kuldebroverdi per løpemetere pga stålsøyler (W/mK)	0,10	0,06	0,05
Total kuldebroverdi (W/K)	4	3	2
Løpemetere for tilslutning mellom yttervegg og yttertak (m)	80	80	80
Beregnet kuldebroverdi per løpemetere (W/mK)	0,25	0,16	0,12
Total kuldebroverdi (W/K)	20	13	10
Løpemetere for gjennomgående losholter og ekstra stendere rundt vindus- og døråpninger (m)	720	720	720
Kuldebroverdier per løpemetere (W/mK)	0,013	0,011	0,009
Total kuldebroverdi (W/K)	9	8	7
Sum kuldebroverdier (W/K)	87	53	37
Økt U-verdi for yttervegg på grunn av kuldebroer. ($\Delta U_{\text{yttervegg}} = \text{Sum kuldebroverdi/areal yttervegg}$) (W/m ² K)	0,15	0,09	0,06
Ekvivalent U-verdi for yttervegger (W/m²K)	0,36	0,25	0,20

Ekvivalent U-verdi for yttervegg, det vil si gjennomsnittlig U-verdi når det tas hensyn til kuldebroeffekten, er beregnet i henhold til formel 6-1.

$$U_{\text{yttervegg}} = \frac{\Delta\psi \cdot L}{A_{\text{yttervegg}}} + U_0 \quad (6-1)$$

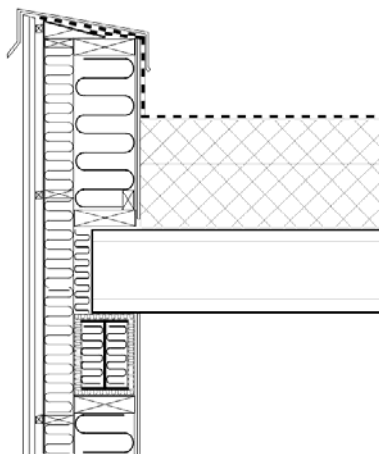
hvor

$U_{\text{yttervegg}}$	er ekvivalent U-verdi for yttervegg, inkludert kuldebroer (W/m ² K)
$\Delta\psi$	er tilleggsvarmetap per løpemetre kuldebro (W/mK)
L	er kuldebroens lengde (m)
$A_{\text{yttervegg}}$	er ytterveggenes netto areal (ekskl. vinduer og dører) (m ²)
U_0	er ytterveggenes U-verdi uten kuldebroer (W/m ² K)

Kuldebroene i yttervegg samt kuldebroeffekten av tilslutningen mellom yttervegg og tak, bidrar til økt differanse mellom U-verdiene for yttervegger med ulik grad av varmeisolasjon. Differansen i U-verdi mellom yttervegg med henholdsvis laveste og høyeste varmeisolasjonstykkelse øker med over 100 %, det vil si $\Delta U_{\text{yttervegg_A-C}}$ øker fra 0,07 W/m²K til 0,16 W/m²K. For Bolig-A representerer kuldebroene et økt energibehov til romoppvarming på 8 kWh/m² (boligareal), og for Bolig-B og Bolig-C henholdsvis 4 og 3 kWh/m².

Yttertak

Som yttertak forutsettes kompakt tak, slik illustrert i Figur 6-5, og med varierende tykkelse på varmeisolasjonen (EPS) for de tre boligalternativene.



Figur 6-5 Vertikalsnitt for yttertak, med tilslutning mellom yttervegg og tak.

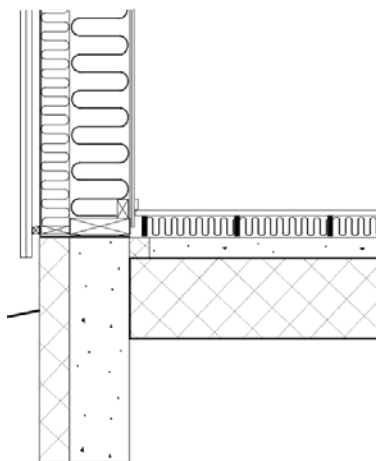
Tykkelsen på varmeisolasjonen og U-verdier for taket for de ulike boligalternativene er vist i Tabell 6-4. U-verdiene er gitt i henhold til Byggforskserien Byggdetaljblad 471.013 tabell 52, og gjelder for dekke av betong eller hulldekkeelementer, samt isolasjonsklasse 36 for varmeisolasjonen. Kuldebroeffekten av tilslutningen mellom yttervegg og tak er tillagt ekvivalent U-verdi for yttervegg.

Tabell 6-4 Tykkelse på varmeisolasjon og U-verdier for yttertak. Kilde: Byggforskserien Byggdetaljblad 471.013

Boligalternativer	Tykkelse varmeisolasjon (mm)	U-verdi yttertak (W/m ² K)
Bolig-A	250	0,15
Bolig-B	350	0,11
Bolig-C	450	0,09

Gulv på grunn

På tross av at boligblokken normalt ville hatt uoppvarmet kjeller, med blant annet kundesentral for eventuell fjernvarmetilknytning, er det i energiberegningene forutsatt gulv på grunn, se Figur 6-6. Denne forenklingen innebærer at gulv på grunn, samt grunnen, er forutsatt å ha samme varmemotstand som gulv mot kjeller og kjeller med sine omhyllende flater i tillegg til grunnen.



Figur 6-6 Gulv på grunn, med isolert ringmur.

For boligalternativene er det forutsatt isolasjonstykkelse i gulvet, inkludert innvendig oppføring, slik vist i Tabell 6-5. U-verdier for gulvet, inkludert grunnen,

er beregnet i henhold til EN ISO 13370¹, og gjelder gulv på grunn og med sand og grus i grunnen. Gulvet er forutsatt utført i betong på isolasjon i klasse 36, eksempelvis ekspandert polystyren (EPS).

Kuldebroverdiene for ringmuren, også vist i Tabell 6-5, gjelder for en gulvkonstruksjon med kuldebrobryter mellom betonggulv og utvendig isolert ringmur, og med ulik grad av tykkelse på ringmurens varmeisolasjon. Total lengde på ringmuren er 80 meter. Kuldebroverdiene for ringmuren er gitt i henhold til Byggforskseriens Byggdetaljer 521.112, figur 311 b og tabell 312. Fra Tabell 6-5 under fremkommer det at ekvivalent U-verdi i liten grad øker som følge av varmetap gjennom ringmuren.

Tabell 6-5 Varmeisolasjon og U-verdier for gulv på grunn

Bolig-alternativ	Tykkelse varmeisolasjon (mm)	U-verdi for gulv på grunn (W/m ² K)	Ringmur-isolasjon (mm)	Varmetap per løpemeter ringmur (W/mK)	Ekvivalent U-verdi ¹ (W/m ² K)
Bolig-A	200	0,13	50	0,02	0,15
Bolig-B	300	0,10	100	0,01	0,11
Bolig-C	350	0,09	100	0,01	0,10

¹Ekvivalent U-verdi beregnes som for yttervegg, dvs i henhold til formel (6-1)

Vinduer, ytterdører og solavskjerming

Det er i boligmodellen forutsatt utvendig aluminiumsbelagte trevinduer. Lysarealet antas å utgjøre i gjennomsnitt 75 % av vindusarealet, noe som innebærer at det i gjennomsnitt benyttes relativt store vinduer med liten grad av gjennomgående sprosser. Verdier for sol- og lystransmisjon er hentet fra glassprodusenten Pilkington sin glasskatalog for 2004. U-verdiene for balkongdører og ytterdører er oppgitt av vindus- og dørprodusenten NorDan AS.

For Bolig-A benyttes vinduer med to-lags argonfylte ruter med lavemisjonsbelegg og avstandslist (spacer) i aluminium i rutens forsegling. Gjennomsnittlig U-verdi for vinduene er satt lik 1,4 W/m²K, og soltransmittansen er satt lik 63 %. For balkongdørene er det forutsatt en U-verdi lik 1,3 W/m²K, og samme rutetype og soltransmittans som for vinduene. Glassarealet i balkongdørene utgjør 35 % av dørarealet. Det er forutsatt ytterdører uten glass, og med U-verdi lik 1,0 W/m²K.

For Bolig-B er det benyttet samme type trevinduer som i Bolig-A, men med tre-lags forseglet rute med to lavemitterende belegg og argon i hulrommene. U-verdien utgjør for disse vinduene 1,1 W/m²K. Soltransmittansen for rutene er 45 %.

¹ EN ISO 13370:1998 Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation methods

Balkongdørene i Bolig-B er forutsatt å ha samme rutekvalitet som vinduene, og U-verdi for balkongdørene er også satt lik 1,1 W/m²K. Ytterdører i Bolig-B er de samme som i Bolig-A, det vil si med U-verdi lik 1,0 W/m²K.

For Bolig-C benyttes såkalte "passivhusvinduer", og U-verdien er satt lik 0,8 W/m²K og soltransmittansen lik 45 %. Det benyttes forøvrig tilsvarende balkongdører og ytterdører som i Bolig-B.

Det er forutsatt samme grad av skjerming fra omgivelsene for alle vinduene i boligblokken, og uavhengig av boligalternativ. Skjermingen mot horisonten er satt lik 20 grader, målt fra normalen på vinduene. Dette er en relativt stor avskjerming, men samtidig vanlig i bystrøk. Over alle vinduer og dører er det forutsatt at balkonger, svalganger og tak over svalgang og balkonger i øverste etasje har en dybde på 1,5 meter.

Som solavskjerming er det forutsatt bruk av innvendige, hvite persiener. Dette er en vanlig løsning i norske boligblokker, men ikke den mest effektive når det gjelder avskjermingseffektivitet. Soltransmittansen for persiennene avhenger av lamellvinkelen, og er satt lik 60 % som et gjennomsnitt¹ når persiennene er i bruk. For overskyete dager er det forutsatt en viss grad av avskjerming fra innvendige gardiner, planter i vinduspostene, samt at vinduene ikke vil være helt rene. Solavskjermingen vil heller ikke kunne forventes å alltid være tatt bort i alle leilighetene i en boligblokk. Gjennomsnittlig soltransmittans for persiener, gardiner, planter osv er på overskyete dager forutsatt å utgjøre 80 %.

U-verdier og verdier for soltransmisjon for vinduer, balkong- og ytterdører er oppsummert i Tabell 6-6.

Tabell 6-6 U-verdier og verdier for soltransmisjon for vinduer, balkongdører og ytterdører

U-verdier og soltransmittans	Bolig-A	Bolig-B	Bolig-C
U-verdi vinduer (W/m ² K)	1,4	1,1	0,8
U-verdi balkongdører (W/m ² K)	1,3	1,1	1,1
U-verdi ytterdører (W/m ² K)	1,0	1,0	1,0
Soltransmittans vinduer og balkongdører (%)	63	45	45

Varmekapasitet

For alle boligalternativene er det forutsatt parkett på alle innvendige gulvflater, det vil si at det ses bort fra mindre arealer hvor det er naturlig å benytte flis eller vannbestandig gulvbelegg. Underkant av betongdekkene utgjør himlingene i leilighetene, og på alle vegger er det forutsatt bruk av sponplater. I Tabell 6-7 er effektiv varmekapasitet vist, og gitt per kvadratmeter gulvflate.

¹ Soltransmittansen er basert på målte verdier, gitt i (Wall og Bülow-Hübe, 2003)

Tabell 6-7 Effektiv varmekapasitet, gitt per kvm gulvflate. Kilde effektiv varmekapasitet: (Dokka, 2005)

Overflater	Areal per m ² gulvflate (m ²)	Effektiv varmekapasitet per m ² overflate (Wh/m ² K)	Effektiv varmekapasitet per m ² gulvflate (Wh/m ² K)
Himling/underkant betongdekke	1	63	63
Parkett på betongdekke	1	35	35
Skillevegger ¹ /sponplate	2	3	6
Yttervegger	0,5	3	1,5
Sum	-	-	≈ 105

¹Det er antatt 100 m² overflateareal på vegger per leilighet

Med en samlet varmekapasitet på 105 Wh/m²K kan boligmodellen betegnes som et ”tungt” bygg, med stor varmetreghet og god utnyttelse av overskuddsvarme.

Lufttetthet

Kravene til lufttetthet, gitt i REN veiledning til tekniske forskrifter fra 1997, tilsier at antall luftvekslinger ved en trykkforskjell på 50 Pa mellom inne og ute (n50) ikke skal være høyere enn 1,5 for bygninger over to etasjer. For å oppnå lavt energibehov til romoppvarming, samt god utnyttelse av energisparepotensialet i balanserte ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning, er det viktig å minimere luftlekkasjene. Det vies derfor stort fokus nettopp på god lufttetting ved planlegging og bygging av lavenergiboliger. For et småhusprosjekt med lavenergistandard har Byggforsk målt lekkasjetallet n50 til 0,84 luftvekslinger i timen med kun utvendig vindspærre, og 0,55 luftvekslinger i timen for ferdigstilt bolig med innvendig dampspærre og kledning (Byggforsk, 2005). Byggforsk har også foretatt tetthetsmålinger for elleve eksisterende boligblokker, bygget etter kravet til lufttetthet på 1,5 luftvekslinger per time ved n50. Tetthetsmålingene for disse boligblokkene viser stor spredning, det vil si fra under 1,5 til over 10 luftvekslinger per time ved n50. Gjennomsnittlig luftskifte utgjorde 3,1 luftvekslinger per time når det ses bort fra den ene bygningen som hadde et luftskifte på over 10 luftvekslinger per time (Pettersen m. fl., 2003). Dette innebærer at boligblokkene i gjennomsnitt hadde et luftskifte betydelig over forskriftskravet.

For Bolig-A er lekkasjetallet forutsatt å tilfredsstille gjeldende krav til lufttetthet, det vil si 1,5 luftvekslinger ved n50. For Bolig-B og Bolig-C er lekkasjetallet satt lik henholdsvis 1,0 og 0,6 luftvekslinger per time ved n50.

Graden av infiltrasjon avhenger også av type ventilasjonssystem. Valg av ventilasjonssystem i de ulike boligalternativene, samt luftmengder, er beskrevet i

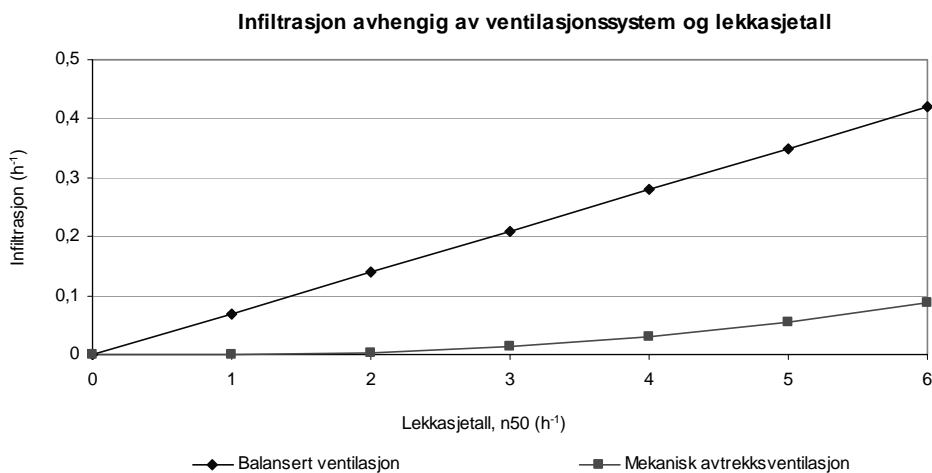
kapittel 6.2.3. Infiltrasjonen er beregnet i henhold til NS-EN¹ 832, og som vist i formel (6-2).

$$n_{inf} = \frac{n_{50} \cdot e}{1 + \frac{f}{e} \cdot \left(\frac{n_{til} - n_{avtr}}{n_{50}} \right)^2} \quad (6-2)$$

hvor

- n_{inf} er antall luftvekslinger per time pga luftlekkasjer (infiltrasjon)
- n_{50} er målt lekkasjetall ved 50 Pa over- og undertrykk (h^{-1}), målt med lukkede spalteventiler, veggventiler osv.
- f for mer enn én utsatt fasade blir skjermingsfaktoren $f = 15$
- e skjermingsfaktoren settes lik 0,07 for moderat skjerming og for mer enn én utsatt fasade
- n_{til} mengden luft (luftvekslinger per time) som tilføres gjennom ventilasjonsanlegget. For mekanisk avtrekksventilasjon blir n_{til} lik null
- n_{avtr} mengden luft (luftvekslinger per time) som trekkes ut av bygningen gjennom ventilasjonsanlegget

Ventilasjonsluftmengdene utgjør 0,8 luftvekslinger per time for alle boligalternativene, se kapittel 6.2.3. I Figur 6-7 er luftskiftet på grunn av infiltrasjon vist, avhengig av ventilasjonssystem og lekkasjetall.



Figur 6-7 Luftskifte som følge av infiltrasjon, avhengig av ventilasjonssystem og lekkasjetall

¹ NS-EN 832 "Bygningers termiske egenskaper. Beregning av bygningers energibehov til oppvarming. Boliger". Gir samme regler for beregning av infiltrasjon som EN ISO 13790:2004 Thermal performance of buildings – Calculation energy use for space heating

I Tabell 6-8 er det gitt en oversikt over infiltrasjonen i de ulike boligalternativene.

Tabell 6-8 Luftvekslinger pga infiltrasjon for boligalternativene

Boligalternativ	Ventilasjonssystem	Lekkasjetall ved n50 (oms/time)	Infiltrasjon (oms/time)
Bolig-A	Balansert	1,5	0,10
Bolig-B	Balansert	1,0	0,07
Bolig-C	Balansert	0,6	0,04

6.2.2 Varmeanlegg og energiforsyning til varmeformål

I nye boliger i områder med fjernvarmekonsesjon benyttes vanligvis fjernvarme til både romoppvarming og oppvarming av varmt tappevann. Dette er også forutsatt å gjelde for Bolig-A.

Mens det for Bolig-A er benyttet kun ett alternativ når det gjelder varmeløsning, er det for Bolig-B og Bolig-C benyttet to alternativer. Alternative varmeløsninger for boligalternativene er beskrevet under. Det er for alle boligalternativene forutsatt bruk av elektrisitet til ettervarmebatteri i ventilasjonsaggregatene, se nærmere begrunnelse i kapittel 6.2.3.

Bolig-A, Varme-A

For boligalternativ Bolig-A er det forutsatt bruk av fjernvarme til romoppvarming og oppvarming av varmt tappevann. Dette er en vanlig løsning i nye boliger i områder med fjernvarmekonsesjon.

Bolig-B og Bolig-C, Varme-B

I denne varmeløsningen for lavenergialternativene er det forutsatt at elektrisitet benyttes til alle varmeformål. Dette er den løsningen som ut fra økonomiske hensyn har vist seg å være mest foretrukket hos utbyggere av lavenergiboliger.

Bolig-B og Bolig-C, Varme-C

I denne varmeløsningen benyttes elektrisitet til romoppvarming og fjernvarme til tappevannsoppvarming i lavenergialternativene. Dette har vært en foreslått løsning, eller et forslag til kompromiss, fra boligutbyggere som ikke har ønsket å investere i vannbaserte varmeanlegg for romoppvarming i lavenergiboliger i fjernvarmeområder.

I Tabell 6-9 er varmeløsningene i boligalternativene oppsummert.

Tabell 6-9 Varmeløsninger i boligalternativene

Boligalternativer	Alternativ varmeløsning	Romoppvarming	Oppvarming av tappevann	Oppvarming av ventilasjonsluft
Bolig-A	Varme-A	Fjernvarme	Fjernvarme	Elektrisitet
Bolig-B, Bolig-C	Varme-B	Elektrisitet	Elektrisitet	Elektrisitet
Bolig-B, Bolig-C	Varme-C	Elektrisitet	Fjernvarme	Elektrisitet

Årsvirkningsgrader for varmeanlegg for romoppvarming

Varmetapene fra et moderne vannbasert varmeanlegg, inkludert distribusjonsrørene og varmesentralen, vil være lavere enn for eldre anlegg. Dette skyldes blant annet at distribusjonsrørene i nye anlegg i større grad er isolert, det benyttes mindre rørdimensjoner og lavere turtemperatur på vannet, osv. Varmevekslerne i moderne anlegg tilknyttet fjernvarmeanlegg vil også i langt større grad være isolert sammenlignet med eldre anlegg. For et moderne vannbasert varmeanlegg for romoppvarming i en boligblokk, basert på fjernvarme og hvor varmesentralen og en del av distribusjonsrørene er plassert i uoppvarmet kjeller, vil ikke-utnyttbare varmetap i anlegget normalt være lavere enn 10 %. Dette anslaget inkluderer tap som følge av ikke ideell regulering (Amdahl, 2005; Rødseth, 2006). I avhandlingen er ikke-utnyttbare tap i vannbaserte varmeanlegg for romoppvarming samlet satt lik 8 %, det vil si årsvirkningsgraden settes lik 92 %.

Reguleringen av panelovner og varmekabler i gulv vil heller ikke være ideell. I tillegg vil det oppstå noe energitap i kursene til varmeovnene. Sweco Grøner AS har beregnet at tapet i kursene over fyringssesongen vil kunne utgjøre 1 til 2 %, inkludert tap i automatsikring og inntak (Rødseth, 2006). En god del av dette tapet vil imidlertid kunne utnyttes til varmeformål. I avhandlingen er det forutsatt at samlede ikke-utnyttbare varmetap fra elektriske varmesystemer i gjennomsnitt utgjør 3 %, det vil si at årsvirkningsgraden settes lik 97 %. Samme årsvirkningsgrad er forutsatt for elektriske varmebatterier i ventilasjonsaggregatene.

Oppvarming av tappevann med fjernvarme

I boligblokker tilknyttet et fjernvarmeanlegg er direkte varmeveksling for oppvarming av tappevann vanligst, det vil si tanker for varmeakkumulering benyttes i beskjedent grad. Direkte varmeveksling er også forutsatt i avhandlingen når fjernvarme benyttes til oppvarming av tappevann. Det er videre forutsatt at distribusjonsrørene for det varme tappevannet er plassert på samme måte som for vannet til romoppvarmingen. Tapene fra tappevannsanlegget er derfor også forutsatt lik som for romoppvarmingsanlegget.

Oppvarming av tappevann med elektriske varmtvannsberedere

Ved oppvarming av tappevann med elektriske varmtvannsberedere i boligblokker, vil berederne normalt plasseres inne i hver enkelt leilighet. Varmetap fra berederne

og varmtvannsrør vil derfor kunne utnyttes til romoppvarming i perioder med varmebehov. I lavenergiboliger er behovet for romoppvarming begrenset til en kort periode i løpet av året. En vesentlig del av varmetapet fra varmtvannsberederne vil derfor måtte betraktes som overskuddsvarme, det vil si tap.

Nye varmtvannsberedere er vesentlig bedre varmeisolert enn eldre beredere. Fra en test av varmtvannsberedere av ulike fabrikater (OIH, 2005) fremgår varmetap fra nye beredere. Den varmtvannsberederen som kom best ut i testen, hadde et gjennomsnittlig varmetap på 92 W, og for øvrige beredere mellom 110 og 118 W. Testen var utført for beredere på rundt 200 liter, som er egnet for cirka fire personer. I avhandlingen er det forutsatt at effekttapet fra berederne, inkludert varmtvannsrør inne i leilighetene i boligblokken, totalt utgjør 30 W per leilighet i gjennomsnitt, noe som gir et totalt effekttap i boligblokken på 720 W. Over året utgjør dermed varmetapet fra varmtvannsberederne rundt regnet 5 kWh per kvadratmeter boligareal. I tillegg kommer bruk av elektrisitet for å dekke selve varmtvannsforbruket, se kapittel 6.2.4.

Energibruk til pumper

Det foreligger lite statistikk når det gjelder bruk av elektrisitet til drift av pumper i nye vannbaserte varmeanlegg. I følge (Sørensen, 2002) kan energibruken til drift av sirkulasjonspumper i vannbaserte varmeanlegg holdes så lavt som 1 kWh per kvadratmeter gulvflate, forutsatt energieffektiv utførelse og regulering av varmeanlegget. Dette er tall basert på feltmålinger. I avhandlingen er energibruken til sirkulasjonspumper i vannbaserte varmeanlegg forutsatt å utgjøre 1 kWh/m² per år.

6.2.3 Ventilasjonsanlegg

Luftmengder

I henhold til REN veiledning til tekniske forskrifter (TEK) er minimumskravet til ventilasjonsluftmengder i boliger 0,5 luftvekslinger per time. I tillegg stilles det krav til avtrekksluftmengder i bad, WC, kjøkken og vaskerom. For små leiligheter, hvor disse rommene utgjør en vesentlig andel av boligarealet, vil det samlede luftskiftet derfor bli høyere. Dersom det forutsettes at badet i leilighetene fungerer som vaskerom, og samtidig også har toalett, vil nødvendig avtrekksvolum for grunnventilasjonen for kjøkken og bad utgjøre 25 liter¹ per sekund. Nødvendig luftskifte i leilighetene for å tilfredsstille kravet til grunnventilasjon blir dermed 0,75 luftvekslinger per time når romvolumet utgjør 120 m³. Ut over grunnventilasjonen er det også forutsatt forsert ventilasjon ved matlaging ved bruk av avtrekksvifte over komfyr, samt ved bruk av bad/toalett. Under forutsetning at

¹ Forutsatt 10 l/s fra kjøkken, og 15 l/s fra bad. Sammenlagt 25 l/s, eller 90 m³ per time gir et luftskifte på $90(\text{m}^3/\text{time})/120\text{m}^3 = 0,75$ luftvekslinger per time.

kjøkkenviften og bad/toalett benyttes henholdsvis en halv og én time per dag, øker¹ gjennomsnittlig luftskifte til cirka 0,8 luftvekslinger per time. I avhandlingen er det forutsatt et luftskifte på 0,8 luftvekslinger per time i gjennomsnitt for hele døgnet.

I perioder med mye overskuddsvarme, spesielt høst og vår når solen står lavt, eller om sommeren når utetemperaturen er høy, er det forutsatt at beboerne benytter vinduene for å justere innnetemperaturen. Det er i dag ikke vanlig med mekanisk kjøling i norske boliger², og bruk av vinduer som ”kjølesystem” er derfor forutsatt i avhandlingen.

Varmegjenvinning og vifteenergi

Det er i utredningene om reviderte energikrav i TEK (Thyholt og Dokka, 2003; Wigenstad og Thyholt, 2005) forutsatt balansert ventilasjon med varmegjenvinner i nye boligbygg. Denne ventilasjonsløsningen er ikke påkrevd i dagens TEK, men er i overensstemmelse med en utbredt og forventet økt praksis i slike bygninger. Balansert ventilasjon med varmegjenvinning er derfor forutsatt for alle boligalternativene.

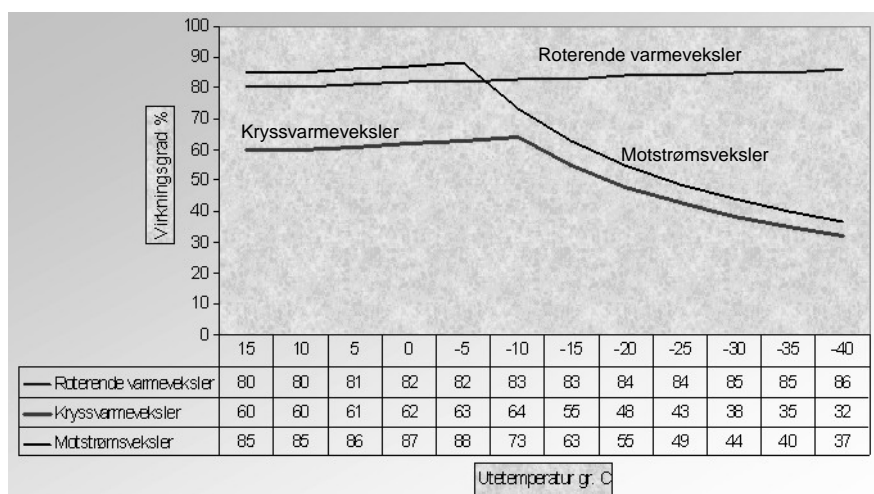
Det er forutsatt bruk av desentrale ventilasjonsanlegg, en løsning som benyttes i utstrakt grad i nye boligblokker. Eventuell ettervarming av ventilasjonsluften, etter at friskluften har passert varmegjenvinneren, foregår i desentrale anlegg normalt med et elektrisk varmebatteri i ventilasjonsaggregatet. Dersom det i stedet skal benyttes et vannbasert varmebatteri, medfører dette økte investeringskostnader knyttet til rørføringer, rørkoblinger osv. For ventilasjonsaggregater med høyeffektive varmegjenvinnere, det vil si med gjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad³ over 80 % over året, og hvor behovet for ettervarming er begrenset til korte perioder om vinteren, vil disse ekstrakostnadene representere dårlig privatøkonomi. Slike løsninger, som ikke er påkrevd i lovverket, velges derfor i følge (Nilsen, 2005) bort i praksis. I avhandlingen er det forutsatt elektriske ettervarmebatterier i ventilasjonsaggregatene i alle boligalternativene.

I boligblokker med desentrale ventilasjonsanlegg i hver boenhet vil integrert komfyrvanttrekk i avtrekkskanalene for ventilasjonsluften være ønskelig for å redusere antall avtrekkskanaler. På markedet i dag er utvalget av slike integrerte ventilasjonsaggregater begrenset, og utvalget består i hovedsak av aggregater med kryssvarmeveksler eller roterende varmeveksler (Nilsen, 2005). Disse varmevekslerne har ulike temperaturvirkningsgrader, slik vist i Figur 6-8.

¹ Forsert ventilasjon utgjør 15 l/s for kjøkken og 30 l/s for bad. Sammenlagt 45 l/s, eller 162 m³/time, fordelt på 24 timer gir et tilleggsluftskifte på 162(m³/time)/(120m³x24timer) = 0,06 luftvekslinger per time i snitt. Totalt luftskifte: 0,75 + 0,06 ≈ 0,8 luftvekslinger per time i gjennomsnitt over døgnet.

² Bruk av luft-til-luft varmepumper er blitt stadig mer utbredt i boliger, spesielt etter Enovas kampanje i 2003 hvor det ble gitt tilskudd til slike varmepumper. Disse varmepumpene kan også benyttes til kjøling.

³ Temperaturvirkningsgraden for varmegjenvinneren måles ut fra nedkjølingsgraden på avtrekksiden. Det skal også tas hensyn til eventuelt behov for avriming av aggregatet.



Figur 6-8 Teoretiske temperaturvirkningsgrader for varmevekslere ved ulike utetemperaturer for Villavent-aggregater. Kilde: tilsendt fra Systemair. Andre produsenter kan ha andre virkningsgrader for sine produkter.

Det har vært en rask overgang fra bruk av kryssvarmevekslere til roterende vekslere i boligblokker, noe som blant annet skyldes at det ikke er nødvendig med kondensavløp for roterende varmevekslere. Prisen på anlegg med kryssvarmeveksler og roterende veksler blir dermed nokså lik. Det forventes i følge (Nilsen, 2005) at roterende varmevekslere i løpet av noen få år nærmest vil bli standard i boligblokker med balansert ventilasjon. Det er derfor forutsatt bruk av roterende varmevekslere for alle boligalternativene. Dette innebærer at det også er valgt høyeffektiv varmegjenvinning for referansealternativet Bolig-A. Den gjennomsnittlige temperaturvirkningsgraden over året for den roterende varmeveksleren er for alle boligalternativene satt lik 80 %.

Effektbruk til drift av ventilasjonsviftene, uttrykt ved SFP¹, vil for et desentralt balansert ventilasjonsanlegg med varmegjenvinner i en blokkleilighet være om lag 2,5 kW/(m³/s) (Nilsen, 2005). For et desentralt mekanisk avtrekkssystem, det vil si med separat avtrekksvifte og avtrekkskanal for hver leilighet, vil SFP utgjøre litt i overkant av 50 % sammenlignet med SFP for et balansert ventilasjonssystem. Dette skyldes at det i et mekanisk avtrekksanlegg benyttes mindre kanaler og andre komponenter som bidrar til lavere trykkfall i "ventilasjonsanlegget" (Schild, 2005). For Bolig-A er SFP forutsatt lik 2,5 kW/(m³/s). Ved ulike tiltak, som å begrense kanallengdene, redusere lufthastigheten ved å øke kanaltverrsnittene, samt å benytte mer energieffektive viftemotorer², kan SFP reduseres til under 2,0 kW/(m³/s). For Bolig-B og Bolig-C er SFP allikevel satt lik 2,5 kW/(m³/s), fordi

¹ Specific Fan Power, effektforbruk til drift av ventilasjonsvifter (kW/(m³/s)).

² Ved bruk av EC-motorer (Electronic comuted) reduseres bruken av vifteenergi sammenlignet med tradisjonelle AC-motorer.

det i avhandlingen kun er fokus på energieffektiviseringstiltak hvor elektrisitet kan erstattes med andre energiformer.

I kapittel 6.6.3 er det også beskrevet et referansealternativ, i stedet for Bolig-A, med mekanisk avtrekksventilasjon. For dette ventilasjonsanlegget er SFP satt lik $1,3 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. I samme kapittel er det i tillegg beskrevet et referansealternativ med sentralt balansert ventilasjonsanlegg tilknyttet fjernvarmeanlegg og med temperaturvirkningsgrad lik 60 %.

6.2.4 Brukervaner

Det er forutsatt lik bruk av belysning, elektrisk utstyr og varmt tappevann i de ulike boligalternativene. Det er også forutsatt like romtemperaturer.

I energiberegningene skilles det ikke mellom hverdag, helg og ferie, eller mellom dag og natt. Ved fastsettelse av verdiene for energibruk til belysning, utstyr, varmt tappevann og energitilskudd fra personer, er det allikevel tatt hensyn til at personene i boligblokken i korte eller lengre perioder normalt vil være borte fra leilighetene. Verdiene må derfor betraktes som gjennomsnittsverdier over året.

Innetemperaturer

Temperaturnivået i leilighetene i en boligblokk vil kunne variere fra leilighet til leilighet, og i den enkelte leilighet over døgnet. Som følge av ulikt bruksmønster og temperaturnivå, er det forutsatt lik innetemperatur i boligblokken hele døgnet, det vil si $21 \text{ }^\circ\text{C}$.

Personer

I boligblokken er det forutsatt et gjennomsnittlig boligareal per person på 50 kvadratmeter, som er representativt for blokkleiligheter i Oslo (Holden og Norland, 2004). Et gjennomsnittlig areal per person på 50 kvadratmeter innebærer at det beregningsmessig er forutsatt én person i hver leilighet i avhandlingen.

Varmetilskuddet¹ fra personer i boligblokken er satt lik $1,4 \text{ W}/\text{m}^2$ (boligareal) som et gjennomsnitt over døgnet. På årsbasis utgjør dette varmetilskuddet $12 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Det er forutsatt at 100 % av varmetilskuddet fra personer kommer romoppvarmingen tilgode. Dette varmetilskuddet vil i perioder med overskuddsvarme ikke være nyttbart.

¹ Dette varmetilskuddet kan være representativt for et bruksmønster som innebærer at alle beboerne er til stede 12 timer per døgn, inkludert 8 timer natt, og at 25 % av beboerne er til stede resten av tiden på dagtid. Metabolismen er satt til 48 W per m^2 kroppsoverflate om natten, og 75 W per m^2 kroppsoverflate om dagen (SINTEF, 1996). Kroppsoverflaten er satt til $1,9 \text{ m}^2$, som gjelder for en 175 cm høy person på 65 kg (McIntyre, 1980). Gjennomsnittlig effektilskudd over døgnet per leilighet: $((48 \text{ W}/\text{m}^2 \times 8 \text{ timer}) + (75 \text{ W}/\text{m}^2 \times 4 \text{ timer}) + (0,25 \times 75 \text{ W}/\text{m}^2 \times 12 \text{ timer})) \times 1,9 \text{ m}^2/24 \text{ timer} = 72 \text{ W}$. Effektilskudd per m^2 boligareal: $72\text{W}/50\text{m}^2 \approx 1,4 \text{ W}/\text{m}^2$.

Elektrisk utstyr

I Enøk Normtall (Enova, 2004) er den årlige energibruken til elektrisk utstyr, det vil si energiposten *Diverse*, i boligblokker satt lik 27 kWh/m².

Statistisk sentralbyrå (SSB) har estimert at energibruken til drift av elektrisk utstyr i husholdningene i gjennomsnitt utgjorde 74 kWh/m² i 2001 (Larsen og Nesbakken, 2005). Det er med andre ord stor avstand mellom estimatene gitt av Enova og SSB. Energiforbruken til ulike hvitevarer er i SSB sin studie langt over de verdiene som oppgis på merkingen av nye hvitevarer, og er også svært høye i forhold til Forbrukerrådets tester publisert på Forbrukerrådets web-side. Eksempelvis forutsetter SSB at energibruken til kjøleskap, kombiskap og fryseboks eller fryseskap er henholdsvis cirka 400 %, 250 % og 100 % høyere enn hva Forbrukerrådets tester viser. Det er da tatt hensyn til at hvitevarene i Forbrukerrådets tester representerer de største hvitevarene når det gjelder volum. På bakgrunn av de høye tallene for energibruk til hvitevarer i SSB sin studie, vurderes denne studien i avhandlingen å ikke gi representative verdier for nye boliger.

IEA har estimert at energibruken til elektrisk utstyr i norske husholdninger i 1998 utgjorde cirka 1350 kWh per person i gjennomsnitt (IEA og OECD, 2004). Fordelt på et gjennomsnittlig boligareal på 50 kvadratmeter per person, utgjør gjennomsnittlig energibruk til utstyr 27 kWh/m².

I avhandlingen er det forutsatt at energibruk til drift av utstyr utgjør 27 kWh/m² per år. Eventuelle tap fra elektriske varmtvannsberedere er ikke inkludert, men er tatt hensyn til ved forutsetning om energibruk knyttet til varmtvannsforbruket. Det er i energiberegningene forutsatt at 60 % av energibruken til utstyr utnyttes til romoppvarming. Dette innebærer at en stor andel av energibruken til vaskemaskiner, eventuelle tørketromler og til matlaging ikke utnyttes. Varmetilskuddet fra utstyr vil i perioder med overskuddsvarme ikke være nyttbart.

Belysning

I Enøk Normtall utgjør årlig energibruk til belysning i boligblokker 17 kWh/m². IEA har estimert at denne energibruken i 1998 utgjorde cirka 780 kWh per person i gjennomsnitt (IEA og OECD, 2004). Fordelt på et gjennomsnittlig boligareal på 50 kvadratmeter per person, utgjør gjennomsnittlig energibruk til belysning, basert på dette estimatet, cirka 16 kWh/m². I SSB sin studie av formålsfordeling av husholdningenes energibruk i 2001 (Larsen og Nesbakken, 2005), er gjennomsnittlig energiforbruk til belysning estimert til 1754 kWh per husholdning. Dette utgjør 17 kWh/m², basert på gjennomsnittlig boligareal på 115 kvadratmeter per husholdning (Bøeng, 2005).

I avhandlingen er det forutsatt at årlig energibruk til belysning utgjør 17 kWh/m². Det er forutsatt at 100 % av varmetilskuddet fra belysningen kommer romoppvarmingen til gode. Dette varmetilskuddet vil på tilsvarende måte som for

varmetilskudd fra personer og utstyr, ikke være nyttbart i perioder med overskuddsvarme.

Varmt tappevann

Det foreligger lite statistikk over bruken av varmt tappevann i nye boliger. En energiundersøkelse utført av SSB i 1990 (Ljones m. fl., 1992) gir imidlertid slik statistikk for boliger bygget før 1990. Av energiundersøkelsen fremgår det at energibruken til oppvarming av tappevann i boligblokker utgjorde 41 kWh/m² for boliger bygget etter 1980, mens snittet for alle boligblokker utgjorde 40 kWh/m². Det fremgår ikke av undersøkelsen hvorvidt denne energibruken er basert på kollektiv eller individuell måling og avregning av varmtvannsforbruket. Det var imidlertid kun 26 % av boligblokkene som hadde felles sentralfyr eller som benyttet fjernvarme, noe som indikerer at varmtvannsforbruket i hovedsak var avregnet individuelt¹.

På bakgrunn av SSBs forbruksundersøkelse fra 2001, har SSB estimert energibruken til varmtvannsberedning til 2033 kWh for husholdninger med egen varmtvannsbereder (Larsen og Nesbakken, 2005). Med et gjennomsnittlig boligareal for husholdningene på 115 kvadratmeter, utgjør denne energibruken cirka 18 kWh/m² per år. Til sammenligning har SSB i samme studie estimert at energibruken i 1990 til varmtvannsberedning for husholdninger med egen bereder utgjorde 3824 kWh, som tilsvarer 34 kWh/m² basert på et gjennomsnittlig boligareal per husholdning på 111 kvadratmeter for 1990 (Bøeng, 2005). Reduksjonen av energibruken til varmtvannsberedning fra 1990 til 2001 på 47 % forklares av SSB med økt bruk av oppvaskmaskin i stedet for manuell oppvask, mindre antall karbad, økt bruk av sparesjser osv (Larsen og Nesbakken, 2005).

I Enøk Normtall utgjør den årlige energibruken til oppvarming av tappevann 30 kWh/m² for boligblokker. Det er uklart om dette estimatet inkluderer varmetap fra varmtvannsbereder. IEA har estimert at energibruken til oppvarming av tappevann i norske husholdninger i 1998 utgjorde cirka 1850 kWh per person i gjennomsnitt (IEA og OECD, 2004). Fordelt på et gjennomsnittlig boligareal på 50 kvadratmeter per person, utgjør gjennomsnittlig varmtvannsforbruk cirka 37 kWh/m². Det fremgår heller ikke av denne statistikken om tap fra varmtvannsbereder, eller andre tap knyttet til oppvarming og distribusjon av varmtvann, er inkludert.

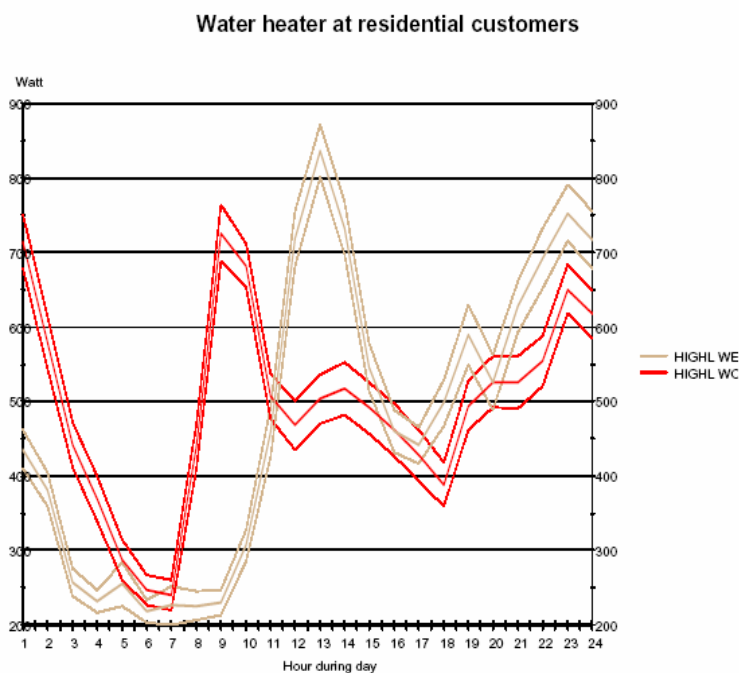
I Passivhus-boligene i Lindås Park sør for Göteborg er den årlige energibruken til oppvarming av tappevann målt til 24,1 kWh/m², inkludert energibruk til å dekke tap fra elektriske varmtvannsberedere. Av denne energibruken utgjorde elektrisk oppvarming cirka 60 %, mens resterende oppvarming ble dekket med solenergi (Wall, 2006).

I avhandlingen er det forutsatt at den årlige energibruken til oppvarming av tappevann i leiligheter med varmtvannsbereder utgjør 30 kWh/m², inkludert

¹ Oppvarming av tappevann med elektriske varmtvannsberedere avregnes vanligvis individuelt.

varmetap fra bereder på 5 kWh/m², se nærmere beskrivelse i kapittel 6.2.2. Energibruken til oppvarming av selve tappevannet er dermed forutsatt lik 25 kWh/m² per år. Når fjernvarme benyttes til oppvarming av tappevann, er det også forutsatt at energibruken til dette formålet utgjør 25 kWh/m². I tillegg kommer varmetap fra kundesentralen og distribusjonsrørene i uoppvarmede rom, se kapittel 6.2.2. Det er forutsatt at 10 % av energiinnholdet i varmtvannet kommer romoppvarmingen tilgode. I perioder med overskuddsvarme vil ikke dette varmetilskuddet være nyttbart.

Effektforbruk til oppvarming av tappevann er for den perioden når en kan forvente høyest uttak fra elektrisitetsnettet, det vil si cirka klokken 10.00 på hverdager, satt lik 6,0 W/m². Dette anslaget er basert på målt effektforbruk i 100 husholdninger (SINTEF, 2001), se Figur 6-9, og et antatt gjennomsnittlig areal per husholdning på 115 kvadratmeter.



Figur 6-9 Gjennomsnittlig effektforbruk til varmtvannsberedere i husholdninger. Basert på målinger hos 100 husholdningskunder. Kilde: (SINTEF, 2001). Rød kurve tilsvarer hverdag, og grå kurve helg. De midterste kurvene angir middelverdi.

Varmeforbruk avhengig av type måling og avregning

I flerfamiliehus med sentralvarmesystem kan varmeforbruket avhenge av om forbruket måles og avregnes individuelt eller kollektivt. En undersøkelse foretatt for Statens Energimyndighet i Sverige (Berndtsson, 1999, 2003), viser at energibruken til romoppvarming var 10 til 20 % lavere og for oppvarming av

tappevann 15 til 30 % lavere ved individuell måling og avregning enn ved kollektiv måling og avregning av varmeforbruket. En studie foretatt av (Nielsen, 2005) i Danmark, viser at varmebehovet til romoppvarming og til varmt tappevann gikk ned med henholdsvis 19 og 22 % når individuell måling ble introdusert i blokkleiligheter. I denne måleperioden ble imidlertid ikke brukerne avregnet individuelt, men dette var planlagt gjennomført i ettertid.

Med grunnlag i energimålinger fra Oslo Energi, Energiselskapet Asker og Bærum samt Trondheim Energiverk, konkluderer Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) med at felles måling og avregning av fjernvarmeforbruk bidrar til økt forbruk sammenlignet med individuell måling og avregning (NVE, 1999). Fra energiundersøkelsen utført av SSB i 1990 (Ljones m. fl., 1992) fremgår det at energibruken i boliger, hvor energi til vann- og romoppvarming inngikk i husleien, var 15 % høyere enn for gjennomsnittet av boligene som var omfattet av undersøkelsen. I boliger med elektrisk oppvarming er individuell måling og avregning det normale.

Kommunene har ingen hjemmel til å pålegge installasjon av utstyr for individuell måling av varmeforbruket. Det er derfor helt opp til boligutbyggeren å avgjøre hvorvidt slikt utstyr skal installeres i nybygg. I avhandlingen er det forutsatt individuell måling og avregning av all energibruk. I kapittel 6.6.4 diskuteres imidlertid hvordan kollektiv måling og avregning av varmeforbruket i boliger tilknyttet fjernvarmeanlegg vil kunne påvirke utslipp av CO₂.

Varmeforbruk avhengig av energipriser

Varme- og energibruken i en bolig vil kunne avhenge noe av energiprisen. Eksempelvis benyttet husholdningene mindre elektrisitet da elektrisitetsprisene ble rekordhøye vinteren 2002-03. Hos de husholdningene som hadde begrensede muligheter for å benytte andre energibærere til oppvarming, ble også den totale energibruken lavere enn i år med mer normale elektrisitetspriser (SSB, 2004a). I Danmark har en erfart at overgang fra elektrisk oppvarming til vannbåren oppvarming, basert på gass eller fjernvarme med lavere pris enn for elektrisitet, har medført høyere varmeforbruk ved at husholdningene har fått råd til å holde høyere og jevnere romtemperaturer (NVE, 1999).

I avhandlingen er det forutsatt at varmeforbruket i boligalternativene er uavhengig av eventuell lavere pris på fjernvarme enn for elektrisitet.

Samlet internvarmetilskudd

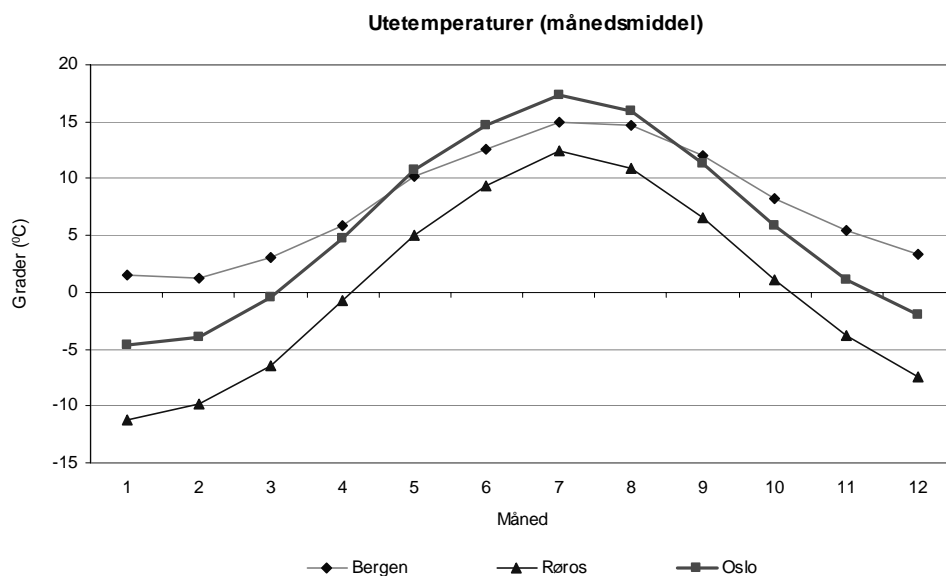
I Tabell 6-10 er det gitt en oppsummering av verdier for internvarmetilskudd, det vil si utnyttbar varme fra personer, utstyr, belysning og varmtvannsanlegg, benyttet i avhandlingen. At varmetilskuddet er utnyttbart innebærer at varmen genereres og utnyttes i oppvarmede rom. I perioder med overskuddsvarme vil imidlertid dette varmetilskuddet ikke utnyttes.

Tabell 6-10 Utnyttbart internvarmetilskudd. Varme-A og Varme-C: vannbåren tappevannsoppvarming, Varme-B: elektrisk varmtvannsbereder

Internvarmetilskudd	Varme-A og Varme-C	Varme-B
Personer, 100 % utnyttelse (kWh/m ²)	12	12
Utstyr, 60 % utnyttelse av 27 kWh/m ² (kWh/m ²)	16	16
Belysning, 100 % utnyttelse (kWh/m ²)	17	17
Varmtvann, 10 % utnyttelse av 25 kWh/m ² (kWh/m ²)	3	3
Varmtvannsberedere (elektrisk), 100 % utnyttelse (kWh/m ²)	-	5
Sum årlig nyttbart varmetilskudd (kWh/m ²)	48	53
Sum gjennomsnittlig nyttbart effektilskudd (W/m ²)	5,5	6,1

6.2.5 Klima

Energi- og effektberegninger er foretatt for Oslo-klima (Blindern). Dette er et klima som ligger nært opp til et gjennomsnittlig norsk klima når det tas hensyn til bosetningsmønster (Myhre, 1995). I kapittel 6.6.1 er det også foretatt en vurdering av hvordan et henholdsvis mildere og kaldere klima påvirker utslippene av CO₂ knyttet til bruk av fjernvarme og elektrisitet til varmeformål i nye boliger. Disse to klimastedene er Bergen og Røros. Månedsmiddeltemperaturene for de tre klimastedene er vist grafisk i Figur 6-10.


Figur 6-10 Månedsmiddeltemperaturer for Oslo, Bergen og Røros. Kilde: NS 3031 (1987)

6.3 Energi- og effektbehov i boligmodellene

På grunnlag av data for boligalternativene, beskrevet i kapittel 6.2, er det foretatt energi- og effektberegninger. Beregningene er foretatt for Oslo-klima, med simuleringsprogrammet Energi i Bygninger¹ 3.55 fra Programbyggerne. I dette delkapittelet beskrives resultatene fra beregningene.

6.3.1 Beregnet energibehov

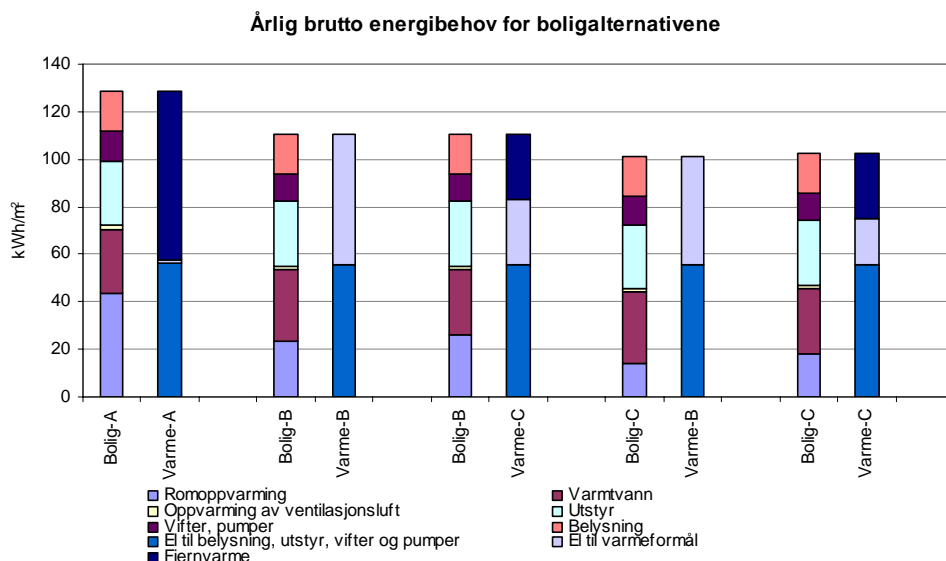
Årlig beregnet brutto energibehov til drift av boligmodellen, avhengig av energistandard og varmeløsning, er vist i Tabell 6-11. I brutto energibehov er alle tap i varmeanlegg inkludert. Brutto energibehov tilsvarer behovet for tilført eller kjøpt energi.

Tabell 6-11 Brutto energibehov til ulike energitjenester i boligalternativene, avhengig av energiforsyning til varmeformål. Varme-A: fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming, Varme-B: elektrisitet til rom- og tappevannsoppvarming, Varme-C: fjernvarme til tappevannsoppvarming og elektrisitet til romoppvarming.

Energi-tjenester	Energi-forsyning	Bolig-A	Bolig-B	Bolig-C	Bolig-B	Bolig-C
		Varme-A (kWh/m ²)	Varme-B (kWh/m ²)	Varme-B (kWh/m ²)	Varme-C (kWh/m ²)	Varme-C (kWh/m ²)
Rom-oppvarming	Elektrisitet	-	23,5	14,0	26,3	18,3
	Fjernvarme	43,3	-	-	-	-
Varmt tappevann	Elektrisitet	-	30,0	30,0	-	-
	Fjernvarme	27,2	-	-	27,2	27,2
Ventilasjon (varmebatteri)	Elektrisitet	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Elektrisk utstyr	Elektrisitet	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Belysning	Elektrisitet	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
Vifter, pumper	Elektrisitet	12,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Sum årlig energibehov		128,4	110,4	100,9	110,4	102,4
Sum årlig elbehov		57,9	110,4	100,9	83,3	75,2
Sum årlig fjernvarmebehov		70,5	0,0	0,0	27,2	27,2

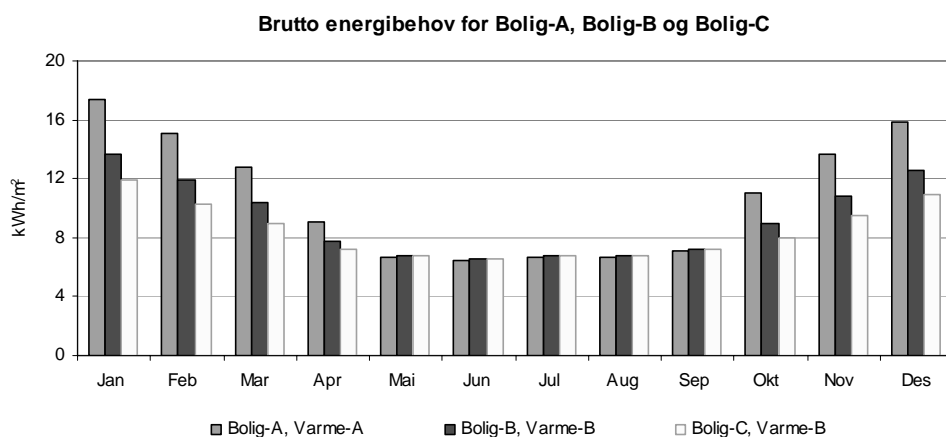
Beregningsresultatene vist i Tabell 6-11 er illustrert i Figur 6-11. I figuren er energibehovet vist i forhold til både energitjenester og behovet for elektrisitet eller fjernvarme.

¹Energi i Bygninger er et norskutviklet beregningsprogram for effekt-, energi- og lønnsomhetsanalyser ved prosjektering og rehabilitering av bygninger. Det er cirka 200 brukere av programmet i Norge og Sverige.



Figur 6-11 Årlig spesifikt brutto energibehov for de ulike boligalternativene, fordelt på formål og behovet for elektrisitet eller fjernvarme.

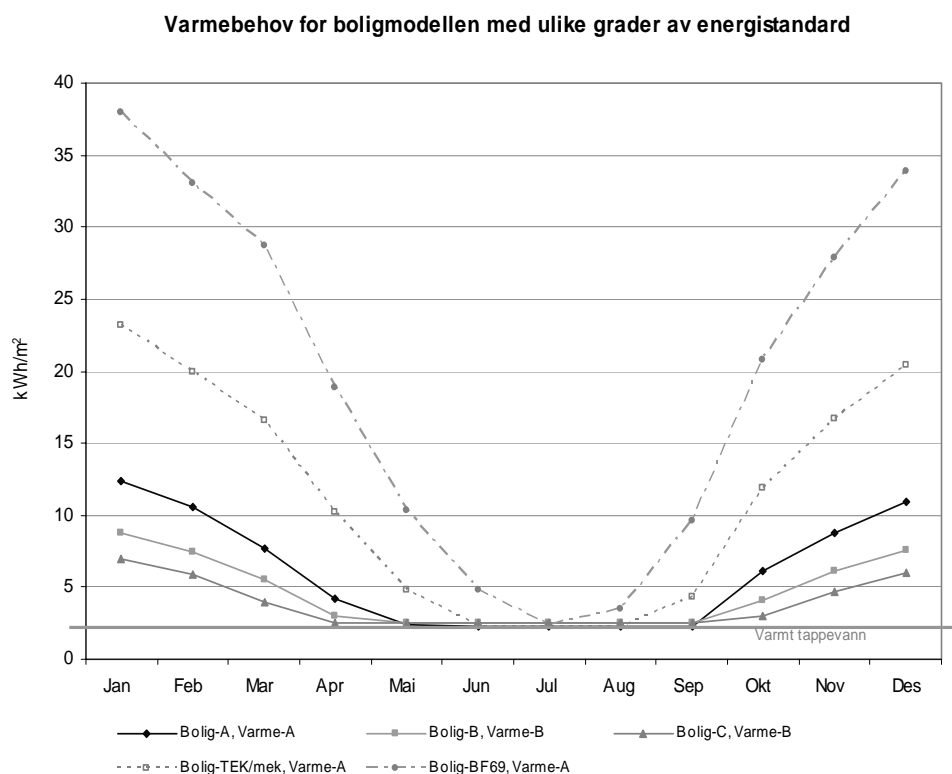
Fra Tabell 6-11 og Figur 6-11 fremgår det at differansen med hensyn til årlig energibruk mellom referansealternativet Bolig-A og lavenergi alternativene Bolig-B og Bolig-C ikke utgjør mer enn henholdsvis 18 og 28 kWh/m² når det forutsettes varmeløsning Varme-B for lavenergi alternativene. Lav differanse mellom referansealternativet og lavenergi alternativene skyldes at antatt ny alminnelig energistandard i henhold til kommende revisjon av tekniske forskrifter er vesentlig bedre enn standard etter gjeldende minstekrav eller praksis, og at ny alminnelig energistandard nærmer seg "lavenergi standard".



Figur 6-12 Årlig spesifikt brutto energibehov i Bolig-A med Varme-A, og Bolig-B og Bolig-C med Varme-B.

I Figur 6-12 er energibehovet over året vist for boligalternativene. For lavenergialternativene er energibehovet vist for alternativ med varmeløsning Varme-B, det vil si med bruk av elektrisitet til alle varmeformål. Noe høyere energibehov om sommeren for lavenergialternativene skyldes bruk av elektrisitet til å dekke varmetap fra varmtvannsberedere.

I Figur 6-13 er varmebehovet for hver måned illustrert for boligalternativene. For sammenligningens skyld er også varmebehovsprofilen vist for en tilsvarende boligmodell, men med energistandard i henhold til minstekravene i gjeldende tekniske forskrifter (TEK) og med mekanisk avtrekksventilasjon, samt for en boligmodell bygget etter byggeforskriftene fra 1969. Varmebehovsprofilen for slike eldre bygninger er tatt med for å få et perspektiv på den energistandarden som er lagt til grunn for de ulike boligalternativene i avhandlingen. Beregningsforutsetningene for Bolig-TEK er beskrevet i kapittel 6.6.3, og for bolig bygget etter forskriften fra 1969 i kapittel 6.3.2.



Figur 6-13 Varmebehovsprofil hver måned for boligmodellen med ulike energistandarder

Fra Figur 6-13 fremgår det at varmebehovet midtvinters for lavenergialternativene er cirka en tredjedel i forhold til tilsvarende varmebehov i boliger bygget etter gjeldende minstekrav i tekniske forskrifter. Varmebehovet til romoppvarming og

oppvarming av ventilasjonsluft utgjør det variable varmebehovet. Figuren illustrerer også at det variable varmebehovet i referansealternativet, det vil si Bolig-A, er omtrent halvparten av varmebehovet i en tilsvarende bolig bygget etter minstekravene i tekniske forskrifter.

Fra figuren kan en samtidig lese at fjernvarmeleveranse til nye boliger, enten dette er boliger med antatt ny standard etter kommende reviderte forskrifter eller lavenergiboliger, vil gå vesentlig ned sammenlignet med leveransen til en stor andel av eksisterende boligmasse. Dersom fjernvarmeproduzenten i tillegg skal levere fjernvarme til kun varmt tappevann, reduseres varmeleveransen ytterligere.

6.3.2 Beregnet effektbehov

I boliger med kun elektrisk rom- og tappevannsoppvarming vil ikke varmebehovet kunne dekkes opp med andre energiformer enn elektrisitet. Denne mangelen på energifleksibilitet kan få betydning for sikkerheten i elektrisitetsforsyningen dersom en effektknapphet i elektrisitetsforsyningen skulle oppstå. Det er foretatt beregninger av effektbehovet i lavenergialternativene med rom- og tappevannsoppvarming basert på elektrisitet for å kunne vurdere hvordan denne type boliger vil bidra til endret effektbehov på nasjonalt nivå.

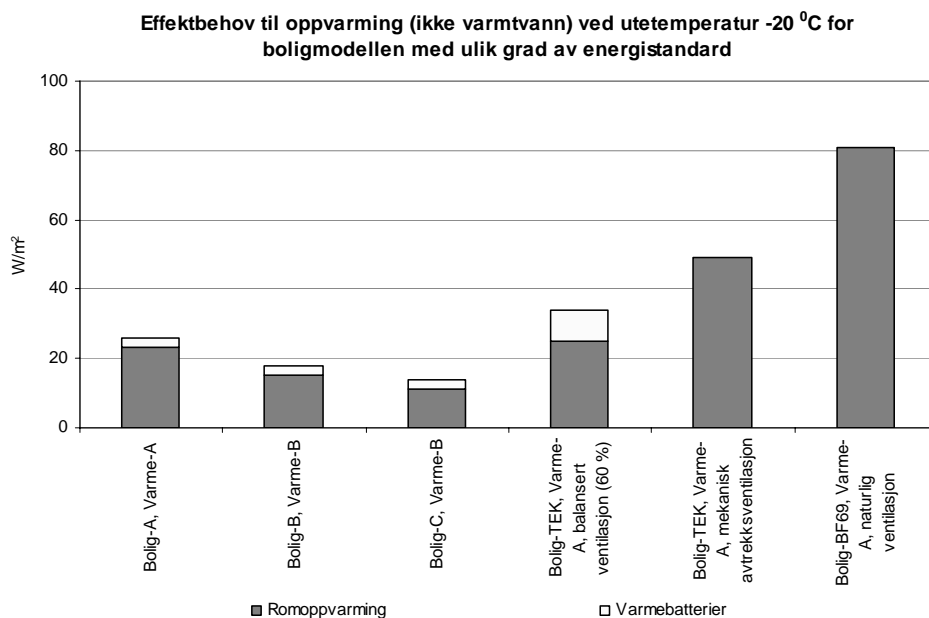
Effektberegningene for boligalternativene er foretatt for samme klima som for energiberegningene, det vil si Oslo-klima. Dette er et klima som ligger nært opp til et gjennomsnittlig klima når det tas hensyn til bosetningsmønster i Norge, se forøvrig kapittel 6.2.5. Økt effektbehov i ny boligmasse, beregnet for Oslo-klima, antas derfor å være representativt for økt effektbehov i ny boligmasse på nasjonalt nivå. Dimensjonerende utetemperatur er for Oslo $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (NS 3031, 1987).

I en kritisk effektsituasjon vil elektrisitet normalt ikke benyttes i fjernvarmeproduksjonen, bortsett fra til drift av produksjonsutstyr. Dette vil være en følge av både høy elektrisitetspris i en slik knapphetssituasjon, og fordi fjernvarmeproduzentene benytter utkoblbar overføringstariff.

I Figur 6-14 er effektbehovet til romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft i boligalternativene illustrert. For sammenligningens skyld er også effektbehovet vist for boliger bygget etter gjeldende tekniske forskrifter (TEK) og med henholdsvis mekanisk avtrekksventilasjon og balansert ventilasjon med varmegjenvinner. Det er i figuren også vist effektbehovet for boliger bygget etter byggeforskriftskravene¹ i 1969 for å vise standarden for en del av den boligmassen som etter hvert skiftes ut med ny og mer energieffektiv boligmasse. Referanseboligen i avhandlingen, Bolig-A, har som figuren viser et vesentlig lavere

¹ Det er forutsatt et totalt luftskifte, inkludert infiltrasjon på 0,7 luftvekslinger per time. For vinduer er U-verdien satt lik $3,6\text{ W/m}^2\text{K}$, yttervegger $0,75\text{ W/m}^2\text{K}$ (tillegg for kuldebroer er inkludert), tak $0,46\text{ W/m}^2\text{K}$ og gulv inkludert varmemotstanden i grunnen $0,7\text{ W/m}^2\text{K}$.

effektbehov enn boliger som bygges i dag. Det er i figuren ikke skilt mellom effektbehov knyttet til elektrisitet og fjernvarme.



Figur 6-14 Effektbehov til romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft i boligalternativene (uavhengig av om det benyttes elektrisitet eller fjernvarme), samt i boliger bygget i henhold til tekniske forskrifter fra 1997 og byggeforskrifter fra 1969.

Boliger som bygges og er bygget etter gjeldende tekniske forskrifter representerer den standarden som var alternativet til lavenergiboliger i de byggesakene som er beskrevet i kapittel 4. Denne standarden ble også i stor grad den endelige standarden i flere av disse byggeprosjektene.

I Tabell 6-12 er behovet for elektrisk effekt til varmeformål vist for boligalternativene. Dersom disse tallene legges til grunn for hele den nye boligmassen som oppføres i årene fremover, kan endring av behovet for elektrisk effekt til varmeformål i nye boliger i Norge estimeres. For estimering av endret effektbehov i ny boligmasse er et årlig nytt boligareal på 2,8 millioner kvadratmeter lagt til grunn, som tilsvarer gjennomsnittet for årlig nytt bruksareal i fullførte boliger i perioden 1990 – 2004 i henhold til SSBs byggearealstatistikk. Oppskaleringen av effektbehovet til nasjonalt nivå må betraktes som veiledende, siden ny boligmasse vil bestå av flere typer boligkategorier. I andre typer boliger vil effektbehovet ved samme energistandard kunne være noe ulikt sammenlignet med beregnet effektbehov for den valgte boligmodellen.

Tabell 6-12 Behov for elektrisk effekt til varmeformål i ulike boligalternativer.

Effektbehov til ulike varmeformål	Effektbehov		
	Bolig-A, Varme-A	Bolig-B, Varme-B	Bolig-C, Varme-B
Effektbehov til romoppvarming (W/m ²)	-	15,0	11,1
Effektbehov til varmt tappevann (W/m ²)	-	6,0	6,0
Effektbehov til varmbatterier (W/m ²)	2,7	2,7	2,7
Sum behov for elektrisk effekt (W/m ²)	2,7	23,7	19,8
Årlig økt behov for elektrisk effekt i tilvekst av boligmasse (MW)	8	66	55
Årlig økt behov for elektrisk effekt i ny boligmasse etter 20 år (MW)	150	1330	1110

Ny boligmasse med energistandard tilsvarende Bolig-B eller Bolig-C og med elektrisitet til alle varmeformål, vil medføre økt behov for elektrisk effekt i størrelsesorden 1000 til 1200 MW etter 20 år, sammenlignet med ny boligmasse tilsvarende Bolig-A og med bruk av fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming. Til sammenligning utgjør den totale effektkapasiteten i kraftproduksjonen i Norge cirka 24.000 MW, se kapittel 1.2.2. I tillegg til økt effektbehov i nye boliger kommer også tap i elektrisitetsnettet, som vil variere avhengig av kapasiteten i nettet fra produksjonsstedet og frem til forbruksstedet. I gjennomsnitt utgjorde dette tapet under perioden for maksimalt effektuttak 21. februar i 2001 cirka 13 % av det totale effektuttaket. Dersom et slikt tap legges til grunn, vil samlet økt behov for effektkapasitet i elektrisitetsforsyningen ved at det bygges lavenergiboliger tilsvarende Bolig-B eller Bolig-C og med elektrisitet til alle varmeformål, utgjøre rundt 5 % etter 20 år sammenlignet med ny boligmasse tilsvarende Bolig-A og med bruk av fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming.

6.4 Fjernvarmemodeller

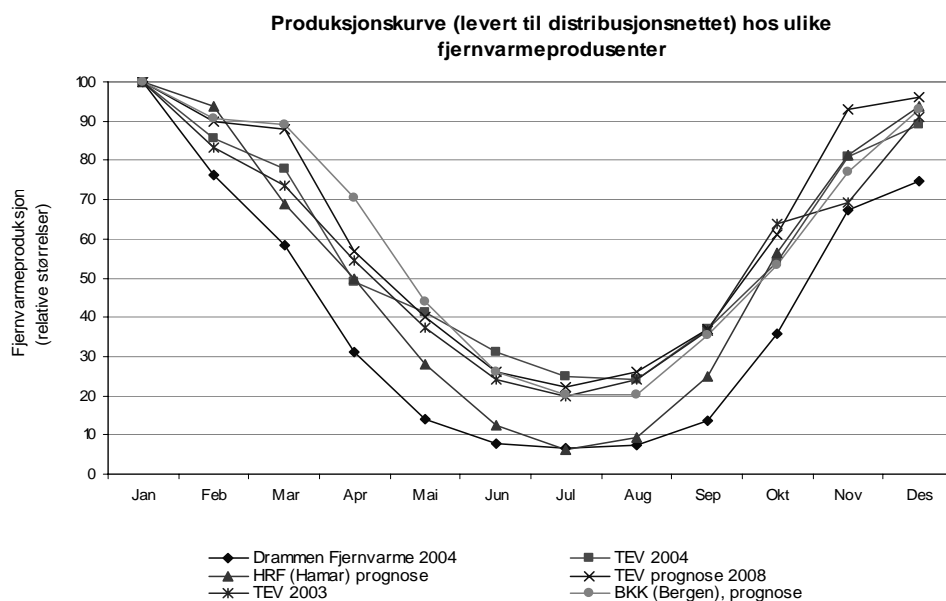
6.4.1 Produksjonsprofil over året

For å kunne vurdere miljøbelastningene knyttet til produksjon og bruk av fjernvarme, har det vært nødvendig å definere ulike modeller for fjernvarmeanlegg og fjernvarmeproduksjonen. Disse modellene er beskrevet i dette kapittelet.

Fjernvarmeproduksjonen over året vil avhenge av varmebehovet i kundemassen, som igjen avhenger av bygningsstandard, driftsforhold, klima og om det benyttes fjernvarme til både romoppvarming og oppvarming av tappevann. Ulike fjernvarmeprodusenter vil derfor kunne ha ulik produksjonsprofil over året, selv om sammensetningen av type kunder er nokså lik. Produksjonsprofilen over året har betydning for hvor stor andel grunnlastproduksjonen utgjør av den totale

årsproduksjonen. I Figur 6-15 er det vist produksjonsprofiler, som tilsvarer varmeetterspørselen over året, for noen fjernvarmeprodusenter lokalisert i ulike klima. Kurvene er basert på både erfaringstall og prognoser for fremtidig produksjon. For noen fjernvarmeprodusenter utgjør fjernvarmeproduksjonen ved laveste produksjonsnivå under 10 % sammenlignet med produksjonen i januar, når produksjonen er høyest. En slik lav varmeproduksjon vil kunne ha betydning for om grunnlastanlegget benyttes i denne perioden, fordi virkningsgraden i anlegget kan bli for lav for økonomisk drift. Den store variasjonen i fjernvarmeproduksjonen over året vil også kunne ha betydning for dimensjoneringen av grunnlastanlegget. Lav varmeproduksjon om sommeren kan skyldes flere forhold, som store klimavariasjoner over året og at en vesentlig andel av fjernvarmeleveransen går til å dekke variabelt romoppvarmingsbehov. I andre fjernvarmeanlegg er det relativt høy fjernvarmeproduksjon om sommeren, og utnyttelsen av grunnlastanlegget vil derfor kunne være høyere. Utnyttelsen av grunnlastanlegg basert på avfall vil normalt være høy om sommeren som følge av negativ kostnad for brenselet.

Informasjon om ulike fjernvarmeprodusenters fjernvarmeproduksjon, beskrevet i dette kapitlet, er innhentet fra de respektive produsentene.



Figur 6-15 Variasjon av fjernvarmeproduksjonen (levert til distribusjonsnett) over året hos ulike fjernvarmeprodusenter. Relative størrelser, med basis i maksimal produksjon i januar. Kilder: tilsendt informasjon fra fjernvarmeprodusentene

Riktig dimensjonering av grunnlastanlegget er viktig for å holde investerings- og produksjonskostnadene på et lavest mulig nivå. I grunnlastanlegget benyttes gjerne et rimelig brensel, men investeringskostnadene i anlegget er ofte høyere enn for

spisslastanlegg, hvor det vanligvis benyttes mer kostbare brensler eller elektrisitet. Grunnlastanlegget dimensjoneres gjerne for å dekke 40 til 50 % av maksimal effektproduksjon, mens varmeproduksjonen over året vil kunne utgjøre opp mot 80 til 85 % av den totale varmeproduksjonen i fjernvarmeanlegget. Av ulike årsaker, beskrevet under, vil imidlertid varmeproduksjonen i grunnlastanlegget kunne utgjøre en vesentlig lavere andel, det vil si ned mot 50 %. Ved lav andel grunnlastproduksjon vil spisslastproduksjonen bli høyere enn ønsket ut fra et miljøperspektiv, idet mindre miljøvennlige energibærere normalt benyttes i denne varmeproduksjonen.

Lav andel grunnlastproduksjon i forhold til totalproduksjonen kan skyldes følgende forhold:

- På grunn av økt kundemasse er fjernvarmeproduksjonen økt betraktelig i forhold til den produksjonen grunnlastanlegget er dimensjonert i forhold til.
- Nye investeringer i økt grunnlastkapasitet er ikke foretatt, men kan være planlagt.
- Fjernvarmeanlegget er nyetablert, og av økonomiske årsaker er det på et tidlig stadium ikke investert i full grunnlastkapasitet.
- Ny kundemasse med tilknytningsplikt og hvor fjernvarmeprodusenten dermed har leveringsplikt, forsynes fra mindre og uavhengige varmesentraler. I disse varmesentralene benyttes gjerne elektrisitet eller fyringsolje, og varmesentralene benyttes i en midlertidig periode inntil fjernvarmenettet blir utvidet til det nye området. Disse varmesentralene vil ved tilknytning til fjernvarmenettet kunne fungere som spisslast- eller reservelastkapasiteter.
- Deler av kundemassen, lokalisert lengst ute i distribusjonsnettet, kan være forsynt med fjernvarme produsert i mindre varmesentraler. I slike varmesentraler benyttes ofte elektrokjeler eller oljekjeler.
- Virkningsgraden i grunnlastanlegget kan ved lavt effektbehov bli for lav til å gi god økonomisk drift. I slike perioder vil det kunne være hensiktsmessig å benytte spisslast- eller reservelastanlegget. Nedstenging av grunnlastanlegget ved lav last gjelder spesielt biobrenselanlegg.
- Hele eller deler av grunnlastanlegget vil periodevis være ute av drift på grunn av revisjon av anlegget. Dette skjer normalt om sommeren når varmeproduksjonen er lavest. I disse korte periodene benyttes også spisslast- eller reservelastkapasiteten.

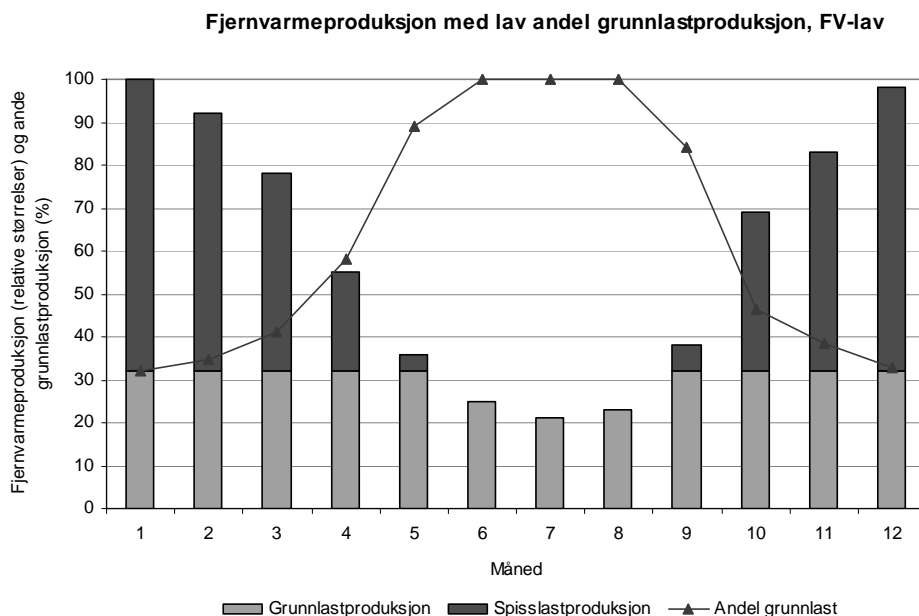
I avhandlingen er det tatt hensyn til at grunnlastproduksjonens andel av totalproduksjonen vil kunne variere mellom ulike anlegg, samt over tid for samme anlegg. Det er derfor valgt å benytte to nivåer for grunnlastproduksjonens andel av totalproduksjonen, henholdsvis FV-lav og FV-høy. For disse nivåene, som betegnes som fjernvarmealternativene, er det forutsatt tre typer grunnlastanlegg, hvor det benyttes henholdsvis avfall, biobrensel eller varmepumpe. De fjernvarmeanleggene hvor det benyttes biobrensel og avfall, behandles under ett, fordi utslipp av CO₂ fra fjernvarmeproduksjonen vurderes likt, se kapittel 5.3 og 5.4.4. Hvilke energibærere som er forutsatt benyttet i spisslastproduksjonen i

fjernvarmemodellene, er beskrevet i kapittel 6.4.4. De valgte fjernvarmemodellene anses i vesentlig grad å representere ytterpunktene i norske fjernvarmeanlegg når det gjelder bruk av energibærere i grunnlastproduksjonen, samt andelen grunnlastproduksjon av den totale fjernvarmeproduksjonen.

6.4.2 Fjernvarmemodell FV-lav

For fjernvarmemodellen FV-lav, som representerer et fjernvarmeanlegg hvor grunnlastproduksjonen utgjør en lav andel av den totale fjernvarmeproduksjonen, er forhold beskrevet i kapittel 6.4.1 forutsatt å være medvirkende årsaker til den lave grunnlastproduksjonen.

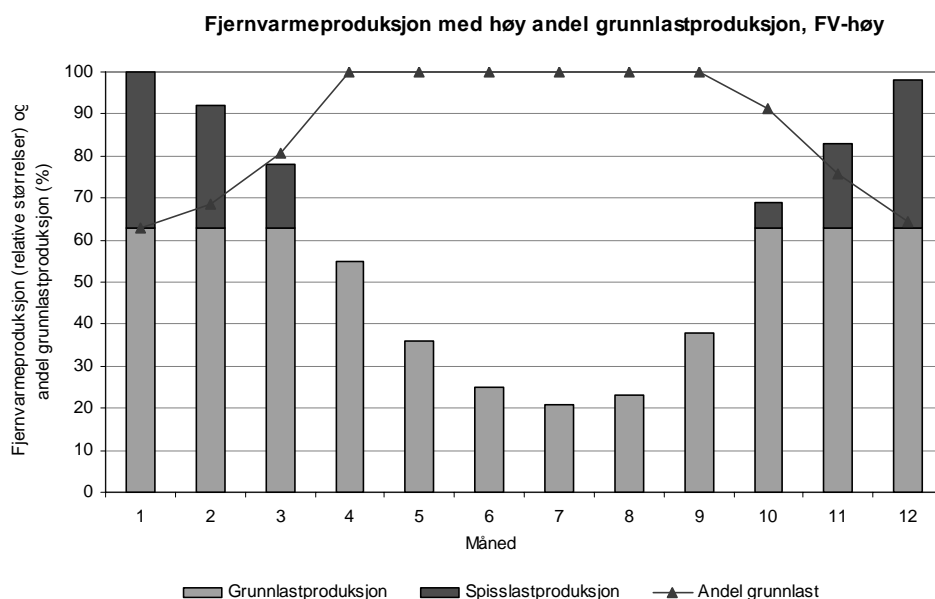
I FV-lav utgjør grunnlastproduksjonen 50 % av årsproduksjonen, med månedvis andel slik vist i Figur 6-16. Et gjennomsnitt av TEV Fjernvarme sin produksjonsprofil eller etterspørselskurve over året for 2002, 2003 og 2004 er lagt til grunn. Når andelen grunnlastproduksjon utgjør 50 % av årsproduksjonen, vil maksimal andel grunnlastproduksjon i januar, som er måneden med høyest fjernvarmeproduksjon, utgjøre 32 %. Det er sett bort fra eventuelle kunder tilknyttet midlertidige varmesentraler. Det er også forutsatt at grunnlastanlegget har høy nok ytelse ved lav last, slik at det ikke stoppes som følge av for dårlig virkningsgrad. Samtidig er det forutsatt at grunnlastanlegget har flere linjer, slik at ikke hele anlegget settes ut av drift ved revisjon.



Figur 6-16 Fjernvarmeproduksjonen over året (relative verdier) og andel grunnlastproduksjon de enkelte månedene for FV-lav

6.4.3 Fjernvarmemodell FV-høy

I fjernvarmemodellen med høy andel grunnlastproduksjon, FV-høy, er det forutsatt at grunnlastproduksjonen utgjør 80 % av den totale fjernvarmeproduksjonen over året, se Figur 6-17. Samme produksjonsprofil over året som benyttet for FV-lav, er lagt til grunn. Når andelen grunnlastproduksjon utgjør 80 % av årsproduksjonen, vil maksimal andel grunnlastproduksjon i januar utgjøre 63 % med den produksjonsprofilen som er lagt til grunn. Som for FV-lav er det også for FV-høy sett bort fra eventuelle kunder tilknyttet midlertidige varmesentraler, samt forutsatt at grunnlastanlegget ikke settes ut av drift i perioder som følge av for lav virkningsgrad eller revisjon av anlegget.



Figur 6-17 Fjernvarmeproduksjonen over året (relative verdier) og grunnlastproduksjonens andel av totalproduksjonen de enkelte månedene for FV-høy

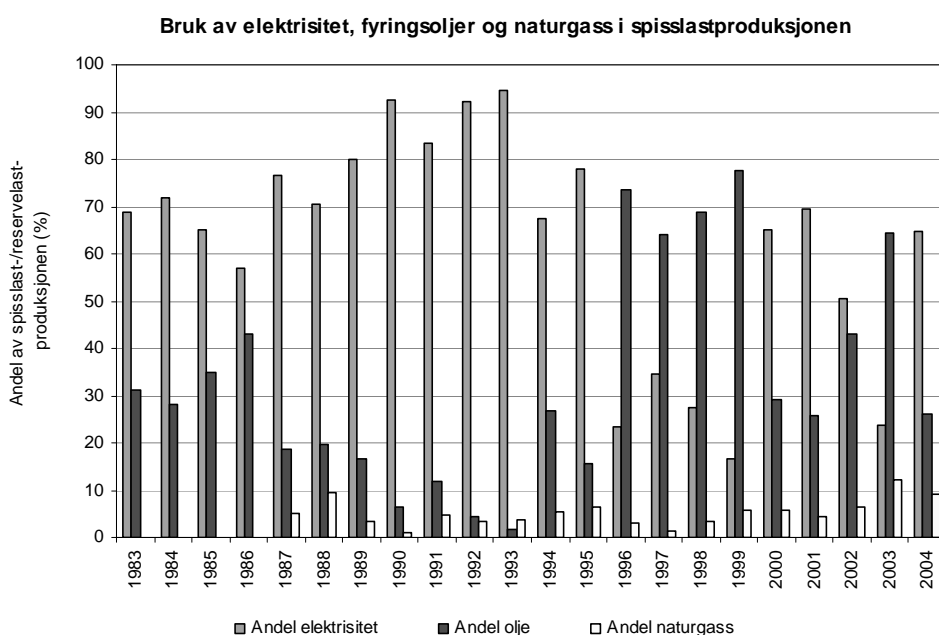
Grunnlastproduksjonen vil for et gjennomsnitt for FV-høy og FV-lav utgjøre 65 % av årsproduksjonen, som tilsvarer den andelen som fjernvarme produsert med avfall, biobrensler, varmepumper og spillvarme fra industri utgjorde av all netto fjernvarmeproduksjon i Norge i 2004. Som gjennomsnitt for perioden 1998 til og med 2004 utgjorde denne andelen 64 % (SSB, 2005a).

6.4.4 Spisslastproduksjon

I spisslastproduksjonen er det forutsatt bruk av samme energibærere i FV-høy og FV-lav. I perioden 1994 til 2004 var bruken av elektrisitet og olje i spisslastproduksjonen i gjennomsnitt like høy, se Figur 6-18 som viser hvilke

energibærere som er benyttet i denne produksjonen i norske fjernvarmeanlegg siden 1983. Naturgass er i hovedsak benyttet i Trondheim Energiverk sin fjernvarmeproduksjon.

Den prosentvise og innbyrdes fordelingen av disse energibærerne vil kunne variere mye fra år til år, avhengig av energiprisene. Fremtidig utvikling av prisnivået for energibærerne er usikker, det samme gjelder derfor også hvilke energibærere som vil bli benyttet i spisslast- og reservelastproduksjonen. For FV-lav og FV-høy er det forutsatt at olje og elektrisitet utgjør like store andeler av energibærerne i spisslastproduksjonen.



Figur 6-18 Bruken av energibærere i spisslastproduksjonen i Norge i perioden 1983 til 2004. Naturgass inkluderer propan og butan. Kilde: SSB statistikkbanken

I Tabell 6-13 er det gitt en oppsummering av hvilke energibærere som er forutsatt i fjernvarmealternativene benyttet i avhandlingen.

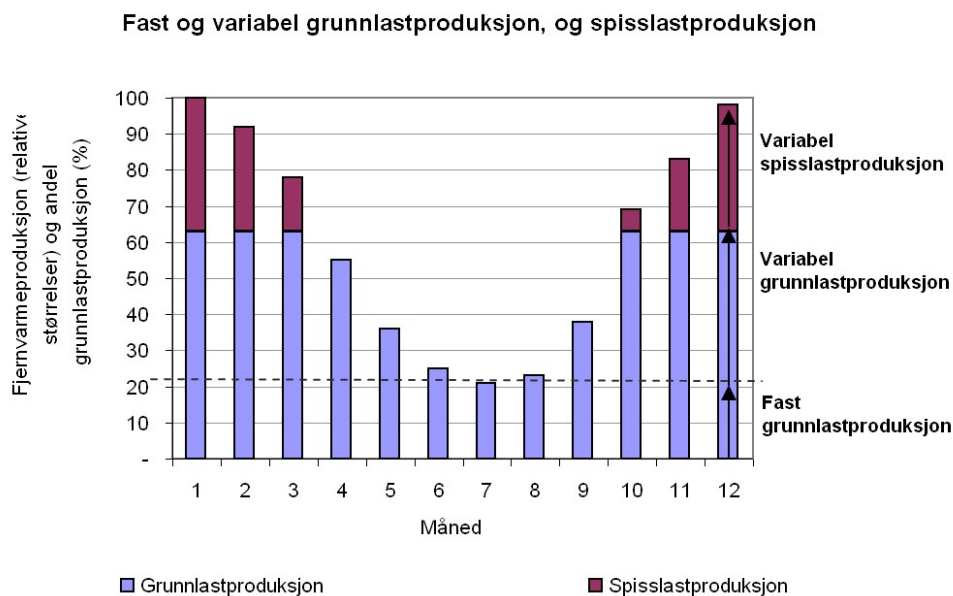
Tabell 6-13 Fjernvarmemodeller med grunnlast- og spisslastkilder

Fjernvarmeproduksjon	Fjernvarmealternativ FV-høy og FV-lav	
	Grunnlastproduksjon	Avfall eller biobrensel
Spisslastproduksjon	Elektrisitet 50 %, lett fyringsolje 50 %	

6.4.5 CO₂-faktorer for FV-lav og FV-høy

Oppvarming av tappevann i boligalternativene er i avhandlingen betraktet å være konstant hele året, mens romoppvarmingen varierer over året, avhengig av boligalternativenes energistandard. Varmtvannsforbruket er derfor betraktet å representere en fast varmeetterspørsel over året, mens romoppvarmingsbehovet er betraktet å representere en variabel varmeetterspørsel. I fjernvarmemodellene er fast varmeetterspørsel forutsatt dekket opp med fast grunnlastproduksjon, mens den variable varmeetterspørselen er forutsatt dekket opp av den resterende grunnlastkapasiteten samt spisslastproduksjonen. Dette innebærer at miljøbelastningene knyttet til det stabile varmtvannsbehovet vil bli forskjellig fra miljøbelastningene knyttet til det variable romoppvarmingsbehovet.

I Figur 6-19 er den faste og variable fjernvarmeproduksjonen illustrert. I motsetning til el-modellene, beskrevet i kapittel 5.4.4, betraktes ikke den siste brukte kWh fjernvarme hos sluttbruker i forhold til marginalproduksjonen i fjernvarmeanlegget. Dette kunne vært en hensiktsmessig betraktningssmåte dersom det kun ble sett på hvordan varmebehovet i enkeltbygg påvirker fjernvarmeproduksjonen. For et lokalt anlegg som et fjernvarmeanlegg vil imidlertid produksjonen av fjernvarme til en økt bygningsmasse over tid kunne utgjøre en vesentlig andel av den totale fjernvarmeproduksjonen. En større økning av bygningsmassen vil derfor også påvirke investeringene i både grunnlast- og spisslastkapasiteten.



Figur 6-19 Fast grunnlastproduksjon og variabel grunnlast- og spisslastproduksjon i et fjernvarmeanlegg (vist for FV-høy)

I Tabell 6-14 til Tabell 6-17 er gjennomsnittlige utslippsfaktorer for den *variable* fjernvarmeproduksjonen gitt, det vil si utslippsfaktorer representative for fjernvarme benyttet til romoppvarming, avhengig av:

- el-modell (El-A og El-B), beskrevet i kapittel 5.4.4
- fjernvarmealternativ (FV-høy og FV-lav)
- type grunnlastproduksjon (avfall/biobrensel eller varmepumpe)
- hvor stor andel henholdsvis grunnlastproduksjonen og spisslastproduksjonen utgjør av den variable fjernvarmeproduksjonen hver måned. Sammenlagt 100 %

Utslippfaktorene i tabellene er benyttet ved beregning av CO₂-utslipp knyttet til det variable romoppvarmingsbehovet i boligalternativene. I utslippsfaktorene er utslipp knyttet til drift av kjeler og sirkulasjonspumper i fjernvarmeanlegget inkludert. Som underlag for utslippsfaktorene i Tabell 6-14 til Tabell 6-17 er faktorene i Tabell 5-3 til Tabell 5-4 benyttet. Den gjennomsnittlige CO₂-faktoren for den variable fjernvarmeproduksjonen fremkommer ved å summere utslippene fra henholdsvis spisslastproduksjonen og den variable grunnlastproduksjonen, veid for den andelen disse produksjonene utgjør av den totale variable fjernvarmeproduksjonen.

For utslipp knyttet til det faste varmebehovet for oppvarming av tappevann, er utslippsfaktorene for grunnlastproduksjonen benyttet.

Tabell 6-14 Gjennomsnittlig CO₂-faktor for den variable fjernvarmeproduksjonen, med avfall/biobrensel eller varmepumpe i grunnlastproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. **El-modell El-A og fjernvarmemodell FV-høy**

Måned	Grunnlastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon			Spisslastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon		Gjennomsnittlig CO ₂ -faktor for variabel fjernvarmeproduksjon	
	CO ₂ -faktor avfall, biobr. (g/kWh)	CO ₂ -faktor varmepumpe (g/kWh)	Andel av variabel prod. (%)	CO ₂ -faktor, snitt olje og el (g/kWh)	Andel av variabel prod. (%)	Avfall og biobrensel i grunnlastproduksjonen (g/kWh)	Varmepumpe i grunnlastproduksjonen (g/kWh)
Januar	10	360	53	702	47	335	521
Februar	10	360	59	702	41	294	500
Mars	10	360	74	702	26	190	449
April	10	360	100	702	0	10	360
Mai	10	360	100	702	0	10	360
Juni	10	360	100	702	0	10	360
Juli	-	-	-	-	-	-	-
August	10	360	100	702	0	10	360
September	10	360	100	702	0	10	360
Oktober	10	360	88	702	12	93	401
November	10	360	68	702	32	231	469
Desember	10	360	55	702	45	321	514

Tabell 6-15 Gjennomsnittlig CO₂-faktor for den variable fjernvarmeproduksjonen, med avfall/biobrensel eller varmepumpe i grunnlastproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. **El-modell El-A og fjernvarmemodell FV-lav**

Måned	Grunnlastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon			Spisslastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon		Gjennomsnittlig CO ₂ -faktor for variabel fjernvarmeproduksjon	
	CO ₂ -faktor avfall, biobr. (g/kWh)	CO ₂ -faktor varmepumpe (g/kWh)	Andel av variabel prod. (%)	CO ₂ -faktor, snitt olje og el (g/kWh)	Andel av variabel prod. (%)	Avfall og biobrensel i grunnlastproduksjonen (g/kWh)	Varmepumpe i grunnlastproduksjonen (g/kWh)
Januar	10	360	14	702	86	605	654
Februar	10	360	15	702	85	598	651
Mars	10	360	19	702	81	571	637
April	10	360	32	702	68	481	593
Mai	10	360	73	702	27	197	452
Juni	10	360	100	702	0	10	360
Juli	-	-	-	-	-	-	-
August	10	360	100	702	0	10	360
September	10	360	65	702	35	252	480
Oktober	10	360	23	702	77	543	623
November	10	360	18	702	82	578	641
Desember	10	360	14	702	86	605	654

Tabell 6-16 Gjennomsnittlig CO₂-faktor for den variable fjernvarmeproduksjonen, med avfall/biobrensel eller varmepumpe i grunnlastproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. **El-modell El-B og fjernvarmemodell FV-høy**

Måned	Grunnlastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon			Spisslastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon		Gjennomsnittlig CO ₂ -faktor for variabel fjernvarmeproduksjon	
	CO ₂ -faktor avfall, biobr. (g/kWh)	CO ₂ -faktor varmepumpe (g/kWh)	Andel av variabel prod. (%)	CO ₂ -faktor, snitt olje og el (g/kWh)	Andel av variabel prod. (%)	Avfall og biobrensel i grunnlastproduksjonen (g/kWh)	Varmepumpe i grunnlastproduksjonen (g/kWh)
Januar	4	156	53	404	47	192	273
Februar	4	156	59	404	41	168	258
Mars	4	156	74	404	26	108	220
April	4	156	100	404	0	4	156
Mai	4	156	100	404	0	4	156
Juni	4	156	100	404	0	4	156
Juli	-	-	-	-	-	-	-
August	4	156	100	404	0	4	156
September	4	156	100	404	0	4	156
Oktober	4	156	88	404	12	52	186
November	4	156	68	404	32	132	235
Desember	4	156	55	404	45	184	268

Tabell 6-17 Gjennomsnittlig CO₂-faktor for den variable fjernvarmeproduksjonen, med avfall/biobrensel eller varmepumpe i grunnlastproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. **El-modell El-B og fjernvarmemodell FV-lav**

Måned	Grunnlastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon			Spisslastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon		Gjennomsnittlig CO ₂ -faktor for variabel fjernvarmeproduksjon	
	CO ₂ -faktor avfall, biobr. (g/kWh)	CO ₂ -faktor varmepumpe (g/kWh)	Andel av variabel prod. (%)	CO ₂ -faktor, snitt olje og el (g/kWh)	Andel av variabel prod. (%)	Avfall og biobrensel i grunnlastproduksjonen (g/kWh)	Varmepumpe i grunnlastproduksjonen (g/kWh)
Januar	4	156	14	404	86	348	370
Februar	4	156	15	404	85	344	367
Mars	4	156	19	404	81	328	357
April	4	156	32	404	68	276	325
Mai	4	156	73	404	27	112	223
Juni	4	156	100	404	0	4	156
Juli	-	-	-	-	-	-	-
August	4	156	100	404	0	4	156
September	4	156	65	404	35	144	243
Oktober	4	156	23	404	77	312	347
November	4	156	18	404	82	332	360
Desember	4	156	14	404	86	348	370

6.5 Varmeforsyning og CO₂-utslipp, hovedanalyse

I avhandlingen er det en målsetning å sammenligne utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål i lavenergiboliger med elektrisk oppvarming, eventuelt med bruk av fjernvarme til oppvarming av tappevann, med utslipp for boliger bygget etter antatt ny alminnelig standard og med bruk av fjernvarme til både rom- og tappevannsoppvarming. Ved presentasjon av resultatene fra CO₂-beregningene er det derfor hensiktsmessig å vise til om lavenergialternativene Bolig-B og Bolig-C bidrar med høyere, lavere eller tilsvarende utslipp som referansealternativet Bolig-A.

Utslipp av CO₂ for Bolig-A avhenger av hvilket fjernvarmealternativ som er lagt til grunn for beregningene. Fjernvarmealternativene FV-lav og FV-høy er betraktet å representere spennvidden av de fleste norske fjernvarmeanlegg, samt mulig spennvidde for ett og samme anlegg over tid. Gjennomsnittet av FV-lav og FV-høy er samtidig representativt for gjennomsnittet av den norske fjernvarmeproduksjonen når det gjelder andel grunnlastproduksjon, basert på avfall, biobrensler og/eller varmepumper, i forhold til den totale fjernvarmeproduksjonen over året.

Når det i NOU 2005:12 vises til ”miljømessig bedre”, se kapittel 3.2.1, menes blant annet at bruk av alternative energibærere eller energikilder til fjernvarme vil bidra til mindre utslipp. Dette innebærer for boligalternativene i avhandlingen at lavenergialternativene Bolig-B og Bolig-C bidrar med mindre utslipp enn Bolig-A når FV-høy legges til grunn. Det vil imidlertid være få fjernvarmeanlegg som over tid vil opprettholde en grunnlastproduksjon tilsvarende FV-høy. Det samme gjelder FV-lav. Et gjennomsnitt av FV-høy og FV-lav vil i stedet kunne være mer representativt for fjernvarmeproduksjonen over tid. Det er derfor også hensiktsmessig å vise til om utslipp for lavenergialternativene blir lavere eller høyere enn for Bolig-A når et gjennomsnitt av FV-lav og FV-høy legges til grunn. Dette nivået betegnes i diskusjonen av resultatene som gjennomsnittet for Bolig-A. I ”rangeringstabellene” i dette kapittelet benyttes stjerne (*) når det vises til at lavenergialternativene bidrar med lavere utslipp enn gjennomsnittet for Bolig-A.

Oppsummert blir resultatene fra CO₂-beregningene presentert på følgende måte i rangeringstabellene:

- Høyere enn spennvidden (høyere utslipp for lavenergialternativene enn Bolig-A når FV-lav legges til grunn)
- Lavere enn spennvidden (lavere utslipp for lavenergialternativene enn Bolig-A når FV-høy legges til grunn)
- Innenfor spennvidden (tilsvarende utslipp for lavenergialternativene som for Bolig-A når spennvidden FV-høy til FV-lav legges til grunn)
- Innenfor spennvidden* (lavere utslipp for lavenergialternativene enn for gjennomsnittet for Bolig-A når gjennomsnittet av spennvidden FV-høy til FV-lav legges til grunn)

Rangeringen av lavenergialternativene i forhold til referansealternativet Bolig-A kan også leses ut fra Figur 6-20 til Figur 6-23. Av avgrensningssyn er resultatene fra CO₂-beregningene illustrert grafisk kun for hovedanalysen, mens resultatene fra de alternative analysene, beskrevet i kapittel 6.6, kun presenteres i tabellform.

Å skille mellom FV-høy og FV-lav er kun relevant for Bolig-A, siden det er kun romoppvarmingsbehovet dekket opp med fjernvarme som påvirkes av disse fjernvarmealternativene. Behovet for tappevann varmet opp med fjernvarme vurderes i forhold til energibærer benyttet i grunnlastproduksjonen, og denne er lik for FV-høy og FV-lav.

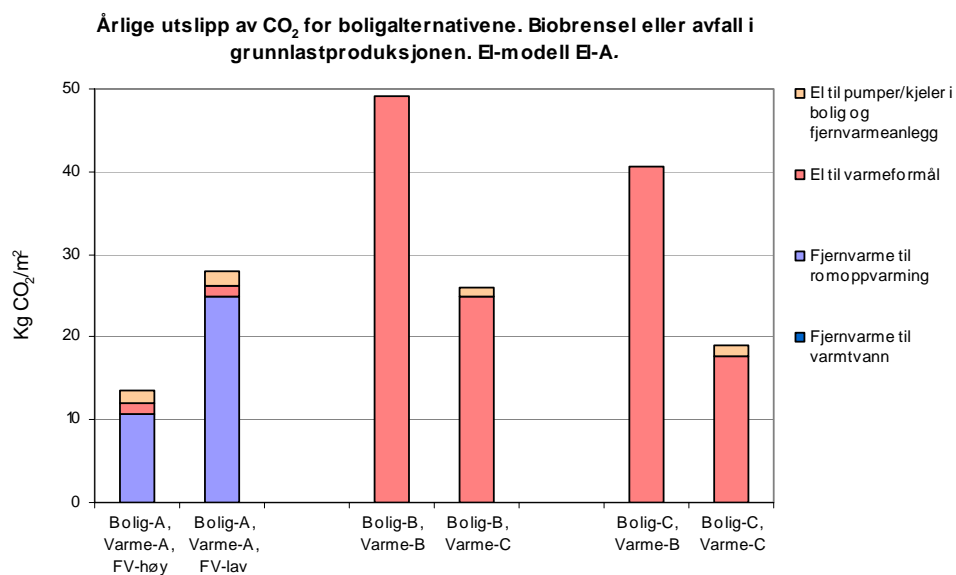
For oversiktens skyld gis en repetisjon av ulike begreper:

- Bolig-A (referansealternativ, antatt kravnivå i ny TEK), Bolig-B (laveste lavenergistandard), Bolig-C (høyeste lavenergistandard).
- Varme-A (fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming), Varme-B (elektrisitet til rom- og tappevannsoppvarming), Varme-C (fjernvarme til tappevannsoppvarming og elektrisitet til romoppvarming).
- El-A (elektrisitet produsert i kullkraftverk), El-B (elektrisitet produsert i gasskraftverk).
- FV-lav (fjernvarmealternativ med lav andel grunnlastproduksjon), FV-høy (fjernvarmealternativ med høy andel grunnlastproduksjon).

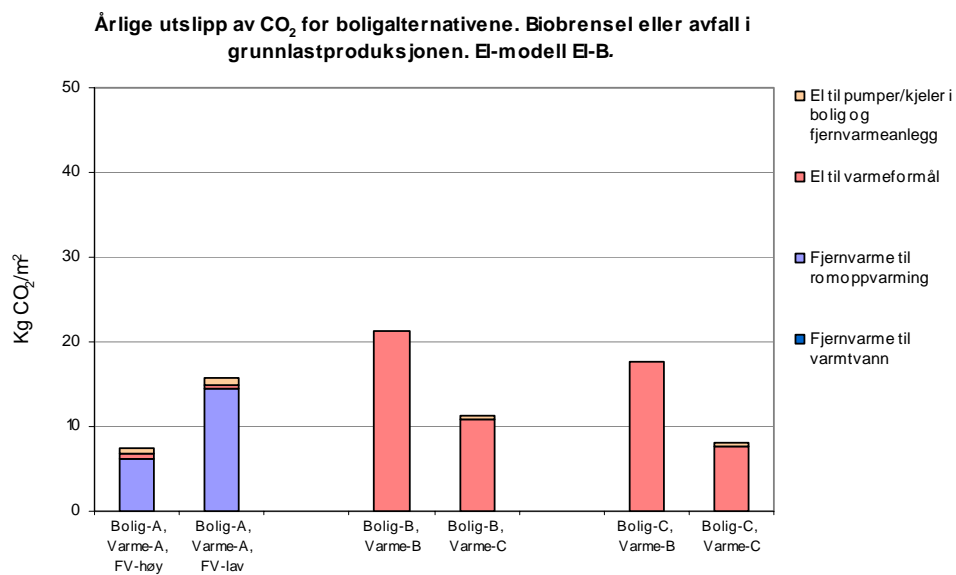
Beregnet utslipp av CO₂ for boligalternativene

Basert på energiberegningene beskrevet i kapittel 6.3.1, og CO₂-faktorer for elektrisitet og fjernvarme beskrevet i kapittel 5.4.4 og 6.4.5, er årlige utslipp av CO₂ for boligalternativene med tilhørende varmeløsninger beregnet. Resultatene er illustrert i Figur 6-20 til Figur 6-23, avhengig av type grunnlastproduksjon og el-modell.

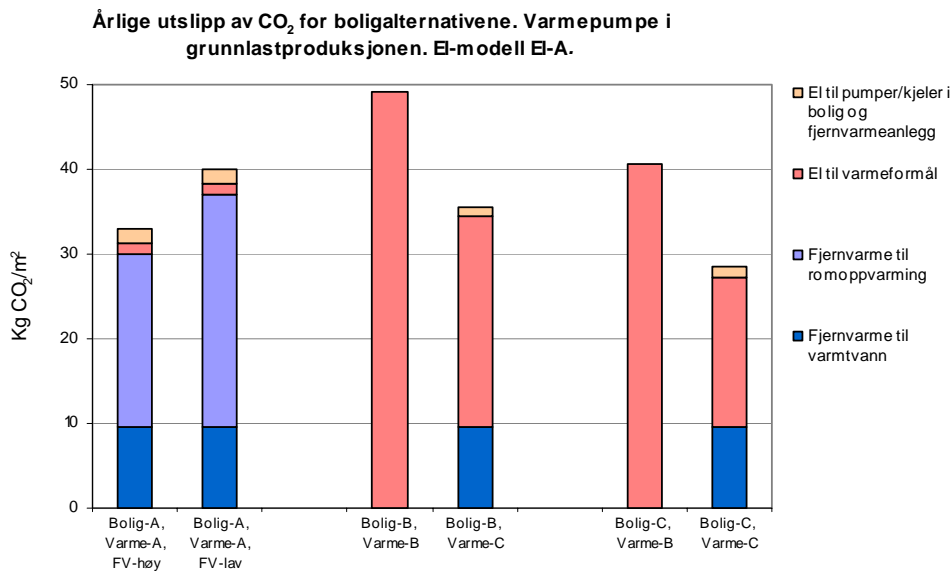
Det er benyttet samme skala i figurene for å lette sammenligningen. Tallverdiene i Figur 6-20 til Figur 6-23 er gitt i Tabell 6-18.



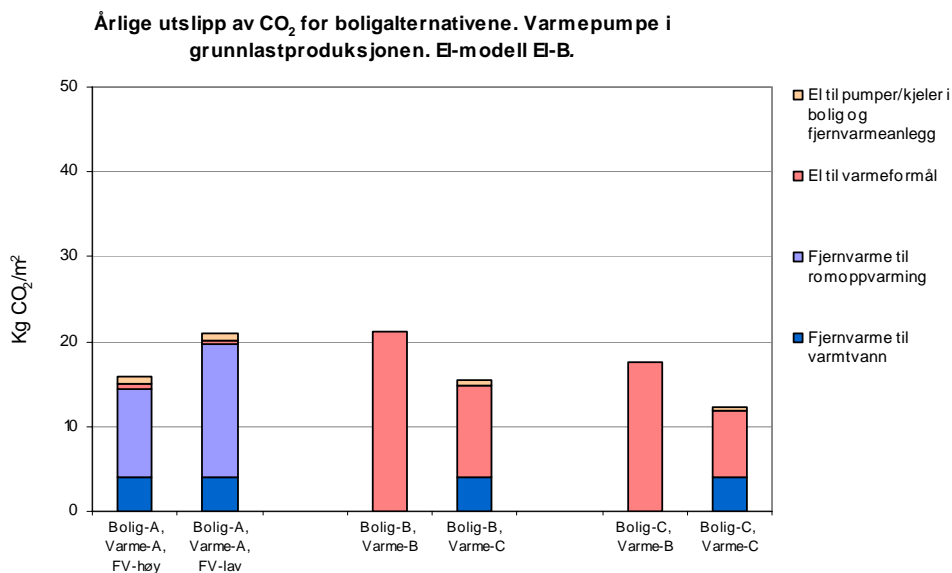
Figur 6-20 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til varformål i boligalternativene. Biobrensel eller avfall benyttet i grunnlastproduksjonen. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. El-modell E-A



Figur 6-21 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til varformål i boligalternativene. Biobrensel eller avfall benyttet i grunnlastproduksjonen. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. El-modell E-B



Figur 6-22 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til varformål i boligalternativene. Varmepumpe benyttet i grunnlastproduksjonen. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. El-modell E1-A



Figur 6-23 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til varformål i boligalternativene. Varmepumpe benyttet i grunnlastproduksjonen. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. El-modell E1-B

Tabell 6-18 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal og år. Oslo-klima

Boligalternativ	Grunnlast- produksjon, El-modell	Fjernvarme til varmtvann	Fjernvarme til rom- til oppvarming	El til varme- formål	El til pumper og kjeler	Sum
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	0,0	10,6	1,4	1,5	13,6
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	24,9	1,4	1,5	27,8
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	24,9	1,1	26,0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	17,8	1,1	18,9
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	0,0	6,1	0,6	0,7	7,4
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	14,4	0,6	0,7	15,7
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	10,8	0,5	11,3
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	7,7	0,5	8,2
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-A	9,5	20,4	1,4	1,5	32,9
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		9,5	27,4	1,4	1,5	39,9
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1
Bolig-B, Varme-C		9,5	0,0	24,9	1,1	35,5
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6
Bolig-C, Varme-C		9,5	0,0	17,8	1,1	28,4
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-B	4,1	10,4	0,6	0,7	15,8
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		4,1	15,5	0,6	0,7	20,9
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3
Bolig-B, Varme-C		4,1	0,0	10,8	0,5	15,4
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6
Bolig-C, Varme-C		4,1	0,0	7,7	0,5	12,3

I Tabell 6-19 er resultatene presentert i forhold til om utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C blir henholdsvis lavere, høyere, eller innenfor spennvidden eller lavere enn gjennomsnittet av spennvidden for Bolig-A, representert ved FV-lav og FV-

høy. Resultatene er gitt avhengig av el-modell, varmeløsning og type grunnlastproduksjon.

Tabell 6-19 Utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C sammenlignet med Bolig-A. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal og år.

Grunnlast-produksjon	El-modell	Bolig-A	Bolig-B, sammenlignet med Bolig-A		Bolig-C, sammenlignet med Bolig-A	
		Spennvidden FV-høy - FV-lav kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	13,6 – 27,8	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	7,4 – 15,7	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	32,9 – 39,9	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	15,8 – 20,9	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden

Fra Tabell 6-19 fremgår det at årlige utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål blir høyere for lavenergialternativene med helelektrisk oppvarming (Varme-B), enn for Bolig-A med bruk av fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming. Unntak gjelder for Bolig-C når varmpumpe benyttes i grunnlastproduksjonen og elektrisitet forutsettes produsert i gasskraftverk.

Dersom det benyttes fjernvarme til oppvarming av tappevann i lavenergialternativene (Varme-C), vil utslipp av CO₂ bli lavere enn for Bolig-A, eller lavere enn gjennomsnittet for Bolig-A. Unntak gjelder for Bolig-B når avfall eller biobrensel benyttes i grunnlastproduksjonen og elektrisitet forutsettes produsert i kullkraftverk.

6.6 Alternative analyser

Beregning av energibehov og utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål i boligalternativene med tilhørende varmeløsninger, beskrevet i de foregående kapitlene, er foretatt på grunnlag av en rekke forutsetninger; som brukervaner, virkningsgrader for varmeanlegg og kjeler i fjernvarmeproduksjonen, ventilasjonsluftmengder, bygningsform, osv. Dette er forhold som vil kunne variere, og som i varierende grad vil kunne påvirke resultatene fra energi- og CO₂-beregningene. En diskusjon av holdbarheten av resultatene fra hovedanalysen ved å foreta følsomhetsanalyser ved variasjon av alle disse forholdene, vil være et omfattende arbeid. Noen forhold vurderes imidlertid som svært viktige for

resultatene, og alternative analyser basert på følgende endrede forutsetninger er beskrevet i dette kapittelet:

- andre klima
- forenklete fjernvarmemodeller og annen produksjonsprofil over året for fjernvarmeproduksjonen
- annen referansestandard for boligalternativene
- kollektiv måling og avregning av fjernvarmeforbruket

Det er også sett på hvordan bruk av faktorer for CO₂-utslipp i hele energikjeden for aktuelle brensler og elektrisitet, gitt i informativt vedlegg til prEN 15203, påvirker beregningsresultatene.

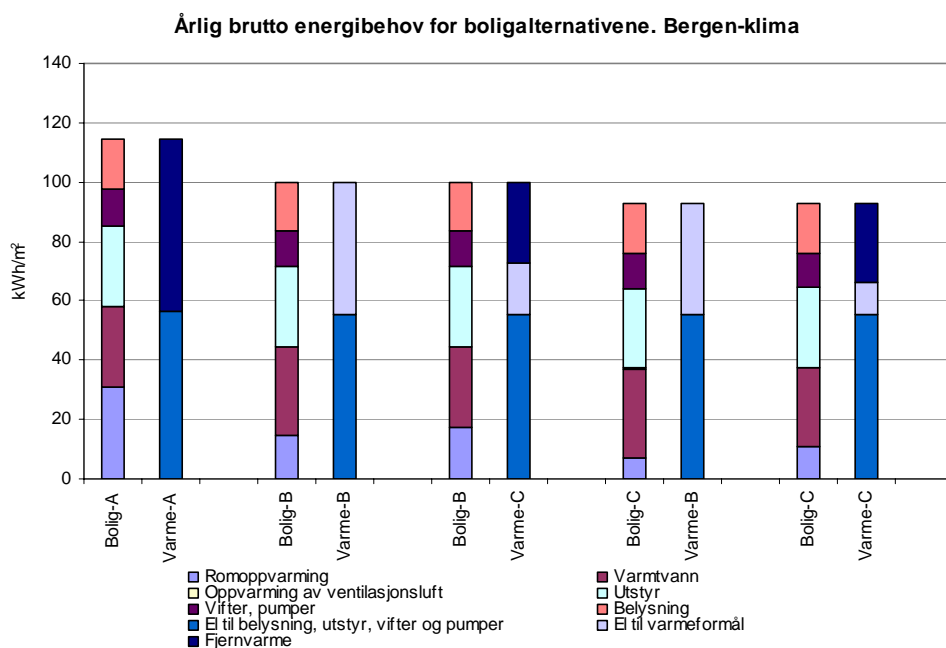
I tillegg er det foretatt beregninger av CO₂-utslipp for Bolig-C med varmeløsning Varme-A, det vil si med bruk av fjernvarme til både rom- og tappevannsoppvarming

Tallunderlag for alle figurer og tabeller for de alternative analysene er gitt i Vedlegg 3.

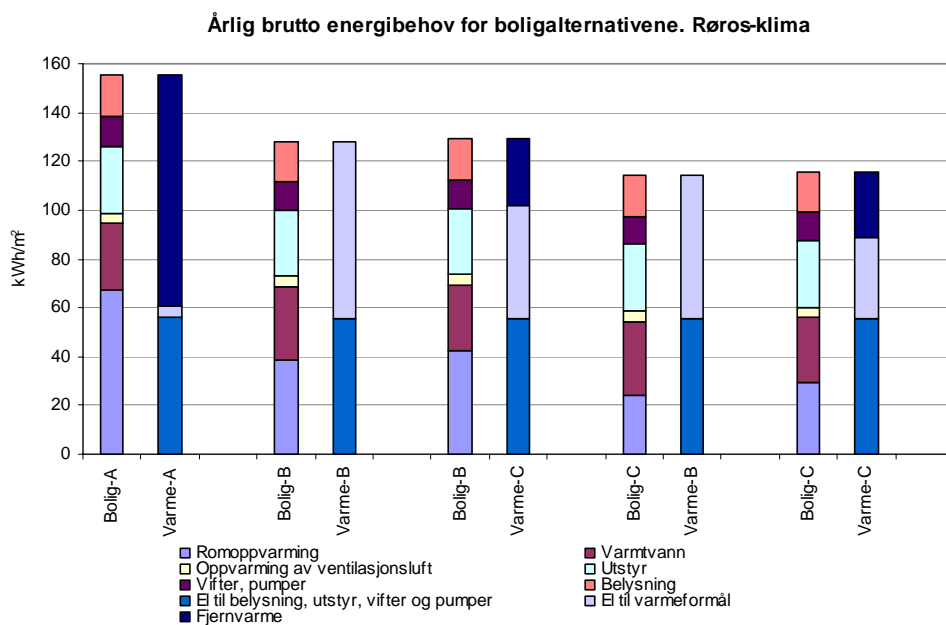
6.6.1 Andre klima

I hovedanalysen er alle energiberegninger og beregninger av CO₂-utslipp foretatt for Oslo-klima. Klima har betydning for romoppvarmingsbehovet i bygninger, og dermed også for utslipp av CO₂ knyttet til temperaturavhengig varmebehov. I dette kapittelet er det sett på om klima har betydning for rangeringen av lavenergialternativene sammenlignet med Bolig-A med hensyn til utslipp av CO₂. Alternative analyser er foretatt for Bergen- og Røros-klima, se nærmere beskrivelse av klima i kapittel 6.2.5.

Beregnet brutto energibehov for boligalternativene er illustrert i Figur 6-24 og Figur 6-25. I Tabell 6-20 er det vist til om CO₂-utslipp for Bolig-B og Bolig-C er høyere, lavere, eller innenfor spennvidden eller lavere enn gjennomsnittet av spennvidden for Bolig-A, representert ved FV-høy og FV-lav, og avhengig av el-modell, varmeløsning, type grunnlastproduksjon og klima.



Figur 6-24 Årlig spesifikt brutto energibehov for de ulike boligalternativene, fordelt på formål og behovet for elektrisitet eller fjernvarme. **Bergen-klima**



Figur 6-25 Årlig spesifikt brutto energibehov for de ulike boligalternativene, fordelt på formål og behovet for elektrisitet eller fjernvarme. **Røros-klima**

Tabell 6-20 Utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C sammenlignet med Bolig-A. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal og år. **Ulike klima**

Grunnlast- produksjon	El- modell	Bolig-A	Bolig-B, sammenlignet med Bolig-A		Bolig-C, sammenlignet med Bolig-A	
		Spennvidden FV-høy - FV-lav kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²
Oslo						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	13,6 – 27,8	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	7,4 – 15,7	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	32,9 – 39,9	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	15,8 – 20,9	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden
Bergen						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	8,9 – 19,1	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	4,9 – 10,8	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	25,4 – 30,5	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	12,1 – 15,7	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden
Røros						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	20,4 – 42,4	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	11,0 – 23,7	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	46,0 – 56,9	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	22,1 – 29,9	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden*	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden

Rangeringen av lavenergialternativene i forhold til Bolig-A, med gjennomsnittet for Bolig-A som referanse, vil med få unntak være lik for Oslo- Bergen og Røros-klima.

6.6.2 Forenklede fjernvarmemodeller og annen produksjonsprofil

Fjernvarmemodellen beskrevet i kapittel 6.4 er basert på at et fjernvarmeanlegg planlegges og dimensjoneres i forhold til omfanget og variasjonen av varmeetterspørselen. Dette innebærer at jevn etterspørsel over året dekkes opp med grunnlastproduksjon og at variabel etterspørsel dekkes opp med den resterende grunnlastkapasiteten, samt spisslastproduksjonen. Det er under beskrevet hvilke utslipp av CO₂ to forenklede fjernvarmemodeller gir sammenlignet med hovedmodellen beskrevet i kapittel 6.4.5. De forenklede fjernvarmemodellene er basert på henholdsvis månedsmiddel og årsmiddel for fjernvarmeproduksjonen. En månedsmiddelmodell innebærer at det benyttes en gjennomsnittlig CO₂-faktor for hele fjernvarmeproduksjonen de enkelte månedene. Det skilles dermed ikke mellom fast og variabel varmeetterspørsel. I årsmiddelmodellen benyttes en gjennomsnittlig CO₂-faktor for hele fjernvarmeproduksjonen i løpet av året. Det skilles dermed heller ikke her mellom fast og variabel varmeetterspørsel. Hensikten med å foreta beregninger med forenklede fjernvarmemodeller er å teste betydningen av detaljeringsgraden for hovedmodellen med henblikk på tilsvarende modellering av konkrete fjernvarmeanlegg i konkrete byggesaker.

For å teste ut i hvilken grad valg av produksjonsprofil¹ over året for fjernvarmeproduksjonen påvirker utslippene av CO₂ knyttet til bruk av fjernvarme, er det også benyttet en produksjonsprofil med større årsvariasjon. Denne produksjonsprofilen tilsvarer Hamar-regionen Fjernvarme (HRF) sin årsproduksjon i prognose for 2004, vist i Figur 6-15.

Forenklede fjernvarmemodeller

De forenklede fjernvarmemodellene er vurdert for både Oslo-, Bergen- og Røros-klima. I Tabell 6-21 til Tabell 6-23 er resultatene presentert i forhold til om utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C blir henholdsvis lavere, høyere, eller innenfor spennvidden eller lavere enn gjennomsnittet av spennvidden for Bolig-A, representert ved FV-lav og FV-høy, og avhengig av el-modell, varmeløsning, type grunnlastproduksjon og klima. For månedsmiddelmodellen og årsmiddelmodellen er det benyttet beregnede CO₂-faktorer gitt i Vedlegg 3.2.

¹ Tilsvarer etterspørselskurven over året

Tabell 6-21 Utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C sammenlignet med Bolig-A. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal og år. Vist for hovedmodell, månedsmiddelmodell og årsmiddelmodell. **Oslo-klima**

Grunnlast- produksjon	El- modell	Bolig-A	Bolig-B, sammenlignet med Bolig-A		Bolig-C, sammenlignet med Bolig-A	
		Spennvidden FV-høy - FV-lav kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²
Hovedmodell						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	13,6 – 27,8	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	7,4 – 15,7	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	32,9 – 39,9	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	15,8 – 20,9	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden
Månedsmiddelmodell						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	13,7 – 28,7	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden
	El-B (gasskraft)	7,5 – 16,1	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	32,9 – 40,3	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	15,8 – 21,2	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden
Årsmiddelmodell						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	12,7 – 27,4	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden
	El-B (gasskraft)	6,9 – 15,4	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	32,5 – 39,7	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	15,5 – 20,7	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden

Tabell 6-22 Utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C sammenlignet med Bolig-A. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. Vist for hovedmodell, månedsmiddelmodell og årsmiddelmodell. **Bergen-klima**

Grunnlast-produksjon	El-modell	Bolig-A	Bolig-B, sammenlignet med Bolig-A		Bolig-C, sammenlignet med Bolig-A	
		Spennvidden FV-høy - FV-lav kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²
Hovedmodell						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	8,9 – 19,1	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	4,9 – 10,8	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	25,4 – 30,5	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	12,1 – 15,7	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden
Månedsmiddelmodell						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	9,7 – 21,7	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	5,4 – 12,3	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	25,8 – 31,8	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	12,4 – 16,7	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden
Årsmiddelmodell						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	9,6 – 21,6	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	5,3 – 12,2	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	25,8 – 31,7	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	12,3 – 16,6	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden

Tabell 6-23 Utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C sammenlignet med Bolig-A. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal og år. Vist for hovedmodell, månedsmiddelmodell og årsmiddelmodell. **Røros-klima**

Grunnlast- produksjon	El- modell	Bolig-A	Bolig-B, sammenlignet med Bolig-A		Bolig-C, sammenlignet med Bolig-A	
		Spennvidden FV-høy - FV-lav kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²
Hovedmodell						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	20,4 – 42,4	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	11,0 – 23,7	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	46,0 – 56,9	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	22,1 – 29,9	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden*	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden
Månedsmiddelmodell						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	19,6 – 39,9	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden
	El-B (gasskraft)	10,5 – 22,2	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	45,6 – 55,7	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	21,8 – 29,0	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden*	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden
Årsmiddelmodell						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	18,8 – 38,4	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden
	El-B (gasskraft)	10,0 – 21,4	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	45,2 – 54,9	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	21,5 – 28,5	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden*	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden

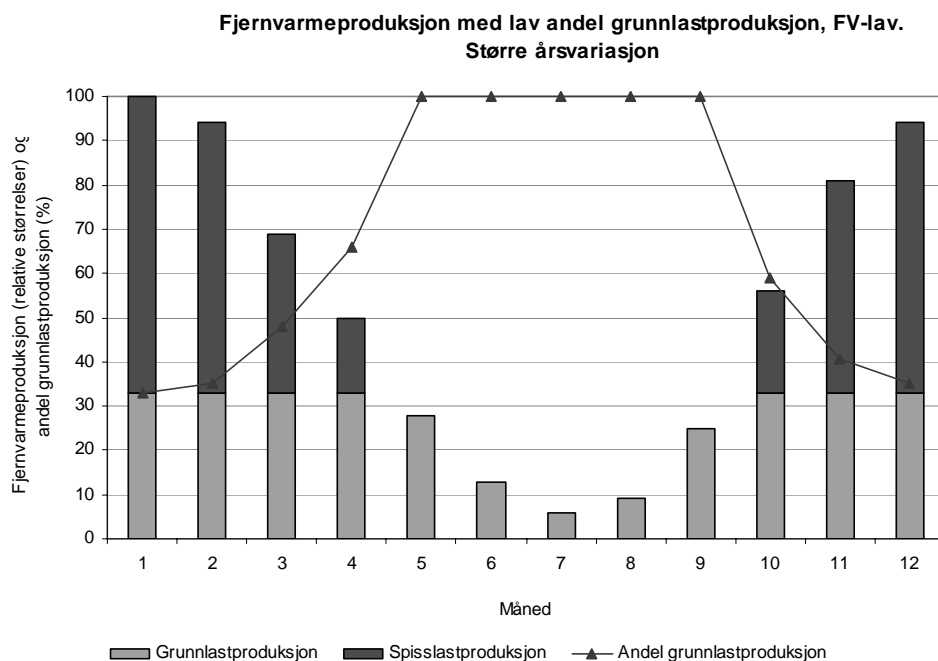
Bruk av forenklete fjernvarmemodeller i stedet for hovedmodellen vurderes å ha liten betydning for rangeringen av lavenergialternativene sammenlignet med Bolig-A, eller gjennomsnittet for Bolig-A. Ved mangel på informasjon nødvendig for modellering av fjernvarmemodell tilsvarende hovedmodellen, kan forenklete fjernvarmemodeller derfor benyttes med rimelig god nøyaktighet. Det bør

imidlertid tas hensyn til at forenklede modeller gir noe lavere utslipp av CO₂ enn ved bruk av hovedmodellen.

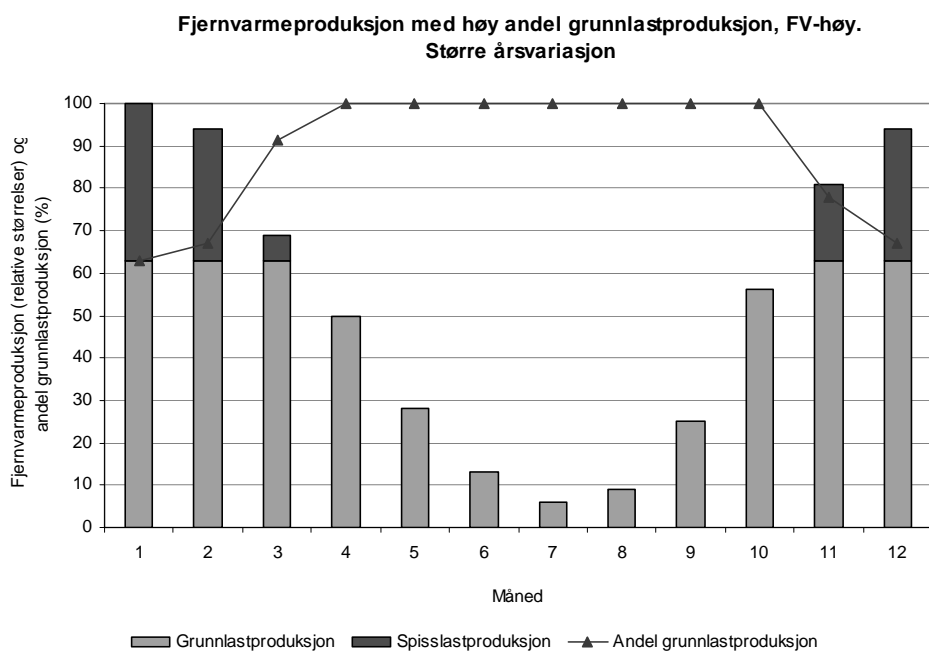
Produksjonsprofil med større årsvariasjon

I Figur 6-26 og Figur 6-27 er det vist en fjernvarmemodell med større variasjon av fjernvarmeproduksjonen over året, sammenlignet med hovedmodellen. Grunnlastproduksjonens andel av årsproduksjonen utgjør fortsatt 50 % for FV-lav og 80 % for FV-høy. Laveste månedsproduksjon sammenlignet med høyeste månedsproduksjon er nede i 6 %. Til sammenligning utgjør denne andelen 21 % for hovedmodellen. Produksjonsprofilen er basert på Hamar-regionen Fjernvarme (HRF) sin årsproduksjon i prognose for 2004, en produksjonsprofil som vil kunne være typisk for kalde innenlandsklima hvor varmeetterspørselen varierer i større grad enn for mildere klima. Fjernvarmemodellen med høyere årsvariasjon er allikevel vurdert for både Oslo-, Bergen-, og Røros-klima. For fjernvarmemodellen med større årsvariasjon er det benyttet beregnede CO₂-faktorer gitt i Vedlegg 3.2.

I Tabell 6-24 til Tabell 6-26 er resultatene fra CO₂-beregningene presentert i forhold til om utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C blir henholdsvis lavere, høyere, eller innenfor spennvidden eller lavere enn gjennomsnittet av spennvidden for Bolig-A, representert ved FV-lav og FV-høy, og avhengig av el-modell, varmeløsning, type grunnlastproduksjon og produksjonsprofil over året for fjernvarmeproduksjonen. Tallunderlag for tabellene er gitt i Vedlegg 3.2.



Figur 6-26 Fjernvarmeproduksjonen over året (relative verdier) og andel grunnlastproduksjon de enkelte månedene for FV-lav. Produksjonsprofil med større årsvariasjon.



Figur 6-27 Fjernvarmeproduksjonen over året (relative verdier) og andel grunnlastproduksjon de enkelte månedene for FV-høy. Produksjonsprofil med større årsvariasjon.

Tabell 6-24 Utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C sammenlignet med Bolig-A. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal og år. Vist for hovedmodell og modell med større årsvariasjon av fjernvarmeproduksjonen. **Oslo-klima**

Grunnlast- produksjon	El- modell	Bolig-A	Bolig-B, sammenlignet med Bolig-A		Bolig-C, sammenlignet med Bolig-A	
		Spennvidden FV-høy - FV-lav kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²
Hovedmodell						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	13,6 – 27,8	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	7,4 – 15,7	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	32,9 – 39,9	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	15,8 – 20,9	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden
Produksjonsprofil med større årsvariasjon						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	10,9 – 22,1	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden
	El-B (gasskraft)	5,9 – 12,3	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	31,6 – 37,1	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	14,8 – 18,8	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden

Tabell 6-25 Utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C sammenlignet med Bolig-A. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal og år. Vist for hovedmodell og modell med større årsvariasjon av fjernvarmeproduksjonen. **Bergen-klima**

Grunnlast-produksjon	El-modell	Bolig-A	Bolig-B, sammenlignet med Bolig-A		Bolig-C, sammenlignet med Bolig-A	
		Spennvidden FV-høy - FV-lav kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²
Hovedmodell						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	8,9 – 19,1	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	4,9 – 10,8	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	25,4 – 30,5	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	12,1 – 15,7	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden
Produksjonsprofil med større årsvariasjon						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	7,0 – 15,0	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	3,8 – 8,4	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	24,5 – 28,4	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	11,4 – 14,3	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden

Tabell 6-26 Utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C sammenlignet med Bolig-A. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal og år. Vist for hovedmodell og modell med større årsvariasjon av fjernvarmeproduksjonen. **Røros-klima**

Grunnlast-produksjon	El-modell	Bolig-A	Bolig-B, sammenlignet med Bolig-A		Bolig-C, sammenlignet med Bolig-A	
		Spennvidden FV-høy - FV-lav kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²
Hovedmodell						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	20,4 – 42,4	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	11,0 – 23,7	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	46,0 – 56,9	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	22,1 – 29,9	Innenfor spennvidden	Innenfor spennvidden*	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden
Produksjonsprofil med større årsvariasjon						
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	17,1 – 32,9	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden
	El-B (gasskraft)	9,1 – 18,2	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	45,0 – 52,8	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	21,1 – 26,8	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden

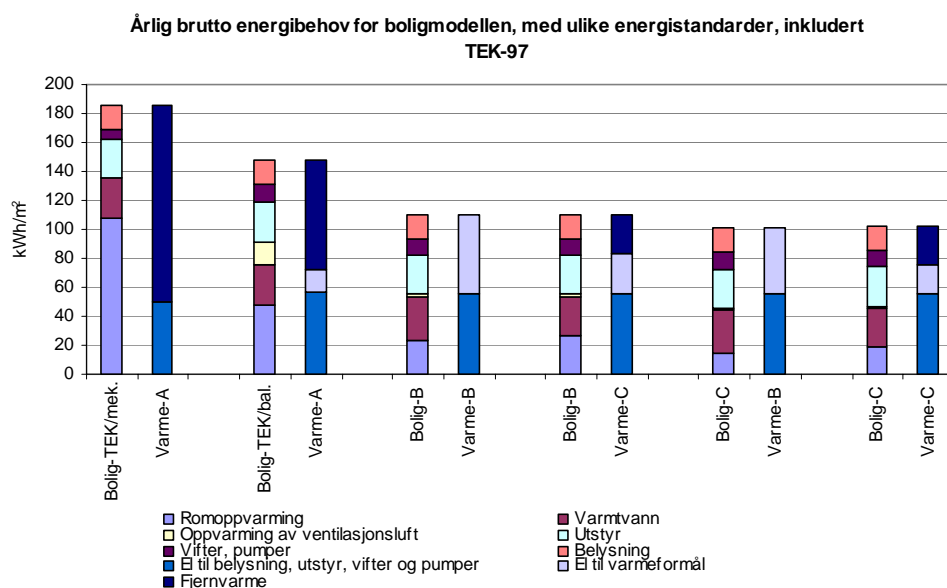
Sammenlignet med hovedmodellen vil en fjernvarmemodell med større årsvariasjon og med samme andel grunnlastproduksjon i forhold til den totale fjernvarmeproduksjonen over året, bidra til lavere CO₂-utslipp knyttet til den variable varmeproduksjonen. Dette skyldes at grunnlastproduksjonen utgjør en større andel av den variable fjernvarmeproduksjonen når skillet mellom fast og variabel fjernvarmeproduksjon legges lavere. Dette innebærer at lavenergialternativene med elektrisk oppvarming vil bidra med høyere utslipp av CO₂ enn Bolig-A, sammenlignet med når en produksjonsprofil med mindre årsvariasjon legges til grunn. Rangeringen mellom lavenergialternativene med helelektrisk oppvarming og gjennomsnittet for Bolig-A endres allikevel ikke vesentlig sammenlignet med rangeringen ved bruk av produksjonsprofilen lagt til grunn i hovedmodellen.

Når fjernvarme benyttes til oppvarming av tappevann i lavenergialternativene, er endringen noe større. Dette innebærer at lavenergialternativene i mindre grad vil bidra til lavere utslipp enn Bolig-A, eller lavere enn gjennomsnittet for Bolig-A, enn når bruk av en flatere produksjonsprofil for fjernvarmeproduksjonen legges til grunn.

6.6.3 TEK-97 som referansestandard

Det er også foretatt energi- og CO₂-beregninger for et referansealternativ i henhold til minstekravene i gjeldende tekniske forskrifter fra 1997 (TEK). Det stilles i TEK ikke krav til varmegjenvinning i nye boliger, men balansert ventilasjon med varmegjenvinning er etter hvert mye benyttet i nye boligblokker. For Bolig-TEK er det derfor foretatt to alternative energiberegninger, det vil si med henholdsvis mekanisk avtrekksventilasjon og balansert ventilasjon med varmegjenvinning. I de byggeprosjektene som er beskrevet i kapittel 4, var standard i henhold til TEK alternativet til den lavenergistandarden som i utgangspunktet var planlagt. Det presiseres at nivået for "lavenergistandard" for disse boligprosjektene ikke nødvendigvis tilsvarte Bolig-B eller Bolig-C.

For Bolig-TEK er det forutsatt bruk av varmealternativ Varme-A, det vil si fjernvarme til både romoppvarming og oppvarming av tappevann. Varmeisolasjon i yttervegger og tak er forutsatt likt som for Bolig-A, mens U-verdi for gulvet, inkludert grunnen, er satt lik 0,15 W/m²K. U-verdier for vinduer og dører er satt lik 1,6 W/m²K. For Bolig-TEK med mekanisk avtrekksventilasjon er SFP satt lik 1,3 kW/(m³/s), se nærmere beskrivelse i kapittel 6.2.3. For Bolig-TEK med balansert ventilasjon er det forutsatt en gjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinneren lik 60 %, og at det benyttes sentralt anlegg med ettervarming av ventilasjonsluften basert på fjernvarme. Øvrige forutsetninger med betydning for energibehovet er som for Bolig-A. I Figur 6-28 er energibehovet illustrert for Bolig-TEK med henholdsvis mekanisk avtrekksventilasjon (Bolig-TEK/mek) og balansert ventilasjon (Bolig-TEK/bal), samt for lavenergialternativene. Beregningene er foretatt for Oslo-klima.



Figur 6-28 Årlig spesifikt brutto energibehov, fordelt på formål og behovet for elektrisitet eller fjernvarme i boligalternativene. Bolig-TEK med henholdsvis mekanisk avtrekksventilasjon og balansert ventilasjon med varmegjenvinning. Oslo-klima.

I Tabell 6-27 og Tabell 6-28 er resultatene presentert i forhold til om utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C blir henholdsvis lavere, høyere, eller innenfor spennvidden eller lavere enn gjennomsnittet av spennvidden for Bolig-TEK, representert ved FV-lav og FV-høy, og avhengig av el-modell, varmeløsning og type grunnlastproduksjon. Utslippstallene, som danner grunnlaget for tabellene, er vist i Vedlegg 3.3.

Tabell 6-27 Utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C sammenlignet med Bolig-TEK med mekanisk avtrekksventilasjon. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal og år. Oslo-klima.

Grunnlast-produksjon	El-modell	Bolig-TEK/mek	Bolig-B, sammenlignet med Bolig-TEK/mek		Bolig-C, sammenlignet med Bolig-TEK/mek	
		Spennvidden FV-høy - FV-lav kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	26,3 – 62,0	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	14,9 – 35,5	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	61,3 – 79,0	Lavere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	30,0 – 42,9	Lavere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden

Tabell 6-28 Utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C sammenlignet med Bolig-TEK med balansert ventilasjon med varmegjenvinning. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal og år. Oslo-klima

Grunnlast-produksjon	El-modell	Bolig-TEK/bal Spennvidden FV-høy - FV-lav kg CO ₂ /m ²	Bolig-B, sammenlignet med Bolig-TEK/bal		Bolig-C, sammenlignet med Bolig-TEK/bal	
			Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	26,6 – 40,9	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	13,2 – 21,4	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	49,3 – 55,7	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	23,0 – 27,8	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden

Mekanisk avtrekksventilasjon

Som ventet øker utslippene av CO₂ for Bolig-TEK sammenlignet med Bolig-A som følge av lavere energistandard. Dersom det benyttes mekanisk avtrekksventilasjon, vil lavenergialternativene bidra med lavere utslipp av CO₂ enn referansealternativet, eller lavere enn gjennomsnittet for referansealternativet. Unntak gjelder for Bolig-B og med helelektrisk oppvarming (Varme-B) når avfall eller biobrensel benyttes i fjernvarmeproduksjonen og elektrisitet forutsettes produsert i kullkraftanlegg.

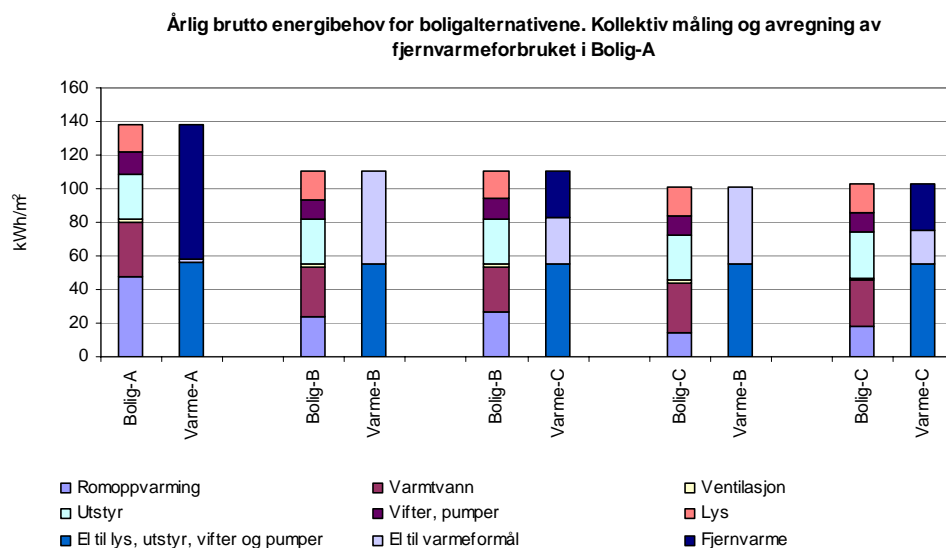
Balansert ventilasjon med varmegjenvinning

Når det forutsettes balansert ventilasjon med varmegjenvinning, vil lavenergialternativene med helelektrisk oppvarming bidra med lavere utslipp enn referansealternativet, eller lavere enn gjennomsnittet for referansealternativet, kun når det benyttes varmpumpe i grunnlastproduksjonen. Unntak gjelder Bolig-B når elektrisitet forutsettes produsert i kullkraftverk. Ved bruk av fjernvarme til oppvarming av tappevann vil lavenergialternativene bidra med lavere utslipp enn referansealternativet, eller lavere enn gjennomsnittet for referansealternativet.

6.6.4 Kollektiv måling og avregning av fjernvarmeforbruk

Som beskrevet i kapittel 6.2.4 kan energibruken til rom- og tappevannsoppvarming forventes å øke dersom brukerne blir avregnet kollektivt, sammenlignet med individuell avregning. I hovedanalysen er det forutsatt individuell måling og avregning av varmeforbruket i alle boligalternativene. Dersom det i stedet forutsettes at energibehovet til romoppvarming og oppvarming av tappevann øker med henholdsvis 10 og 20 % ved kollektiv måling og avregning av fjernvarmeforbruket, blir energibehovet i boligalternativene som vist i Figur 6-29. For Bolig-B og Bolig-C er det forutsatt at lavenergikonseptet omfatter individuell

avregning av fjernvarmeforbruket når det benyttes fjernvarme til oppvarming av tappevann. Beregningene er foretatt for Oslo-klima.



Figur 6-29 Årlig spesifikt brutto energibehov, fordelt på formål og behovet for elektrisitet eller fjernvarme for de ulike boligalternativene. Kollektiv avregning av fjernvarmeforbruket i Bolig-A.

I Tabell 6-29 er resultatene presentert i forhold til om utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C blir henholdsvis lavere, høyere, eller innenfor spennvidden eller lavere enn gjennomsnittet av spennvidden for Bolig-A, representert ved FV-lav og FV-høy, og avhengig av el-modell, varmeløsning og type grunnlastproduksjon. Utslippstallene, som danner grunnlaget for tabellene, er vist i Vedlegg 3.4.

Tabell 6-29 Utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C sammenlignet med Bolig-A. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal og år. Kollektiv måling og avregning av fjernvarmeforbruket i Bolig-A. Oslo-klima

Grunnlastproduksjon	El-modell	Bolig-A	Bolig-B, sammenlignet med Bolig-A		Bolig-C, sammenlignet med Bolig-A	
		Spennvidden FV-høy - FV-lav kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²
Avfall eller biobrensel	El-A (kullkraft)	14,7 – 30,3	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
	El-B (gasskraft)	8,1 – 17,1	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	El-A (kullkraft)	36,8 – 44,6	Høyere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Lavere enn spennvidden
	El-B (gasskraft)	17,6 – 23,3	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden	Lavere enn spennvidden

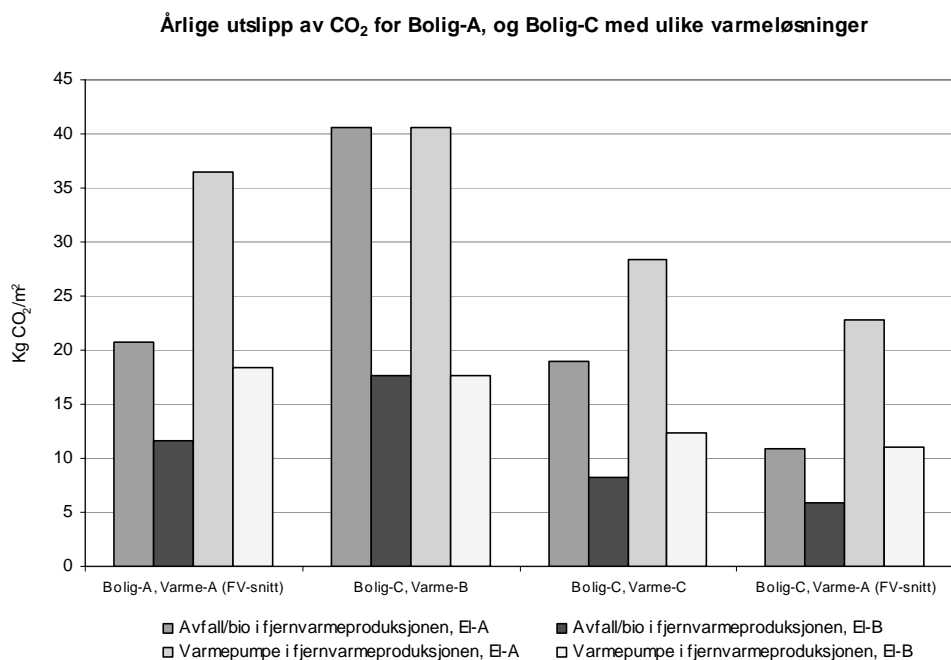
Som forventet vil CO₂-utslippene knyttet til fjernvarmeforbruket i Bolig-A øke når det forutsettes økt energibruk ved kollektiv måling og avregning av fjernvarmeforbruket. Økte utslipp for Bolig-A medfører at Bolig-C med helelektrisk oppvarming (Varme-B) nå vil bidra med lavere utslipp enn gjennomsnittet for Bolig-A når det benyttes varmepumpe i fjernvarmeproduksjonen.

6.6.5 Bolig-C med fjernvarme til romoppvarming

I avhandlingen har det vært et mål å vise hva utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål vil utgjøre dersom det bygges lavenergiboliger med elektrisk oppvarming i stedet for boliger med antatt ny alminnelig energistandard og med bruk av fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming. Denne problemstillingen har sin bakgrunn i konkrete byggeprosjekter hvor lavenergiboliger med elektrisk oppvarming har vært trukket fram som alternativ til ”vanlige” boliger tilknyttet fjernvarmeanlegg. Boligutbyggere i dag kan generelt sies å være mindre interessert i å investere i vannbaserte varmeanlegg i boliger med lavt varmebehov. Dersom det i fremtiden kommer mer kostnadseffektive vannbaserte varmeanlegg på markedet, eller at andre insentiver eller eventuelle krav, som gjør det aktuelt å investere i både vannbaserte varmeanlegg og lavenergistandard, vil bygging av lavenergiboliger i områder med fjernvarmekonsesjon kunne bli mer aktuelt. Det er på bakgrunn av denne problemstillingen foretatt beregninger av CO₂-utslipp for Bolig-C med varmeløsning Varme-A, det vil si med bruk av fjernvarme til både romoppvarming og oppvarming av tappevann. Utslipp av CO₂ for Bolig-C med denne varmeløsningen er vist i Figur 6-30. Figuren viser også utslipp for Bolig-A med samme varmeløsning, og for Bolig-C med helelektrisk oppvarming (Varme-B) og med bruk av fjernvarme til oppvarming av tappevann (Varme-C). For varmeløsning Varme-A er et gjennomsnitt for FV-lav og FV-høy lagt til grunn (FV-snitt).

Ikke uventet vil en kombinasjon av lavenergistandard og bruk av fjernvarme til både rom- og tappevannsoppvarming bidra til lavere utslipp enn for de øvrige beregningsalternativene. Dersom alle nye boliger de neste 20 årene ble utført med tilsvarende energistandard som Bolig-C og med bruk av fjernvarme til både rom- og tappevannsoppvarming (Varme-A), ville årlige¹ utslipp etter 20 år blitt cirka mellom 0,4 og 1,7 millioner tonn CO₂ lavere, avhengig av el-modell og type grunnlastproduksjon, enn om det ble benyttet elektrisitet til alle varmeformål (Varme-B) i tilsvarende boligmasse. Til sammenligning utgjorde de totale nasjonale utslippene av CO₂ i 2004 cirka 55 millioner tonn. Betydningen av bruk av fjernvarme i lavenergiboliger fremfor bruk av elektrisitet innebærer dermed en reduksjon av årlige CO₂-utslipp etter 20 år tilsvarende mellom 1 og 3 % av de nasjonale utslippene i 2004, forutsatt at alle nye boliger ble bygget i henhold til energistandarden for Bolig-C.

¹ Forutsatt 2,8 millioner m² nytt boligareal per år.



Figur 6-30 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål i Bolig-A, og i Bolig-C med ulike varmeløsninger. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. Oslo-klima

6.6.6 Utslipp av CO₂ i energikjeder i henhold til prEN 15203

Som diskutert i kapittel 3.6, avviker tall for utslipp av CO₂ i hele energikjeden for enkelte brenslere i utkastet til ny CEN-standard, prEN 15203, vesentlig fra tilsvarende tall i norske LCA-studier. Inntil det er utarbeidet et eget nasjonalt vedlegg til denne standarden, med nasjonale verdier for CO₂-utslipp i energikjeden for ulike brenslere og elektrisitet, vil verdiene i prEN 15203 kunne bli lagt til grunn i analyser av miljøbelastninger knyttet til energiforsyningen til nye boliger. Det er derfor foretatt en vurdering av hvilken betydning bruk av disse verdiene har for CO₂-utslippene knyttet til varmeformål i boligalternativene i avhandlingen. Beregningene er foretatt for Oslo-klima.

I Tabell 6-30 er verdier for utslipp av CO₂ for fyringsolje, biobrensel og elektrisitet fra Vedlegg F i prEN 15203 gjengitt. Tabellen viser også utslipp av CO₂ når det tas hensyn til årsvirkningsgrader for kjeler i fjernvarmeproduksjonen og tap i fjernvarmenettet, tilsvarende som i hovedanalysen. I tillegg kommer utslipp som følge av drift av kjeler og sirkulasjonspumper, som utgjør 6 gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. I parentes i tabellen er det vist verdier for CO₂-utslipp benyttet i hovedanalysen. Det vises forøvrig til Vedlegg 5 (i avhandlingen), hvor det er vist til verdier for CO₂-utslipp i energikjeden for en rekke ulike energibærere, basert på

norske og svenske LCA-studier. Det vises også til kapittel 5.5, hvor tillegg til beregnede CO₂-faktorer for utslipp i hele energikjeden er diskutert.

Tabell 6-30 CO₂-faktorer for fjernvarme og elektrisitet. Kilde utslipp per kWh brensel: prEn 15203

Brensler og elektrisitet	Utslipp av CO ₂ , gram per kWh brensel	Utslipp av CO ₂ , gram per kWh levert fjernvarme eller elektrisitet
Biobrensler	18 (0)	23 (0)
Fyringsoljer	375 (274)	485 (322)
Elektrisitet til fjernvarme	520 ¹ (355 gass / 820 kull)	602 (446 gass / 1031 kull)
Elektrisitet direkte	520 ¹ (355 gass / 820 kull)	520 (386 gass / 891 kull)

¹ Det er forutsatt at verdien gitt i prEN 15203 inkluderer tap ved overføring i elektrisitetsnett

Ved beregning av utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål i boligalternativene, er det benyttet samme metode som i hovedanalysen, og med verdier gitt i Tabell 6-30. Det er i Vedlegg F i prEn 15203 ikke gitt noen verdier for avfall, og fjernvarmeproduksjon i avfallsforbrenningsanlegg er derfor sett bort fra i denne alternative analysen.

I Tabell 6-31 er resultatene presentert i forhold til om utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C blir henholdsvis lavere, høyere, eller innenfor spennvidden eller lavere enn gjennomsnittet av spennvidden for Bolig-A, representert ved FV-lav og FV-høy, og avhengig av varmeløsning og type grunnlastproduksjon. Utslippstallene, som danner grunnlaget for tabellen, er vist i Vedlegg 3.6.

Tabell 6-31 Utslipp av CO₂ for Bolig-B og Bolig-C sammenlignet med Bolig-A. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal og år. Utslipp i energikjeder i henhold til prEN 15203. Oslo-klima

Grunnlast- produksjon	Bolig-A	Bolig-B, sammenlignet med Bolig-A		Bolig-C, sammenlignet med Bolig-A	
	Spennvidden FV-høy - FV-lav kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²	Varme-B kg CO ₂ /m ²	Varme-C kg CO ₂ /m ²
Biobrensel	12,5 – 24,2	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*
Varmepumpe	25,4 – 32,3	Høyere enn spennvidden	Innenfor spennvidden*	Innenfor spennvidden	Lavere enn spennvidden

Rangeringen av lavenergialternativene sammenlignet med Bolig-A blir med utslipp i hele energikjeden, og i henhold til prEn 15203, generelt som for hovedanalysen.

6.7 Diskusjon

Det årlige energibehovet i Bolig-A er ikke mer enn 18 og 28 kWh/m² høyere enn i henholdsvis Bolig-B og Bolig-C. Dersom dagens alminnelige energistandard i nye boliger hadde vært lagt til grunn for Bolig-A, ville differansen ha blitt langt høyere, det vil si ytterligere 20 til 60 kWh/m². Energistandarden for Bolig-A kan betraktes å representere en mellomstandard mellom dagens alminnelige energistandard i nye boliger og lavenergi standard.

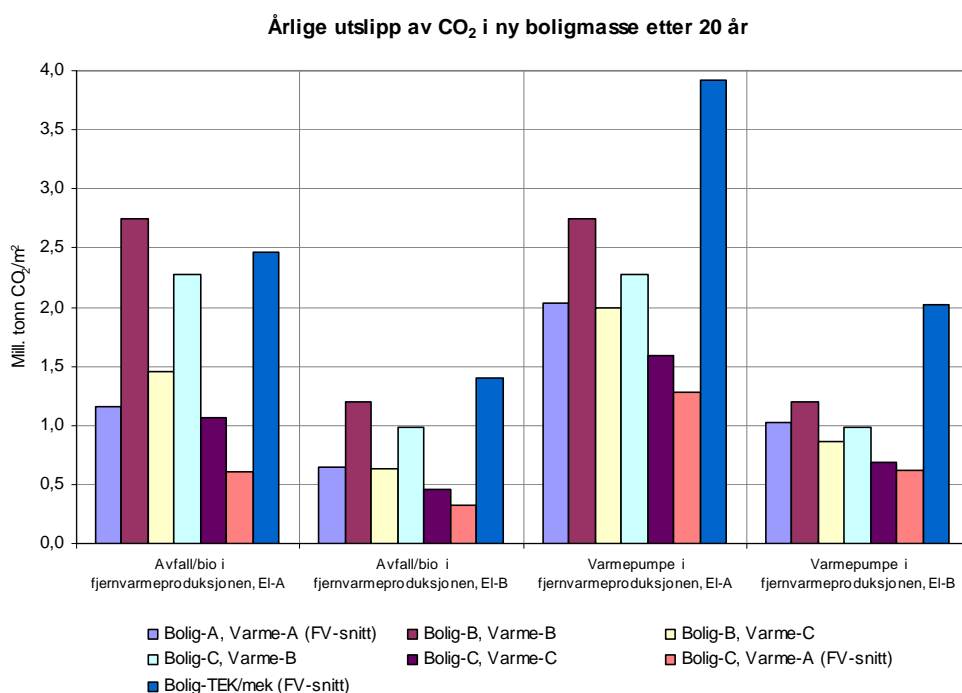
Basert på de forutsetningene som er lagt til grunn for boligalternativene, fjernvarmealternativene og el-modellene, medfører resultatene fra analysene følgende generelle konklusjoner:

- Ved bruk av elektrisitet til alle varmeformål i lavenergi alternativene Bolig-B og Bolig-C, vil årlige utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål generelt bli høyere for disse boligene enn for referansealternativet Bolig-A, eller høyere enn gjennomsnittet for Bolig-A når gjennomsnittet av spennvidden FV-høy til FV-lav legges til grunn for fjernvarmeproduksjonen.
- Dersom det benyttes fjernvarme til oppvarming av tappevann i lavenergi alternativene, vil årlige utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål for disse boligene generelt bli lavere enn for Bolig-A, eller lavere enn gjennomsnittet for Bolig-A.
- Når det forutsettes at referansestandardene tilsvare minstestandard etter gjeldene tekniske forskrifter (Bolig-TEK), og med mekanisk avtrekksventilasjon uten varmegjenvinning samt bruk av fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming, vil lavenergi alternativene generelt bidra med lavere utslipp enn referansealternativet, eller lavere enn gjennomsnittet for referansealternativet. Denne konklusjonen gjelder også når det benyttes elektrisitet til alle varmeformål i lavenergi alternativene.
- Dersom det benyttes balansert ventilasjon med varmegjenvinning i det samme referansealternativet (Bolig-TEK), og med ettervarming av ventilasjonsluften basert på fjernvarme, vil lavenergi alternativene med helelektrisk oppvarming bidra med lavere utslipp enn referansealternativet, eller lavere enn gjennomsnittet for referansealternativet, kun når det benyttes varmepumpe i grunnlastproduksjonen. Dersom det benyttes fjernvarme til oppvarming av tappevann i lavenergi alternativene, vil disse boligene bidra med lavere utslipp enn referansealternativet, eller lavere enn gjennomsnittet for referansealternativet.

Det vil imidlertid kunne være unntak fra disse konklusjonene, avhengig av el-modell, type grunnlastproduksjon, klima, type måling og avregning av fjernvarme forbruket, samt produksjonsprofil over året for fjernvarmeproduksjonen.

For å få et perspektiv på hva utslippene fra de ulike boligalternativene med tilhørende varmeløsninger utgjør på nasjonalt nivå over tid, er utslipp i ny boligmasse etter 20 år beregnet. Det er i disse beregningene forutsatt at de ulike

boligalternativene representerer ny boligmasse bygget i denne perioden. Årlige utslipp av CO₂ i ny boligmasse etter 20 år er illustrert i Figur 6-31. Nytt årlig boligareal på 2,8 millioner kvadratmeter er lagt til grunn, se forøvrig kapittel 6.3.2. For fjernvarmeproduksjonen er det benyttet et gjennomsnitt for FV-lav og FV-høy, som tilsvarer gjennomsnittet av den norske fjernvarmeproduksjonen når det gjelder andel grunnlastproduksjon i forhold til den totale fjernvarmeproduksjonen over året. Det er for sammenligningens skyld også vist utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål dersom ny boligmasse ble bygget i henhold til minstekravene i gjeldende tekniske forskrifter. De nasjonale utslippene av CO₂ i 2004 utgjorde cirka 55 millioner tonn, som er cirka fem millioner tonn for høyt i forhold til Norges Kyoto-forpliktelser, se også Figur 5-10. I dette perspektivet vil utslipp knyttet til varmeformål i ny boligmasse etter 20 år, slik vist i Figur 6-31, representere et ikke uvesentlig bidrag til klimagassutslippene, enten utslipp skjer nasjonalt eller indirekte i andre land. Differansen i utslipp mellom Bolig-A med fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming (Varme-A) og Bolig-C med helelektrisk oppvarming (Varme-B) blir imidlertid mindre, og vil utgjøre mellom 0 og 1,1 millioner tonn, avhengig av type grunnlastproduksjon og el-modell. Denne differansen i utslipp tilsvarer mellom 0 og 2 % av de nasjonale utslippene i 2004. Tilsvarende differanser mellom Bolig-A og Bolig-B med helelektrisk oppvarming utgjør mellom 0,3 og 2,9 %.



Figur 6-31 Utslipp av CO₂ etter 20 år dersom all ny boligmasse ble bygget i henhold til de ulike boligalternativene med tilhørende varmeløsninger.

Når det gjelder økt behov for elektrisk effekt som følge av varmebehov i ny boligmasse, er differansen mellom Bolig-A og lavenergialternativene større. Ny boligmasse med energistandard tilsvarende Bolig-B eller Bolig-C og med elektrisitet til alle varmeformål, vil medføre økt behov for elektrisk effekt i størrelsesorden 1000 til 1200 MW etter 20 år, sammenlignet med ny boligmasse tilsvarende Bolig-A og med bruk av fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming. Dette økte effektbehovet tilsvarer rundt 5 % av dagens effektkapasitet i elektrisitetsforsyningen.

Resultatene fra energi-, effekt- og CO₂-beregningene gjelder for den boligutforming, energistandard og energiforsyning som er forutsatt i avhandlingen. Resultatene i hovedanalysen er testet ut i forhold til klima, fjernvarmemodell, annen referansestandard, økt varmeforbruk som følge av kollektiv måling og avregning av fjernvarmeforbruket, samt annen produksjonsprofil over året for fjernvarmeproduksjonen. Rekken av tilleggsanalyser kunne vært mye lengre, eksempelvis ved å variere forhold med betydning for varmebehovet; som internlast og brukervaner, boligtype og boligutforming, virkningsgrader for varmeanlegg og energiforsyningen, sammensetning av energibærere i spisslastproduksjonen osv. Det er imidlertid ikke praktisk hensiktsmessig å teste resultatene ut fra kombinasjoner av alle disse variablene. Resultatene i avhandlingen bør derfor betraktes som veiledende for den problemstillingen som er belyst, og det er først i en konkret byggesak, med aktuelle data for bygningstype, bygningsutforming, energistandard, fjernvarmeanlegg osv at endelige utslippstall vil kunne beregnes. Konklusjonene fra analysene vil imidlertid kunne benyttes som retningslinjer dersom ikke egne analyser for konkrete prosjekter foreligger. En forutsetning er at det aktuelle fjernvarmeanlegget ikke avviker vesentlig fra spennet mellom de fjernvarmealternativene som er lagt til grunn for konklusjonene, og at lavenergiboligene har en energistandard innenfor spennvidden mellom Bolig-B og Bolig-C. En forutsetning er i tillegg at skjerpede krav i tekniske forskrifter fra 2007 ikke avviker vesentlig fra den energistandarden som er lagt til grunn for referansestandardene i avhandlingen.

Boligblokker med Passivhus-standard vil i årene fremover kunne se dagens lys i Norge. Denne energistandarden er ikke lagt til grunn for analysene i avhandlingen. I Passivhus-boliger vil energibehovet til varmeformål være lavere enn for Bolig-C, og utslippene for slike boliger vil derfor også i større grad enn for Bolig-C kunne bli lavere enn for boliger tilsvarende Bolig-A.

Varmepumper i fjernvarmeproduksjonen benyttes ofte også til fjernkjøling, og vil på denne måten bidra til å redusere behovet for elektrisitet til mekanisk kjøling. Denne sideeffekten av varmpumper er sett bort fra i avhandlingen, men bør inngå i en vurdering av miljøbelastningene knyttet til fjernvarmeproduksjonen ved tilsvarende analyser som foretatt i avhandlingen. I denne sammenhengen bør det imidlertid tas hensyn til at romoppvarmingsbehovet i nye boliger med minstestandard etter kommende revisjon av tekniske forskrifter, og eventuelt også lavenergiboliger, vil opptre i perioder når kjølebehovet i næringsbygg er lavt.

Varmeløsningene i boligalternativene er valgt på bakgrunn av diskusjoner i konkrete byggesaker, hvor utbyggere av planlagte lavenergiboliger i områder med fjernvarmekonsesjon har ønsket å tilrettelegge for bruk av elektrisitet til romoppvarming i stedet for fjernvarme. Alternative varmeanlegg til elektrisk romoppvarming vil imidlertid kunne være aktuelt i lavenergiboliger, og vil også kunne bidra med lavere utslipp av CO₂ enn ved bruk av elektrisitet. Hvor mye lavere utslippene vil kunne bli ved bruk av andre varmeanlegg, eller bruk av alternative varmeanlegg som supplement til elektriske varmeanlegg, avhenger av type anlegg, og i hvor stor grad slike alternative varmeanlegg benyttes. Gasspeiser installeres eksempelvis i økende grad i nye boligblokker, og utslipp fra slike varmeanlegg vil være vesentlig lavere¹ enn ved bruk av elektrisitet produsert i moderne gasskraftverk. Supplerende varmeanlegg til elektriske varmeovner vil også kunne bidra til å øke energifleksibiliteten i boliger hvor elektrisitet benyttes som hovedoppvarmingskilde. Valg av alternative varmeanlegg, eventuelt supplerende varmeanlegg, vil derfor kunne gi andre konklusjoner med hensyn til om utslipp av CO₂ for lavenergiboliger blir henholdsvis høyere eller lavere enn for nye boliger med antatt ny alminnelig standard og med bruk av fjernvarme til rom- og tappevannoppvarming.

Hva slags kraftproduksjon som legges til grunn for CO₂-beregningene, har vesentlig betydning for utslipp av CO₂ knyttet til varmemål i boligalternativene. For at lavenergialternativene, hvor det benyttes elektrisitet til alle varmemål, skal kunne bidra med lavere utslipp av CO₂ enn Bolig-A hvor det benyttes fjernvarme til rom- og tappevannoppvarming, må utslippene fra kraftproduksjonen generelt være lavere enn for et moderne gasskraftverk med 58 % årsvirkningsgrad.

Gasskraftverk med CO₂-håndtering vil i løpet av en 10-årsperiode kunne bli en realitet i Norge. Dette scenariet er ikke lagt til grunn ved beregning av CO₂-utslipp fra kraftproduksjonen i avhandlingen. Dersom ny gasskraft i Norge, og i det øvrige kraftmarkedet som Norge er en integrert del av, blir produsert med CO₂-håndtering, vil bruk av elektrisitet til varmemål bidra med vesentlig lavere utslipp av CO₂ enn beregnet i avhandlingen. Lavenergialternativene med helelektrisk oppvarming vil da bidra med lavere utslipp enn Bolig-A med fjernvarme til rom- og tappevannoppvarming. Denne slutningen forutsetter at det er denne type kraftproduksjon som vil dekke opp økt etterspørsel etter elektrisitet. Utslipp av CO₂ fra gasskraftverk med CO₂-håndtering er beskrevet i kapittel 5.4.4.

¹ Utslipp av CO₂ fra forbrenning av naturgass utgjør 202 gram per kWh brensel (Uppenberg m. fl., 2001). Forutsatt gjennomsnittlig virkningsgrad på 75 %, vil utslipp av CO₂ fra en gasspeis bli cirka 270 gram per produsert kWh varme. Ved bruk av elektrisitet produsert i gasskraftverk vil utslipp av CO₂ per kWh produsert varme utgjøre cirka 400 gram per kWh.

7 Konklusjon

I gjeldende lovverk med tilhørende regelverk, samt dagens tariffer, gebyrer og avgifter, finnes ingen insentiver for bygging av lavenergiboliger når boligene ikke skal driftes av utbygger. I lovverket vil derimot kravet om tilknytning til et fjernvarmeanlegg kunne representere en barriere for bygging av slike boliger som følge av for høye byggekostnader knyttet til både varmeanlegg, lavenergitiltak og eventuell tilknytningsavgift. Samtidig vil fjernvarmeprisen ikke alltid være lavere enn elektrisitetsprisen hos husholdningskunder. Når det tas hensyn til eventuell årlig fastavgift og effektledd, vil den samlede fjernvarmeprisen også kunne bli høyere enn elektrisitetsprisen.

Krav om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg har i flere utbyggingsprosjekter, hovedsakelig i Trondheim, vist seg å komme i konflikt med bygging av lavenergiboliger. Utbyggerne av disse prosjektene fant at kostnadene knyttet til installasjon av vannbasert varmeanlegg for romoppvarming, i tillegg til frivillige energisparetiltak, totalt ble for høye til å gi akseptabel lønnsomhet i byggeprosjektet. Dessuten mente utbyggerne at kostnadene knyttet til et vannbasert varmeanlegg ikke sto i forhold til det lave behovet for romoppvarming. Utbyggerne ønsket av disse grunnene heller å benytte et rimeligere elektrisk varmeanlegg. Bruk av fjernvarme til tappevannsoppvarming, eventuelt også til oppvarming av ventilasjonsluft, ble imidlertid oppfattet som akseptabelt. Det var derfor ikke selve tilknytningsplikten som ble opplevd som problematisk, men heller kravet til varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg. I flere av byggeprosjektene ble lavenergikonseptet lagt bort når kommunen opprettholdt kravet til varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme. Fra byggesakene fremkom det at det var divergerende synspunkter hos aktørene som var involvert i byggesakene eller i byggesaksbehandlingen når det gjelder miljøkonsekvensene ved bruk av fjernvarme og elektrisitet til varmemål. Av hensyn til fjernvarmeprodusentens økonomi og forutsigbarhet ønsket ikke politikerne å gi dispensasjon fra kravet om varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme. Kommunen hadde også vedtatt å satse på fjernvarme i tråd med nasjonale målsetninger. Samtidig var politikerne usikre på miljøkonsekvensene ved å åpne opp for slike dispensasjoner.

En spørreundersøkelse blant større boligutbyggere i Trondheim viser også at disse utbyggerne av økonomiske årsaker enten ikke vil komme til å bygge lavenergiboliger, eller er tilbakeholdne med å bygge slike boliger i områder med fjernvarmekonnesjon så lenge kommunen opprettholder kravet om varmeanlegg for romoppvarming som kan tilknyttes fjernvarmeanlegg. Dersom lavenergistandard og bruk av fjernvarme til romoppvarming i slike boliger skal bli mer interessant i fremtiden, er det derfor behov for utvikling av mer kostnadseffektive vannbaserte varmeanlegg, tilpasset lavt varme- og effektbehov.

Det er i avhandlingen foretatt sammenligninger av CO₂-utslipp knyttet til varmeformål for et boligalternativ med en referansestandard, Bolig-A, med to lavenergialternativer, henholdsvis Bolig-B (laveste lavenergistandard) og Bolig-C (høyeste lavenergistandard). Bolig-A er forutsatt å kunne representere ny energistandard etter neste revisjon av tekniske forskrifter. I dette boligalternativet benyttes fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming og elektrisitet til oppvarming av ventilasjonsluft, mens det i Bolig-B og Bolig-C er forutsatt bruk av elektrisitet til alle varmeformål, eventuelt fjernvarme til oppvarming av tappevann. Det er tatt hensyn til at grunnlastproduksjonens andel av den totale fjernvarmeproduksjonen i et fjernvarmeanlegg vil kunne variere mellom ulike anlegg, samt over tid for samme anlegg. Det er derfor valgt å benytte to nivåer for grunnlastproduksjonens andel av totalproduksjonen, henholdsvis FV-høy (80 % grunnlastproduksjon) og FV-lav (50 % grunnlastproduksjon). For hvert av disse nivåene, eller fjernvarmealternativene, er det forutsatt tre typer grunnlastanlegg, hvor det benyttes henholdsvis avfall, biobrensel eller varmepumpe. I spisslastproduksjonen er det forutsatt bruk av like deler elektrisitet og fyringsolje. De valgte fjernvarmealternativene betraktes å representere ytterpunktene for de fleste norske fjernvarmeanlegg når det gjelder bruk av energibærere i grunnlastproduksjonen, samt andelen grunnlastproduksjon av den totale fjernvarmeproduksjonen. Oppvarming av tappevann i boligalternativene er betraktet å være konstant hele året, mens romoppvarmingen varierer over året, avhengig av boligalternativenes energistandard. Varmtvannsforbruket er derfor betraktet å representere en fast varmeetterspørsel over året, mens romoppvarmingsbehovet er betraktet å representere en variabel varmeetterspørsel. I fjernvarmemodellene er fast varmeetterspørsel forutsatt dekket opp med fast grunnlastproduksjon, mens den variable varmeetterspørselen er forutsatt dekket opp av den resterende grunnlastkapasiteten samt spisslastproduksjonen. Dette innebærer at utslipp av CO₂ knyttet til det stabile varmtvannsbehovet er betraktet forskjellig fra utlippene knyttet til det variable romoppvarmingsbehovet. Det er forutsatt to modeller for produksjon av elektrisitet, henholdsvis produksjon i kullkraftverk med årsvirkningsgrad lik 40 %, og produksjon i et moderne gasskraftverk med årsvirkningsgrad lik 58 %.

Basert på de forutsetningene som er lagt til grunn for boligalternativene, fjernvarmealternativene og el-modellene, vil årlige utslipp av CO₂ knyttet til varmeformål generelt bli høyere for lavenergiboliger med helelektrisk oppvarming enn for en referansestandard utført i henhold til antatt reviderte energikrav, og med bruk av fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming. Dersom det benyttes fjernvarme til oppvarming av tappevann i lavenergiboliger, vil utslipp av CO₂ generelt bli lavere enn referansealternativet. Det vil imidlertid kunne være unntak fra disse konklusjonene, avhengig av el-modell, type grunnlastproduksjon, klima, type måling og avregning av fjernvarmeforbruket, samt produksjonsprofil over året for fjernvarmeproduksjonen.

Sammenlignet med ny boligmasse bygget i henhold til antatt reviderte energikrav og hvor det benyttes fjernvarme til rom- og tappevannsoppvarming, vil økt behov

for effektkapasitet i elektrisitetsforsyningen etter 20 år ved at det bygges lavenergiboliger med helelektrisk oppvarming, utgjøre cirka 5 % sett i forhold til dagens effektkapasitet.

Konsekvenser og bruk av resultatene

Konklusjonene fra CO₂-beregningene for boligalternativene bør betraktes som generelle og veiledende. Dette innebærer at konklusjonene kan legges til grunn i byggesaker hvor det søkes dispensasjon fra kravet om tilknytning til fjernvarmeanlegg, eller fra kravet om varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme. En forutsetning er at det aktuelle fjernvarmeanlegget ikke avviker vesentlig fra spennet mellom de fjernvarmealternativene som er lagt til grunn for konklusjonene i avhandlingen, og at lavenergiboligene har en energistandard innenfor spennvidden for Bolig-B og Bolig-C. En forutsetning er i tillegg at skjerpede krav i tekniske forskrifter fra 2007 ikke avviker vesentlig fra den energistandarden som er lagt til grunn for referansestandardene i avhandlingen.

Ved en dokumentasjon av CO₂-utslipp for et konkret boligprosjekt bør den aktuelle bygningsutformingen og valg av energiløsninger legges til grunn for energi- og CO₂-beregningene. Standardiserte driftsbetingelser, det vil si innetemperaturer, driftstider, verdier for energibehov til belysning, utstyr og varmt tappevann bør benyttes. Slike standardiserte driftsbetingelser kan ventes å bli utarbeidet i tilnytning til prosedyrer for dokumentasjon av bygningers energiytelse i henhold til tekniske forskrifter, og i tilknytning til den kommende energisertifikatordningen i henhold til EUs direktiv om bygningers energiytelse. Tilsvarende gjelder driftsbetingelser for kjeler og distribusjonsnett.

Bruk av måneds- eller årsgjennomsnitt for sammensetningen av energibærere i fjernvarmeproduksjonen vurderes å gi rimelig god nøyaktighet ved modellering av fjernvarmeanlegg i tilsvarende analyser som beskrevet i avhandlingen. Dersom det er mulig anbefales allikevel at det skilles mellom fast og variabel varmeetterspørsel i fjernvarmemodellen, slik det er gjort for hovedmodellen benyttet i avhandlingen. Fjernvarmemodellen bør også tilpasses fjernvarmeprodusentens planer for investering i ny grunnlast- og spisslastkapasitet for å dekke opp eksisterende og ny varmeetterspørsel. Å skaffe data til en fjernvarmemodell som baseres på månedsdata for sammensetningen av energibærere i fjernvarmeproduksjonen, vil kunne være problematisk. Dette er erfart i arbeidet med avhandlingen. Viken Fjernvarme, som er den største fjernvarmeprodusenten i Norge, gir eksempelvis ikke ut slik informasjon. Det er heller ikke alle fjernvarmeprodusentene som har slik informasjon, eller statistikk, tilgjengelig. Årsstatistikk vil imidlertid være enklere å skaffe til veie, eksempelvis fra årsrapporter fra fjernvarmeselskapene.

En dispensasjon fra kravet om varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme vil bidra til at fjernvarmeleveransen til lavenergiboliger, hvor fjernvarme skal benyttes til oppvarming av tappevann, reduseres vesentlig sammenlignet med fjernvarmeleveranse til eksisterende boligmasse. For fjernvarmeprodusenten vil

dette kunne få betydning for lønnsomheten knyttet til både distribusjon og produksjon av fjernvarme til slike områder. I ytterste konsekvens vil dårlig lønnsomhet kunne medføre at fjernvarmeprodusenten ikke ønsker å levere fjernvarme til slike områder. I hvilken grad leveranse av fjernvarme til kun tappevannsoppvarming vil være lønnsomt for fjernvarmeprodusentene, er ikke vurdert eller diskutert i avhandlingen. Dette er imidlertid et moment som kommunene bør ta i betraktning ved vurdering av dispensasjon fra kravet om varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme. Lønnsomhet og forutsigbarhet hos fjernvarmeprodusenten vil i slike tilfeller derfor måtte veies opp mot lavere utslipp av CO₂, dersom utbyggers miljøregnskap viser dette. Samfunnsøkonomi er et annet aspekt som burde legges til grunn i slike saker, men retningslinjer for slike vurderinger foreligger ikke i dag, i alle fall ikke i Norge.

Kommunene bør ved vurdering av dispensasjon fra tilknytningsplikten til fjernvarmeanlegg, eller fra kravet om varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme, også vurdere betydningen av energiforsyningen til lavenergiboliger med tanke på sikkerheten i elektrisitetsforsyningen. I denne sammenhengen bør det tas hensyn til at det kan oppstå effektknapphet i enkelte regioner i kalde og tørre perioder. Krav om et supplerende varmeanlegg til elektriske varmeanlegg bør vurderes dersom det skal gis dispensasjon. Kommunene bør også vurdere å kreve tilrettelegging for individuell måling og avregning av fjernvarmeforbruket til oppvarming av tappevann dersom det ved dispensasjon fra kravet til varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme er forutsatt at fjernvarme skal benyttes til oppvarming av tappevann.

Fremtidig fjernvarmeforsyning til områder med lav varmetetthet

Hva som blir nye krav til bygningers energieffektivitet eller energiytelse, vil ikke være klart før slutten av 2006. Dersom lavenergistandard skulle bli nytt kravnivå, vil det ikke lenger være et spørsmål om valg mellom fjernvarme eller lavenergistandard i nye boligprosjekter. En relevant problemstilling vil imidlertid da bli om det fortsatt vil være lønnsomt å føre frem fjernvarme til nye boligområder. Dersom fjernvarmeprodusenten finner dette lite økonomisk interessant, vil produsenten kunne avstå fra å søke konsesjon for nye utbyggingsområder. Produsenten vil også kunne fremme ønske om at det ikke blir pålagt tilknytningsplikt for nye boliger i områder med vedtatt tilknytningsplikt, noe kommunene normalt vil etterkomme. Alternativet vil kunne bli helelektrisk oppvarming dersom ikke krav til energifleksibilitet eller bruk av energibærere fra fornybar energi blir innført. Samme problemstilling vil kunne være relevant også om energirammene i nye forskrifter blir lagt på et høyere nivå enn "lavenerginivå", men allikevel skjerpes sammenlignet med dagens gjeldende minstestandard. Lavere varmetetthet i nye boligområder vil derfor kreve ny fokus på energiforsyningen til slike områder med henblikk på å nå de nasjonale målsetningene om miljøvennlig energiforsyning og økt sikkerhet i elektrisitetsforsyningen.

English summary

Heat supply to low energy dwellings in district heating areas. Analyses of CO₂ emissions and electricity supply security

Introduction and objective

Building low energy dwellings in large development projects is a new situation in Norway. The municipalities have to little extent analyzed the consequences of this new housing standard with respect to the energy supply to such areas, and how this standard may change the plans for new or extended district heat production. In the provision about the mandatory connection to district heating plants, and the appendant provision related to a heating system that can utilize district heat, the district heat supply and the heat demand are not seen in connection. The objective of this dissertation is to provide the municipalities with a basis for decision making in the processing of applications concerning dispensation from the mandatory connection or the heating system requirement for dwellings with low heat demand. This basis for decision making is based on the national aim of reducing carbon dioxide (CO₂) emissions and of improving the electricity supply security.

This summary provides an abstract from the discussion of the legislation as an incentive or barrier for building low energy dwellings. An abstract from a survey among construction firms concerning the motivation for building low energy dwellings is also included. In addition, the summary provides a comprehensive abstract of the results from the CO₂ emission calculations, and the basis for these calculations. Introductorily a brief background of the national focus on energy savings and increased use of hydronic heating, including district heat, is given.

Background

As a consequence of the growth in the electricity use and the limited extension of new electricity production capacity, the electricity use in Norway in years with normal precipitation and temperature conditions is higher than the production capacity. This implies that Norway is a net importer of electricity in "normal" years. This situation was particularly demonstrated the dry and cold winter 2002-03, when record high electricity prices were achieved. This situation resulted in higher attention to the electricity supply security and the energy policy in Norway. The attention among the consumers primarily dealt with the electricity prices, while the supply security was brought into focus on a national level. Relevant

measures to secure the electricity supply in Norway are extension of the production capacity, for example building gas-fired power plants, and expansion of the transfer capacity of electricity between regions in Norway and between Norway and foreign countries. These are measures with large economical and/or environmental consequences. Reducing or avoiding the need for such measures may be socio-economical advantageous, and focus on the reduction of the electricity use is therefore high on the agenda among politicians and other social groups.

Norway's dependence on hydropower and the last years' limited development of new electricity production capacity will to an increasing extent lead to challenges related to the electricity supply security. Analyses carried out by the public enterprise Statnett, show that the electricity situation as early as in 2008 may be so critical that Mid-Norway can not be supplied. The analyses also show that the large deficiency of peak power capacity in this region in periods may cause risk of voltage collapse. This may lead to blackout of the whole region.

Norway has under several international environmental agreements committed to limit or reduce various contaminants. However, Norway has problems to meet these obligations, particularly with respect to emissions of greenhouse gases, nitrogen oxides and sulphur dioxide. These are emissions mainly related to the use or extraction of fossil energy resources. With regard to greenhouse gases, there is a special focus on reduction of the carbon dioxide (CO₂) emissions.

Key features of the Norwegian energy policy are improved energy efficiency, decreased dependence on electricity for heating purposes, and increased use of renewable energy sources except for hydropower. The public enterprise Enova's objectives, adopted by the Norwegian Parliament in the spring of 2000, are i.a. to limit energy use considerably more than if developments were allowed to continue unchecked, and to increase use of central hydronic heating based on new renewable energy sources, heat pumps, and waste heat by 4 TWh by the year 2010. To obtain the authorities' target regarding a sustainable shift in the energy system, both energy savings and increased use of hydronic heating, including district heating, are important priority areas. Building low energy dwellings, which in particular are characterised by lower thermal energy demand than in new dwellings with ordinary energy standard, is in accordance with the declared national aim about reducing energy use. The use of hydronic heating systems may contribute to increased energy flexibility and thus reduced dependence on electricity for heating purposes. In hydronic heating systems, district heat and new renewable energy resources may be utilized. Today electric space heating systems (electric resistance heaters) are used in about 70 % of the Norwegian dwellings, either as the only heating system, or in combination with other types of heating systems. The corresponding figure for central hydronic heating systems is 12 %, but the use of such systems in new dwellings is now increasing. However, new hydronic heating systems are mainly based on electricity.

Combining energy saving measures and use of hydronic heating systems for space heating is not necessarily easy. Experiences gained the past three years show that voluntary energy saving measures for planned new dwellings in areas with mandatory connection to a district heating plant, often are dropped when the politicians stick to the requirement for a heating system that can utilize district heat. This issue is the main background of the dissertation.

The legislation as an incentive or barrier for reduced energy use in the new dwelling stock

After a licence has been granted according to the Energy Act, the municipality may according to the Planning and Building Act, decide by means of a by-law that buildings constructed within the area to which the licence applies, must be connected to the district heating plant. According to the technical regulations (TEK) buildings constructed within such areas must also be equipped with a space heating system that can utilize district heat. In practice this implies installation of a central hydronic heating system. The heating system requirement has in several development projects become a barrier for building low energy dwellings. In these projects the developers found that the investment costs for a hydronic heating system, in addition to voluntary energy efficiency measures, in total became too high to give the project acceptable profitability. The developers argued also that the investment costs for the hydronic heating system were too high given the low heat demand. The developers were also of the opinion that using electricity for space heating is better for the environment than using district heat. This was because the developers expected district heat for the variable space heating loads to be produced in peak load plants, mainly based on non-renewable energy sources. However, use of district heat for tap water heating was accepted. This was because such relatively constant heat demand was expected to be covered by district heat, mainly based on renewable energy sources in the base load production. In addition the developers argued that hydronic heating systems are slower to regulate than electric heating systems, with higher heat demand as a result. Based on these arguments, the developers wanted to install cheaper electric space heating systems. Hence, it was not the mandatory connection itself that was regarded as problematic, but rather the requirement for a space heating system that can be connected to the district heating plant. However, the city council politicians did not grant any dispensation from the heating system requirement. This was due to consideration for the economy and predictability of the district heating company, and because the use of district heat is a priority area in accordance with national aims to reduce the dependence on electricity for heating purposes. Besides, the politicians were unsure of the environmental consequences of opening up for such dispensations. The result was that several dwelling projects, originally planned for low energy use, became dwellings with an ordinary energy standard, and with hydronic heating systems based on district heat. The alternative would have been low energy standard, but with heating mainly based on electricity.

A survey among eight larger housing developers in Trondheim showed that these developers for economic reasons either do not want to build low energy dwellings, or they have reservations about building such dwellings as long as the politicians stick to the requirement for a space heating system that can be connected to the district heating plant.

Interpretation of the preparatory works to the mandatory connection provision shows that dispensation from the mandatory connection should be granted if other solutions than district heating contribute similarly or better to ensure the electricity supply in the specific area, or represent a better alternative from an “energy and economical viewpoint”. Based on the text in the preparatory works, “energy and economical viewpoint” is assessed to imply lower energy use with less negative environmental impact as a result, achieved with less investment and operation costs for new buildings than the use of and preparation for use of district heat. However, the criteria that should be used as a basis for such environmental assessments were not given. In the Norwegian Official Report (NOU 2005:12) the building legislation committee has proposed that other solutions than district heating should be permitted if the alternative solution results in a smaller environmental impact than the use of district heat. This is the result of suggestions based on this interpretation of the preparatory works and the work on this dissertation.

For the household consumers the price of district heat is not necessarily lower than the electricity price when a possible annual fee and a maximum demand tariff for the district heat supply are taken into consideration. The district heating company may also require a connection fee. The use of district heat is thus not necessarily economically beneficial compared to the use of electricity for heating purposes. Similarly, the use of district heat is not necessarily an incentive for investing in both hydronic space heating system and voluntary energy efficiency measures.

Motivation for building low energy dwellings

Despite the fact that the existing legislation represents barriers rather than incentives concerning building low energy dwellings, about 3000 new low energy dwellings have been built or are now under planning or construction. This building activity indicates that a part of the dwelling stock is changing towards a more energy efficient standard.

To gain knowledge about the motivation for building low energy dwellings, twelve construction firms are interviewed. These are construction firms that either have built or are planning or building low energy dwellings. An objective of the interviews has also been to examine which heating systems that are chosen for these dwellings, and the background for these choices. A low energy standard, as defined in the dissertation, implies that the annual heat demand for space heating,

including heating of the ventilation supply air, is not higher than approximately 50 % of the heat demand in new ordinary dwellings.

A general conclusion from the survey is that the construction firms either have not experienced any demand, or only a little demand, for low energy dwellings in the market. However, the construction firms want to develop and build such dwellings, because they expect a future demand, and because they want to be prepared when this demand is a fact. The future demand for low energy dwellings is assumed to be a result of increased energy prices and the coming energy certificate scheme. Despite the modest demand for low energy dwellings at present, these dwellings have turned out to be easy to sell. The construction firms have either already decided that all of their new dwellings shall have a low energy standard, or they want to assess the future energy standard when more experiences are made from the first low energy projects.

Electric space heating systems were generally chosen for these dwellings. Central hydronic heating systems were regarded as too expensive, in particular when the investment costs were compared with the low space heating demand. However, reduced peak demand was generally not taken into consideration when dimensioning the hydronic heating systems. The cost calculations for these heating systems were thus as for ordinary new dwellings with higher peak demand.

Low energy dwellings and heat supply in an environmental and security of supply perspective

Comparison of CO₂-emissions related to heating is carried out for a dwelling model with different energy standards and heat supply systems. The reference case is regarded to be representative of the new energy standard in accordance with next revision of the technical regulations. For this dwelling case district heat is used for space and tap water heating. For the low energy cases, electricity is used for space and tap water heating. District heat is in some cases also used for tap water heating.

Calculations of the peak power demand for heating purposes are carried out to examine how the energy standard of the various dwelling cases, including the heat supply system, may influence the future need for peak power capacity in Norway.

Dwelling model

The dwelling model is a theoretical apartment building with a total heated floor area of 1200 square meters, distributed on four floors and 24 flats. The window and door area accounts for 20 % of the heated floor area, and is oriented with equal areas towards north and south respectively. The building is assumed to be constructed of prefabricated cellular-concrete floor units on a load bearing structure

of steel. The interior walls between and within the flats are assumed constructed of light weight materials.



Figure 1 The dwelling model is a four storey apartment building with 24 flats

For the apartment building model, three dwelling cases with different energy standards are assumed. The energy standard for the reference dwelling case, Dwelling-A, is assumed to be representative of the requirements in the revised technical regulations coming into force in 2007. For Dwelling-B the energy demand for space heating, including heating of the ventilation supply air, is reduced by approximately 45 % compared with that in the reference standard. The reduced heat demand is a result of improved air tightness and a better insulated building envelope. For the last dwelling case, Dwelling-C, the energy demand for space heating is further reduced, i.e. approximately 65 % compared with Dwelling-A and 35 % compared with Dwelling-B. Dwelling-C differs from Dwelling-B in that it has a further improved air tightness and thermal insulation.

The use of electric lighting and appliances are assumed to be the same for the three dwelling cases, and the operation of the dwellings is also assumed to be the same. Hence, only measures to obtain reduction of the space heating demand, including heating of the ventilation supply air, are considered.

While only one heating system solution is assumed for Dwelling-A, two alternative solutions are assumed for the low energy cases, Dwelling-B and Dwelling-C. These solutions are describes below.

Dwelling-A, Heat-A

For Dwelling-A district heat is assumed used for both space and tap water heating. This is a common solution in Norway for new dwellings connected to a district heating grid.

Dwelling-B and Dwelling-C, Heat -B

In this heating solution for the low energy dwelling cases, electricity is used for both space and tap water heating. This is the solution, which for economic reasons has proven to be preferred by developers of low energy dwellings.

Dwelling-B and Dwelling-C, Heat -C

In this heating solution for the low energy dwelling cases, electricity is used for space heating, and district heat for tap water heating. This has been a proposed solution, or a proposal for a compromise, from the developers of planned low energy dwellings in areas with mandatory connection to a district heating plant.

For each flat it is assumed that a decentralized balanced ventilation system with heat recovery and an electric heating coil is used. This is a common ventilation solution in new apartment buildings in Norway. In Table 1 the heating solutions are summarized.

Table 1 Heating solutions for the dwelling cases

Dwelling case	Heating solution	Space heating	Tap water heating	Ventilation supply air heating
Dwelling-A	Heat-A	District heat	District heat	Electricity
Dwelling-B, Dwelling-C	Heat-B	Electricity	Electricity	Electricity
Dwelling-B, Dwelling-C	Heat-C	Electricity	District heat	Electricity

In Table 2 data for the apartment building model is shown, including data for technical installations and user habits for each dwelling case.

Table 2 Data for the dwelling model, dependent on dwelling case

Various data for the dwelling model	Dwelling-A	Dwelling-B	Dwelling-C
External walls, U-value excluding thermal bridges (W/m ² K)	0.21	0.16	0.14
External walls, U-value including thermal bridges (W/m ² K)	0.36	0.25	0.20
U-value roof (W/m ² K)	0.15	0.11	0.09
U-value floor on ground, including thermal bridges of the foundation (W/m ² K)	0.15	0.11	0.10
U-value windows (W/m ² K)	1.4	1.1	0.8
U-value doors (W/m ² K)	1.0	1.0	1.0
U-value balcony doors (W/m ² K)	1.3	1.1	1.1
Solar transmittance of glass panes (%)	63	45	45
Infiltration (number of air changes per hour)	0.1	0.07	0.04
Ventilation air changes (number of air changes per hour)	0.8	0.8	0.8
Ventilation, heat recovery efficiency rate (%)	80	80	80
Hydronic space and tap water heating, system efficiency rate (Heat-A) (%)	92	-	-
Electric-based heating system, efficiency rate (Heat-B and Heat-C) (%)	-	97	97
Specific Fan Power (kW/(m ³ /s))	2.5	2.5	2.5
Annual energy use for lighting (kWh/m ²)	17	17	17
Annual energy use for appliances (kWh/m ²)	27	27	27
Annual energy use for tap water heating (kWh/m ²)	25	25	25
Annual energy use to cover losses from electrical water heaters (kWh/m ²) (Heat-B)	-	5	5
Annual heat gain from persons (kWh/m ²)	12	12	12
Indoor room temperature (°C)	21	21	21

District heating model

District heat, produced by either the incineration of municipal waste or wood waste, or by waste heat from industry or heat pumps, accounted on the average for 64 % of the total net district heat production in Norway in the period 1998-2004. This is shown in Figure 2.

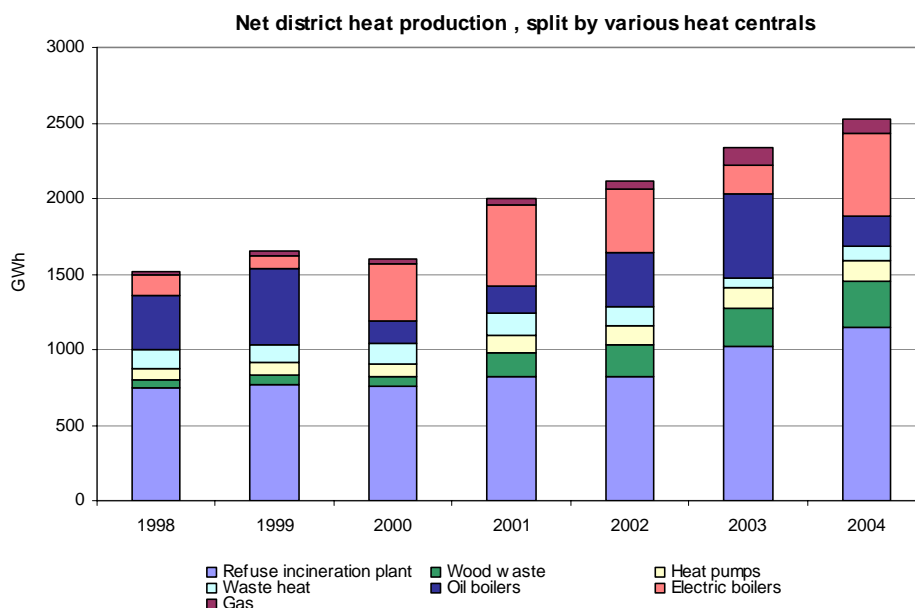


Figure 2 Net district heat production (district heat delivered to the distribution grid) in Norway, split by various heat centrals, during the period 1998 – 2004.

A cost-efficient design of the base load plant is of importance in order to keep the investment and running costs on a lowest possible level. For the base load production inexpensive fuels are usually used, but investment costs are often higher than for the peak load plant, where more expensive fuels are used. The base load plant is usually designed to cover 40 to 50 % of maximum peak load production, while the annual district heat production in the base load plant may account for up to 80 to 85 % of the total annual district heat production. However, the base load production may also account for as little as 50 % of the annual district heat production.

For the district heating model described in this dissertation, a variation of the base load production's share of the total production is taken into consideration. Two levels of the base load production are assumed, i.e. FV-high and FV-low. For FV-low, the base load production accounts for 50 % of the annual district heat production. The base load production's share each month is shown in Figure 3. The annual district heat production profile is representative for the production at the district heating plant in Trondheim, and to a high degree also for the district heating plant in Bergen.

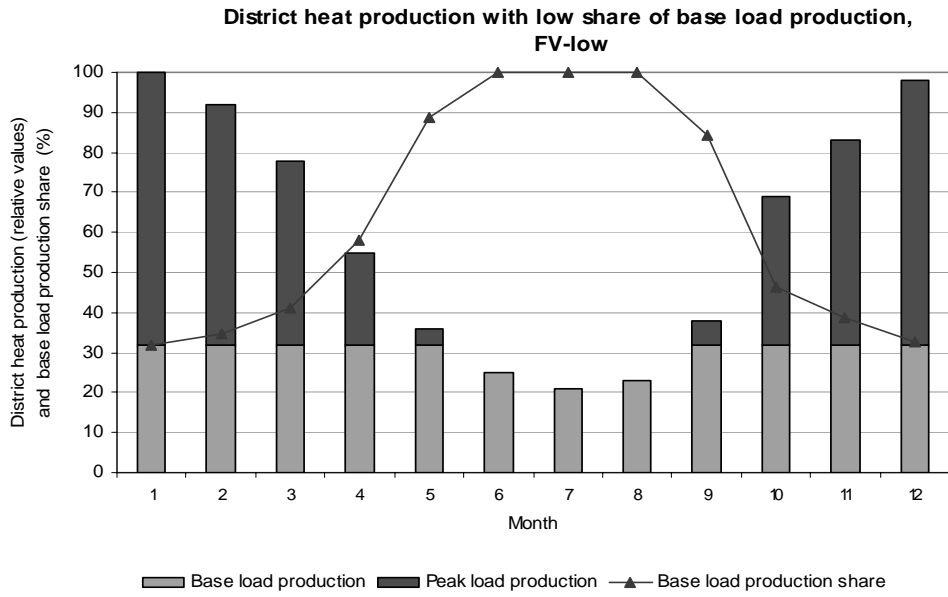


Figure 3 Annual district heat production and monthly base load production share for FV-low.

For FV-high the base load production accounts for 80 % of the total annual district heat production, see Figure 4. The annual production profile that is used for FV-low, is also used for FV-high.

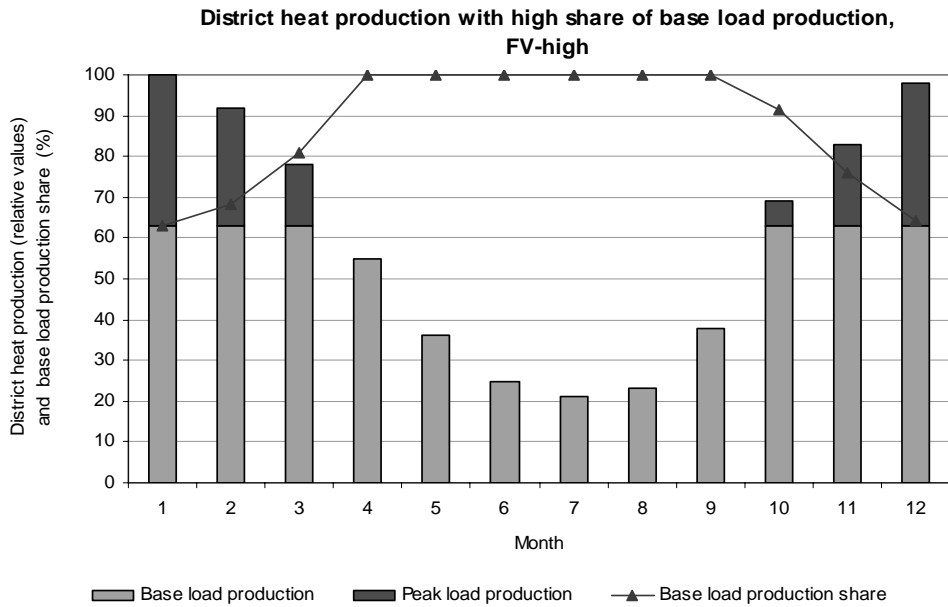


Figure 4 Annual district heat production and monthly base load production share for FV-high

For both FV-low and FV-high, hereafter referred to as the district heating cases, three different energy carriers are assumed used in the base load production; waste, biomass fuels (wood chips, bark etc.), and heat pumps. The district heating cases are considered to represent the range of most of the Norwegian district heating plants with respect to energy carriers used in the base load production, and to the base load production's share of the total district heat production. The range may also be representative for individual plants over time. Based on district heating statistics from Statistics Norway (SSB) for the period 1994 – 2004, oil and electricity are assumed to have equal shares in the peak load production.

For both district heating cases, customers connected to temporary heat centrals are disregarded. It is also assumed that the performance of the base load plant is high enough to not cause close-down at low load. At the same time it is assumed that the base load plant consists of several production units, which means that the plant is not entirely closed down when maintained.

Heating of tap water is in the dissertation regarded to be constant the whole year, while the space heating varies depending on the climate and the energy standard of the apartment building model. The hot water consumption is therefore assumed to represent a constant heat demand, while the space heating is assumed to represent a variable heat demand. In the district heating model, the constant heat demand is assumed covered by the base load production, while the variable heat demand is assumed covered by the rest of the base load capacity plus the peak load production. This implies that the environmental loads related to the constant hot water demand will be different from the loads related to the variable space heating demand. In Figure 5 the constant and variable district heat production is illustrated.

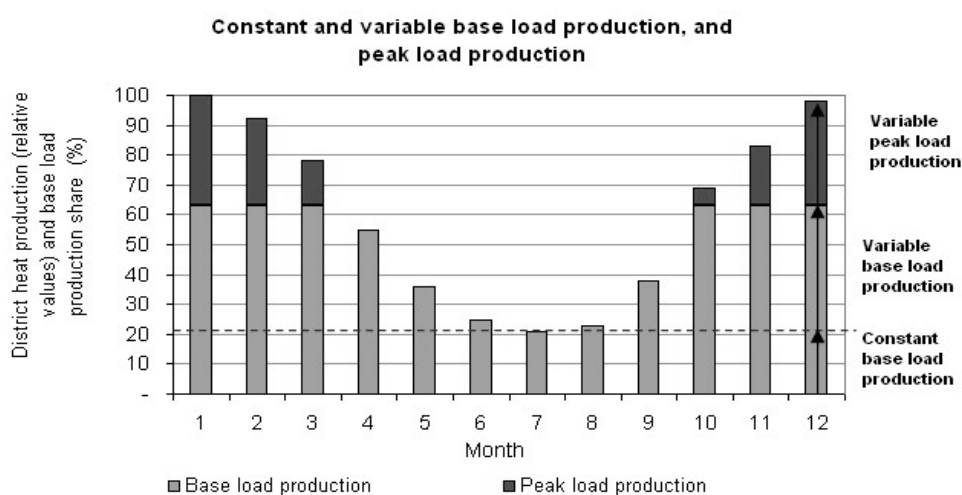


Figure 5 Constant base load production, and variable base load and peak load production at a district heating plant (shown for FV-high)

CO₂-factors for delivered district heat and electricity

Use of biomass fuels and municipal waste in the district heat production is considered to be equal with respect to CO₂ emissions. When burned, biomass does release CO₂. However, when biomass crops are grown, a nearly equivalent amount of CO₂ is captured through the photosynthesis. The net emission of CO₂ from combustion of biomass fuels is in the dissertation therefore assumed to be zero. Land-filling of degradable waste will most probably be prohibited by 2009 in Norway, and a large share of this waste will be burned at refuse incineration plants. Utilization of this “waste heat” may be regarded in the same way as utilization of waste heat from industry, which implies that emissions from the heat generation is not taken into consideration when assessing the environmental impact related to the utilized heat.

There is no consensus in Norway concerning how the use of electricity shall be regarded with respect to CO₂ emissions. In the dissertation two models for electricity production are used as basis for CO₂ emission calculations. Common for the models, EI-A and EI-B, is that the electricity production is regarded within a Nordic system boundary. Common is also that the assessment of CO₂ emissions related to electricity use is dependent on how the Nordic power market may react to a change in electricity demand.

EI-A

For EI-A, electricity is assumed to be produced at a coal-fired power plant with an annual efficiency rate of 40 %. This electricity production is assumed to represent the marginal production within the Nordic power market and covers variable electricity demand for heating purposes. Emissions of CO₂ from the electricity production are assumed to be 820 gram per kWh produced electricity, or 891 gram per kWh delivered electricity when grid losses of 8 % are taken into consideration.

EI-B

For EI-B, electricity is assumed to be produced at a modern gas-fired power plant with an annual efficiency rate of 58 %. Such plants may cover a large share of the increased electricity demand in the Nordic countries within the next 10 to 20 years. The CO₂ emissions from the electricity production is set to be 355 gram per kWh produced electricity, which correspond to emissions from the planned gas-fired power plant at Kårstø north of Stavanger in Norway. When grid losses are taken into consideration, the emissions will contribute 386 gram per kWh delivered electricity.

In Table 3 figures for CO₂ emissions are shown, and given as gram CO₂ per kWh delivered district heat or electricity to the dwelling model. The CO₂ factors for delivered district heat is the result of emissions given per kWh fuel divided by the product of the efficiency rates for boilers and the district heating distribution grid. Emissions related to operation of boilers and circulation pumps in the district

heating distribution grid are also shown. This electricity use is assumed to be 1 % of the produced heat.

Table 3 CO₂ emissions related to production of district heat and electricity

Energy carrier or purpose	Emissions of CO ₂ related to delivered fuel or electricity	Emissions of CO ₂ related to operation of circulation pumps and boilers	Efficiency rate of boilers and heat pumps	Efficiency rate of district heating grid	Emissions related to delivered district heat or electricity
	Gram CO ₂ per kWh fuel or delivered electricity	Gram CO ₂ per kWh produced district heat	-	-	Gram CO ₂ per kWh delivered district heat or electricity
District heat					
Waste	0	-	-	-	0
Biomass fuel	0	-	-	-	0
Fuel oil	274	-	0.85	0.91	354
Electricity El-A	891	-	0.95		1031
Electricity El-B	386	-	0.95		447
Heat pump El-A	891	-	2.8		350
Heat pump El-B	386	-	2.8		151
Electricity for operation of circulation pumps/boilers El-A	-	0.01*891	-		10
Electricity for operation of circulation pumps/boilers El-B	-	0.01*386	-		4
Electricity directly to end user					
Electricity El-A	891	-	-	-	891
Electricity El-B	386	-	-	-	386

Calculation results

Electricity supply security

When the space and tap water heating in dwellings is solely based on electricity, this lack of energy flexibility will affect the electricity supply security if a peak power shortage situation should arise. On this background calculations of peak power demand for heating purposes are carried out for the various dwelling cases. The calculations show how the low energy dwellings with electric heating may contribute to a changed peak power demand on a national level, compared to new dwellings with assumed ordinary energy standard and with space and tap water heating based on district heat.

The calculations of the peak demand are carried out for the climate of Oslo (Blindern). This is a climate representative of an average Norwegian climate when the settlement pattern is taken into consideration. Increased peak power demand due to the new dwelling stock, calculated for the Oslo climate, is therefore assumed to be rather representative for increased peak power demand on a national level.

In a critical peak-load situation electricity will normally not be used in the district heat production, except for use for operation of production equipment. This will be a consequence of high electricity prices in a shortage situation, and because the district heating companies normally use an interruptible rate.

A new dwelling stock with an energy standard corresponding to Dwelling-B or Dwelling-C and with the use of electricity for all heating purposes or for space heating (Heat-B or Heat-C), will contribute to an increased peak power demand of about 1000 MW after 20 years, compared with a new dwelling stock corresponding to Dwelling-A and with the use of district heat for space and hot water heating (Heat-A). This increased peak power demand corresponds to 5 % of the present national peak power capacity.

Energy demand and CO₂-emissions

Calculated annual energy demand for the dwelling cases with different heating solutions are shown in Table 4. The calculations are carried out for the Oslo climate.

Table 4 Gross energy demand (including heating system losses) for various energy purposes, depending on dwelling case and heating solution. Given as kWh per square meter dwelling area.

Energy purposes	Energy supply	Dwelling-A	Dwelling-B	Dwelling -C	Dwelling -B	Dwelling -C
		Heat-A (kWh/m ²)	Heat-B (kWh/m ²)	Heat-B (kWh/m ²)	Heat-C (kWh/m ²)	Heat-C (kWh/m ²)
Space heating	Electricity	-	23.5	14.0	26.3	18.3
	District heat	43.3	-	-	-	-
Hot tap water	Electricity	-	30.0	30.0	-	-
	District heat	27.2	-	-	27.2	27.2
Ventilation (electric heating coil)	Electricity	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Electrical appliances	Electricity	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
Lighting	Electricity	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6
Fans, pumps	Electricity	12.7	11.7	11.7	11.7	11.7
Sum annual energy demand		128.4	110.4	100.9	110.4	102.4
Sum annual electricity demand		57.9	110.4	100.9	83.3	75.2
Sum annual district heat demand		70.5	0.0	0.0	27.2	27.2

The annual energy demand in Dwelling-A is not more than 18 and 28 kWh/m² higher than in Dwelling-B and Dwelling-C respectively. If today's ordinary energy standard in new dwellings were assumed for the reference case, Dwelling-A, the difference would be considerably higher, i.e. a further 20 to 60 kWh/m². The energy standard for the reference case can be regarded as representative for an intermediate standard between today's ordinary energy standard in new dwellings and a low energy standard.

In Figure 6 the heat demand each month for the dwelling cases is illustrated. For the sake of comparison, the heat demand profile is also illustrated for similar dwelling models with either an energy standard according to the existing technical regulations (TEK) or to the building regulations from 1969. The heat demand profiles for the existing dwelling stock are shown in order to give a perspective on the energy standard that is assumed for the different dwelling cases in the dissertation.

Figure 6 shows that the heat demand midwinter for the low energy cases is almost one third of the corresponding heat demand in dwellings built according to the existing technical regulations. The variable heat demand is given by the space heating demand, including heating of the ventilation supply air. The figure also illustrates that the variable heat demand in the reference case, i.e. Dwelling-A, is

about half of the heat demand in a corresponding dwelling built according to the existing technical regulations.

From the figure one can also see that the district heat supply to new dwellings, whether these are dwellings with an assumed energy standard in accordance with the coming revised technical regulations, or with a low energy standard, will be considerably lower compared with the supply to a large share of the existing dwelling stock. In case the district heating companies should supply new dwellings with district heat for only tap water heating, as several developers of planned energy dwelling projects have proposed, the heat supply would be reduced even further.

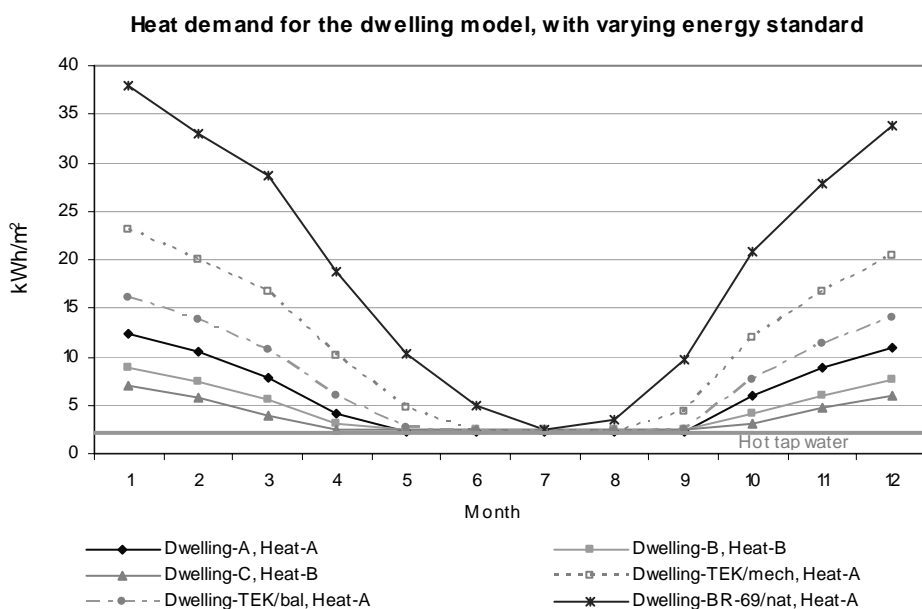


Figure 6 Heat demand profile for the dwelling model with varying energy standard

The results from the CO₂ emission calculations are illustrated in the figures 7 to 10, dependent on energy carrier used in the base load production and on electricity model. Distinguishing between FV-high and FV-low is only relevant for Dwelling-A, because only space heating demand covered by district heat is affected by these district heating cases. The hot water demand is assumed covered by heat produced in the base load plant, and this production is equal for FV-high and FV-low. The use of district heat for tap water heating (Heat-C) in the low energy cases Dwelling-B and Dwelling-C, is therefore also independent of the district heating case.

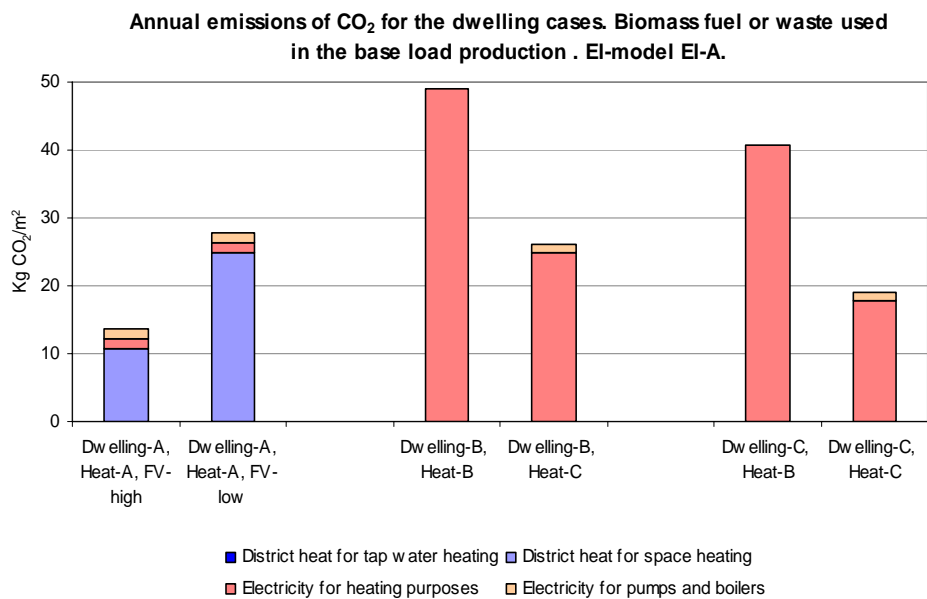


Figure 7 Annual emissions of CO₂ related to heating purposes in the dwelling cases. Biomass fuel or waste used in the district heat production. El-model El-A. (Kg CO₂ per square meter dwelling area)

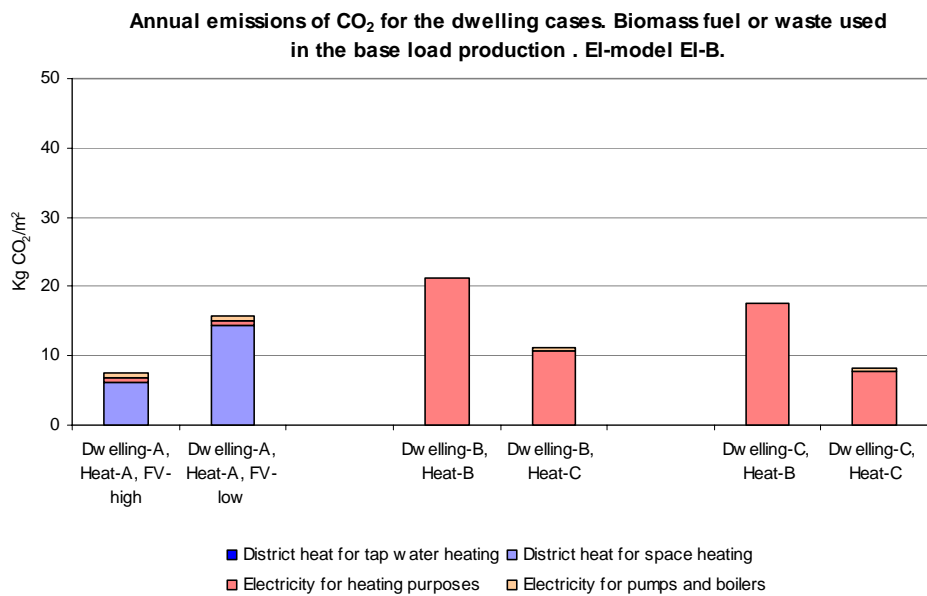


Figure 8 Annual emissions of CO₂ related to heating purposes in the dwelling cases. Biomass fuel or waste used in the district heat production. El-model El-B. (Kg CO₂ per square meter dwelling area)

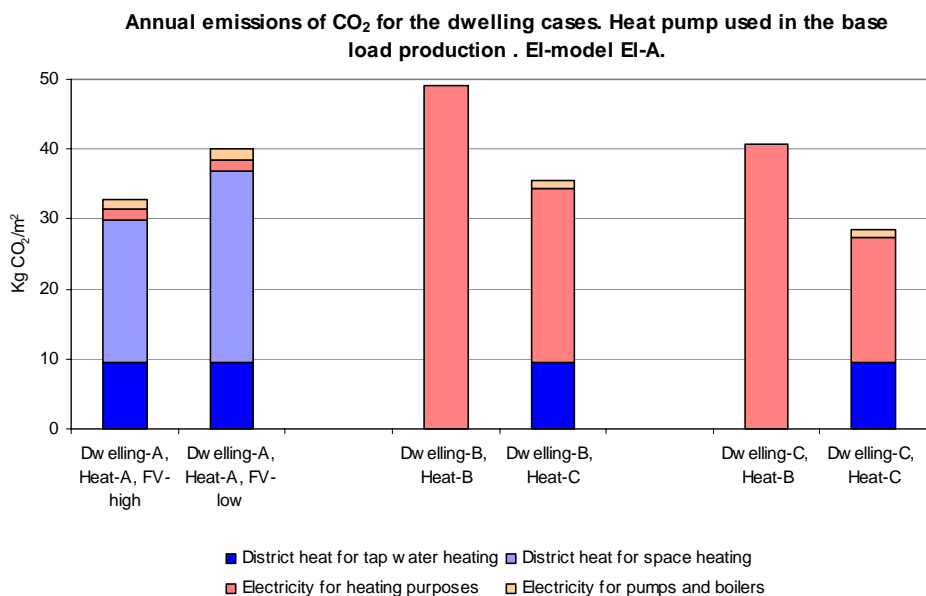


Figure 9 Annual emissions of CO₂ related to heating purposes in the dwelling cases. Heat pump used in the district heat production. EI-model EI-A. (Kg CO₂ per square meter dwelling area)

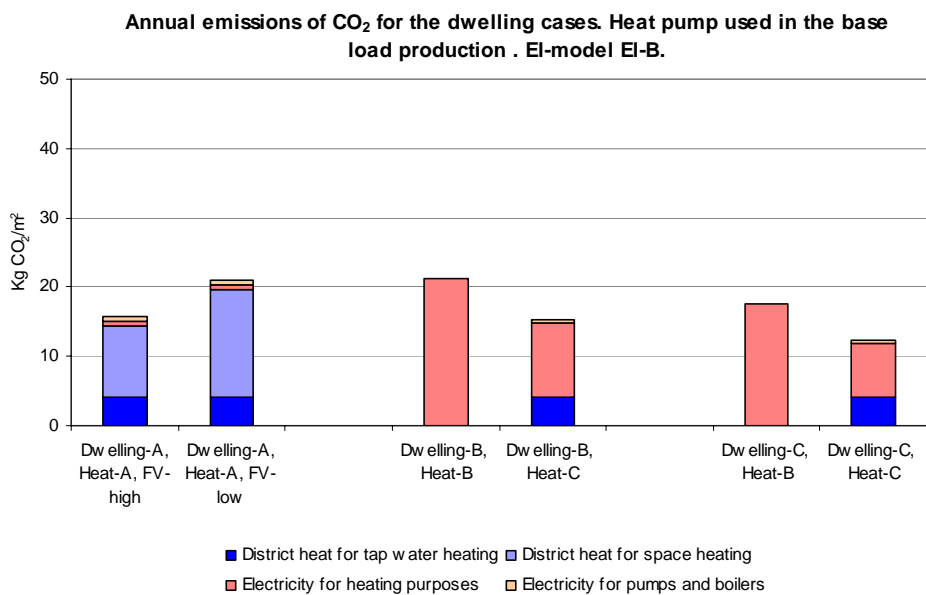


Figure 10 Annual emissions of CO₂ related to heating purposes in the dwelling cases. Heat pump used in the district heat production. EI-model EI-B. (Kg CO₂ per square meter dwelling area)

Alternative analyses

Calculation of energy demand and CO₂ emissions related to heating purposes in the dwelling cases, are carried out on the basis of a long list of premises; user habits and internal heat gains, efficiencies of heating systems and boilers in the district heat production, building model shape, etc. These are factors that will vary, and which in varying degrees may influence the results of the energy and CO₂ emission calculations. A discussion of the validity of the results by varying all these factors is beyond the scope of this dissertation. However, some factors are regarded as especially important for the results, and alternative analyses based on the following changed premises are therefore carried out:

- milder and colder climate
- simplified district heating models, and annual district heat production profile with larger variation from summer to winter
- reference dwelling case according to existing technical regulations
- collective metering and billing of the district heat consumption

The simplified district heating models are based on monthly or annual average of the district heat production. For the monthly average model, an average CO₂-factor for the whole district heat production each month is used. Hence, it is not distinguished between constant and variable production. For the annual average model, an average CO₂-factor for the whole annual production is used. As for the monthly average model, it is also not distinguished between constant and variable production in the annual average model. The purpose of carrying out analyses with these simplified models is to examine the importance of the level of detail of the main district heat model. An analysis with an annual production profile with a greater variation from summer to winter for the district heat production is also carried out.

Conclusion and discussion

Based on the premises for the energy and CO₂ emission calculations, the calculation results lead to the following general conclusions:

- When using electricity for heating purposes in the low energy cases, Dwelling-B and Dwelling-C, the annual emissions of CO₂ related to heating purposes are generally higher for these cases than for the reference case Dwelling-A, where district heat is used. For Dwelling-A the range between FV-low and FV-high is used as the basis for the comparison. The emissions for the low energy cases are also higher than the average emissions for Dwelling-A, i.e. when the average of the range between FV-low and FV-high is used for the calculation of the district heat production.
- When using district heat for tap water heating in the low energy cases, the annual emissions of CO₂ related to heating purposes are for these cases generally lower than for Dwelling-A. The emissions for the low energy cases are also lower than the average for Dwelling-A when the average of the range

between FV-low and FV-high is used for the calculation of the district heat production.

- The low energy cases generally contribute to lower CO₂ emissions than a reference case corresponding to the minimum energy standard in the existing technical regulations (Dwelling-TEK). Also for this reference case the use of district heat for space and tap water heating is assumed. This conclusion is valid also when electricity is used for all heating purposes in the low energy cases.

There are exceptions to these conclusions, dependent on electricity model, energy carrier used in the district heat base load production, annual district heat production profile, the type of metering and billing of the district heat consumption, and climate.

The annual difference after 20 years between Dwelling-C with electricity used for all heating purposes and Dwelling-A amounts to between 0 and 1.1 million tonnes of CO₂, dependent on which energy carrier is used in the base load production and the electricity model. These figures are based on the assumption that the whole new dwelling stock constructed during this period corresponds to Dwelling-A or Dwelling-C. The difference is equivalent to between 0 and 2 % of the national CO₂ emissions in 2004, which totalled approximately 55 million tonnes. The corresponding difference between Dwelling-A and Dwelling-B is between 0.3 and 2.9 %.

When it comes to the increased need for peak power capacity as a consequence of the increased heat demand in a new dwelling stock, the difference between Dwelling-A and the low energy cases is higher. A new dwelling stock corresponding to Dwelling-B or Dwelling-C and with electricity used for all heating purposes, will lead to an increased peak power demand of about 1000 to 1200 MW after 20 years, compared to a new dwelling stock equivalent to Dwelling-A. This increased peak power demand corresponds to about 5 % of today's peak power capacity in the electricity supply.

In the CO₂ calculations, the choice of the electricity production technology has a substantial influence on the resulting emissions related to heating purposes in the dwelling cases. The emissions from the electricity production have to be lower than for a gas-fired power plant with an annual efficiency of 58 % if the emissions related to heating purposes in the low energy cases with electric heating are to be lower than for Dwelling-A.

The conclusions from the CO₂ calculations should be regarded as general and guideline conclusions. This means that the conclusions can be used by the local municipalities as a basis in processing of applications concerning dispensation from the mandatory connection or the requirement for a space heating system that can utilize district heat, for new dwelling projects with low heat demand. The condition is that the concrete district heating plant does not differ significantly from the district heating cases used as basis for the conclusions in the dissertation,

and that the low energy dwellings have an energy standard within the range of Dwelling-B and Dwelling-C. In addition, a condition is that the revised energy requirements in the technical regulations from 2007 do not differ significantly from the energy standard assumed for the reference case in the dissertation.

The use of monthly or annual averages of the composition of the energy carriers used in the district heat production is assessed to give reasonably good accuracy when modelling a district heating plant in similar analyses as described in the dissertation. However, if possible it is recommended to distinguish between constant and variable heat demand in the district heating model, as is done for the model used in the dissertation. The district heating model should also be adapted to the district heating company's plans for investments in new base and peak power capacity. Obtaining monthly data for the composition of the energy carriers used in the district heat production may be problematic. Not all district heating companies have such information available, or they do not want to distribute such information, as experienced during the work on the dissertation.

The level of the new requirements for energy performance of new buildings will not be decided before the end of 2006. If a low energy standard should be the new requirement level for dwellings, it will not longer be a question of district heating or low energy standard in new dwelling projects. However, a relevant issue will then be if supplying district heat to such dwelling areas still will be profitable. If the district heating company does not find the supply profitable, the company may choose not to apply for a licence for such development areas. The company may also ask that the mandatory connection to the district heating plant in areas where mandatory connection already is decided, does not become operative. This will normally be accepted by the municipality. The alternative to district heat may be electricity. This issue may also be relevant if the requirements in the new technical regulations are not adjusted to a "low energy level", but are more stringent than the existing requirements. Hence, lower heat density in new dwelling areas will in any case require new focus on the energy supply to such areas with a view to reaching the national aims of reducing emissions and increasing the electricity supply security.

Referanser

- Alm, L. K. (2001), Betydningen av vannbåren varme for reduksjon av klimagassutslipp og effekttopper i kraftsystemet. Institutt for energiteknikk, IFE/KR/E-2001/004, Kjeller,
- Amdahl, L. (2005), E-post fra Leif Amdahl, Generalsekretær i Norsk VVS Energi- og Miljøteknisk Forening, høsten 2005
- Amdahl, L. (2006). Hvor godt skal vi bygge, og hvilke energikilder kan/bør vi velge? Foredrag ved Kursdagene ved NTNU 3. januar 2006,
- Andreassen, J. C. (2004), E-post fra Andreassen, Hafslund Nett AS, oktober 2004
- Arbeidsdepartementet (1928), Forskrifter av 6. oktober 1928 til supplering av lov om bygningsvesenet av 22 februar 1924.
- Askham, C., M. Vold, K. Magnussen (1999), Life Cycle Assessment of a Gas Power Station. Is Life Cycle Assessment a good basis for economic valuation of environmental effects? Stiftelsen Østfoldforskning,
- Askham, C., M. Vold, A. Rønning (1998), Life Cycle Inventory of Norwegian Energy Carriers, Oil and Gas. Stiftelsen Østfoldforskning,
- Aune, F. R. (2003), Fremskrivninger for kraftmarkedet til 2020. Virkninger av utenlandske kabler og fremskyndet gasskraftutbygging. Statistisk sentralbyrå, 2003/11,
- Bakkemo, E. (2005), Telefonsamtale med Erling Bakkemo, Structura i Trondheim, april 2005
- BE (1987), Rett og slett en veiledning til Byggeforskrift 1987. Statens bygningstekniske etat,
- Berndtsson, L. (1999), Utredning angående erfaringer av individuell måtning av varme och varmvatten i svenska flerbostadshus. HSB Riksförbund, ER24:1999,
- Berndtsson, L. (2003), Individuell värmemätning i svenska flerbostadshus - En lägesrapport. HSB Riksförbund,
- Boe, E. (1996). Innføring i juss. Juridisk tenkning og rettskildelære, Universitetsforlaget.
- Bratt, T. (2005), Telefonsamtale med Torbjørn Bratt, Miljødirektør i Trondheim kommune, mars 2005
- Brekken, J.-I. (2004), Telefonsamtale med Brekken, Lier kommune, september 2004
- By, E. (2005), Telefonsamtaler med Edvin By, Heimdal Utbyggingsselskap, høsten 2004 og våren 2005
- Byggforsk (2005), Presentasjon av Avdeling for installasjoner, energi og innemiljø på Byggforsk sin web-side.
- Bygningslovutvalget (2005), NOU 2005:12. Mer effektiv bygningslovgivning II. Bygningslovutvalgets andre delutredning med lovforslag.
- Bærum Fjernvarme (2006), <http://www.barum-fjernvarme.no/>,

- Bøeng, A. C. (2005), Energibruk i husholdninger 1930 - 2004 og forbruk etter husholdningstype. Statistisk sentralbyrå, Rapport nr. 2005/41,
- Baardsen, B. (2005), E-post fra Bård Baardsen, NOVAP, februar 2005
- Dokka, T. H. (2003), Simulert energi- og effektbehov for leiligheter på Rosenborg Park, felt B2. Notat, SINTEF Bygg og miljø,
- Dokka, T. H. (2005), Varmelagringseffekt ved bruk av tunge materialer i bygninger. SINTEF Teknologi og samfunn, Arkitektur og byggteknikk. STF50 A05045,
- Drammen Fjernvarme (2006), Bygninger som omfattes av Drammen kommunes vedtekt vedr. fjernvarmetilknytning.
- ECON (2002), Marginal elproduksjon og CO₂-utslipp i Sverige. ER 14:2002,
- Efflocom (2001), Dissemination/Documentation. Phase 1 + 2 Customer segmentation. EU project: Energy EFFiciency and LOad curve impacts of COMmercial development in competitive markets,
- Energistyrelsen (2002). Energistatistik 2002. Danmark.
- Enova (2003), Varmestudien 2003. Grunnlag for utbygging og bruk av varmeenergi i det norske energisystemet.
- Enova (2004), Manual for Enøk Normtall. Enova håndbok 2004:2.
- Enova (2005), Bygningsnettverkets energistatistikk. Årsrapport 2004.
- EU-kommisjonen (2005). Five-point plan to react to the surge in oil prices. MEMO/05/302.Brussel, 6. september 2005
- EU-parlamentet (2002), Europaparlaments- og rådsdirektiv 2002/91/EF av 16. desember 2002 om bygningers energiytelse. Europaparlamentet og rådet for den europeiske union,
- Evensen, E. H. (2005), Møte med og e-post fra Egil Evensen, Trondheim Energiverk Fjernvarme, våren 2005
- Feist, W. (2004a), (Antatt årstall). First Steps: What Can be a Passive House in Your Region with Your Climate. Passive House Institute, Darmstadt, Tyskland,
- Feist, W. (2004b), (Antatt årstall). What is a Passive House? Passive House Institute, Darmstadt, Tyskland.,
- Feist, W. (2004c), Passive House Planning Package 2004. Specifications for Quality Approved Passive Houses. Passivhaus Institut, Darmstadt, Tyskland,
- FIN (1969), Lov om merverdiavgift. Finansdepartementet,
- FIN (2005), St.prp. nr. 1 (2005-2006). Skatte-, avgifts- og tollvedtak. Finansdepartementet,
- Flem, B. K. (2004a), Bloksberg studentboliger - områder for energibruk, energibærere og energiforsyning. SiT Eiendom, Notat datert 04.02.2004.
- Flem, B. K. (2004b), Samtaler med Bård Kåre Flem, Studentsamskipnaden i Trondheim (SiT), oktober 2004.
- Flem, B. K. (2005), Telefonsamtale med Bård Kåre Flem, Studentsamskipnaden i Trondheim (SiT), mars 2005
- Flertallsregjeringen (2005), Politisk plattform for en flertallsregjering. Utgått av Arbeiderpartiet, Sosialistisk Venstreparti og Senterpartiet. 13. oktober 2005. Regjeringserklæringen.

- Flønes, T. (2005), Telefonsamtale med regionleder Trond Flønes, Skanska Bolig AS, april 2005
- Fossdal, S. (2006), Undersøkelse av energibruken i nye boliger med vannbåren gulvvarme og direkte elektrisk oppvarming. Norges byggforskningsinstitutt, O 20677,
- Frischknecht, R., P. Hofstetter, I. Knoepfel, R. Dones, Z. E. (1996), Ökoinventare für Energiesysteme - Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen. Swiss Federal Institute of Technology (ETHZ),
- Fröling, M., C. Holmgren (2002), Miljöbelastning från produktion av fjärrvärmerör. Chalmers tekniska högskola. Svenska Fjärrvärmeföreningen. FOU 2002:81,
- Fröling, M., M. Svanström (2002), Miljöbelastning från läggning av fjärrvärmerör. Chalmers tekniska högskola. Svenska Fjärrvärmeföreningen. FOU 2002:60,
- Fuglseth, G. (2005), Telefonsamtale med Geir Fuglseth, Naturkraft, januar 2005.
- Gismervik, S. (2004), Telefonsamtale med Svein Gismervik, Miljøavdelingen i Trondheim kommune, oktober 2004
- Granum, H. (1983). Forskriftene om varmeisolering og tetthet uheldige. Foredrag ved "Bygg reis deg".
- Granum, H. (1990a), Bør forskriftene ha differensierte krav til byggestedets klima? SINTEF Arkitektur og byggtknikk,
- Granum, H. (1990b), Nye byggeforskrifter om energibruk og innemiljø bygninger. Hva bør de inneholde? SINTEF Arkitektur og byggtknikk,
- Grytli, E., B. Løyland, K. N. Gjesdal, E. Rødahl, E. Støa (1998), Fra årestue til smarthus - teknologien omformer boligen. Norsk arkitekturforlag, 82-7532-010-0,
- Hatlestad, R. (2005), Telefonsamtale med Rune Hatlestad, Jardardhus, mars 2005
- Haukland, S. (2006), Telefonsamtale med Sveinung Haukland, i Nilsen & Haukland AS, mars 2006
- Hille, J. (1995). Miljø og forbruk. Miljøboka 1995. Oslo, Det Norske Samlaget.
- Hjelm-Hansen, T. (2005), Møte med Toril Hjelm-Hansen, Plan- og bygningsenheten i Trondheim kommune, februar 2005
- Holden, E., I. T. Norland (2004), SusHomes - En undersøkelse av husholdningers forbruk av energi til bolig og transport i Stor-Oslo. Dokumentasjonsrapport. Rapport nr. 3/04. Program for forskning og utredning for et bærekraftig samfunn (ProSus). Senter for utvikling og miljø. Universitetet i Oslo,
- IEA (2002), IEA Energy Statistics (www.iea.org). 2002 Energy Balances.
- IEA (2004), IEA - SCH Task 28/ECBCS Annex 38: Sustainable Solar Housing. Göteborg, Sweden,
- IEA, OECD (2004), Oil Crises & Climate Challenges. 30 years of energy use in IEA countries.
- IPCC (2005), IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Summary for Policymakers. The Intergovernmental Panel on Climate Change (FNs klimapanel), september 2005,

- IVL (2002), Hur skall hushållsavfallet tas om hand? Utvärdering av olika behandlingsmetoder. IVL Svenska Miljöinstitutet AB,
- Jakobsen, V. E., F. Hauge, M. Holm, B. Kristiansen (2005), CO2 til EOR på norsk sokkel - en mulighetsstudie. Bellona rapport, august 2005,
- Joakimsen, K. R. (2005), Telefonsamtale med Knut R. Jokimsen, Systemhus, april 2005
- Johansen, T. (2005), Telefonsamtale med Terje Johansen, Alta Boligbyggelag, april 2005
- Jøsok, J. (2005), Telefonsamtaler med Jarle Jøsok, Block Watne, februar og mars 2005.
- KAD (1949), Byggeforskrifter av 15. desember 1949. Kommunal- og arbeidsdepartementet,
- KAD (1969), Byggeforskrifter av 1. august 1969. Kommunal- og arbeidsdepartementet,
- KAD (1980), Byggeforskrifter av 1. august 1969 (med endring av 4. november 1980). Kommunal- og arbeidsdepartementet,
- KAD (1985), Byggeforskrift 1985. Kommunal- og arbeidsdepartementet,
- KAD, BE (1987), Byggeforskrift 1987. Kommunal- og arbeidsdepartementet, Miljøverndepartementet,
- Klingenberg, E. T. (2005), Utleir Østre - Benyttelse av fjernvarme for prosjektet. Brev fra Heimdalsgruppen, datert 16.12.2004.
- Klinski, M. (2004). Glem sonedeling og vinterhage – bygg passivhus. Arkitektnytt 10-2004
- Larsen, B., R. Nesbakken (2005), Formålsdeling av husholdningenes elektrisitetsforbruk i 2001. Sammenligning av formålsdelingen i 1990 og 2001. Statistisk sentralbyrå, Rapport nr. 2005/18,
- Leikvam, G. (2003). Uttalelse fra Gunnar Leikvam, direktør for eiendomsutvikling i Heimdal Utbyggingsselskap AS, til tidsskriftet Byggmesteren. Referert av IndustriInformasjon (www.industri-informasjon.no) 18.09.2003.
- Leikvam, G. (2004), Telefonsamtale med Gunnar Leikvam (høsten 2004), observatør under Bygningsrådets behandling av dispensasjonssøknaden for Rosenborg Park
- Leikvam, G. (2005), Møteleder ved idedugnad hos Skanska angående Lerkendalsutbyggingen, januar 2005
- Lianes, J. (2005), Telefonsamtale med John Lianes, Varmobygg, mars 2005
- Lien, K. M. (2003), Fjernvarmeleveranser til lavenergibebyggelse. En innledende kostnads- og lønnsomhetsstudie.
- Lier kommune (ca. 2000), Utarbeidelse av energiutredning.
- Ljones, A., R. Nesbakken, S. Sanbakken, A. Aaheim (1992), Energibruk i husholdningene. Energiundersøkelsen 1990. Statistisk sentralbyrå. Rapport 92/2,
- Lund, E. (2004), Telefonsamtale med lund, Røyken kommune, september 2004
- Lysen, E. H. (1996). The Triac Energica: Solar Energy Strategies for Developing Countries. Eurosun Conference, Freiburg,
- McIntyre, D. A. (1980). Indoor climate. Applied Science Publishers LTT, London 1980

- MD (2005), St.meld. nr. 21 (2004-2005). Regjeringens miljøverntiltak og riktes miljøtilstand. Miljøverndepartementet,
- Messel, J. (2005), Telefonsamtale med Jarle Messel, Boligpartner, Hamar, april 2005
- Miljövärdberedningen (2004), Strategi för energieffektiv bebyggelse.
Miljövärdberedningens promemoria 2004:2. Den svenske regjeringens råd i miljøspørsmål,
- Moen, M. T. (2005), Samtaler med May Toril Moen, TEV Fjernvarme, våren 2005
- Myhre, L. (1995), Some Environmental and Economic Aspects of Energy Saving Measures in Houses. Doktor ingeniøravhandling 1995:120, Norges Tekniske Høgskole, Universitetet i Trondheim
- Myhre, L., T. H. Dokka (2004), Energieffektive løsninger i småhus. Redusert oppvarmingsbehov og bedre inn klima. Anvisning 2004. Norges byggforskingsinstitutt,
- Maagerø, T. (2004), Telefonsamtale med Maagerø, Byggetekniske etat (BE), 11.11 2004
- Naturkraft (2004), Orientering om endringer i godkjent virksomhet - søknad om oppdatering av godkjent utslippstillatelse.
- Nielsen, H. N. (2005). Individual heat metering attitudes to consumption of resources. Symposium on Energy-efficient building, Sisimut, Grønland, 12-14 April, 2005.
- Nilsen, T. (2005), Samtaler med Torgeir Nilsen, Systemair, høsten 2005
- NoBio (2002), Fjernvarme. Faktaark 2/2002.
- NoBio (2004), Pris- og salgsstatistikk for bioenergi i Norge. 2003 - 2004. Norsk Bioenergiforening,
- Norsk Fjernvarme (2004), Fjernvarmeaktuelt nr. 4/04. Norsk Fjernvarmeforening,
- NS 3031 (1987), Norsk standard 3031. Varmeisolering. Beregning av bygningers energi- og effektbehov til oppvarming og ventilasjon. Norges Byggstandardiseringsråd (Fra 2003: Norsk Standard),
- NVE (1999), Energieffektivitet ved energifleksible oppvarmingsystemer. NVEs byggoperatør, Publikasjon 1/99,
- NVE (2002a), Kostnader ved produksjon av kraft og varme i 2002. Håndbok 2-2002. Norges vassdrags- og energidirektorat,
- NVE (2002b), Vedrørende tolkning av energilovens § 5-5 første ledd. Brev til Olav Thon Gruppen, datert 22.05.2002. Norges vassdrags- og energidirektorat,
- NVE (2004), Naturgass - en generell innføring. Norges vassdrags- og energidirektorat, 12/2004,
- NVE (2005a), Energi i Norge 2004. Tabell Fjernvarme 1990 - 2004. Norges vassdrags- og energidirektorat,
- NVE (2005b), <http://www.bygningsenergidirektivet.no/>. Norges vassdrags- og energidirektorat,
- NVE, N. Energi, Enova (2005), Faktaprojekt. Fjernvarme i Norge. Norges vassdrags- og energidirektorat, Norsk Energi og Enova, rapport september 2005,

- NVE, OD (2002), Kraftforsyningen fra land til sokkelen. Muligheter, kostnader og miljøvirkninger. Norges vassdrags- og energidirektorat, Oljedirektoratet,
- OD (2005), Mulighetsstudie av CO2 til EOR på norsk sokkel. Oljedirektoratet,
- OED (1990), Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energiloven). Olje- og energidepartementet,
- OED (1998), NOU 1998:11. Energi- og kraftbalansen mot 2002. Olje- og energidepartementet,
- OED (1999), St.meld. nr. 29 (1998-1999). Om energipolitikken. Olje- og energidepartementet,
- OED (2002), Strategi for utbygging av vannbåren varme. Olje- og energidepartementet,
- OED (2004a), Faktaheftet 2004 om energi- og vassdragsvirksomheten. Olje- og energidepartementet,
- OED (2004b), St.meld. nr. 18 (2003 - 2004). Om forsyningssikkerheten for strøm mv. Olje- og energidepartementet,
- OED, Enova (2004), Avtale mellom den norske stat v/Olje- og energidepartementet og Enova SF om forvaltningen av midlene fra Energifondet i perioden 2002 til 2005. Revidert avtale 22. september 2004.
- OED, NVE (1999), Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariffer. Olje- og energidepartementet, Norges vassdrags- og energidirektorat,
- OIH (2005), Testrapport. Måling av varmetap fra varmtvannsberedere. Høyskolen i Oslo i samarbeid med Stiftelsen VEKST, OIH 15091-2005.1.B,
- Pettersen, T. D., J. Brunsell, P. Schild, L. Myhre, T. Aurlien (2003), Infiltrasjonsrapport og lufttetthet til bygninger - Sluttrapport. Norges byggforskningsinstitutt,
- Planlovutvalget (2003), NOU 2003:14. Bedre kommunal og regional planlegging etter plan- og bygningsloven II.
- Prognosesenteret (2004), Boligprodusentenes bransjeanalyse 2004: Energi, oppvarming & ventilasjon i nye norske boliger. Prognosesenteret AS, 06/2004,
- Reinholdtsen, K. S. (2006). Telefonsamtale med Karen Steinsvik Reinholdtsen, daglig leder i Passivhus Norge, mars 2006.
- Reiss, J. (2004), German Rowhouse Project. Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Lær av de beste lavenergi boligene i Europa. Konferanse på Lillehammer 29. april 2004,
- RES-direktivet (2001). Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the international electricity market
- Ruud, S., L. Lundin (2004), Bostadshus utan oppvärmingsystem - Resultat från två års mätningar. Statens Provningsanstalt, Sverige, Rapport 2004:31,
- Rødseth, A. (2006), Telefonsamtale med og e-post fra Arnstein Rødseth, seniorrådgiver ved Sweco Grøner AS, mars 2006.
- Rødseth, A. (2006), Telefonsamtale med Are Rødseth, Husbankens regionkontor i Trondheim, januar 2006
- Rørfag (2005). Gass erstatter ved og strøm. Rørfag, 7-2005

- SCB (2005), Statistiska meddelanden EN 15 SM 0501. Energistatistik för småhus 2004. Sveriges officiella statistik,
- Schild, P. (2005), Samtaler med Peter Schild, Norges byggforskningsinstitutt, høsten 2005
- Selberg, K. (2004), Brev dataert 25. november 2004 til Trondheim kommune vedrørende reguleringsplan for Okstad Østre. Selberg Arkitektkontor,
- Selfors, A. (2004), Telefonsamtale med Atle Selfors, NVE, desember 2004.
- Selvaag, A. (2003), Søknad om dispensasjon - bruk av fjernvarme til romoppvarming. Heimdal Utbyggingsselskap,
- Selvaag, A. (2004), Energikonsept på Utleir Østre. Notat 1.11.2004. Heimdal Utbyggingsselskap,
- Selvaag, A. (2005), Diverse kommunikasjon (møte, telefonsamtaler, e-post) med Alv Selvaag, Heimdal Utbyggingsselskap, våren 2005
- SFT (2005a), Reduksjon av klimagassutslipp i Norge. En tiltaksanalyse for 2010 og 2020. Statens forurensningstilsyn,
- SFT (2005b), (Årstall usikkert). Lokale klima- og energiplaner. Veileder. Statens forurensningstilsyn,
- SINTEF (1996), ENØK i bygninger. Effektiv energibruk. Håndbok for planlegging, gjennomføring og oppfølging.
- SINTEF (2001), Useload analyser. SINTEF Energiforskning AS,
- Solberg, J.-E., L. T. Bakke (2005), Kommunikasjon per E-post og telefon med Jan-Erik Solberg og Linn Therese Bakke, Selvaagbygg, våren 2005
- Solheim, A. (2005). Telefonsamtale med Arve Solheim, Mesterhus, mars 2005.
- Spät, P. (2004). District heating and passive houses - interfering strategies towards sustainable energy systems. EASST conference, Paris, 28 August 2004.
- SSB (2004a), Energiregnskap og energibalanse, 2002/2003. Stor nedgang i strømforbruket. Statistisk sentralbyrå,
- SSB (2004b), Fjernvarmestatistikk 2003. Statistisk sentralbyrå,
- SSB (2004c), Fjernvarmestatistikk fra energiverkene for 2003, tilsendt fra SSB. Statistisk sentralbyrå,
- SSB (2004d), Tilgang og bruk av elektrisk kraft. Statistisk årbok 2004. Statistisk sentralbyrå,
- SSB (2005a), Fjernvarmestatistikk, 2004. Statistisk sentralbyrå,
- SSB (2005b), Mottatt statistikk fra SSB for 1983 til 2003. For 2004: Energibalanse for Norge. 2004. Statistisk sentralbyrå,
- SSB (2005c), Utslipp av klimagasser. Foreløpige landstall, 2004. Statistisk sentralbyrå,
- Statnett (2005), Synergier mellom gass og kraft i Midt-Norge og på Østlandet. Rapport fra Statnett, Desember 2005
- Stav, O. (2004), Telefonsamtale 15. september 2004 med Olav Stav, miljøvernsjef i Stavanger kommune
- Stortinget (2003), Dokument nr. 15 (2002-2003), Spørsmål nr. 711, datert 20.06.2003.
- Sydkraft (2000), Livscykelanalys - Miljøpåverkan från Sydkrafts elproduktion 1999. Malmø, juli 2000
- Sylte, A. (2004), Telefonsamtale med Sylte, TEV Nett. Oktober 2004.

- Sørensen, P. (2002), Energiforbruk til pumper i vannbårne anlegg, Måltall. Erichsen & Horgen,
- Tempero (2004a), Møtereferat, datert 02.05.04. Tempero Energitjenester AS, Trondheim,
- Tempero (2004b), Møtereferat, datert 03.05.04. Tempero Energiledelse AS, Trondheim,
- TEV Fjernvarme (2002), Konsekvensutredning om avfallsforbrenningsanlegget ved Heimdal varmesentral. Trondheim Energiverk Fjernvarme,
- TEV Fjernvarme (2003a), Brev til Trondheim kommune vedrørende dispensasjon fra fjernvarme til oppvarming av lavenergiboliger for boligområdene Valentinlyst, Granås og Rosenborg. Datert 23.11.2003. Trondheim Energiverk Fjernvarme,
- TEV Fjernvarme (2003b), Fjernvarmeforsyning til boliger i Klostergata 29. Brev til Trondheim kommune, datert 24.09.2003. Trondheim Energiverk Fjernvarme,
- TEV Fjernvarme (2003c), Fjernvarmeprisen i Trondheim. Notat datert 13.01.2003. Trondheim Energiverk Fjernvarme,
- TEV Fjernvarme (2004), Fjernvarmeforsyning til lavenergiboliger. Powerpoint presentasjon datert januar 2004. Trondheim Energiverk Fjernvarme,
- TEV Fjernvarme, SiT (2004), Energiavtale mellom Trondheim Energiverk Fjernvarme AS og SiT om tilknytning til fjernvarme til Klostergata 29. Mai 2004. Trondheim Energiverk Fjernvarme og Studentsamskipnaden i Trondheim,
- Thyholt, M., T. H. Dokka (2003), Nye forskrifter til bygningers energibehov. SINTEF Bygg og miljø, STF22 A03524,
- Trondheim kommune (2003), Uttalelse fra Miljøavdelingen vedrørende Rosenborg Park. Søknad om dispensasjon fra krav om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme. Miljøavdelingen,
- Trondheim kommune (2004a), Behandling av sak 0213/04 (Utleir Østre, forslag til reguleringsplan med bestemmelser) i Bystyret 16.12.2004. Video-opptak lagt ut på kommunens web-side. Bystyret,
- Trondheim kommune (2004b), Boligprogram 2005 - 2008. Utkast 25.10.04.
- Trondheim kommune (2004c), Saksutredning. Okstad Østre. Forslag til reguleringsplan med bestemmelser. Datert 20.12.2004. Plan- og bygningsenheten,
- Trondheim kommune (2004d), Saksutredning. Reguleringsbestemmelser for Utleir Østre. Datert 19.10.2004. Rådmannen i Trondheim,
- Trondheim kommune (2004b), Sakspapirer for Bygningsrådet. Rosenborg park, Felt B2. Søknad om dispensasjon fra kravet om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme. Bygningsrådet,
- Trondheim kommune (2005), Utleir Østre - energiforsyning, juridisk vurdering. Notat datert 15.12.2004. Plan- og bygningsenheten,
- Tronshart, J. I. (2005), Møte med Jens Ivar Tronshart, bystyreprerentant for Trondheim Arbeiderparti, januar 2005.

- Unander, F., I. Etterstøl, M. Ting, L. Schipper (2004). Residential energy use: an international perspective on long-term trends in Denmark, Norway and Sweden. *Energy Policy* 32/2004: 1395-1404.
- Uppenberg, S., M. Almemark, M. Brandel, L.-G. Lindfors, H.-O. Marcus, H. Stripple, A. Wachtmeister, L. Zetterberg (2001), Miljöfaktabok för bränslen. Del 2. Bakgrundsinformasjon och Teknisk bilaga. IVL Svenska Miljöinstitutet AB, B 1334B-2,
- Varmeinfo (2004), AVIsen, utgave nr. 4, 2004.
- Varmeinfo (2005), <http://www.varmeinfo.no>.
- Vattenfall (2004), Livscykelanalys av Vattenfalls el. Vattenfall, Sverige,
- Vattenfall (2005), Livscykelanalys. Vattenfalls el i Sverige.
- Venjum, A. (2004), E-post fra Arne Venjum, NVE, angående beregning av anleggsbidrag
- VIS-A-VIS (2003a), Bruk av elektriske panelovner til romoppvarming. Notat datert 23.10.03. Arkitektene VIS-A-VIS, Trondheim,
- VIS-A-VIS (2003b), Søknad om dispensasjon fra krav om vannbåren varme til romoppvarming. Datert 21.11.03. Arkitektene VIS-A-VIS, Trondheim,
- VIS-A-VIS (2004), Anmodning om ny behandling av Sak 0020/04. Datert 09.02.04. Arkitektene VIS-A-VIS, Trondheim,
- Vold, M., I. S. Modahl, A. Rønning (1999), Miljømessig sammenligning av foredlet biobrensel og fyringsolje i et livsløpsperspektiv. Stiftelsen Østfoldforskning, Statoil Norge, OR. 07.99,
- Wall, M. (2006). Energy-Efficient terrace houses in Sweden. Simulations and measurements. *Energy and Buildings* 38 (2006): 627 - 634.
- Wall, M., H. Bülow-Hübe (2003), Solar Protection in Buildings. Department of Construction and Architecture, Lund Institute of Technology, Lund University. Sweden, EBD-R--01/1,
- Wienold, J., K. Voss, M. Wangusi, S. Burton, D. Van Orshoven, L. Vandaele, L. P., M. Thyholt, G. Mihalakakou, M. Santamouris, P. Kenny, A. S. Lewis (2003), SOLGAIN. Contribution and Potential of Passive Solar Gains in Residential Buildings in the European Union. The Non Nuclear Energy Programme, THERMIE, The European Commission.,
- Wigenstad, T., M. Thyholt (2005), Nye energikrav. Tilleggsanalyser. Underlag for revisjon av forskriftskrav til bygningers energibehov. SINTEF Arkitektur og byggtknikk, STF50 A05207,
- Østfoldforskning (2002), Vannkraft fra Trolla kraftverk. Environmental Declaration ISO/CD 14025. Stiftelsen Østfoldforskning,

Vedlegg 1. Definisjoner

I dette vedlegget defineres begreper som ikke er definert i hovedteksten i avhandlingen

Biomasse

Direktivet om fornybar energi (RES-direktivet) definerer *biomasse* som den nedbrytbare fraksjonen av produkter, avfall og rester fra landbruk (vegetabiliske og animalske), skog og lignende industri, og den nedbrytbare fraksjonen av kommunalt og industrielt avfall.

Brensel

Brenslar betegner produkter som benyttes til å produsere varme eller elektrisitet ved forbrenning, som fyringsolje, ved, pellets, parafin, naturgass osv.

Brutto energibehov (levert energi)

Brutto energibehov er i NS 3032 definert som ”tilført energi før eventuell omvandling på forbruksstedet, for eksempel inklusiv energi fra varmpumpers kalde reservoar og uten reduksjon for varmesentralens virkningsgrad.” Brutto energibehov i en bygning kan derfor forstås som totalt energibehov når det tas hensyn til alle tap i varmesystemet, dvs levert eller kjøpt energi.

Energibærer

Begrepet *energibærer* benyttes om energiresurser som er lett tilgjengelige for distribusjon og/eller sluttbruk. Energibærere kan være produsert av energiråstoffer som er bearbeidet for å kunne benyttes til ønsket formål. Eksempler på energibærere er elektrisitet, fyringsoljer, naturgass, varmebærere (vann/damp) og foredlet biobrensel som ved, briketter og pellets.

Energieffektivitet

I avhandlingen benyttes begrepet *energieffektivitet* om en kvalitet som uttrykker hvor mye energi som må tilføres bygningen og dets installasjoner for å opprettholde et godt inn klima. Type energiforsyning og energiforsyningens betydning for miljø og forsyningsikkerhet er ikke omfattet av begrepet.

Energifleksibilitet

Med *energifleksibilitet* menes muligheten til å kunne benytte minst to uavhengige energibærere til varmeformål eller andre formål. For å oppnå effekt av installert energifleksibilitet bør det til enhver tid være en reell valgmulighet, dvs installasjonene må være driftsklare og skifte mellom energibærere må kunne skje enkelt og helst automatisk.

Energikilder

En skiller mellom fornybare, nye fornybare og ikke fornybare energikilder. *Fornybare energikilder* er energiresurser som fornyes i samme eller omtrent samme takt som vi bruker dem, eller som er en del av et naturlig kretsløp. Til gruppen fornybare energiresurser hører i følge direktivet for fornybar energi (RES-direktivet, 2001) ikke-fossile energiresurser som vind, solvarme, bølger, tidevann, vannkraft, biomasse, deponigass, biogass og gass fra kloakkrensingsanlegg.

Begrepet *nye fornybare energikilder* benyttes for å skille mellom relativt ny teknologi og mer konvensjonelle vannkraftanlegg. Eksempler på nye fornybare energikilder er sol-, vind-, bio- og bølgeenergi.

Med *ikke-fornybare energikilder* menes ressurser som forbrukes i en langt høyere takt enn de gjenoppbygges. Til denne gruppen hører fossile energiresurser som råolje, kull og naturgass. Disse ressursene er dannet ved en nedbrytning av biologisk materiale, og er på samme måte som de fleste fornybare ressurser former for lagret solenergi. Omdannings- og lagringsprosessene som skaper de fossile energiresursene tar imidlertid svært lang tid, gjerne millioner av år. Selv om prosessene pågår kontinuerlig, er dannelseshastigheten svært lav i forhold til utvinningshastigheten. Også spaltbare materialer som uran sorteres under ikke fornybar energikilder. Kilde: www.energifakta.no

Energikvalitet, eksergi

Energis kvaliteten er knyttet til dens evne til å utføre arbeid. Høyverdige energiformer som elektrisitet har større evne til å utføre arbeid enn lavverdige former som varme ved lav temperatur. Begrepet *eksergi* benyttes om den nyttbare delen av energien, det vil si den del av energien som fullt ut lar seg omforme til arbeid. Elektrisitet, mekanisk energi og kjemisk bundet energi er eksempler på energiformer med svært høyt eksergiinnhold. Varme er en energiform hvor eksergiinnholdet avhenger av temperaturen, og denne type energi kan derfor bare delvis omformes til arbeid.

Energitjenester

Energitjenester beskriver formålet energien brukes til, som romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og tappevann, belysning, drift av utstyr, vifter og pumper.

Energiytelse

I henhold til den norske oversettelsen av EUs direktiv om bygningers energiytelse defineres en bygnings *energiytelse* (energy performance) som ”den mengde energi som faktisk forbrukes eller beregnes brukt for å dekke de ulike behov knyttet til en standardisert bruk av bygningen, som blant annet kan omfatte oppvarming, varmt vann, kjøling, ventilasjon og belysning. Denne mengden skal gjengis i en eller flere tallindikatorer som beregnes idet det tas hensyn til isolasjon, tekniske egenskaper og installasjonsegenskaper, utforming og plassering i forhold til klimahensyn,

utsettelse for sol og innvirkning fra tilstøtende bygninger, egen energiproduksjon og andre faktorer, herunder inneklimate, som påvirker energietterspørselen”. En bygnings energiytelse er i EU-direktivet dermed gitt en definisjon som samsvarer med begrepet *energieffektivitet* (se egen definisjon). I prEn 15203 ”Energy performance of buildings – Assessment of energy use and definition of energy ratings” fra desember 2005, vises det imidlertid til at en bygnings energiytelse skal presenteres gjennom en indikator basert på tilført energi per energibærer, vektet for faktorer for primærenergi, utslipp av CO₂, energikostnader eller faktorer basert på nasjonal energipolitikk. I denne beskrivelsen av energiytelse inkluderes hensynet til type energiforsyning med konsekvenser for miljø m.m.

Fjernvarmeanlegg

Definisjon gitt side 71.

Kyotoprotokollen

En protokoll under Klimakonvensjonen, som ble vedtatt i Rio i 1992. Kyotoprotokollen utdypet og konkretiserer forpliktelsene i industrilandene, og ble vedtatt under FNs klimakonferanse i Kyoto desember 1997. Protokollen gir juridisk rammeverk for tallfestede tidsbestemte utslippsforpliktelser. Norge ratifiserte protokollen i 2002. Avtalen trådte i kraft 15. februar 2005 etter at Russland ratifiserte avtalen i 2004.

Netto energibehov

Netto energibehov er i NS 3032 definert som nyttiggjort energi på forbruksstedet, for eksempel varme fra varmeanlegget avgitt til bygningen.

Nærvarmeanlegg

Små, konsesjonsfrie ”fjernvarmeanlegg” som transporterer varme over korte strekninger utendørs.

Primærenergi

Primærenergi tilsvarer opprinnelige og ubearbeidede energiresurser.

Passiv og aktiv solvarme

Begrepet *passiv solvarme* er knyttet til utnyttelse av innstrålt solenergi til oppvarming. Begrepet *aktiv solvarme* benyttes normalt om solvarmeanlegg, som består av en solfanger, et varmelager og et varmfordelingssystem. Solcelleanlegg kan også sortere inn under begrepet aktiv solvarme.

Stasjonær energibruk

Statistisk sentralbyrå (SSB) benytter begrepet *stasjonær energibruk* om netto innenlands energibruk, fratrukket bruk av energi til transportformål.

Kraftbalanse og effektbalanse

Kraftbalansen innenlands defineres som forholdet mellom produksjon og samlet forbruk av kraft (elektrisitet) over et år. I vurderinger av kraftbalansen ser en ofte på forholdet mellom forbruket og normalårsproduksjonen (produksjonen i et år med normale nedbørmengder). Overføringsforbindelsene med utlandet bidrar til at forbruket blir mindre påvirket av svingningene i den innenlandske produksjonen. *Effektbalansen* beskriver forholdet mellom tilgang på og bruk av kraft på et konkret tidspunkt. Utviklingen i kraft- og effektbalansen henger sammen. En gradvis strammere kraftbalanse som følge av liten tilgang på ny produksjonskapasitet, øker også faren for å komme i kortvarige pressede effektsituasjoner (OED, 2004a).

Vannbasert varmeanlegg, vannbåren varme

”Vannbåren varme” benyttes i dagligtale om varmeanlegg hvor det benyttes vann til transport av varme. Et slikt anlegg, eller mer korrekt et *vannbasert varmeanlegg*, består av en varmesentral, varmedistribusjonsnett og radiatorer, konvektorer eller rørsløyfer som avgir varme til omgivelsene. Varmesentralen kan bestå av én eller flere fyrkjeler som utnytter olje eller biobrensel, en varmepumpe som utnytter energien i berggrunnen, en varmekollektor som varmes av opp sola, eller utstyr for utnyttelse av fjernvarme. For distribusjon av varmen benyttes rør i ulike dimensjoner, avhengig av hvor mye varme som skal transporteres, samt av ønsket temperatur. For å avgi varme til omgivelsene benyttes radiatorer, konvektorer og rørsløyfer i gulv (gulvvarme). I varmesentralen kan også varmt tappevann produseres, samt varmt vann for oppvarming av ventilasjonsluft.

Vedlegg 2. Motivasjon for bygging av lavenergiboliger

For å få en forståelse for hva som er motivasjonen for bygging av lavenergiboliger, er tolv flergangs boligprodusenter, eiendomsselskaper eller andre typer byggefirmaer intervjuet. Disse bedriftene har enten bygget eller holder på å bygge lavenergiboliger, og alle kan klassifiseres som flergangs boligbyggere. De ni første intervjuene ble foretatt per telefon i mars og april 2005, og de tre siste i mars 2006 etter at flere bedrifter hadde startet bygging eller planlegging av slike boliger. I tillegg er bedriftenes hjemmeside på internett benyttet for innhenting av informasjon om konkrete prosjekter, markedsføring og energimålsetninger. En viktig målsetning med intervjuene har også vært å kartlegge hvilke varmesystemer bedriftene velger i slike boliger. Begrepet lavenergibolig er ikke definert i undersøkelsen, men forutsetter at energiltakene omfatter både økt grad av varmeisolasjon i forhold til minstekravene i tekniske forskrifter, samt balansert ventilasjon med varmegjenvinner. Følgende spørsmål ble stilt:

- Hvorfor har bedriften valgt å satse på lavenergiboliger?
 - Har bedriften registrert økt etterspørsel i markedet, og eventuelt på hvilken måte, eller forventer bedriften at markedet vil komme til å etterspørre lavenergiboliger, og eventuelt hvorfor?
 - Andre motivasjonsfaktorer?
- Hva er energimålsetningen for lavenergiboligene, gitt i forhold til en referanse?
- Hva er prisøkningen for lavenergikonseptet, gitt i forhold til en referanse?
- Hva slags varmesystem velges for lavenergiboligene?
 - Dersom vannbasert varmeanlegg er vurdert/valgt, hvilke kostnader/tilleggs kostnader innebærer dette for bedriften? Er det tatt hensyn til at det vannbaserte varmeanlegget kan forenkles som følge av lavere effektbehov og at kaldrassikring under vinduene eventuelt kan sløyfes?
- Vil eller vurderer bedriften å velge lavenergistandard som ny standard for alle nybygg oppført eller solgt av bedriften?

Det er ikke ment å gi noen sammenligning av svarene hos de ulike bedriftene, til dette vil forutsetningene være for ulike. Eksempelvis vil oppgitte kostnader kunne baseres på ulikt grunnlag og med ulike referanser. Hvorvidt kostnadstallene gjelder byggekostnader eller prisen ut til kunden varierer også. Ikke alle bedriftene hadde kostnadstall lett tilgjengelige, og de ble heller ikke bedt om å fremskaffe dette. Enkelte av bedriftene hadde heller ikke kommet så langt i planleggingsprosessen at gode kostnadsdata forelå. I dette vedlegget er svarene fra intervjuene beskrevet. I kapittel 2.3 er det gitt en oppsummering av intervjuene.

Jadarhus, Stavanger

Ferdighusprodusenten Jadarhus har bygget en tomannsbolig med lavenergistandard, kalt "Isobo", på feltet Skadberg Sør i Sola kommune. Energibruken til oppvarming er i henhold til bedriftens web-side antatt å være 1/3 i forhold til en "vanlig bolig" i dag. Boligene, som betraktes som prototyper, ligger innenfor et konsesjonsområde for fjernvarme. Begge boligene er derfor utstyrt med vannbasert varmeanlegg for romoppvarming. I den ene boligen er det vannbaserte varmeanlegget koblet fra fjernvarmeforsyningen, og boligen er utstyrt med et elektrisk varmesystem. Dette er gjort for å få erfaringer med energibruken med disse to anleggene, og erfaringer med oppfattelsen av komfort. I løpet av våren 2005 vil flere av bedriftens ferdighusmodeller kunne tilbys med lavenergistandard.

Bedriften har ikke registrert noen merkbar økning av etterspørselen etter lavenergiboliger i markedet, men antar at dette vil komme som et resultat av større bevisstgjøring. Dette vil ta noe tid, og det er bransjen og andre aktører i samfunnet som må bidra til å bevisstgjøre kundene om fordelene med lavenergiboliger. Bedriften ønsker å være tidlig ute i markedet med slike boliger for å kunne møte denne etterspørselen, samtidig vil det å kunne tilby slike boliger ha gunstig effekt ved markedsføringen av bedriften.

Bedriften har valgt å satse på elektrisk romoppvarming i lavenergiboligene, men kunden kan selv velge et annet system. Boligene blir bygget med skorstein. Sett bort fra Isobo-boligene, som ble betraktet som prototyp boliger, har bedriften hatt flere byggeprosjekter innenfor fjernvarmeområder. I disse prosjektene har bedriften bevisst latt være å bygge lavenergistandard som følge av tilleggs kostnadene knyttet til fjernvarmetilknytningen. Eksempelvis ble det vurdert å bygge lavenergiboliger ved Hinna Park, et nytt boligprosjekt i Stavanger. Kostnadene for varmeanlegg samt tilknytningsgebyr for tilknytning til fjernvarmenettet gjorde imidlertid lavenergistandard uinteressant. Tilknytningskostnadene utgjorde henholdsvis 7.000 kroner for boliger med én varmeveksler per boligenhet, og 10.000 kroner for boligblokker.

Utsalgsprisen for en 130 m² bolig med lavenergistandard vil være om lag 75.000 kroner høyere enn en bolig med ordinær standard. Et vannbasert anlegg for romoppvarming vil gi en ytterligere kostnadsøkning på 40.000 til 50.000 kroner for kunden i fjernvarmeområdet. Det er da tatt hensyn til at varmeveksler knyttet til fjernvarmeforsyningen betales av fjernvarmeselskapet. Kostnadsoverslaget gjelder for et tradisjonelt vannbasert gulvvarmeanlegg, med gulvvarme i alle oppholdsrom unntatt soverom og våtrom, og dimensjonert i forhold til normalt varmebehov. Kilde: (Hatlestad, 2005).

Mesterhus, Oslo

Ferdighuskjeden Mesterhus har utviklet boliger med lavenergistandard. I følge bedriftens web-side vil energibehovet til romoppvarming, inkludert oppvarming av ventilasjonsluften, være halvert i disse boligene i forhold til en "standard bolig".

Bedriften ser et gryende marked for denne type boliger, og forventer et økende marked i fremtiden, blant annet som følge av "energidirektivet". Bedriften ønsker med sin satsing på lavenergiboliger å være i forkant i markedet med slike boliger. Lavenergikonseptet bidrar også til å gi bedriften en økt miljøimage. At Husbanken gir bedre lånebetingelser for boligkunden for slike boliger, er også en viktig motivasjonsfaktor for bedriften. Spesielt er bedre lånebetingelser viktig i distriktene, hvor bankene ellers er mer tilbakeholdne med å gi lån som følge av større økonomisk risiko. Medlemsbedriftene får også større dekningsbidrag for slike boliger, fordi en vesentlig andel av tilleggskostnadene er snekkerarbeider.

Salgskontorene til Mesterhuskjeden rapporterer at disse boligene er lette å selge når det gis informasjon om produktet. Dette salget krever heller ikke mye teknisk dokumentasjon for å få kunden til å forstå verdien av produktet. Bedriften legger vekt på lavenergikonseptet i sin markedsføring av disse boligene. Som et ledd i en markedsføringskampanje ble det foretatt en spørreundersøkelse blant ferdighuskjedens forhandlere om erfaringene fra salg av lavenergiboligene. Spørreundersøkelsen, som ble foretatt i mars 2005, viste at 17 % av forhandlerne enten hadde bygget lavenergibolig/-boliger eller hadde skrevet kontrakt. I tillegg hadde 27 % gitt konkret tilbud om bygging av slike boliger. Lavenergiboligene hadde på dette tidspunktet vært tilgjengelige på markedet et halvt år.

Tilleggskostnadene for lavenergistandarden avhenger av boligstørrelsen, men oppgis til å ligge i området 40.000 til 60.000 kroner for kunden. Det benyttes elektrisk varmesystem. Vannbåren varme er valgt bort som følge av for høye kostnader, men kunden kan selv siden velge tilleggssystem knyttet til skorsteinen. Kilde: (Solheim, 2005).

Boligpartner, Hamar

Målet for ferdighusprodusenten Boligpartner er at alle kataloghusene skal ha lavenergistandard innen ett år. Lavenergistandarden innebærer opptil 45 % redusert varmebehov sammenlignet med minstekravene i tekniske forskrifter.

Bedriften har så langt ikke sett noen økt etterspørsel etter lavenergiboliger, men antar at dette vil tvinge seg frem som følge av fremtidig knapphet på elektrisitet, med økende strømpriser som resultat. Dette har vært hovedmotivasjonen for satsingen på lavenergistandard. Bedre energistandard for boligene har også vært internt motivert ut fra ønsket om å skape et bedre produkt som bedriften kan være stolt av. Bedriften har med sin satsing på lavenergiboliger også ønske om å være tidlig ute i markedet med dette produktet. I utgangspunktet var ikke fremtidig energimerke- eller energisertifikatordning et viktig motiv for å satse på lavenergiboliger, men bedriften ser fordelene med slike ordninger nå når det gjelder utviklingen av markedet.

Fordi bedriften så langt ikke har sett noen spesiell etterspørsel etter lavenergistandard, er den nye energistandarden ikke markedsført veldig tungt.

Denne kvaliteten inngår imidlertid som en integrert del i markedsføringen av boligene. Tilleggs kostnadene for kundene for lavenergistandarden, sett i forhold til tidligere standard for ferdighusene, utgjør for en enebolig på 120 m² om lag 25.000 kroner inklusive merverdiavgift. Det er da tatt hensyn til at tidligere standard også inkluderte balansert ventilasjon med varmegjenvinning. Denne tilleggs kostnaden anser bedriften så liten at lavenergikonseptet vil være konkurransedyktig på markedet.

For de boligene bedriften selv oppfører og selger, velges elektrisk romoppvarming på grunn av kostnadene. Kostnadsoverslagene for vannbaserte varmeanlegg har vært basert på tradisjonelle anlegg, dimensjonert ut fra vanlig boligstandard, men bedriften ser at det kan være hensiktsmessig å vurdere slike anlegg ut fra endret energistandard. Kilde: (Messel, 2005).

Varmbobygg, Trondheim

Varmbobygg har i sine ferdighus benyttet bedre varmeisolasjonsstandard, sammenlignet med vanlig standard i markedet, siden oppstart av bedriften for 26 år siden. Bedriften har nå valgt å øke denne standarden til lavenergistandard etter Husbankens definisjon, dvs totalt energibehov på 100 kWh/m² per år. Boligene varmes normalt opp med elektrisitet.

Bedriften har til nå solgt sine ”varmbobygg” til en liten kundegruppe som ønsker boliger med økt komfort. Det har så langt ikke vært noen stor økning i etterspørselen etter slike boliger, men bedriften forventer at markedet vil øke i tiden fremover. Økte energipriser antas å ville bidra til dette. Samtidig antas at husholdningene vil få bedre økonomi og at betalingsvilligheten for høy bokomfort vil øke. Kommende energisertifikatordning forutsettes også å ville bidra til økt etterspørsel etter lavenergiboliger, og det vises til denne ordningen i markedsføringen av lavenergiboligene. Økt pris for kunden knyttet til lavenergistandarden for ferdighusene anslås til cirka 100.000 kroner sammenlignet med tidligere standard.

Vannbåren varme er ikke standard i lavenergiboligene, men flere etterspør denne type varmeanlegg. Varmbobygg skal bygge 14 eneboliger med lavenergistandard innenfor området for fjernvarmekonsesjon på Heimdal i Trondheim. Det vannbaserte varmeanlegget, inkludert varmtvannsbereder for tilknytning til fjernvarmenettet, er stipulert til 115.000 kroner for kunden per enebolig. Dette varmeanlegget inkluderer gulvvarme i alle rom unntatt boder, og er ikke dimensjonert i forhold til lavere effektbehov som følge av lavenergiltakene. Etter å ha blitt orientert i intervjuet om at anlegget kan være overdimensjonert, vil bedriften få foretatt en gjennomgang av anlegget for å få ned kostnadene. Bedriften ser ellers ikke at det skal bli tungt å få solgt lavenergiboliger med vannbasert varmeanlegg som følge av kostnadsøkningen. Kilde: (Lianes, 2005).

Varmbobygg har i mange år benyttet vinduer med tre lag glass, to lavemisjonsbelegg og argon i hulrommene, og har ikke opplevd klager på utvendig kondens¹.

Systemhus, Bodø

Ferdighuskjeden Systemhus utreder to ulike energikonsepter for sine boligprodukter. Det ene pilotprosjektet skal bygges med et solvarmeanlegg for romoppvarming og oppvarming av varmt tappevann. Dette prosjektet vurderes å kunne bli for kostbart i forhold til energigevinsten, noe som blant annet henger sammen med at et slikt system krever et vannbasert varmeanlegg for romoppvarmingen. I tillegg må boligen utstyres med et ekstra varmesystem for å dekke varmebehovet når det er lite solstråling. Det andre pilotprosjektet vil bli et mer tradisjonelt lavenergikonsept, med fokus på bruk av kjente og robuste tekniske løsninger som god lufttetthet og varmeisolasjon m.m. Bedriften vurderer tiltakene god lufttetthet, gode vinduer, dvs med U-verdi 1,05 W/m²K, og balansert ventilasjon med varmegjenvinner, å være de tiltakene som gir best lønnsomhet i forhold til energisparing. Økt bruk av varmeisolasjon gir dårlig lønnsomhet, men er nødvendig i slike prosjekter dersom de skal kunne markedsføres som lavenergiboliger. Tilleggskostnadene for vinduene, sammenlignet med tradisjonelle vinduer med to-lags energiruter og argon, er kun 10 %. Energimålsetningen for pilotprosjektene er 50 % redusert oppvarmingsbehov i forhold til kravene i tekniske forskrifter. Bedriften anser det som viktig at lavenergikonseptet fremstår som et godt konsept også for vanlige folk uten spesielle interesser for energisparing. Prisen må derfor stå i forhold til sparte utgifter til energi. Kostnads kalkyler for tre boligtyper tilsier en økt boligpris for kunde på mellom 200 og 400 kr/m², avhengig av boligtype og boligstørrelse. Redusert varmebehov for disse boligene vil ligge mellom 52 og 66 % sammenlignet med minstekravene i tekniske forskrifter.

Systemhus har forløpig ikke sett noen stor etterspørsel etter lavenergiboliger. Imidlertid mener bedriften at folk nå har en generelt større bevissthet med hensyn til energibruk og energipriser som følge av de høye prisene på elektrisitet vinteren 2002-03. Dette, sammen med ytterligere høyere strømpriser i fremtiden, samt energimerkeordning, antar bedriften vil bidra til å øke etterspørselen etter boliger med lavere energibehov. At lavenergistandard vil kunne utløse høyt lån fra Husbanken, anses også som et viktig bidrag til å lette salget av slike boliger. Bedriften finner det riktig å være tidlig ute i markedet med slike boliger for å befeste, og kanskje øke, markedsandelen. Bedriften har i årevis profilert seg med å være gode på design og godt inneklima. Design handler om både estetikk, god funksjon og kvalitet, og økt energistandard vil være en del av designrepet.

Valg av oppvarmingssystem kommer an på om kunden er selvbygger med egen tomt, eller om bedriften selv oppfører og selger boliger. I bedriftens

¹ Utvendig kondens for slike vinduer er et argument som stadig trekkes frem som et problem knyttet til slike vinduer.

byggeprosjekter vil valg av varmesystem avhenge mye av kundegruppen og dens kjøpekraft. Vannbaserte varmeanlegg vil kunne være aktuelt i prosjekter der kundegruppen har god kjøpekraft og som gjerne betaler for økt komfort. Bedriften betrakter valg av vannbasert varmesystem i slike prosjekter å være et markedsgrep, og ikke et godt miljøtiltak fordi slike systemer gjerne fører til økt energibruk.

Dersom lavenergikonseptet viser seg å være lettsolgt i markedet, vil bedriften vurdere om denne standarden skal bli en fast standard for alle nybygg. Kilde: (Joakimsen, 2005).

Alta Boligbyggelag

Alta Boligbyggelag (ABBL) skal bygge 13 leiligheter med lavenergistandard i Apanesbakken i Alta. Leilighetene skal ha minst 50 % redusert varmebehov i forhold til "vanlig" standard. Energisparetiltak som er vektlagt er økt varmeisolasjon, bedre varmeisolerende vinduer og balansert ventilasjon med varmegjenvinning.

ABBL hadde i utgangspunktet ikke sett noen økt etterspørsel etter slike boliger, men etter markedsføringen av prosjektet opplevde boligbyggelaget en "enorm" respons, også før boligene ble lagt ut for salg. I markedsføringen ble det lagt vekt på både sparte energiutgifter og økt komfort. Responsen på markedsføringen er høyere enn hva selskapet ellers opplever som normalt, og boligbyggelaget anser energistandarden som en viktig årsak. Kundene spør hva energisparetiltakene går ut på, og ønsker disse boligene på tross av økte kostnader.

Boligbyggelaget forventer økt etterspørsel etter lavenergiboliger i fremtiden. Kommende energimerkeordning antas å være et viktig bidrag til dette. Utbygger forventer også en økt etterspørsel etter lavenergiboliger når en med lavenergiprojektet i Apanesbakken har fått demonstrert hva lavenergiboliger innebærer med hensyn til energisparing og inneklima. Det skal søkes økonomisk støtte fra Husbanken til forprosjektering av lavenergiprojektet. Med slik støtte vil Husbanken gå aktivt inn i markedsføringen av prosjektet, noe som antas å bidra til ytterligere bedre markedsføring.

En annen motivasjonsfaktor for å satse på lavenergiboliger er at dette vil ha betydning for boligbyggelagets image i markedet. Samtidig ønsker også boligbyggelaget å være i front når det gjelder utvikling av slik boligstandard. Når boligbyggelaget får evaluert lavenergiprojektet i Apanesbakken, vil en vurdere om lavenergistandard skal bli alminnelig standard for alle nybygg som oppføres av boligbyggelaget.

I lavenergiboligene er det valgt elektrisk romoppvarming med en kombinasjon av panelovner og kabler i gulv. I tillegg blir det installert vedovn. Vannbåren varme ble vurdert, men gått bort fra på grunn av for høye kostnader. Kostnadsoverslaget for et slikt anlegg var ikke vurdert i forhold til det reduserte effektbehovet i

lavenergiboligene. For senere prosjekter vil vannbåren varme imidlertid vurderes mer nøye. I det første lavenergiprojektet har det vært nok å konsentrere seg om de nye elementene som lavenergistandarden innebærer. Kilde: (Johansen, 2005).

Structura, Trondheim

Byggefirmaet Structura planlegger å bygge 17 leiligheter med lavenergistandard på Kulsåstoppen i Trondheim. Bedriften har en generell holdning om at det bør stilles krav til økt energieffektivitet i nye boliger, og ønsker selv å bygge boliger med høy energistandard ut fra overbevisning om at dette er riktig standard for fremtiden. Bedriften har så langt ikke sett noen spesiell etterspørsel etter lavenergiboliger i markedet, men er helt sikker på at dette vil komme. Dette begrunnes med at folk er blitt mer energi- og miljøbevisste, et resultat av de høyere elektrisitetsprisene. Bedriften tror at lavenergistandard vil bli fremtidens standard, blant annet fordi det vil bli stilt strengere krav til energieffektivitet og som følge av kommende energimerkeordning. Sistnevnte ordning trekkes frem som en stor motivasjonsfaktor for å satse på lavenergiboliger. Bedriften tror ikke prisen for slike boliger i markedet vil være avgjørende for kunden, fordi markedet vil ønske denne kvaliteten i fremtiden. Bedriften tror også at det vil bli vanskelig å selge noe annet enn høy energistandard i fremtiden. Det skal søkes Husbanken om økonomisk støtte til prosjektet, og bedriften anser et samarbeid med Husbanken og SINTEF som et viktig bidrag i markedsføringen.

Struktura hadde i utgangspunktet vurdert å bygge boliger med varmepumpe for romoppvarming og oppvarming av tappevann, men forlot dette konseptet til fordel for lavenergistandard etter å ha deltatt på Husbankens seminar om lavenergiboliger. Varmepumpe for oppvarming av tappevann vil allikevel bli beholdt, men romoppvarmingen vil dekket med elektriske panelovner. Struktura anser ikke kostnadene for et vannbasert anlegg å stå i forhold til varmebehovet. Et tilleggsystem for romoppvarming skal imidlertid vurderes slik at brukeren kan velge mellom to uavhengige energibærere.

Når evaluering av byggeprosjektet på Kulsåstoppen er foretatt, vil det tas stilling til om lavenergistandard også skal velges for neste prosjekt. Imidlertid antar Struktura at lavenergistandard vil bli en varig standard for nybygg, fordi bedriften vil selge boliger med høy kvalitet.

Structura har foreløpig ikke planlagt eller bygget boliger i område med fjernvarmekonsesjon. Bedriften mener imidlertid at det neppe blir aktuelt å bygge etter tradisjonell energistandard, selv om det må installeres et vannbasert varmeanlegg. Kilde: (Bakkemo, 2005).

Lillehammer Boligbyggelag

Lillehammer Boligbyggelag, LOBB, skal bygge cirka 30 boliger med passivhusstandard, med byggestart høsten 2005. LOBB ønsker med satsingen på passivhusboligene å følge opp Husbankens målsetning om at 50 % av nye boliger

skal bygges med lavenergistandard innen 2010. Boligbyggelaget har foreløpig ikke sett at det er noen stor etterspørsel etter slike boliger, dette fremkommer blant annet fra en markedsundersøkelse utført for LOBB. LOBB forventer imidlertid at et slikt markedet vil komme, blant annet som følge av kommende energimerke- eller energisertifikatordning og økte energipriser i fremtiden. Det vil derfor være klokt å være i forkant for å møte denne utviklingen. Boligbyggelaget anser samarbeidet med SINTEF og Husbanken i utviklingen av passivhusene å være et viktig bidrag i markedsføringen av prosjektet.

Boligbyggelaget har en klar holdning om at passivhusboligene ikke skal koste mer i markedet enn vanlige boliger. Økte byggekostnader vil heller bli belastet inntjeningsmarginen til boligbyggelaget, noe som er mulig for en organisasjon som eies av medlemmene. I markedsføringen av prosjektet vil det ikke bli rettet noen stor fokus på energibruken. Sparte energiutgifter blir heller å regne som en "bonus" for boligkjøperen. Som følge av slik prissetting på boligene, trenger ikke utbygger å måtte overbevise kjøperne om at merkostnadene kan forsvares ut fra sparte driftskostnader.

Passivhusprosjektet var i april 2005 fortsatt under planlegging, og hvilken varmeløsning som vil velges for romoppvarmingen var derfor fortsatt ikke klart. Passivhusboligene betraktes som et prøveprosjekt for LOBB, men boligbyggelaget har ambisjon om at dette skal bli ny LOBB-standard.

Skanska Bolig, Trondheim

Skanska Bolig har nedsatt en utredningsgruppe for å få kartlagt hva som skal til for å kunne bygge mellom 250 og 300 leiligheter med passivhusstandard på selskapets tomt på Lerkendal i Trondheim. Utgangspunktet for initiativet var et samarbeid med Husbanken om å få til et utviklingsprosjekt med lavenergistandard eller passivhusstandard som mål. Boligene skal rette seg mot et markedssegment med lav til moderat kjøpekraft. Et absolutt krav for å kunne bygge boliger med passivhusstandard på denne tomten, er derfor at byggekostnadene ikke skal bli høyere enn for boliger med normal energistandard. Lavenergiltakene vil i seg selv medføre økte byggekostnader, men besparelser forsøkes oppnådd med andre tiltak, som forenklede varmeinstallasjoner, enklere arkitektur m.m. Støy og støvproblematikk i dette området tilsier også ekstra bygningstekniske tiltak, som kan kombineres med energisparetiltak.

Utbyggingsselskapet har ikke registrert noen spesiell etterspørsel etter boliger med lavt energibehov. Passivhusboligene, som planlegges bygget på Lerkendal, antas allikevel å være attraktive i markedet som følge av lavere driftskostnader uten samtidig økning av boligprisen.

Satsingen på passivhusboliger vil vise at Skanska Bolig har et miljøengasjement, men det er også viktig for selskapet å være i front i markedet med slike boliger. Når selskapet har fått mer erfaringer fra passivhusprosjektet på Lerkendal, vil det

vurderes å standardisere konseptet ovenfor det markedssegmentet hvor lave driftskostnader er viktig. Det var ikke foreløpig klart hva slags varmesystem¹ som skal benyttes i passivhusboligene. Dette var under utredning hos SINTEF. Kilde: (Flønes, 2005)

Nilsen & Haukland (Nordbohus), Harstad

Entreprenørselskapet Nilsen & Haukland, tilknyttet det landsomfattende ferdighusfirmaet Nordbohus, hadde i mars 2006 ferdigstilt første byggetrinn ved utbyggingsområdet Jektholtet i Harstad. Dette byggetrinnet besto av 16 frittstående eneboliger med lavenergistandard. Neste byggetrinn, med om lag 30 boenheter med varierende størrelse og boligtype, var samtidig under planlegging. Også disse boligene ble planlagt med lavenergistandard, og vil være klare for salg sommeren 2006. Boligene vil ha et beregnet energibehov i størrelsesorden 90 til 100 kWh/m², og vil i driftsfasen bli fulgt opp med målinger av energibruk og lufttetthet av SINTEF. I tillegg til boligene ved Jektholtet har selskapet kontrakt på to andre boliger hvor kunden har ønsket lavenergistandard.

Lavenergitiltakene består av både bedre varmeisolasjon og lufttetthet i ytterkonstruksjonene, samt varmepumpe i avtrekksluften for oppvarming av tappevann og ventilasjonsluft. Tilleggskostnadene for tiltakene på ytterkonstruksjonene for eneboligene er beregnet til cirka 40.000 – 45.000 kroner for kunden, og for varmepumpeløsningen om lag 100.000 kroner. Tilleggskostnaden for ventilasjonsløsningen med varmepumpe gjelder i forhold til et mekanisk avtrekksanlegg uten noen form for varmegjenvinning. Boligkjøperne har hatt mulighet for å velge bort varmepumpeløsningen, men ingen har valgt å gjøre dette. Selskapet har erfart at det har vært god respons i markedet for disse boligene.

Entreprenørselskapet hadde ikke registrert noe marked for slike boliger før de første lavenergiboligene var klare for salg. Selskapet regnet imidlertid med at det ville være et marked fordi det generelt stilles krav til kvalitet. Selskapet antok også at ny energisertifikatorordning, i henhold til EU-direktivet om bygningers energiytelse, vil bidra til økt marked for slike boliger. Energisertifikatorordningen har også blitt trukket frem i markedsføringen av lavenergiboligene.

For entreprenørselskapet er forøvrig ikke fokus på høy energistandard noe nytt. Helt siden 1980-årene har selskapet lagt vekt på god energistandard, og selskapet har i denne sammenhengen prøvd ut og gjort erfaringer med løsninger som ikke har

¹ Tomten på Lerkendal i Trondheim ligger innenfor konsesjonsområdet for fjernvarme, men det vil ikke bli aktuelt å søke noen form for dispensasjon fra tilknytningsplikten eller kravet til varmeanlegg som kan utnytte fjernvarme. Dette var en klar konsekvens av avslagene på dispensasjonssøknadene i andre byggesaker angående fritak fra kravet om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme. Det skulle allikevel tilstrebes å holde byggekostnadene innenfor det normale kostnadsnivået. (Leikvam, 2005).

vært vanlige i markedet. Selskapet har derfor i lang tid vært tidlig ute i markedet med gode energiløsninger.

Boligkjøperne av eneboligene har hatt mulighet for selv å velge varmeanlegg for romoppvarming. De fleste har valgt en kombinasjon av vannbåren varme i bad og i betonggulvene i første etasje, eventuelt også noen få panelovner i andre etasje. Den vannbårne varmen er basert på elektrisitet. Kostnadene for varmeanlegget betales av kunden, med fratrekk for grunnpakken som består av varmekabler i to bad. Boligene er forøvrig utstyrt med stålrørspise, med mulighet for montering av vedovn e.l.

Entreprenørselskapet antar at de også siden vil oppføre boliger med lavenergistandard. Dette begrunnes med at markedet sannsynligvis vil etterspørre slik standard. Kilde: (Haukland, 2006)

NEXI Bygg A/S, Bergen

Utbyggingsselskapet NEXI Bygg i Bergen skal bygge 33 leiligheter med lavenergistandard, fordelt på både eneboliger, rekkehus og mindre leilighetskomplekser, i Lilletvedt i Fana utenfor Bergen. Energimålsetningen er et årlig energibehov rundt 100 kWh/m². Leilighetene skal være innflytningsklare i oktober/november 2006.

Prosjektet vant en arkitektskonkurranse i regi av Bergen Tomteselskap, og arkitekturen fremstilles av utbyggingsselskapet som attraktiv, med blant annet takterrasser. Flott design har derfor vært en viktig medvirkende faktor til at leilighetene har vært nokså lettsolgte.

Det var ved henvendelse til Husbanken angående lånefinansiering av boligene, at utbyggingsselskapet fikk ideen om å bygge lavenergiboliger. Lavenergikonseptet ble valgt for hele byggeprosjektet, og utbygger antar at tilleggskostnadene knyttet til lavenergitiltakene vil bli i størrelsesorden 70.000 til 100.000 kroner for kunden. I totalprisen for leilighetene mener selskapet at denne tilleggskostnaden vil være lite merkbar.

Å levere boliger med lavenergistandard vil ha betydning for selskapets kvalitetsprofil i markedet. Ved å bygge slike boliger ønsker også utbyggingsselskapet å sette standard for byggebransjen. Selskapet ser ikke at det er noen spesiell etterspørsel etter slike boliger nå, men antar større interesse i markedet når det kan vises til erfaringene fra dette første lavenergiprojektet. Selskapet antar også at folk vil bli mer kvalitets- og miljøbevisste, og sammen med mulige økte strømpriser i fremtiden vil dette kunne bidra til økt marked for lavenergiboliger. Samtidig tror selskapet at kommende energisertifikatordning også vil bidra til økt marked for lavenergiboliger. Utbyggingsselskapet antar at de også i fremtidige utbyggingsprosjekter vil bygge boliger med lavenergistandard, så fremt dagens rammevilkår for byggebransjen ikke endres vesentlig.

I lavenergiboligene ved Lilletvedt skal det benyttes elektrisk varmesystem, og med mulighet for gasspeis for de kundene som ønsker det. Vannbasert varmesystem er ikke vurdert ut fra kostnadshensyn. Utbygger mener det er lite hensiktsmessig å legge økte kostnader i et varmesystem som allikevel baseres på elektrisitet.

Passivhus Norge (PANAS), Tromsø

PANAS er et byggefirma som i mars 2006 hadde ti lavenergiboliger i rekke under bygging eller planlegging i Tromsø. Boligene vil ha et energibehov tilnærmet lik passivhusstandard. Både lufttettheten og energibruken vil i minst én av boligene bli målt når boligen eller boligene er tatt i bruk.

Lavenergiboligene oppføres med en stamme i massivt tre som bærende element, utvendig isolert med isolasjonsplater. Byggekonseptet medfører kort montasjetid, noe som bidrar til reduserte byggekostnader. Byggekostnadene for lavenergiboligene ligger på tilsvarende nivå som for andre boliger som bygges i Tromsø.

Å bygge etter økologiske prinsipper har vært drivkraften for å bygge boliger i massivt tre og med svært lavt energibehov. Samtidig finner byggefirmaet det svært spennende å utforske nye byggemetoder og byggekonsepter. Firmaet opplever stor interesse rundt lavenergikonseptet, noe som vurderes å være et resultat av mye presseomtale. Byggefirmaet ønsker også å bygge framtidige boliger med lavenergistandard. Firmaet tror at slik standard vil bli mer aktuelt i årene fremover, bl.a fordi slike boliger er gunstige med hensyn til allergiplager. Eksempelvis vurderes filtret luft i balanserte ventilasjonsanlegg å være viktig i denne sammenhengen. Økt fokus på "energikriser" og økte strømpriser vil også bidra til økt marked for lavenergiboliger. Den nye energisertifikatordningen vurderes å ville bli gunstig i forhold til markedet for lavenergiboliger, men dette har ikke vært noen motivasjonsfaktor for bygging av de lavenergiboligene som nå er under oppføring eller planlegging, fordi planleggingen av boligene startet før merke- eller sertifikatordningen ble kjent.

Det skal benyttes balansert ventilasjon med varmegjenvinning, og med forvarming av ventilasjonsluften via en jordvarmekollektor plassert under huset. Dersom det oppstår behov for romoppvarming i kalde perioder, vil dette varmebehovet dekkes opp ved bruk av et elektrisk varmebatteri i ventilasjonsaggregatet. Til oppvarming av varmt tappevann skal det benyttes en kombinasjon av solvarme fra solvarmekollektor og elektrisitet. I inngangsparti og bad kan det i tillegg benyttes vannbåren gulvvarme som komfortvarme, for å slippe å gå på kalde flisgulv. Denne varmen dekkes opp på samme måte som for tappevannet. Kilde: (Reinholdtsen, 2006).

Vedlegg 3. Resultater fra alternative analyser

I dette vedlegget er det gitt tallunderlag for tabeller og figurer i kapittel 6.6.

V3.1 Andre klima

Bergen

Tabell V3-1 Brutto energibehov til ulike energitjenester i boligalternativene, avhengig av energiforsyning til varmeformål. **Bergen-klima**

Energi-tjenester	Energi-forsyning	Bolig-A	Bolig-B	Bolig-C	Bolig-B	Bolig-C
		Varme-A (kWh/m ²)	Varme-B (kWh/m ²)	Varme-B (kWh/m ²)	Varme-C (kWh/m ²)	Varme-C (kWh/m ²)
Rom-oppvarming	Elektrisitet	-	14,5	7,1	17,4	10,7
	Fjernvarme	30,7	-	-	-	-
Varmt tappevann	Elektrisitet	-	30,0	30,0	-	-
	Fjernvarme	27,2	-	-	27,2	26,6
Ventilasjon (varmebatteri)	Elektrisitet	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Elektrisk utstyr	Elektrisitet	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Belysning	Elektrisitet	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
Vifter, pumper	Elektrisitet	12,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Sum årlig energibehov		114,3	100,0	92,5	100,0	92,8
Sum årlig elbehov		56,4	100,0	92,5	72,8	66,2
Sum årlig fjernvarmebehov		57,9	0,0	0,0	27,2	26,6

Tabell V3-2 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. **Bergen-klima.**

Boligalternativ	Grunnlast-produksjon El-modell	Fjernvarme til varmtvann	Fjernvarme til rom-til oppvarming	El til varmeformål	El til pumper og kjeler	Sum
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	0,0	7,4	0,1	1,4	8,9
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	17,6	0,1	1,4	19,1
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	39,8	0,0	39,8
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	15,6	1,1	16,7
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	33,2	0,0	33,2
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	9,7	1,1	10,8
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	0,0	4,3	0,0	0,6	4,9
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	10,1	0,0	0,6	10,8
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	17,2	0,0	17,2
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	6,8	0,5	7,2
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	14,4	0,0	14,4
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	4,2	0,5	4,7
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varmepumpe El-A	9,5	14,4	0,1	1,4	25,4
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		9,5	19,4	0,1	1,4	30,5
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	39,8	0,0	39,8
Bolig-B, Varme-C		9,5	0,0	15,6	1,1	26,2
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	33,2	0,0	33,2
Bolig-C, Varme-C		9,3	0,0	9,7	1,1	20,1
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varmepumpe El-A	4,1	7,3	0,0	0,6	12,1
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		4,1	11,0	0,0	0,6	15,7
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	17,2	0,0	17,2
Bolig-B, Varme-C		4,1	0,0	6,8	0,5	11,4
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	14,4	0,0	14,4
Bolig-C, Varme-C		4,0	0,0	4,2	0,5	8,7

Tabell V3-3 Brutto energibehov til ulike energitjenester, avhengig av energiforsyning til varmeformål i boligalternativene. **Røros-klima**

Energi-tjenester	Energi-forsyning	Bolig-A	Bolig-B	Bolig-C	Bolig-B	Bolig-C
		Varme-A (kWh/m ²)	Varme-B (kWh/m ²)	Varme-B (kWh/m ²)	Varme-C (kWh/m ²)	Varme-C (kWh/m ²)
Rom-oppvarming	Elektrisitet	-	38,5	24,5	42,1	29,2
	Fjernvarme	67,2	-	-	-	-
Varmt tappevann	Elektrisitet	-	30,0	30,0	-	-
	Fjernvarme	27,2	-	-	27,2	26,6
Ventilasjon (varmebatteri)	Elektrisitet	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Elektrisk utstyr	Elektrisitet	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Belysning	Elektrisitet	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
Vifter, pumper	Elektrisitet	12,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Sum årlig energibehov		155,2	128,2	114,2	129,1	115,6
Sum årlig elbehov		60,7	128,2	114,2	101,9	88,9
Sum årlig fjernvarmebehov		94,4	0,0	0,0	27,2	26,6

Tabell V3-4 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. **Røros-klima.**

Boligalternativ	Grunnlast- produksjon El-modell	Fjernvarme til varmtvann	Fjernvarme til rom- oppvarming	El til varme-formål	El til pumper og kjeler	Sum
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	0,0	14,7	4,0	1,8	20,4
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	36,7	4,0	1,8	42,4
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	65,0	0,0	65,0
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	41,5	1,1	42,6
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	52,5	0,0	52,5
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	30,0	1,1	31,1
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	0,0	8,5	1,7	0,8	11,0
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	21,2	1,7	0,8	23,7
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	28,1	0,0	28,1
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	18,0	0,5	18,5
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	22,7	0,0	22,7
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	13,0	0,5	13,5
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varmepumpe El-A	9,5	30,8	4,0	1,8	46,0
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		9,5	41,7	4,0	1,8	56,9
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	65,0	0,0	65,0
Bolig-B, Varme-C		9,5	0,0	41,5	1,1	52,2
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	52,5	0,0	52,5
Bolig-C, Varme-C		9,3	0,0	30,0	1,1	40,4
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varmepumpe El-A	4,1	15,5	1,7	0,8	22,1
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		4,1	23,3	1,7	0,8	29,9
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	28,1	0,0	28,1
Bolig-B, Varme-C		4,1	0,0	18,0	0,5	22,6
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	22,7	0,0	22,7
Bolig-C, Varme-C		4,0	0,0	13,0	0,5	17,5

V3.2 Forenklede fjernvarmemodeller

Månedsmiddelmodell

Tabell V3-5 Gjennomsnittlig CO₂-faktor fjernvarmeproduksjonen per måned, med avfall/ biobrensel eller varmepumpe i grunnlastproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. **El-modell El-A og fjernvarmemodell FV-høy. Månedsmiddelmodell**

Måned	Grunnlastproduksjon			Spisslastproduksjon		Gjennomsnittlig CO ₂ -faktor	
	CO ₂ -faktor avfall, biobr. (g/kWh)	CO ₂ -faktor varmepumpe (g/kWh)	Andel (%)	CO ₂ -faktor, snitt olje og el (g/kWh)	Andel (%)	Avfall og biobrensel i grunnlastproduksjonen (g/kWh)	Varmepumpe i grunnlastproduksjonen (g/kWh)
Januar	10	360	63	702	37	266	486
Februar	10	360	68	702	32	231	469
Mars	10	360	81	702	19	141	425
April	10	360	100	702	0	10	360
Mai	10	360	100	702	0	10	360
Juni	10	360	100	702	0	10	360
Juli	10	360	100	702	0	10	360
August	10	360	100	702	0	10	360
September	10	360	100	702	0	10	360
Oktober	10	360	91	702	9	72	390
November	10	360	76	702	24	176	442
Desember	10	360	64	702	36	259	483

Tabell V3-6 Gjennomsnittlig CO₂-faktor fjernvarmeproduksjonen per måned, med avfall/ biobrensel eller varmepumpe i grunnlastproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. **El-modell El-A og fjernvarmemodell FV-lav. Månedsmiddelmodell**

Måned	Grunnlastproduksjon			Spisslastproduksjon		Gjennomsnittlig CO ₂ -faktor	
	CO ₂ -faktor avfall, biobr. (g/kWh)	CO ₂ -faktor varmepumpe (g/kWh)	Andel (%)	CO ₂ -faktor, snitt olje og el (g/kWh)	Andel (%)	Avfall og biobrensel i grunnlastproduksjonen (g/kWh)	Varmepumpe i grunnlastproduksjonen (g/kWh)
Januar	10	360	32	702	68	481	593
Februar	10	360	35	702	65	460	582
Mars	10	360	41	702	59	418	562
April	10	360	58	702	42	301	504
Mai	10	360	89	702	11	86	397
Juni	10	360	100	702	0	10	360
Juli	10	360	100	702	0	10	360
August	10	360	100	702	0	10	360
September	10	360	84	702	16	121	414
Oktober	10	360	46	702	54	384	545
November	10	360	39	702	61	432	569
Desember	10	360	33	702	67	474	589

Tabell V3-7 Gjennomsnittlig CO₂-faktor for fjernvarmeproduksjonen per måned, med avfall/biobrensel eller varmepumpe i grunnlastproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. **El-modell El-B og fjernvarmemodell FV-høy. Månedsmiddelmodell**

Måned	Grunnlastproduksjon			Spisslastproduksjon		Gjennomsnittlig CO ₂ -faktor	
	CO ₂ -faktor avfall, biobr. (g/kWh)	CO ₂ -faktor varmepumpe (g/kWh)	Andel (%)	CO ₂ -faktor, snitt olje og el (g/kWh)	Andel (%)	Avfall og biobrensel i grunnlastproduksjonen (g/kWh)	Varmepumpe i grunnlastproduksjonen (g/kWh)
Januar	4	156	63	404	37	152	248
Februar	4	156	68	404	32	132	235
Mars	4	156	81	404	19	80	203
April	4	156	100	404	0	4	156
Mai	4	156	100	404	0	4	156
Juni	4	156	100	404	0	4	156
Juli	4	156	100	404	0	4	156
August	4	156	100	404	0	4	156
September	4	156	100	404	0	4	156
Oktober	4	156	91	404	9	40	178
November	4	156	76	404	24	100	215
Desember	4	156	64	404	36	148	245

Tabell V3-8 Gjennomsnittlig CO₂-faktor for fjernvarmeproduksjonen per måned, med avfall/biobrensel eller varmepumpe i grunnlastproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. **El-modell El-B og fjernvarmemodell FV-lav. Månedsmiddelmodell**

Måned	Grunnlastproduksjon			Spisslastproduksjon		Gjennomsnittlig CO ₂ -faktor	
	CO ₂ -faktor avfall, biobr. (g/kWh)	CO ₂ -faktor varmepumpe (g/kWh)	Andel (%)	CO ₂ -faktor, snitt olje og el (g/kWh)	Andel (%)	Avfall og biobrensel i grunnlastproduksjonen (g/kWh)	Varmepumpe i grunnlastproduksjonen (g/kWh)
Januar	4	156	32	404	68	276	325
Februar	4	156	35	404	65	264	317
Mars	4	156	41	404	59	240	302
April	4	156	58	404	42	172	260
Mai	4	156	89	404	11	48	183
Juni	4	156	100	404	0	4	156
Juli	4	156	100	404	0	4	156
August	4	156	100	404	0	4	156
September	4	156	84	404	16	68	195
Oktober	4	156	46	404	54	220	290
November	4	156	39	404	61	248	307
Desember	4	156	33	404	67	272	322

Tabell V3-9 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmekformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. **Oslo-klima. Månedsmiddelmodell**

Boligalternativ	Grunnlast-produksjon El-modell	Fjernvarme til varmtvann	Fjernvarme til rom-oppvarming	El til varmekformål	El til pumper og kjøler	Sum	Endring fra hoved-modell
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	2,4	8,3	1,4	1,5	13,7	0,1
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		6,9	18,8	1,4	1,5	28,7	0,9
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1	0
Bolig-B, Varme-C		2,4	0,0	24,9	1,1	28,5	2,5
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6	0
Bolig-C, Varme-C		2,4	0,0	17,8	1,1	21,4	2,5
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	1,4	4,8	0,6	0,7	7,5	0,1
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		4,0	10,9	0,6	0,7	16,1	0,4
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3	0
Bolig-B, Varme-C		1,4	0,0	10,8	0,5	12,7	1,4
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6	0
Bolig-C, Varme-C		1,4	0,0	7,7	0,5	9,6	1,4
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varmepumpe El-A	10,7	19,2	1,4	1,5	32,9	0
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		12,9	24,4	1,4	1,5	40,3	0,4
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1	0
Bolig-B, Varme-C		10,7	0,0	24,9	1,1	36,8	1,3
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6	0
Bolig-C, Varme-C		10,7	0,0	17,8	1,1	29,6	1,2
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varmepumpe El-B	5,0	9,5	0,6	0,7	15,8	0
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		6,6	13,3	0,6	0,7	21,2	0,3
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3	0
Bolig-B, Varme-C		5,0	0,0	10,8	0,5	16,3	0,9
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6	0
Bolig-C, Varme-C		5,0	0,0	7,7	0,5	13,2	0,9

Tabell V3-10 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. **Bergen-klima. Månedsmiddelmodell**

Boligalternativ	Grunnlast-produksjon El-modell	Fjernvarme til varmtvann	Fjernvarme til rom-til oppvarming	El til varme-formål	El til pumper og kjeler	Sum	Endring fra hovedmodell
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	2,4	5,7	0,1	1,4	9,7	0,8
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		6,9	13,2	0,1	1,4	21,7	2,6
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	39,8	0,0	39,8	0
Bolig-B, Varme-C		2,4	0,0	15,6	1,1	19,2	2,5
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	33,2	0,0	33,2	0
Bolig-C, Varme-C		2,4	0,0	9,7	1,1	13,2	2,4
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	1,4	3,3	0,0	0,6	5,4	0,5
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		4,0	7,6	0,0	0,6	12,3	1,5
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	17,2	0,0	17,2	0
Bolig-B, Varme-C		1,4	0,0	6,8	0,5	8,7	1,5
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	14,4	0,0	14,4	0
Bolig-C, Varme-C		1,4	0,0	4,2	0,5	6,1	1,4
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme-pumpe El-A	10,7	13,6	0,1	1,4	25,8	0,4
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		12,9	17,3	0,1	1,4	31,8	1,3
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	39,8	0,0	39,8	0
Bolig-B, Varme-C		10,7	0,0	15,6	1,1	27,5	1,3
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	33,2	0,0	33,2	0
Bolig-C, Varme-C		10,5	0,0	9,7	1,1	21,3	1,2
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme-pumpe El-B	5,0	6,7	0,0	0,6	12,4	0,3
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		6,6	9,4	0,0	0,6	16,7	1
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	17,2	0,0	17,2	0
Bolig-B, Varme-C		5,0	0,0	6,8	0,5	12,2	0,8
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	14,4	0,0	14,4	0
Bolig-C, Varme-C		4,9	0,0	4,2	0,5	9,6	0,9

Tabell V3-11 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. **Røros-klima. Månedsmiddelmodell**

Boligalternativ	Grunnlast-produksjon El-modell	Fjern-varme til varmtvann	Fjernvarme til rom-til oppvarming	El til varme-formål	El til pumper og kjeler	Sum	Endring fra hovedmodell
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	2,4	11,4	4,0	1,8	19,6	-0,8
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		6,9	27,2	4,0	1,8	39,9	-2,5
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	65,0	0,0	65,0	0
Bolig-B, Varme-C		2,4	0,0	41,5	1,1	45,1	2,5
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	52,5	0,0	52,5	0
Bolig-C, Varme-C		2,4	0,0	30,0	1,1	33,5	2,4
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	1,4	6,6	1,7	0,8	10,5	-0,5
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		4,0	15,7	1,7	0,8	22,2	-1,5
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	28,1	0,0	28,1	0
Bolig-B, Varme-C		1,4	0,0	18,0	0,5	19,9	1,4
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	22,7	0,0	22,7	0
Bolig-C, Varme-C		1,4	0,0	13,0	0,5	14,8	1,3
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme-pumpe El-A	10,7	29,2	4,0	1,8	45,6	-0,4
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		12,9	37,0	4,0	1,8	55,7	-1,2
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	65,0	0,0	65,0	0
Bolig-B, Varme-C		10,7	0,0	41,5	1,1	53,4	1,2
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	52,5	0,0	52,5	0
Bolig-C, Varme-C		10,5	0,0	30,0	1,1	41,6	1,2
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme-pumpe El-B	5,0	14,3	1,7	0,8	21,8	-0,3
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		6,6	20,0	1,7	0,8	29,0	-0,9
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	28,1	0,0	28,1	0
Bolig-B, Varme-C		5,0	0,0	18,0	0,5	23,5	0,9
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	22,7	0,0	22,7	0
Bolig-C, Varme-C		4,9	0,0	13,0	0,5	18,4	0,9

Årsmiddelmodell**Tabell V3-12** Gjennomsnittlig CO₂-faktor for fjernvarmeproduksjonen over året, med avfall/biobrensel eller varmepumpe i grunnlastproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. **Årsmiddelmodell**

Fjernvarme- produksjon, el-modell	Grunnlastproduksjon			Spisslastproduksjon		Gjennomsnittlig CO ₂ -faktor (g/kWh)
	CO ₂ - faktor avfall, biobr. (g/kWh)	CO ₂ - faktor varme- pumpe (g/kWh)	Andel (%)	CO ₂ - faktor, snitt olje og el (g/kWh)	Andel (%)	
Avfall, biobrensel, FV-høy, El-A,	10	-	80	702	20	148
Avfall, biobrensel, FV-høy, El-B	4	-	80	404	20	84
Varme-pumpe, FV- høy, El-A	-	360	80	702	20	428
Varme-pumpe, FV- høy, El-B	-	156	80	404	20	205
Avfall, biobrensel, FV-lav, El-A,	10	-	50	702	50	356
Avfall, biobrensel, FV-lav, FV-høy	4	-	50	404	50	193
Varme-pumpe, FV- lav, El-A	-	360	50	702	50	531
Varme-pumpe, FV- lav, El-B	-	156	50	404	50	280

Tabell V3-13 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. **Oslo-klima. Årsmiddelmodell**

Boligalternativ	Grunnlast- produksjon El-modell	Fjern-varme til varmtvann	Fjernvarme til rom- oppvarming	El til varme-formål	El til pumper og kjøler	Sum	Endring fra hoved- modell
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	3,8	6,0	1,4	1,5	12,7	-0,9
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		9,4	15,0	1,4	1,5	27,4	-0,4
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1	0
Bolig-B, Varme-C		3,8	0,0	24,9	1,1	29,8	3,8
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6	0
Bolig-C, Varme-C		3,8	0,0	17,8	1,1	22,7	3,8
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	2,2	3,5	0,6	0,7	6,9	-0,5
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		5,4	8,7	0,6	0,7	15,4	-0,3
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3	0
Bolig-B, Varme-C		2,2	0,0	10,8	0,5	13,4	2,1
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6	0
Bolig-C, Varme-C		2,2	0,0	7,7	0,5	10,4	2,2
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-A	11,4	18,1	1,4	1,5	32,5	-0,4
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		14,2	22,6	1,4	1,5	39,7	-0,2
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1	0
Bolig-B, Varme-C		11,4	0,0	24,9	1,1	37,4	1,9
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6	0
Bolig-C, Varme-C		11,4	0,0	17,8	1,1	30,3	1,9
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-B	5,5	8,7	0,6	0,7	15,5	-0,3
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		7,5	11,9	0,6	0,7	20,7	-0,2
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3	0
Bolig-B, Varme-C		5,5	0,0	10,8	0,5	16,7	1,3
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6	0
Bolig-C, Varme-C		5,5	0,0	7,7	0,5	13,7	1,4

Tabell V3-14 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. **Bergen-klima. Årsmiddelmodell**

Boligalternativ	Grunnlast-produksjon El-modell	Fjern-varme til varmtvann	Fjernvarme til rom-til oppvarming	El til varme-formål	El til pumper og kjeles	Sum	Endring fra hovedmodell
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	3,8	4,3	0,1	1,4	9,6	0,7
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		9,4	10,6	0,1	1,4	21,6	2,5
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	39,8	0,0	39,8	0
Bolig-B, Varme-C		3,8	0,0	15,6	1,1	20,5	3,8
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	33,2	0,0	33,2	0
Bolig-C, Varme-C		3,7	0,0	9,7	1,1	14,5	3,7
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	2,2	2,5	0,0	0,6	5,3	0,4
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		5,4	6,1	0,0	0,6	12,2	1,4
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	17,2	0,0	17,2	0
Bolig-B, Varme-C		2,2	0,0	6,8	0,5	9,4	2,2
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	14,4	0,0	14,4	0
Bolig-C, Varme-C		2,1	0,0	4,2	0,5	6,8	2,1
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme-pumpe El-A	11,4	12,9	0,1	1,4	25,8	0,4
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		14,2	16,0	0,1	1,4	31,7	1,2
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	39,8	0,0	39,8	0
Bolig-B, Varme-C		11,4	0,0	15,6	1,1	28,1	1,9
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	33,2	0,0	33,2	0
Bolig-C, Varme-C		11,1	0,0	9,7	1,1	21,9	1,8
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme-pumpe El-B	5,5	6,2	0,0	0,6	12,3	0,2
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		7,5	8,5	0,0	0,6	16,6	0,9
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	17,2	0,0	17,2	0
Bolig-B, Varme-C		5,5	0,0	6,8	0,5	12,7	1,3
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	14,4	0,0	14,4	0
Bolig-C, Varme-C		5,4	0,0	4,2	0,5	10,0	1,3

Tabell V3-15 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. **Rørøks-klima.** Årsmiddelmodell

Boligalternativ	Grunnlast- produksjon El-modell	Fjern-varme til varmtvann	Fjernvarme til rom- oppvarming	El til varme-formål	El til pumper og kjeleer	Sum	Endring fra hoved- modell
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	3,8	9,3	4,0	1,8	18,8	-1,6
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		9,4	23,3	4,0	1,8	38,4	-4
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	65,0	0,0	65,0	0
Bolig-B, Varme-C		3,8	0,0	41,5	1,1	46,4	3,8
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	52,5	0,0	52,5	0
Bolig-C, Varme-C		3,7	0,0	30,0	1,1	34,8	3,7
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	2,2	5,4	1,7	0,8	10,0	-1
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		5,4	13,5	1,7	0,8	21,4	-2,3
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	28,1	0,0	28,1	0
Bolig-B, Varme-C		2,2	0,0	18,0	0,5	20,6	2,1
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	22,7	0,0	22,7	0
Bolig-C, Varme-C		2,1	0,0	13,0	0,5	15,6	2,1
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-A	11,4	28,1	4,0	1,8	45,2	-0,8
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		14,2	35,0	4,0	1,8	54,9	-2
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	65,0	0,0	65,0	0
Bolig-B, Varme-C		11,4	0,0	41,5	1,1	54,0	1,8
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	52,5	0,0	52,5	0
Bolig-C, Varme-C		11,1	0,0	30,0	1,1	42,2	1,8
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-B	5,5	13,5	1,7	0,8	21,5	-0,6
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		7,5	18,5	1,7	0,8	28,5	-1,4
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	28,1	0,0	28,1	0
Bolig-B, Varme-C		5,5	0,0	18,0	0,5	23,9	1,3
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	22,7	0,0	22,7	0
Bolig-C, Varme-C		5,4	0,0	13,0	0,5	18,8	1,3

Produksjonsprofil med større årsvariasjon**Tabell V3-16** Gjennomsnittlig CO₂-faktor for fjernvarmeproduksjonen per måned, med avfall/biobrensel eller varmpumpe i grunnlastproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. **El-modell El-A og fjernvarmemodell FV-lav. Produksjonsprofil med større årsvariasjon**

Måned	Grunnlastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon			Spisslastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon		Gjennomsnittlig CO ₂ -faktor for variabel fjernvarmeproduksjon	
	CO ₂ -faktor avfall, biobr. (g/kWh)	CO ₂ -faktor varmpumpe (g/kWh)	Andel (%)	CO ₂ -faktor, snitt olje og el (g/kWh)	Andel (%)	Avfall og biobrensel i grunnlastproduksjonen (g/kWh)	Varmpumpe i grunnlastproduksjonen (g/kWh)
Januar	10	360	61	702	39	280	493
Februar	10	360	65	702	35	252	480
Mars	10	360	90	702	10	79	394
April	10	360	100	702	0	10	360
Mai	10	360	100	702	0	10	360
Juni	10	360	100	702	0	10	360
Juli	-	-	-	-	-	-	-
August	10	360	100	702	0	10	360
September	10	360	100	702	0	10	360
Oktober	10	360	88	702	12	93	401
November	10	360	76	702	24	176	442
Desember	10	360	65	702	35	252	480

Tabell V3-17 Gjennomsnittlig CO₂-faktor for fjernvarmeproduksjonen per måned, med avfall/biobrensel eller varmpumpe i grunnlastproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. **El-modell El-A og fjernvarmemodell FV-lav. Produksjonsprofil med større årsvariasjon**

Måned	Grunnlastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon			Spisslastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon		Gjennomsnittlig CO ₂ -faktor for variabel fjernvarmeproduksjon	
	CO ₂ -faktor avfall, biobr. (g/kWh)	CO ₂ -faktor varmpumpe (g/kWh)	Andel (%)	CO ₂ -faktor, snitt olje og el (g/kWh)	Andel (%)	Avfall og biobrensel i grunnlastproduksjonen (g/kWh)	Varmpumpe i grunnlastproduksjonen (g/kWh)
Januar	10	360	29	702	71	501	603
Februar	10	360	31	702	69	488	596
Mars	10	360	43	702	57	404	555
April	10	360	61	702	39	280	493
Mai	10	360	100	702	0	10	360
Juni	10	360	100	702	0	10	360
Juli	-	-	-	-	-	-	-
August	10	360	100	702	0	10	360
September	10	360	100	702	0	10	360
Oktober	10	360	54	702	46	328	517
November	10	360	36	702	64	453	579
Desember	10	360	31	702	69	488	596

Tabell V3-18 Gjennomsnittlig CO₂-faktor for fjernvarmeproduksjonen per måned, med avfall/biobrensel eller varmepumpe i grunnlastproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. **El-modell EL-B og fjernvarmemodell FV-høy. Produksjonsprofil med større årsvariasjon**

Måned	Grunnlastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon			Spisslastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon		Gjennomsnittlig CO ₂ -faktor for variabel fjernvarmeproduksjon	
	CO ₂ -faktor avfall, biobr. (g/kWh)	CO ₂ -faktor varmepumpe (g/kWh)	Andel (%)	CO ₂ -faktor, snitt olje og el (g/kWh)	Andel (%)	Avfall og biobrensel i grunnlastproduksjonen (g/kWh)	Varmepumpe i grunnlastproduksjonen (g/kWh)
Januar	4	156	61	404	39	160	253
Februar	4	156	65	404	35	144	243
Mars	4	156	90	404	10	44	181
April	4	156	100	404	0	4	156
Mai	4	156	100	404	0	4	156
Juni	4	156	100	404	0	4	156
Juli	-	-	-	-	-	-	-
August	4	156	100	404	0	4	156
September	4	156	100	404	0	4	156
Oktober	4	156	88	404	12	52	186
November	4	156	76	404	24	100	215
Desember	4	156	65	404	35	144	243

Tabell V3-19 Gjennomsnittlig CO₂-faktor for fjernvarmeproduksjonen per måned, med avfall/biobrensel eller varmepumpe i grunnlastproduksjonen. Gitt som gram CO₂ per kWh levert fjernvarme. **El-modell EL-B og fjernvarmemodell FV-lav. Produksjonsprofil med større årsvariasjon**

Måned	Grunnlastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon			Spisslastproduksjon, og andel av variabel fjernvarmeproduksjon		Gjennomsnittlig CO ₂ -faktor for variabel fjernvarmeproduksjon	
	CO ₂ -faktor avfall, biobr. (g/kWh)	CO ₂ -faktor varmepumpe (g/kWh)	Andel (%)	CO ₂ -faktor, snitt olje og el (g/kWh)	Andel (%)	Avfall og biobrensel i grunnlastproduksjonen (g/kWh)	Varmepumpe i grunnlastproduksjonen (g/kWh)
Januar	4	156	29	404	71	288	332
Februar	4	156	31	404	69	280	327
Mars	4	156	43	404	57	232	297
April	4	156	61	404	39	160	253
Mai	4	156	100	404	0	4	156
Juni	4	156	100	404	0	4	156
Juli	-	-	-	-	-	-	-
August	4	156	100	404	0	4	156
September	4	156	100	404	0	4	156
Oktober	4	156	54	404	46	188	270
November	4	156	36	404	64	260	315
Desember	4	156	31	404	69	280	327

Tabell V3.20 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. **Produksjonsprofil med høyere årsvariasjon. Oslo-klima**

Boligalternativ	Grunnlast- produksjon, El-modell	Fjernvarme til varmtvann	Fjernvarme til rom- til oppvarming	El til varme- formål	El til pumper og kjeler	Sum	Endring fra hovedmodell
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	0,0	7,9	1,4	1,5	10,9	-2,7
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	19,1	1,4	1,5	22,1	-5,7
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1	0
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	24,9	1,1	26,0	0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6	0
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	17,8	1,1	18,9	0
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	0,0	4,6	0,6	0,7	5,9	-1,5
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	11,1	0,6	0,7	12,3	-3,4
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3	0
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	10,8	0,5	11,3	0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6	0
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	7,7	0,5	8,2	0
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-A	9,5	19,1	1,4	1,5	31,6	-1,3
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		9,5	24,6	1,4	1,5	37,1	-2,8
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1	0
Bolig-B, Varme-C		9,5	0,0	24,9	1,1	35,5	0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6	0
Bolig-C, Varme-C		9,5	0,0	17,8	1,1	28,4	0
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-B	4,1	9,4	0,6	0,7	14,8	-1
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		4,1	13,4	0,6	0,7	18,8	-2,1
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3	0
Bolig-B, Varme-C		4,1	0,0	10,8	0,5	15,4	0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6	0
Bolig-C, Varme-C		4,1	0,0	7,7	0,5	12,3	0

Tabell V3.21 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal.**Produksjonsprofil med høyere årsvariasjon. Bergen-klima**

Boligalternativ	Grunnlast- produksjon, El-modell	Fjernvarme til varmtvann	Fjernvarme til rom- oppvarming	El til varme- formål	El til pumper og kjøler	Sum	Endring fra hovedmodell
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	0,0	5,5	0,1	1,4	7,0	-1,9
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	13,4	0,1	1,4	15,0	-4,1
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	39,8	0,0	39,8	0
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	15,6	1,1	16,7	0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	33,2	0,0	33,2	0
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	9,7	1,1	10,8	0
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	0,0	3,2	0,0	0,6	3,8	-1,1
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	7,8	0,0	0,6	8,4	-2,4
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	17,2	0,0	17,2	0
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	6,8	0,5	7,2	0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	14,4	0,0	14,4	0
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	4,2	0,5	4,7	0
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-A	9,5	13,4	0,1	1,4	24,5	-0,9
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		9,5	17,4	0,1	1,4	28,4	-2,1
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	39,8	0,0	39,8	0
Bolig-B, Varme-C		9,5	0,0	15,6	1,1	26,2	0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	33,2	0,0	33,2	0
Bolig-C, Varme-C		9,3	0,0	9,7	1,1	20,1	0
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-B	4,1	6,6	0,0	0,6	11,4	-0,7
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		4,1	9,5	0,0	0,6	14,3	-1,4
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	17,2	0,0	17,2	0
Bolig-B, Varme-C		4,1	0,0	6,8	0,5	11,4	0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	14,4	0,0	14,4	0
Bolig-C, Varme-C		4,0	0,0	4,2	0,5	8,7	0

Tabell V3.22 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal.**Produksjonsprofil med høyere årsvariasjon. Røros-klima**

Boligalternativ	Grunnlast-produksjon, El-modell	Fjernvarme til varmtvann	Fjernvarme til rom-oppvarming	El til varmeformål	El til pumper og kjøler	Sum	Endring fra hovedmodell
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	0,0	10,7	4,0	1,8	16,5	-3,9
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	27,2	4,0	1,8	33,0	-9,4
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	65,0	0,0	65,0	0
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	41,5	1,1	42,6	0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	52,5	0,0	52,5	0
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	30,0	1,1	31,1	0
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	0,0	6,2	1,7	0,8	8,7	-2,3
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	15,7	1,7	0,8	18,2	-5,5
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	28,1	0,0	28,1	0
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	18,0	0,5	18,5	0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	22,7	0,0	22,7	0
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	13,0	0,5	13,5	0
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varmepumpe El-A	9,5	28,8	4,0	1,8	44,1	-1,9
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		9,5	37,0	4,0	1,8	52,2	-4,7
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	65,0	0,0	65,0	0
Bolig-B, Varme-C		9,5	0,0	41,5	1,1	52,2	0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	52,5	0,0	52,5	0
Bolig-C, Varme-C		9,3	0,0	30,0	1,1	40,4	0
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varmepumpe El-B	4,1	14,0	1,7	0,8	20,6	-1,5
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		4,1	20,0	1,7	0,8	26,6	-3,3
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	28,1	0,0	28,1	0
Bolig-B, Varme-C		4,1	0,0	18,0	0,5	22,6	0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	22,7	0,0	22,7	0
Bolig-C, Varme-C		4,0	0,0	13,0	0,5	17,5	0

V3.3 TEK-97 som referansestandard

TEK-97 med mekanisk avtrekksventilasjon

Tabell V3-23 Brutto energibehov til ulike energitjenester, avhengig av energiforsyning til varmeformål i boligalternativene. Bolig-TEK med mekanisk avtrekksventilasjon som referansestandard. Oslo-klima

Energi-tjenester	Energi-forsyning	Bolig-TEK/mek	Bolig-B	Bolig-C	Bolig-B	Bolig-C
		Varme-A (kWh/m ²)	Varme-B (kWh/m ²)	Varme-B (kWh/m ²)	Varme-C (kWh/m ²)	Varme-C (kWh/m ²)
Rom-oppvarming	Elektrisitet	0,00	23,5	14,0	26,3	18,3
	Fjernvarme	107,9	-	-	-	-
Varmt tappevann	Elektrisitet	-	30,0	30,0	-	-
	Fjernvarme	27,2	-	-	27,2	27,2
Ventilasjon (varmebatteri)	Elektrisitet	0,0	1,6	1,6	1,6	1,6
Elektrisk utstyr	Elektrisitet	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Belysning	Elektrisitet	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
Vifter, pumper	Elektrisitet	6,6	11,7	11,7	11,7	11,7
Sum årlig energibehov		185,3	110,4	100,9	110,4	102,4
Sum årlig elbehov		50,2	110,4	100,9	83,3	75,2
Sum årlig fjernvarmebehov		135,1	0,0	0,0	27,2	27,2

Tabell V3-24 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. Bolig-TEK med mekanisk avtrekksventilasjon som referansestandard. Oslo-klima

Boligalternativ	Grunnlast- produksjon El-modell	Fjernvarme til varmtvann	Fjernvarme til rom- oppvarming	El til varme-formål	El til pumper og kjøler	Sum
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	0,0	24,1	0,0	2,2	26,3
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-lav		0,0	59,8	0,0	2,2	62,0
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	24,9	1,1	26,0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	17,8	1,1	18,9
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	0,0	13,9	0,0	0,9	14,9
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-lav		0,0	34,6	0,0	0,9	35,5
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	10,8	0,5	11,3
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	7,7	0,5	8,2
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-A	9,5	49,7	0,0	2,2	61,3
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-lav		9,5	67,3	0,0	2,2	79,0
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1
Bolig-B, Varme-C		9,5	0,0	24,9	1,1	35,5
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6
Bolig-C, Varme-C		9,5	0,0	17,8	1,1	28,4
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-B	4,1	25,0	0,0	0,9	30,0
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-lav		4,1	37,8	0,0	0,9	42,9
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3
Bolig-B, Varme-C		4,1	0,0	10,8	0,5	15,4
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6
Bolig-C, Varme-C		4,1	0,0	7,7	0,5	12,3

TEK-97 med balansert ventilasjon**Tabell V3-25** Brutto energibehov til ulike energitjenester, avhengig av energiforsyning til varmeformål i boligalternativene. Bolig-TEK med balansert ventilasjon som referansestandard. Oslo-klima.

Energi-tjenester	Energi-forsyning	Bolig-TEK/bal	Bolig-B	Bolig-C	Bolig-B	Bolig-C
		Varme-A (kWh/m ²)	Varme-B (kWh/m ²)	Varme-B (kWh/m ²)	Varme-C (kWh/m ²)	Varme-C (kWh/m ²)
Rom-oppvarming	Elektrisitet	-	23,5	14,0	26,3	18,3
	Fjernvarme	48,1	-	-	-	-
Varmt tappevann	Elektrisitet	-	30,0	30,0	-	-
	Fjernvarme	27,2	-	-	27,2	27,2
Ventilasjon (varmebatteri)	Elektrisitet	16,2	1,6	1,6	1,6	1,6
Elektrisk utstyr	Elektrisitet	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Belysning	Elektrisitet	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
Vifter, pumper	Elektrisitet	12,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Sum årlig energibehov		147,7	110,4	100,9	110,4	102,4
Sum årlig elbehov		72,5	110,4	100,9	83,3	75,2
Sum årlig fjernvarmebehov		75,3	0,0	0,0	27,2	27,2

Tabell V3-26 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. Bolig-TEK med balansert ventilasjon med varmegjenvinning som referansestandard. Oslo-klima.

Boligalternativ	Grunnlast-produksjon El-modell	Fjernvarme til varmtvann	Fjernvarme til rom- oppvarming	El til varme-formål	El til pumper og kjeleer	Sum
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	0,0	11,7	4,5	2,2	18,3
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-lav		0,0	27,6	4,5	2,2	34,2
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	24,9	1,1	26,0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	17,8	1,1	18,9
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	0,0	6,8	2,6	0,9	10,3
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-lav		0,0	15,9	2,6	0,9	19,5
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	10,8	0,5	11,3
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	7,7	0,5	8,2
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-A	9,5	22,6	9,0	2,2	43,3
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-lav		9,5	30,5	9,0	2,2	51,1
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1
Bolig-B, Varme-C		9,5	0,0	24,9	1,1	35,5
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6
Bolig-C, Varme-C		9,5	0,0	17,8	1,1	28,4
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-B	4,1	11,5	4,5	0,9	21,1
Bolig-TEK/mek, Varme-A, FV-lav		4,1	17,2	4,5	0,9	26,8
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3
Bolig-B, Varme-C		4,1	0,0	10,8	0,5	15,4
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6
Bolig-C, Varme-C		4,1	0,0	7,7	0,5	12,3

V3.4 Kollektiv måling og avregning

Tabell V3-27 Brutto energibehov til ulike energitjenester, avhengig av energiforsyning til varmeformål i boligalternativene. Kollektiv måling og avregning. Oslo-klima

Energitjenester	Energi-forsyning	Bolig-A	Bolig-B	Bolig-C	Bolig-B	Bolig-C
		Varme-A	Varme-B	Varme-B	Varme-C	Varme-C
		(kWh/m ²)	(kWh/m ²)	(kWh/m ²)	(kWh/m ²)	(kWh/m ²)
Rom-oppvarming	Elektrisitet	-	23,5	14,0	26,3	18,3
	Fjernvarme	43,3	-	-	-	-
Varmt tappevann	Elektrisitet	-	30,0	30,0	-	-
	Fjernvarme	27,2	-	-	27,2	27,2
Ventilasjon (varmebatteri)	Elektrisitet	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Elektrisk utstyr	Elektrisitet	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Belysning	Elektrisitet	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
Vifter, pumper	Elektrisitet	12,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Sum årlig energibehov		128,4	110,4	100,9	110,4	102,4
Sum årlig elbehov		57,9	110,4	100,9	83,3	75,2
Sum årlig fjernvarmebehov		70,5	0,0	0,0	27,2	27,2

Tabell V3-28 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. Kollektiv måling og avregning.

Boligalternativ	Grunnlast-produksjon El-modell	Fjernvarme til varmtvann	Fjernvarme til rom-oppvarming	El til varmeformål	El til pumper og kjøler	Sum
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	0,0	11,7	1,4	1,5	14,7
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	27,4	1,4	1,5	30,3
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	24,9	1,1	26,0
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	17,8	1,1	18,9
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	0,0	6,8	0,6	0,7	8,1
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	15,8	0,6	0,7	17,1
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3
Bolig-B, Varme-C		0,0	0,0	10,8	0,5	11,3
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	7,7	0,5	8,2
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme-pumpe El-A	11,4	22,5	1,4	1,5	36,8
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		11,4	30,2	1,4	1,5	44,6
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	49,1	0,0	49,1
Bolig-B, Varme-C		9,5	0,0	24,9	1,1	35,5
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6
Bolig-C, Varme-C		9,5	0,0	17,8	1,1	28,4
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme-pumpe El-B	4,9	11,4	0,6	0,7	17,6
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		4,9	17,0	0,6	0,7	23,3
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	21,3	0,0	21,3
Bolig-B, Varme-C		4,1	0,0	10,8	0,5	15,4
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6
Bolig-C, Varme-C		4,1	0,0	7,7	0,5	12,3

V3.5 Bolig-C med fjernvarme til romoppvarming

Tabell V3-29 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. Bolig-C med fjernvarme til romoppvarming.

Boligalternativ	Grunnlast-produksjon El-modell	Fjernvarme til varmtvann	Fjernvarme til rom- oppvarming	El til varme- formål	El til pumper og kjøler	Sum
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-A	0,0	10,6	1,4	1,5	13,6
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	24,9	1,4	1,5	27,8
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	17,8	1,1	18,9
Bolig-C, Varme-A, FV-høy		0,0	5,1	1,4	1,3	7,8
Bolig-C, Varme-A, FV-lav		0,0	11,2	1,4	1,3	13,9
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Avfall, bio. El-B	0,0	6,1	0,6	0,7	7,4
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,0	14,4	0,6	0,7	15,7
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6
Bolig-C, Varme-C		0,0	0,0	7,7	0,5	8,2
Bolig-C, Varme-A, FV-høy		0,0	2,9	0,6	0,6	4,1
Bolig-C, Varme-A, FV-lav		0,0	6,5	0,6	0,6	7,6
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-A	9,5	20,4	1,4	1,5	32,9
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		9,5	27,4	1,4	1,5	39,9
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	40,6	0,0	40,6
Bolig-C, Varme-C		9,5	0,0	17,8	1,1	28,4
Bolig-C, Varme-A, FV-høy		9,3	9,3	1,4	1,3	21,3
Bolig-C, Varme-A, FV-lav		9,3	12,3	1,4	1,3	24,3
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varme- pumpe El-B	4,1	10,4	0,6	0,7	15,8
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		4,1	15,5	0,6	0,7	20,9
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	17,6	0,0	17,6
Bolig-C, Varme-C		4,1	0,0	7,7	0,5	12,3
Bolig-C, Varme-A, FV-høy		4,0	4,7	0,6	0,6	10,0
Bolig-C, Varme-A, FV-lav		4,0	6,9	0,6	0,6	12,1

V3.6 Utslipp av CO₂ i energikjeder i henhold til prEn 15203

Tabell V3-30 Årlige utslipp av CO₂ knyttet til energibehov til varmeformål i boligalternativene. Fordelt på behovet for elektrisitet og fjernvarme. Gitt som kg CO₂ per kvm boligareal. Utslipp i energikjeder i henhold til prEn 15203.

Boligalternativ	Grunnlast-produksjon	Fjernvarme til varmtvann	Fjernvarme til rom-til oppvarming	El til varmeformål	El til pumper og kjeler	Sum
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Bio-brensel	0,6	9,7	1,1	1,1	12,5
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		0,6	21,4	1,1	1,1	24,2
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	36,0	0,0	36,0
Bolig-B, Varme-C		0,6	0,0	18,3	0,8	19,7
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	29,8	0,0	29,8
Bolig-C, Varme-C		0,6	0,0	13,1	0,8	14,5
Bolig-A, Varme-A, FV-høy	Varmepumpe	7,0	16,2	1,1	1,1	25,4
Bolig-A, Varme-A, FV-lav		7,0	23,1	1,1	1,1	32,3
Bolig-B, Varme-B		0,0	0,0	36,0	0,0	36,0
Bolig-B, Varme-C		7,0	0,0	18,3	0,8	26,1
Bolig-C, Varme-B		0,0	0,0	29,8	0,0	29,8
Bolig-C, Varme-C		7,0	0,0	13,1	0,8	20,9

Vedlegg 4. Byggeforskrifter - historikk

I dette vedlegget er det gitt en oppsummering av hvordan kravene til boligers energieffektivitet i norske byggeforskrifter har endret seg siden første byggeforskrift fram til tekniske forskrifter fra 1997. Bakgrunnen for kravene er også beskrevet i den grad det er funnet litteratur som omtaler dette. En slik oversikt kan være nyttig for å forstå utviklingen av energibruken i bygningsmassen. Å kjenne filosofien bak kravene kan også være nyttig med hensyn til forståelse av gjeldende tekniske forskrifter.

Byggeforskrift 1928

Første byggeforskrift i Norge kom i 1928. Denne forskriften var et supplement til lov om bygningsvesenet fra 1924, og gjaldt for alle landets byer. Forskriften hadde ingen tallfestede krav til varmeisolasjon, men beskrev utførelse av yttervegger slik at de "under hensyntagen til rummenes benyttelse antas å by fornøden beskyttelse mot kulde og fuktighet" (Arbeidsdepartementet, 1928).

Byggeforskrift 1949

Første tallfestede krav til bygningers varmeisolasjon kom med ny byggeforskrift i 1949. Landet var inndelt i fire klimasoner, men forskriften, som fortsatt var hjemlet i lov om bygningsvesenet, gjaldt bare for byene. I kravene til varmeisolasjon ble det skilt mellom bygninger av mur eller tre. De strengeste kravene ble stilt til hus av tre. Bestemmelser om ventilasjon ble innført, men disse var relatert til helse (KAD, 1949).

Krav til varmeisolasjon i "beboelseshus":

- Yttervegg: $k \leq 0,6$ til $0,9$ kcal/m²h°C ($0,52$ til $0,78$ W/m²K). For Oslo, dvs klimasone II, var kravet $k \leq 0,8$ kcal/m²h°C ($0,7$ W/m²K).
- Yttertak over oppvarmet rom: som for yttervegg
- Gulv over kjeller og uoppvarmet rom: $k \leq 0,8$ kcal/m²h°C ($0,7$ W/m²K), uavhengig av klimasone
- Dersom vindusflaten utgjorde mer enn 1/8 av gulvflaten, skulle det brukes doble vinduer, som i praksis innebar to lag glass i koblet ramme.

Byggeforskrift 1969

I 1969 kom en ny landsomfattende byggeforskrift, med skjerpede krav til varmeisolasjon. Forskriften omfattet nå hele landet etter at Lov om bygningsvesenet ble endret til å gjelde for hele landet (fra 1965). Klimasonene var beholdt, og det ble fortsatt stilt strengere krav til lette konstruksjoner enn til tunge

konstruksjoner. For vinduer var kravet til varmeisolasjon fortsatt avhengig av vindusarealet. Det ble stilt generelle krav til lufttetthet, dvs samtlige bygningsdeler skulle være så vindtette at kald luft ikke trengte inn i varmeisolasjonen (KAD, 1969)

Krav til varmeisolasjon i boliger:

- Yttervegg: $k \leq 0,46$ til $0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$ for lett utførelse (masse inntil 100 kg/m^2) og $k \leq 0,70$ til $1,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ for tung utførelse. For Oslo, nå klimasone III, var kravet $k \leq 0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$ og $1,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ for henholdsvis lett og tung utførelse.
- Yttertak over oppvarmet rom: $k \leq 0,41$ til $0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$ for tak i trekonstruksjoner og $k \leq 0,46$ til $0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$ for tak utført i annet materiale enn i tre. For Oslo var kravet $k \leq 0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$ og $0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$ for henholdsvis lett og tung utførelse.
- Gulv over kjeller og uoppvarmet rom: $k \leq 0,58$ til $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$. For Oslo var kravet $k \leq 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- For vinduer var kravet til U-verdi avhengig av vindusarealet. Dersom vindus- og dørarealet utgjorde mer enn 30 % av veggflaten, var kravet til k-verdi 3,14 til $3,60 \text{ W/m}^2\text{K}$. For Oslo var kravet $3,60 \text{ W/m}^2\text{K}$. Forholdet mellom vindusflate og veggflate måtte avgjøres for hvert rom.

Forskriftskravene til varmeisolasjon i forskriften fra 1949 og 1969 var i praksis kun en ajourføring til et varmeisolasjonsnivå som allerede var gjennomført, og knapt nok det. Disse forskriftene hadde i følge (Granum, 1990b) derfor liten eller ingen styrende virkning. Utviklingen lå med andre ord foran forskriftskravene.

Reviderte krav i byggeforskrift 1980

I 1980 ble kravene til varmeisolasjon endret på ny. Det ble nå stilt samme krav til lette som til tunge konstruksjoner. For småhus, dvs eneboliger, tomannsboliger og kjedehus med høyst to boliger i hvert hus, ble det også stilt tallfestede krav til lufttetthet for yttervegger og vinduer. Differensierte krav etter klimasone ble sløyfet, slik at kravene ble like for hele landet.

Det ble innført differensierte krav til småhus og andre bolighus. For andre bolighus enn småhus kunne solvarme tas i betraktning ved fastsettelse av vinduenes k-verdi, dvs ved bruk av "ekvivalent" k-verdi. Vindusarealet skulle nå ikke overstige 15 % av brutto gulvareal eller av husets primære deler (KAD, 1980).

For første gang ble "varmetapsrammer" innført. For småhus innebar dette at fasadens midlere k-verdi ikke skulle bli høyere enn den ville ha blitt dersom minstekravet til k-verdi og maksimalt tillatt vindusareal for vinduer ble fulgt.

Krav til varmeisolasjon i småhus :

- Yttervegg og vinduer:
Alternativ 1: $k_{\text{vegg}} \leq 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ og $k_{\text{vindu}} 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kombinasjonen tilsvarte 100 mm mineralull og vinduer med tre-lag glass.
Alternativ 2: $k_{\text{vegg}} \leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ og $k_{\text{vindu}} 2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kombinasjonen tilsvarte 150 mm mineralull og vinduer med to-lag glass.
- Yttertak over oppvarmet rom: $k \leq 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Gulv på grunn eller mot oppvarmet rom: $k \leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

For andre bolighus ble det stilt krav til at fasadens gjennomsnittlige k-verdi skulle være maksimalt $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$. Solvarme kunne tas i betraktning ved fastsettelse av vinduenes k-verdi, dvs "ekvivalent" k-verdi. Det var for slike bolighus gitt tilleggskrav til lufttetthet for hele bygget, dvs maksimalt 3 luftvekslinger per time ved en trykkdifferanse på 50 Pa mellom inne- og uteluft for bygninger i høyst to etasjer, og 1,5 luftvekslinger for øvrige bygninger.

Forenkling av forskriften med innføring av kun én klimasone skjedde særlig etter påtrykk fra ferdighusprodusentene og byggevareprodusentene, som argumenterte med at differensierte krav skapte vanskeligheter med standardiserte konstruktive løsninger (Granum, 1990a).

Kravnivået for småhus i den reviderte forskriften ble gitt som en overgangsordning med opprinnelig gyldighet frem til 1. januar 1983. Overgangsordningen ble i følge (Granum, 1983) innført for å gi husprodusentene nødvendig tid til omstilling. Det ble bebudet ytterligere skjerping fra 1983, noe som førte til at bransjen tilpasset ytterveggisolasjonen fra 100 til 150 mm. Samtidig bidro den bebudete skjerpingen til at vinduer med lavemisjonsbelegg hurtig oppnådde en stor markedsandel utover i 1980-årene. Motivasjonen for den bebudete skjerpingen var analyser av samfunnsøkonomisk optimalisering av ytterkonstruksjonene, basert på nytte-kostnadsanalyser og 7 % realrente. Den bebudete skjerpingen ble etter avgjørelse fra kommunaldepartementet først utsatt til 1984, og falt helt bort ved revisjonen i 1985. Da hadde den bebudete skjerpingen allerede gjort sin virkning (Granum, 1990b). Dette viser at forskrifter kan ha en styrende effekt på utviklingen.

Byggeforskrift 1985

I 1985 ble loven om bygningsvesenet fra 1924 avløst av plan- og bygningsloven. Med ny lov kom også ny forskrift, men kravene til varmeisolasjon og tetthet for småhus tilsvarte kravene i byggeforskriften fra 1980. Den øvre grensen for vindusareal var også beholdt (KAD, 1985).

Byggeforskrift 1987

Forskriften fra 1985 ble allerede i 1987 erstattet av ny byggeforskrift (KAD og BE, 1987). Kravet til varmeisolasjon var noe skjerpet. Varmetapsrammer kunne benyttes, men nytt var at alle bygningsdelene kunne benyttes ved beregning av varmetapsrammen. Det kunne også, etter bestemte regler gitt av veiledningen til forskriften, tas hensyn til varmetilskudd fra sola. Varmetapsrammen var dermed en enkel form for energiramme, slik vi kjenner den fra tekniske forskrifter fra 1997.

Krav til varmeisolasjon for bygg oppvarmet til over 18 °C:

- Yttervegg: $U \leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Vinduer: $U \leq 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Yttertak: $U \leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Gulv mot grunn eller uoppvarmet rom: $U \leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Teknisk forskrift (TEK), 1997

Det gikk ti år før neste revisjon av byggeforskriftene ble gjennomført. Teknisk forskrift, TEK, kom i 1997, og kravene til bygningers energibruk til oppvarming var nok en gang skjerpet. De nye kravene til varmeisolasjon var basert på kostnytte-analyser, som hadde vist at kravnivået var samfunnsøkonomisk lønnsomt ut fra bestemte kriterier. Også beregningsmetodene for dokumentasjon av bygningers varmebehov var endret.

I arbeidet med forskriften ble diskusjonen omkring klimasoner gjenopptatt. Konklusjonen var at klimasoner ikke burde gjeninnføres. En av årsakene var at romoppvarmingen ikke lenger utgjorde den samme dominerende posten i de fleste bygningers energibudsjett, som den gjorde da det ble benyttet klimasoner i forskriftene. Et annet argument var at en "energimessig overdimensjonering" for steder med mildere klima enn det som lå til grunn for forskriftskravet, fortsatt ga en økonomisk avkastning (Granum, 1990a).

I den nye forskriften var det lempet på kravet til vindus- og dørareal. Dette arealet kunne nå utgjøre opptil 20 % av brutto gulvareal når det ses bort fra muligheten for omfordeling av U-verdier og vindusareal. Bakgrunnen for det økte vindus- og dørarealet var hensynet til glassgårder, hvor det hadde vist seg å være vanskelig å tilfredsstille 15 %-kravet i tidligere byggeforskrifter.

I Nordisk Komité for Bygningsbestemmelser ble det arbeidet med å få til ensartede prinsipper for utforming av nordiske byggeforskrifter. I denne sammenhengen ble det utviklet en ny måte å dokumentere bygningers energibehov til oppvarming og ventilasjon. Den nye energirammemetoden ga mulighet for å ta hensyn til blant annet solvarmetilskudd, bygningers varmeakkumulerende egenskaper, internvarmetilskudd, samt "gratis" varmetilskudd fra varmepumper og solfangeranlegg. Hensikten var å gi større fleksibilitet med hensyn til arkitekturen og valg av tekniske løsninger for å sikre bygningens energieffektivitet. Metoden

viste seg etter hvert å være svært egnet for å "lempe" på kravene til U-verdier og vindusarealer, gitt av de øvrige dokumentasjonsmetodene. Ved bruk av høye internvarmelaster i kontrollberegningen til energirammen ble det mulig å redusere varmeisolasjonsgraden som følge av lavere romoppvarmingsbehov. Høy energibruk til lys og utstyr ga med andre ord tillatelse til dårligere varmeisolasjon og dermed høyere energibruk til oppvarming enn ved bruk av de andre dokumentasjonsmetodene. Mye solvarmetilskudd ved bruk av store glassarealer mot solrike orienteringer kunne godkjennes ved bruk av energirammemetoden, men økt kjølebehov som resultat ble oversett eller ignorert. Energirammemetoden åpnet også for at "gratisvarmen" fra varmepumper kunne "erstatte" god varmeisolasjon. Denne muligheten har resultert i mange kontorbygg med store glassflater og dårlig varmeisolasjon, men allikevel samme behov for kjøpt energi, i alle fall så lenge varmepumpene fungerer slik forutsatt.

Det ble etter hvert klart at energirammemetoden fra 1997 ikke var et egnet middel for å tilfredsstille forskriftens intensjon om energieffektive bygg. De energisparetiltakene som utgjorde rammen for energieffektivitet i forskriften, ble også vurdert som for lite ambisiøse i forhold til myndighetenes mål om å redusere energibruken i bygningsmassen. Kravene hadde i forskriftene frem 1997 vært begrenset til kun å gjelde varmeisolasjon og lufttetthet. Energibruk til kjøling, drift av vifter og pumper osv hadde ikke vært underlagt tallfestede krav. Samlet ga svakhetene ved TEK fra 1997 grunnlag for utarbeidelse av ny forskrift til bygningers energieffektivitet. Nye forskrifter vil tre i kraft i 2007.

Vedlegg 5. Miljøbelastninger knyttet til produksjon og distribusjon av brensler

I dette vedlegget gis en kort beskrivelse av utslipp av CO₂ samt bruk av fossile energiressurser knyttet til produksjon og distribusjon av brensler, eller energivarer. Det er også gitt en kort oversikt over studier som beskriver utslipp av CO₂ knyttet til produksjon av produksjons- og distribusjonsanlegg for ulike energivarer.

Miljøbelastninger fra produksjon og distribusjon av brensler

Utvinning av primærenergiressurser, og produksjon og distribusjon av ferdig energivare frem til kunde, vil i ulik grad kreve en energiinnsats. I distribusjonsleddet benyttes fossile brensler, mens det i produksjonsleddet kan benyttes brensler fra både fornybare og ikke fornybare (fossile) energikilder, samt elektrisitet. I tabell V5-1 er det vist verdier for utslipp av CO₂ og bruken av fossile energiressurser knyttet til produksjon og distribusjon av ulike brensler på det norske markedet og som typisk benyttes ved produksjon av fjernvarme. Verdiene er basert på en litteraturstudie utført av det svenske miljøinstituttet IVL (Uppenberg m. fl., 2001), eller av Stiftelsen Østlandsforskning og Statoil (Askham m. fl., 1999; Vold m. fl., 1999). Litteraturstudien "Miljøfaktaboken for brensler" fra IVL er en omfattende sammenstilling av svenske LCA¹-studier for ulike brensler. IVL har i denne sammenhengen gransket studiene på bakgrunn av anerkjent metodikk for gjennomføring av livssyklusanalyser. IVL-rapporten viser for alle brenslene eller energivarene til en anbefalt studie, basert på kvaliteten på livssyklusanalysene.

Verdiene i tabell V5-1 er basert på både norske og svenske studier, med ulike systemgrenser og forutsetninger. Eksempelvis vil produksjonsteknologien, produksjonsvolumet og transportavstander kunne variere. Utslippstallene må derfor betraktes som veiledende.

¹ LCA, eller livssyklusanalyse, er en standardisert og vitenskapelig metodikk for å vurdere hvordan et produkt påvirker miljøet i hele livsløpet ("fra vugge til grav"), der en ser på råvareforbruk, energibruk, avfallsproduksjon og andre miljøbelastninger.

Tabell V5-1 Utslipp, og tilført eller ”tapt” energi, ved produksjon og distribusjon av ulike brensler. Utslipp i gram CO₂ per kWh levert brensel. Tilført energi oppgis i forhold til energivarens energiinnhold dersom slik informasjon er gitt. (-) innebærer at informasjon om type brensel, benyttet ved produksjon og distribusjon mangler.

Energibærere	Miljøbelastninger		Kilder og systembeskrivelse
	CO ₂ g/kWh	Tilført energi kWh/kWh	
Husholdnings- avfall	5	0,05 (termisk)	IVL ¹ . Anbefalt studie i Miljøfaktaboken.
Pellets/briketter	4	-	IVL ² . Anbefalt studie i Miljøfaktaboken.
Pellets fra sagspon	14	0,11 (vannkraft) 0,04 (fossilt)	(Vold m. fl., 1999) ³
Flis fra rivningsavfall	8	0,03 (-)	IVL ⁴ . Anbefalt studie i Miljøfaktaboken.
Skogsbrensel/flis	11	0,04 (fossilt)	IVL ⁵ Anbefalt studie i Miljøfaktaboken.
Naturgass (CNG)	18	0,06 (fossilt)	(Askham m. fl., 1998) ⁶
Naturgass	9	0,03 (fossilt)	IVL ⁷ . Anbefalt studie i Miljøfaktaboken.
Fyringsolje	10	0,03 (fossilt)	(Vold m. fl., 1999) ³
Fyringsolje	10	0,04 (fossilt)	(Askham m. fl., 1998) ⁶
Fyringsolje	21	0,08 (råolje, kull, naturgass)	IVL ⁸ . Anbefalt studie i Miljøfaktaboken.

- ¹. Livscykelanalys av etanol ur sortert hushållsavfall med starksyrahydrolyse. Finnveden m.fl. 1994 (publisert 1996)
- ². LCA-analyse; En jämförande studie baserad på ett förädlat och oförädlat biobränsle. Edholm, 2000. Inkluderer råvareutvinning, foredling og transport
- ³. Tallene, utarbeidet av Østfoldforskning og Statoil, inkluderer råvareproduksjon, foredling og transport. Grafisk avlesning.
- ⁴. Miljødeklarasjon av el og fjärrvärme. NME, 1999. Inkluderer foredling og transport
- ⁵. Livscykelanalys för Vattenfalls elproduktion – Sammanfattande rapport. 1996. Inkluderer råvareutvinning, transport og foredling
- ⁶. Tallene, utarbeidet av Østfoldforskning, inkluderer miljøbelastninger knyttet til bruken av materialer i produksjonsanlegg, samt energibruk knyttet til leting, utvinning og transport av primærenergikilde, produksjon av energivare, og transport til kunde. Miljøbelastningene knyttet til materialer er marginale og kan ses bort fra.
- ⁷. Livscykelanalys för naturgas från Norge och Ryssland år 2005. Gunnarsson & Skarphagen, 1999. Masteroppgave. Inkluderer råvareutvinning, foredling og transport
- ⁸. Livscykelanalys – Miljøpåverkan från Sydkrafts elproduktion 1999. Inkluderer råvareutvinning, foredling og transport. Basert på råolje fra Nordsjøen.

I kullkraftverk benyttes kull som brensel. Miljøbelastninger knyttet til produksjon og transport av kull vil variere, avhengig av hvor kullet brytes og av transportavstander. Kull brytes enten i dagbrudd eller under jorden, dvs i gruver. Det er hovedsakelig steinkull og brunkull som benyttes i kullkraftverk. Bryting av kull medfører utslipp av klimagassen metan (CH₄). Hvor mye metan som slippes ut avhenger av kvaliteten på kullet og hvor nært overflaten kullagrene ligger. Jo lengre ned i grunnen, desto mindre metan vil være naturlig luftet ut gjennom millioner av år. I IVLs miljøfaktabok er det vist til to studier som viser utslipp av

CH₄ og CO₂ ved produksjon og distribusjon av kull. Utslippene av CH₄ og CO₂, samlet som CO₂-ekvivalenter, er i studiene oppgitt til henholdsvis 17 og 91 gram per kWh energiinnhold i brenselet. De ulike verdiene skyldes blant annet ulike forutsetninger om hvordan kullet brytes, og ulike transportmåter og transportavstander.

Tabell V5-2 Miljøbelastninger ved bryting og transport av kull. Utslipp i gram CO₂ per kWh levert brensel. Energiinnsats i kWh per kWh levert brensel

Studie	CO ₂ g/kWh	CH ₄ g/kWh	CO ₂ -ekv g/kWh	Energi- innsats kWh/kWh	Kommentar gitt i IVL's rapport
Vattenfall ¹	15,5	0,09	17	0,04 (naturgass, olje, kull, diesel)	75 % av kullet brytes i dagbrudd. Snitt for Elsam (dansk elprodusent) sin kullimport
ExternE ²	11,3	3,78	91	-	Kull importert fra Polen til Sverige. Anbefalt metode i Miljøfaktaboken (IVL)

1 Livscykelanalys för kolkraft (Buhre M, Eriksson Å, 1997)

2 ExternE National Implementation – Sweden (ExternE, 1997)

Miljøbelastninger knyttet til produksjons- og distribusjonsanlegg

Produksjonsanlegg for vannkraft og vindkraft: (Sydkraft, 2000; Uppenberg m. fl., 2001; Østfoldforskning, 2002; Vattenfall, 2005)

For vannkraft begrenser utslippene av CO₂ seg til de som er knyttet til konstruksjon, drift og vedlikehold av anlegg. For vannkraft fra Trollheim kraftverk har Stiftelsen Østfoldforskning beregnet at CO₂-utslippene knyttet til bygging, drift og riving utgjør under 1 gram per kWh produsert elektrisitet. Det er da antatt at magasinene har lite organisk materiale i bunnsedimentene og at den biologiske aktiviteten er lav. Tilsvarende tall fra Sydkraft er cirka 5 gram per kWh. Biologisk aktivitet fra neddemmet areal er da inkludert. Uppenberg (IVL) viser i sin litteraturstudie til at utslipp av CO₂ for vindkraftanlegg utgjør om lag 6 gram per kWh og for vannkraftanlegg mellom 2 og 5 gram per kWh produsert elektrisitet.

Produksjonsanlegg for fremstilling av naturgass og produksjon av gasskraft: (Askham m. fl., 1999), (Vattenfall, 2004).

I studiene fra Østfoldforskning og Vattenfall er utslippene av CO₂ per kWh produsert elektrisitet knyttet til bygging og riving av produksjonsanlegg så lave at utslippstallene ikke fremkommer av de grafiske fremstillingene gitt i rapportene.

Produksjonsanlegg for fjernvarme: (IVL, 2002)

Utslipp av CO₂ knyttet til byggefasen for fjernvarmeanlegg (avfallforbrenningsanlegg) utgjør i følge IVLs litteraturstudie 6 – 8 % i forhold til

CO₂-utslippene fra avfallsforbrenningen over anleggets levetid. Det fremgår ikke av rapporten om CO₂-utslippet fra avfallsforbrenningen inkluderer utslipp fra biologisk avfall. For anlegg for forbrenning av biobrensel utgjør utslipp fra byggefasen 3 % i forhold til driftsfasen. Heller ikke her gis noen redegjørelse for hvordan CO₂-utslipp fra forbrenning av biologisk avfall vurderes.

Distribusjonsnettet for fjernvarme: (Fröling og Holmgren, 2002; Fröling og Svanström, 2002)
Disse studiene, utført for den svenske fjernvarmeforeningen, viser miljøbelastningen i livssyklusperspektiv for produksjon og legging av fjernvarmerør. Utslippene ved legging av fjernvarmerør gis per løpemeter rør, og varierer avhengig av type og størrelse på rørene, og av grunnforhold. CO₂-utslippene varierer i studiene mellom 8 og 50 kg CO₂ per løpemeter. Utslipp fra produksjon av fjernvarmerør gis også per løpemeter, og avhengig av type og størrelsen på rørene varierer utslippene av CO₂ mellom 7 og 250 kg per løpemeter.

Vedlegg 6. Spørreskjema til boligutbyggere

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige
universitet

Fakultet for arkitektur
og billedkunst

Div. boligutbyggere



PhD-stipendiat Marit Thyholt
Telefon: +47 73 592624
E-post: Marit.Thyholt@sintef.no

Vår dato:
10.11.2004

Vår ref.:

Deres dato:

Deres ref.:

Lavenergi boliger og varmeanlegg i konsesjonsområder for fjernvarme

I min doktorgradsavhandling (PhD) skal det fokuseres på i hvilken grad bygging av lavenergi boliger er forenelig med krav om tilknytningsplikt og varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme i områder med fjernvarmekonsesjon. En viktig målsetning med avhandlingen er å vise om disse bestemmelsene er hensiktsmessige med tanke på myndighetenes målsetning om mer miljøvennlig boligbygging. Det er også et mål å kunne gi kommunene et underlag for utarbeidelse av retningslinjer for når det bør kunne gis dispensasjon fra disse kravene. I denne sammenhengen er det ønskelig å foreta en liten spørreundersøkelse blant boligutbyggere om hvordan politikernes praktisering av de nevnte bestemmelsene vil påvirke fremtidig utbygging av lavenergi boliger i Trondheim.

Bakgrunn

Rosenborg Park (felt B2) var planlagt som lavenergi boliger, dvs. med vesentlig lavere energibehov enn for tilsvarende boliger utført etter dagens standard. For å opprettholde god økonomi i prosjektet var det en premis for utbyggeren (Heimdals utbyggingselskap) at investeringer i tiltak for redusert energi- og effektbehov skulle gi sparte kostnader for varmeanlegg, siden behovet for romoppvarming var redusert. Fordi utbyggingsprosjektet lå innenfor konsesjonsområdet for fjernvarme, ble det derfor søkt om dispensasjon fra kravet om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme, dvs. vanubårent varmeanlegg. Ønsket varmeanlegg var panelovner, som utbygger mente var mer kostnadseffektivt og riktig sett i forhold til det lave varmebehovet. Det var imidlertid planlagt at fjernvarme skulle benyttes til oppvarming av tappevarm, det ble derfor ikke søkt dispensasjon fra selve tilknytningsplikten.

Ved behandling av dispensasjonssøknaden i Bygningsrådet 20. januar 2004 ble det sluttet følgende vedtak:

Bygningsrådet/det faste utvalg for plansaker vedtar at tilknytningsplikten til fjernvarmeanlegg gjennomføres fullt ut for bygninger som ligger innenfor konsesjonsområdet for fjernvarme. Bygningsrådet/det faste utvalg for plansaker finner ikke at det foreligger særlige grunner til å dispensere fra dette kravet, jfr. plan- og bygningsloven § 7.

En fryktet at en dispensasjon for så store prosjekt det er snakk om her kan uttale så vel bestemmelser i plan- og bygningsloven om tilknytning til fjernvarmeanlegg som tidligere vedtak i Trondheim bystyre.

Bygningsrådet legger særlig vekt på at fjernvarmesystem kan benytte flere forskjellige energikilder, og er dermed mer robust enn f.eks. elektriske varmesystem. Det er dessuten en nasjonal målsetting at husholdningene skal gjøre seg mindre avhengig av elektrisk kraft, for å kunne stå bedre rustet til evt. fremtidige kraftkrise.

Vedlegg 6. Spørreskjema til boligutbyggere

Ved behandlingen av dispensasjonssøknaden ble det uttalt at Bygningsrådet ikke ønsker å bli forelagt flere slike søknader. Dette ble begrunnet med at en slik dispensasjon ville kunne gi presedens for slike saker i fremtiden. Som følge av avslaget i Bygningsrådet ble de ekstraordinære energisparetiltakene ved Rosenborg Park (felt B2) droppet, da utbyggingselskapet ikke fant god nok lønnsomhet i prosjektet når vannbårent varmeanlegg for romoppvarming likevel måtte installeres.

På bakgrunn av denne saken er det interessant å se hvilken betydning det prinsipielle avslaget i Bygningsrådet vil ha for fremtidig planlegging av lavenergi boliger innenfor konsesjonsområdet for fjernvarme i Trondheim. Det ønskes derfor svar på spørsmålet gitt på neste side.

Svar ønskes innen 20.11 2004, og kan sendes per e-post til Marit.Thyholt@sintef.no

På forhånd takk

Mvh
Marit Thyholt
Siv.ing, PhD-stipendiat
NTNU, Inst. byggekunst, historie og teknologi
7491 Trondheim

Postadresse:
SINTEF Teknologi og samfunn
Arkitektur og byggteknikk
7465 Trondheim

Spørreundersøkelse

Hvilken betydning har avslaget i Bygningsrådet, som vist til over, for eventuell fremtidig bygging av lavenergiboliger innenfor området for fjernvarmekonsesjon, forutsatt uendrede rammevilkår (lovverk, energipriser, boligetterpørsel m.m.)? Det forutsettes at boligene skal selges og ikke driftes av utbyggingselskapet i fremtiden.

Svaralternativer:

1. **Ingen betydning**, lavenergiboliger vil kunne bygges uavhengig av om det må installeres varmeanlegg for romoppvarming som kan tilknyttes fjernvarme
2. **Usikkert**, bygging av lavenergiboliger er ikke nødvendigvis avhengig av hvilket varmesystem for romoppvarming som installeres
3. **Stor betydning**, dvs. bygging av lavenergiboliger vil ikke være aktuelt når det må installeres varmeanlegg for romoppvarming som kan tilknyttes fjernvarme

Det er fint om svaret utdypes. Kommenter gjerne også om utbyggingselskapet har registrert etterspørsel etter lavenergiboliger i markedet og om selskapet har vurdert bygging av slike boliger.

Svar:

Navnet på utbyggingselskapet:

I størrelsesorden hvor mange boliger har utbyggingselskapet oppført hvert år de siste årene (gjernede gjennomsnitt) i Trondheimsområdet?

Det er ønskelig å vise til svarene fra de enkelte utbyggingselskapene som blir bedt om å svare på undersøkelsen. Dersom selskapet allikevel ønsker å bli fremstilt anonymt, vil dette bli tatt hensyn til. Dette må spesifiseres under.

Vedlegg 7. Innspill til Bygningslovutvalget

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fakultet for arkitektur
og billedkunst
Institutt for byggekunst,
historie og teknologi

Gaute Hanssen
Bolig- og bygningsavdelingen/
Sekretariatet for bygningslovutvalget,
Kommunal- og regionaldepartementet



PhD-stipendiat Marit Thyholt
Telefon: +47 90507586
Faks: +47 73398285
E-post: Marit.Thyholt@siitf.no

Vår dato: 11.04.2005

Vår ref.:

Deres dato:

Deres ref.:

Innspill til Bygningslovutvalget angående revisjon av Pbl § 66a

Etter forespørsel gir jeg her innspill til Bygningslovutvalget vedrørende utvalgets arbeid med revisjon av plan- og bygningslovens § 66a om fjernvarmeanlegg og tilknytningsplikt. Innspillet gis med utgangspunkt i mitt doktorgradsarbeid, hvor jeg analyserer miljø- og kostnadseffektivitet for lavenergiboliger i områder med fjernvarmekonsesjon. En målsetning med avhandlingen, som vil avsluttes i 2006, er å gi retningslinjer for hvordan kommunene bør håndtere tilknytningsplikten i byggesaker med lavenergiboliger, ut fra en overordnet nasjonal målsetning om reduksjon av miljøbelastninger og bedring av kraft- og effektbalansen. Med utgangspunkt i samme nasjonale målsetninger, skal det i avhandlingen også gis en vurdering av gjeldende bestemmelser om tilknytningsplikt (Pbl) og krav til varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme (TEK), sett i lys av mer energieffektiv boligmasse i fremtiden.

Bakgrunn for tilknytningsplikten og intensjon om praktisering

I forbindelse med innføring av *Lov om bygging og drift av fjernvarmeanlegg*, eller fjernvarmeloven, ble bestemmelsen om tilknytningsplikt tatt inn i plan- og bygningsloven i 1986. Fjernvarmeloven ble senere innlemmet i *Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m.*, eller energiloven. Lovforarbeidene til fjernvarmeloven, inkludert bestemmelsen om tilknytningsplikt i plan- og bygningsloven, beskriver bakgrunnen for og intensjonen med bestemmelsen om tilknytningsplikten. Av forarbeidene fremkommer også hvordan bestemmelsen er ment å skulle praktiseres av kommunene.

Hensikten med innføring av tilknytningsplikten var å sikre det økonomiske grunnlaget for bygging og drift av fjernvarmeanlegg. Fjernvarmeanlegg var på det tidspunktet da fjernvarmeloven var under utredning, ansett for å være et viktig bidrag til å møte fremtidig knapphet på elektrisitet i deler av landet. Utbygging av fjernvarmekapasiteten ville også bidra til økt utnyttelse av tilfeldig kraft og lokale energiressurser samt representere en løsning med hensyn til avfallsproblemer. Økt bruk av tilfeldig kraft og lavkvalitets energislag som avfall og spillvarme var også ansett som et bidrag til redusert oljeforbruk og mindre luftforurensning. Dette er argumenter som er like relevante i dag.

En erkjente at fjernvarme kunne være mindre økonomisk fordelaktig for den enkelte abonnent, men tilknytningsplikten var en nødvendig forutsetning for den totale økonomien i fjernvarmeprosjekter. En grunnleggende forutsetning var imidlertid i slike tilfeller at fjernvarme fremstår som det aktuelle alternativet for å sikre oppdekking av energi i vedkommende område. Det var i forarbeidene til fjernvarmeloven også vist til at tilknytningsplikten vanligvis ikke bør gjøres gjeldende dersom andre oppvarmingsystemer representerer et bedre alternativ ut fra et energimessig og økonomisk synspunkt. For bygninger med et svært lavt varmebehov vil slike varmesystemer kunne være aktuelle.

Varmeanlegg og lavenergi boliger

Etter at bestemmelsen om tilknytningsplikt ble innført i plan- og bygningsloven, erfarte man at fjernvarme ble for lite brukt fordi mange bygninger ikke ble utstyrt med hensiktsmessig varmeanlegg. Det ble derfor innført en bestemmelse i TEK i 1997 (§ 9-23) om at bygninger i områder med tilknytningsplikt skal ha varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme. Varme anlegg er i denne sammenhengen kun ment å skulle bidra til romoppvarming, og ikke oppvarming av ventilasjonsluft og tappevann.

Dette kravet til varmeanlegg, som i praksis innebærer installasjon av et varnbåret anlegg, har i flere nye utbyggingsprosjekter vist seg å komme i konflikt med bygging av boliger hvor behovet for romoppvarming er lavt. Boligutbyggere finner at kostnadene knyttet til varnbåret varmeanlegg for romoppvarming i tillegg til frivillige energisparetiltak totalt blir for høye til å gi lønnsomhet i byggeprosjektet. De ikke lovpålagte energisparetiltakene blir av den grunn valgt bort. I flere av disse utbyggingsprosjektene var det planlagt å benytte fjernvarme til tappevannsoppvarming, eventuelt også til oppvarming av ventilasjonsluften. Det var derfor ikke selve tilknytningsplikten som ble opplevd som problematisk, men heller kravet til varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme. En spørreundersøkelse blant større boligutbyggere i Trondheim gjennomført som et ledd i doktorgradsarbeidet, viser at utbyggerne enten ikke vil komme til å bygge lavenergi boliger eller er tilbakeholdne med å bygge slike boliger så lenge kommunen pålegger utbygger å installere varmeanlegg for romoppvarming som kan tilknyttes fjernvarme.

Ny lovttekst

Bestemmelsen om tilknytningsplikt og varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme ble utformet med utgangspunkt i en annen boligstandard/byggstandard enn den vi kan forvente i årene fremover. Det er stor sannsynlighet for at i alle fall boliger med lavenergistandard vil få et vesentlig markeds gjennombrudd, og flere forhold vil bidra til dette:

- Mange boligprodusenter har allerede vist interesse for slike boliger, og flere lavenergi prosjekter er gjennomført. Støtteordninger fra Enova og Husbanken har vært og er et viktig virkemiddel i denne sammenhengen. Flere boligprodusenter utvikler nå boligtyper med lavenergistandard som en del av den ordinære boligporteføljen, eller som standard utførelse for alle nybygg.
- Husbanken har som mål at alle nye boliger innen 2010 skal ha halvert energibehov i forhold til dagens forskriftsnivå. Viktige virkemidler for å oppnå denne ambisjonen er støtte- og låneordninger samt bred markedsføring.
- Fra 2006 vil det bli stilt strengere krav til bygningers energieffektivitet i tekniske forskrifter. I fremtiden er det naturlig å tenke seg at det vil bli foretatt ytterligere skjerpelser. Flere erfaringer fra lavenergi boliger og økt lønnsomhet som følge av standardisering av energispareløsninger, vil kunne bidra til dette.
- Det vil innføres merkeordninger som vil bidra til økt fokus på lave energikostnader, og sannsynligvis øke etterspørselen etter boliger med lavenergistandard.
- Prisen på elektrisitet kan forventes å øke i årene fremover. Fjernvarmeprisen følger i stor grad prisen på elektrisitet, og kan derfor også forventes å øke.

På bakgrunn av dette, og fordi en har erfart at dagens fjernvarmelovgivning kan være et hinder for bygging av mer energieffektive boliger/bygninger, er det behov for å foreta en ny vurdering av plan- og bygningslovens § 66a om tilknytningsplikt. Det er samtidig også behov for en ny vurdering av tilhørende bestemmelse i TEK om varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme.

Nå er det bestemmelsen om tilknytningsplikten som skal revurderes i forbindelse med revisjon av plan- og bygningsloven. Da doktorgradsarbeidet ikke vil være avsluttet før 2006, vil det ikke være mulig å gi anbefalinger basert på miljø- og økonomiske analyser av lavenergiboliger i områder med fjernvarmekonsesjon. *Det anbefales imidlertid at en revidert lovt tekst presiserer intensjonen med praktiseringen av tilknytningsplikten, nemlig at energiløsninger som kan dokumenteres å være like gode ut fra et miljømessig, energimessig og samfunnsøkonomisk synspunkt, bør kunne unntas fra kravet om tilknytningsplikt.* Det poengteres at slike alternative løsninger gjerne motiveres ut fra lavere bygge- og driftskostnader, forhold som også er av stor samfunnsmessig nytte.

På sikt bør det utarbeides retningslinjer for hvilke krav og kriterier kommunene bør stille til dokumentasjon av miljø- og eventuelt kostnadskonsekvenser når det gjøres unntak fra tilknytningsplikten eller kravet til varmeanlegg som kan tilknyttes fjernvarme. Som beskrevet over, er dette en viktig målsetning med doktorgradsarbeidet.

Marit Thyholt

11.04.2005