

Analyse av forenkla vassborne varmedistribusjonssystem for større bygningar

Ole Smedegård

Master i produktutvikling og produksjon

Innlevert: Mars 2012

Hovedveileidar: Jørn Stene, EPT

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet

Institutt for energi- og prosessteknikk

EPT-M-2011-51

MASTEROPPGAVE

for

Stud.techn. Ole Øiene Smedegård

Høsten 2011 / våren 2012

Analyse av forenklede vannbårne varmedistribusjonssystemer for større bygninger *Analysis of Simplified Hydronic Heat Distribution Systems for Non-Residential Buildings*

Bakgrunn

Oppvarming av bygninger med fornybare varmekilder gir betydelig mindre miljøbelastning og lavere ressursbruk enn ved bruk av direktevirkende elektrisk oppvarming eller fossile brensler. Enova SF har gjennom Kompetansestudien (2009) og Kostnadsstudien (2010) fått kjennskap til at det er mangel på kompetanse i alle ledd i verdikjeden for vannbåren varme i bygninger samt at kostnadene for vannbårne varmedistribusjonssystemer i Norge er betydelig høyere enn i Sverige. Det siste kan ikke forklares av høyere lønnsnivå alene.

For at fornybare varmekilder skal bli konkurransedyktige er det viktig å få redusert kostnadene til vannbårne varmedistribusjonssystemer i bygninger. Varmedistribusjonssystemer med lav kostnad er spesielt viktig i bygninger som har lavere varmebehov enn dagens standard (TEK10), dvs. bygninger av lavenergi- eller passivhusstandard.

Mål

Målet med oppgaven er å foreta en dybdeanalyse av tekniske løsninger og kostnader for vannbårne varmedistribusjonssystemer i større bygninger, samt foreslå og analysere enklere og billigere løsninger enn dagens konsepter. Det skal spesielt sees på systemløsninger med lavtemperatur varmedistribusjon, som medvirker til høy systemvirkningsgrad når det benyttes varmepumpe, solfangeranlegg eller gasskjel i energisentralen.

Oppgaven bearbeides ut fra følgende punkter

1. Analyse av ulike dimensjoneringsparametre for vannbårne varmedistribusjonssystemer med utgangspunkt i byggestandard, innredningsfleksibilitet, temperaturnivå, energibruk for varmeproduserende enheter osv.
2. Vurdering av ulike tekniske konsepter i konkrete eksempelbygg hvor investerings-, installasjons- og driftskostnader samt temperaturkrav er sentrale sammenlikningsparametre
3. Sammenlikning og analyse av investerings- og installasjonskostnader for vannbårene varmedistribusjonssystemer i Norge og utvalgte land i Europa.

4. Analyse av konverteringsprosjekter for vannbårne varmedistribusjonssystemer med fokus på anlegg som ligger i ytterkantene rent kostnadmessig

” _ ”

Senest 14 dager etter utlevering av oppgaven skal kandidaten levere/sendte instituttet en detaljert fremdrift- og eventuelt forsøksplan for oppgaven til evaluering og eventuelt diskusjon med faglig ansvarlig/veiledere. Detaljer ved eventuell utførelse av dataprogrammer skal avtales nærmere i samråd med faglig ansvarlig.

Besvarelsen redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelsen legges det stor vekt på at resultatene er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte, og at de er diskutert utførlig.

Alle benyttede kilder, også muntlige opplysninger, skal oppgis på fullstendig måte. For tidsskrifter og bøker oppgis forfatter, tittel, årgang, sidetall og eventuelt figurnummer.

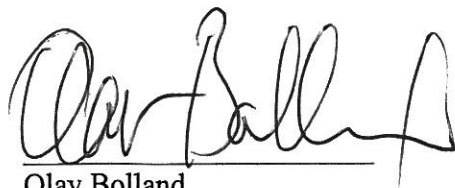
Det forutsettes at kandidaten tar initiativ til og holder nødvendig kontakt med faglærer og veileder(e). Kandidaten skal rette seg etter de reglementer og retningslinjer som gjelder ved alle (andre) fagmiljøer som kandidaten har kontakt med gjennom sin utførelse av oppgaven, samt etter eventuelle pålegg fra Institutt for energi- og prosesssteknikk.

Risikovurdering av kandidatens arbeid skal gjennomføres i henhold til instituttets prosedyrer. Risikovurderingen skal dokumenteres og inngå som del av besvarelsen. Hendelser relatert til kandidatens arbeid med uheldig innvirkning på helse, miljø eller sikkerhet, skal dokumenteres og inngå som en del av besvarelsen.

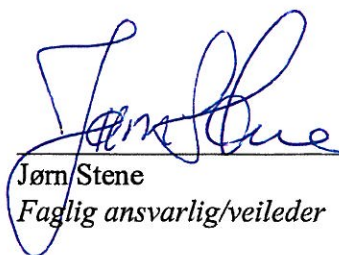
I henhold til ”Utfyllende regler til studieforskriften for teknologistudiet/sivilingeniørstudiet” ved NTNU § 20, forbeholder instituttet seg retten til å benytte alle resultater og data til undervisnings- og forskningsformål, samt til fremtidige publikasjoner.

Besvarelsen leveres digitalt i DAIM. Et faglig sammendrag med oppgavens tittel, kandidatens navn, veileders navn, årstall, instituttnavn, og NTNUs logo og navn, leveres til instituttet som en separat pdf-fil. Etter avtale leveres besvarelse og evt. annet materiale til veileder i digitalt format.

NTNU, Institutt for energi- og prosesssteknikk, 1. september 2011



Olav Bolland
Instituttleder



Jørn Stene
Faglig ansvarlig/veileder

Medveileder: Dr.ing. Roar Grønhaug, ENOVA SF

FORORD

Denne masteroppgåva er avsluttande arbeid i mi master-utdanning ved Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi ved Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet (NTNU). Arbeidet er utført over 2011/2012, delvis parallelt med engasjement hjå Enova SF, som prosjektleiar for "Eingongskonkurransen for installasjon av vassboren varme".

Eg vil først og fremst takke min hovudrettleiar Jørn Stene for verdifull rettleiing undervegs i arbeidet og for alltid vere tilgjengelig.

Vidare vil eg også takke alle mine kontaktar i bransjen for å villig ha delt sine kunnskar og løyndomar med meg. Og til medrettleiar Roar Grønhaug for alltid å komme med verdifulle råd.

Til slutt vil eg takke min sambuarske for å ha haldt studentheimen samla i ein svært hektisk og krevjande periode, der essensen har vore barneaktivitetar, barnehagesjukdom, semesteroppgåver og masteroppgåve.

Etter ei krevjande og svært interessant masterperiode håpar eg at masteroppgåva vil bidra som eit nyttig innspel til Enova, i deira vidare arbeid mot auka omfang av vassboren varme i norske bygg.

Trondheim, mars 2012

Ole Øiene Smedegård

SAMANDRAG

Generelt

I arbeidet mot redusert utslepp av klimagassar må norske bygg i aukande grad varmforsynast av fornybar varme. Den mest komplette løysinga for denne oppgåva i dag er vassboren varme, der marknadspotensialet er stort. Med stadig betring av byggjestandard må dei vassborne løysningane tilpassast behovet i større grad enn idag. Då anleggskostnaden er definert som hovudbarriere mot auka omfang av vassboren varme i norske bygg i dag må desse ned.

Status

Etter undersøkinga av dei tekniske varmeløysingane i eit utval moderne kontorbygg i dag, har eg sett at vassborne varmeanlegg for romoppvarming i dag ikkje ber preg av tekniske nyvinningar innan løysingane. Det har likevel vore ei tilpassing frå den tradisjonelle løysinga me kjenner frå 90-talet til dagens praksis, som blir oppfatta som einskapleg. Frå den tradisjonelle løysinga har utviklinga gått mot ei tilpassing til byggjestandarden gjennom redusert omfang. Løysingane har likevel ein veg igjen før heile potentialet i passivhus er utnytta. Spesielt utmerkar det stadig minkande behovet for kaldrassikring og eit auka fokus på innreingsfleksibilitet å markere eit potensiale for vidare utvikling. Me har også sett ut frå undersøkinga at omfanget av overdimensjonering av varmeanlegg i passivhus ikkje er utbredt i dag. Generelt så ser ein at utviklinga av vassborne varmeanlegg fyljer byggestandarden, om så med ei tidsforsinking.

Kostnadsanalyse

Kostnader i vassborne varmeanlegg representerar eit fleirdimensjonalt optimaliseringsproblem som dannar eit svært samansatt bilete. Ein har sett at vegen mot rimelig vassboren varme krev fokus frå alle ledd og at det ikkje finnes nokon snarveg. Gjennom ein omfattande teknisk analyse av anleggskostnadane i kontorbygg har me sett at potentialet er stort, der ein ikkje treng å endre ein heil bransje for å oppnå resultat. Potensiala for reduksjon i anleggskostnad er identifisert gjennom eit oppretta eksempelbygg, og går på tvers av avgjersler som er knytt til dei ulike byggjefasane. Det er i forkant av analysen gjennomført ei kartlegging av metode for kostnadskalkulasjon som blir nytta blant røyrentreprenørane, samt ei gjennomgang av sentrale grunnparameter som sikrar kvaliteten på varmeanlegget. Ilag med undersøkinga for "Dagens status" blant moderne kontorbygg, har dette danna grunnlaget for analysen. Gjennom analysen er det nokre punkt som har merkt seg ut:

Fokus på konseptet

Betydinga av konseptet står fram som det viktigaste tiltaket for redusert anleggskostnad. Å tilpasse konseptet til brukarens behov vil gje store innsparingar i investeringskostnad. Ein har observert ei potensiell kostnadsreduksjon på omlag 40 % frå den definerte "Dagens løysing" til "Forenkla løysing" på same energiramme og temperaturnivå, og utan at andre kost-

nadsreducerande tiltak er satt i verk. Løysinga som blir nytta i dagens moderne bygg oppfatast som unødig omfangsrik.

Temperaturnivå

Ein har sett at ved å velje lågtemperaturanlegg kan ein oppnå innsparingar i kombinasjon med for eksempel varmepumpe. I tillegg kan ein, ved å vere bevisst på trasèval for dei tekniske føringsvegane og utnytte bygningens termiske eigenskapar, utelukke ein heil kostnadspost; isolasjonen. Avhengig av konseptet kan dette gje store innsparingar, til ei lita auke i internlast, estimert til omlag 1 W/m^2 i gjennomsnitt over året.

Varmeavgjevarane

Ved å tilpasse anlegget til brukarens behov og byggjestandard kan også varmeavgjevarane utgjere eit potensiale for kostnadsreduksjon mot tradisjonelle radiatoranlegg. Eit av tiltaka er å nytte golvvarme på eit avgrensa areal, i bygningar med høg byggjestandard og lang tidskonstant. Ein kan ved å utnytte det låge effektbehovet ved høg byggjestandard redusere leggjearealet til $1/3$ og dermed redusere golvvarmekostnaden med omlag 60 %. Innreiingsfleksibilitet er kostbart og må behandlast deretter, noko som ikkje blir gjort.

Dimensjonerande utetemperatur og effekt

Med ein stadig betring av byggjestandard, og aukande tidskonstant, framstår dagens dimensjonerande utetemperatur som lite hensiktsmessig og gamaldags. Med å tilpasse denne til reelle forhold, dvs statistisk klimadata og bygningens termiske eigenskapar kan ein eksempelvis redusere anleggsets varmeeffekt med 25 %, etter svensk metode. Dette er eit tiltak som berre har positive konsekvensar. Varmeanlegget og varmesentral blir dimensjonert etter eit behov som ligg nærare det verkelege behovet, noko som også betrar varmepumpas driftsvilkår.

Akkordtariffen

I bransjen i dag har me sett at Akkordtariffen for røyrleggjarfaget er svært sentral for varmeanleggas kostnad. Denne framstår i dag som det viktigaste kalkulasjonsverktøyet blant røyrrentrepørane. På tross av at dette er eit dynamisk dokument som blir revidert med jamne mellomrom, blir denne oppfatta som ein brems i utviklinga mot rimelig vassboren varme. I ein marknad der utviklinga er stor, både mot nye rasjonelle leggjemetodar og effektive oppheng- og samanføyingsmetodar, kjem ikkje dette marknaden til gode. Ein har sett at ei justering av akkordtariffen ved bruk av rasjonell leggjemetode kan bidra betydelig her, noko som i andre omgang kan auke marknadsandelen til vassboren varme, og dermed auka fornybar varmeleveranse. Ei omarbeiding av metode for teknisk revidering og oppbygning av akkordtariffen framstår med andre ord som eit gunstig tiltak for å auke røyrrentrepørane andel i varmemarknaden.

Produktivitet

Me har sett betydinga av å nytte korrekt kalkulasjonsfaktor, og kva forhold som påverkar denne. Denne kan påverkast på mange måtar:

- *Redusert ventetid og dødtid.* Auka fokus på produktivitet gjennom nye produksjonskonsept som Trimma bygging, vil kunne redusere ventetid og dødtid, og ved korrekt berekning av kalkulasjonsfaktor kan dette bidra mykje på anleggskostnaden. Dette vil i ikkje auke belastninga på den enkelte på byggeplass, men vil auke oversikta på arbeidssituasjonen og redusere faren for uføresette tillegg.
- *Bevisstgjering hjå røyrentreprenør.* Ettersom kalkulasjonsfaktoren ofte vert grovt estimert, eller fastsett ved samanlikning av andre aktørar, kan ei bevisstgjering/oppfrisking av oppbyggnaden, til røyrentreprenørar, vere av betyding. Dette gjeld småe og mellomstore bedrifter, og vil dermed påverke anleggskostnad til varmeanlegga i småe og middels store yrkesbygg.
- *Redusert sjukefråvær.* Gjennom auka trivsel og fokus på den enkeltes arbeidssituasjon vil dette påverke direkte anleggskostnad gjennom reduserte administrative kostnader. Dette kan for eksempel gjerast ved å fokusere på kompetanse blant dei ansatte og bidra til gode arbeidsholdningar og auka yrkesstoltheit.

Gjennom desse tiltaka vil ein etter mine vurderingar kunne bidra til å redusere anleggskostnaden frå "Dagens løysing", i dagens bygg med dagens krav, frå ein berekna kostnad på ca. 400 kr/m², med 60 % til omlag 150 kr/m². Dette for løysing tilsvarande den definerte "Forenkla løysing", i tungt kontorbygg av passivhus-standard, med tilpassa løysing til kontorlandskap utan krav til innreiingsfleksibilitet. Med å tilpasse det vassborne anlegget til bygget og brukarens krav, vil ein då på kort sikt kunne auke omfanget av vassborne varmeanlegg som igjen vil kunne bidra til å auke den miljøvennlege varmeleveranse til norske yrkesbygg.

INNHALD

Forord	i
Samandrag	ii
Innhald	v
1 Innleiing	1
1.1 Bakgrunn	1
1.1.1 Eingongskonkurransen	2
1.2 Formål med masteroppgåva	3
1.3 Tidligare arbeid	3
1.4 Metode	3
1.5 Rapportens oppbygning	4
1.6 Avgrensing	5
2 Teori: Introduksjon	6
2.1 Bakgrunn	6
2.2 Bygningens varmebehov	7
2.3 Rammvilkår for Vassboren varme	7
2.4 Kostnad som barriere	8
2.5 Design av VBV: Grunnparametera	9
2.6 Design av system for Vassboren distribusjon av varme	11
2.6.1 Varmeproduksjon og fordeling	11
2.6.2 Røyrnett	13
2.6.3 Varmeavgjevarane	14
3 Dagens status	16
3.1 Introduksjon	16
3.2 Metode og avgrensing	17
3.2.1 Utvalet	17
3.2.2 Kontaktpersonar	18
3.3 Presentasjon av utvalet	20
3.3.1 NSB kompetansesenter	20

3.3.2	Bellonahuset	21
3.3.3	Papirbredden 2	22
3.3.4	Tallhall	23
3.3.5	YIT i Eingongskonkurransen	24
3.3.6	AF-gruppen i Eingongskonkurransen	24
3.3.7	Miljøhuset GK.....	25
3.4	Tematisk presentasjon	25
3.4.1	Energiforsyning	25
3.4.2	Teknisk konsept	26
3.4.3	Driftserfaring	29
3.4.4	Kostnader	30
3.5	Konklusjon	31
4	Vassboren varme i Europa	32
4.1	Innleiing	32
4.2	Metode	32
4.3	Konklusjon	34
5	Analyse av kostnader i vassborne varmedistribusjonsanlegg	35
5.1	Innleiing til analyse	35
5.2	Metode og avgrensingar	36
5.2.1	Kostnader	37
5.2.2	Grensesnittet	38
5.3	Kapitlets oppbygning	38
5.4	Dagens kunnskap om anleggskostnaden	38
5.4.1	Prenøk kunnskapsblad	39
5.4.2	Kostnadanes utvikling	40
5.4.3	Kostnadsstudien	41
5.4.4	Kalkulasjonsnøklar	41
5.4.5	Tommelfinger og erfaringstal	43
5.4.6	Oppsummert	43
5.5	Kostnadskalkulasjon i vassborne varmeanlegg i praksis	43
5.5.1	Reguleringa av formelle rammer av prisunderlaget til entreprenør	44
5.5.2	Anleggskostnaden	45

5.5.3	Arbeidskostnaden	45
5.5.4	Materialkostnaden	55
5.6	Konsekvensar i byggjefase	56
5.6.1	Eksempelbygget	56
5.6.2	Byggets Statistiske eigenskapar	57
5.6.3	Effekt- og energibehov	58
5.7	Energibruk og energikostnad	60
5.8	Konseptanalyse	61
5.8.1	Referanseanlegget	61
5.8.2	Dagens løysing	65
5.8.3	Forenkla løysing	67
5.8.4	Oppsummering	70
5.9	Rommets varmekjelde	70
5.10	Komponent- og parameteranalyse	70
5.10.1	Anleggets varmeeffekt	70
5.10.2	Innetemperatur	73
5.10.3	Dimensjonerande utetemperatur	74
5.10.4	Alternative tiltak	80
5.10.5	Varmeavgjevarane	82
5.11	Røyrnett	90
5.11.1	Teori	91
5.11.2	Dimensjonerande friksjonsmotstand og trykkforhold i anlegget	91
5.11.3	Røyrtypar og samanføyingsmetodar	95
5.11.4	Termiske tap og isolering	97
5.12	Grunnlag for avgjersle	103
5.12.1	Betraktningar rundt eksempelbyggets varmeløysing	104
5.12.2	Samanfatning	108
6	Konklusjon	114
7	Forslag til vidare arbeid	116
	Kjelder	117
	Figurliste	121
	Tabelliste	124
	Vedlegg	125

1 INNLEIING

1.1 BAKGRUNN

I dag er det allmenn aksept for teorien om at den globale oppvarminga er menneskeskapt. I arbeidet med å stabilisere den globale temperaturauken og derfor redusere omfanget av klimatrusselen, må klimagassutsleppet reduserast. I Noreg, og Europa elles, står energibruken til bygg for omlag 40 % av den totale energibruken. (Novakovic & et.al, 2007) I Noreg går omlag halvparten av denne energibruken til oppvarming av bygningar. Med ei energihistorie dei siste 40 åra der ein har nytta høgverdig elektrisk energi til å dekkja bygningsmassens varmebehov ser ein at potensialet i Noreg er stort for omlegging til ny fornybar energiforsyning av norske bygg.

Noreg sitt arbeid mot omlegging av energibruken til ny fornybar energi blir leda av Enova SF. Statsføretaket Enova er organisert under Olje- og energidepartementet, og har som mandat å fremje ei miljøvenleg omlegging av energibruk og energiproduksjon i Noreg. Enova SF er bindeleddet mellom dei politiske vedtaka og desse vedtakas formål, og styrer marknaden i ønska retning ved hjelp av økonomiske verkemidlar.



FIGUR 1 ENOVA HAR EIT SAMLA ANSVAR FOR EI MILJØ- OG KLIMAVENNLIG ENERGIOMLEGGING I NORGE, NOKO NAVN OG LOGOSYMBOL ILLUSTRERAR.

Enovas strategi for å auke den fornybare varmeleveransen til norske bygg går blant anna gjennom å auke omfanget av vassboren varme i bygg. Dei siste åra har Enova SF hatt fleire tiltak som har bidrege mot dette målet, både indirekte og direkte. Viktige tiltak oppsummert:

- Direkte retta tiltak (distribusjon)
 - Program for konvertering av varmeanlegg i bygg - frå elektrisk oppvarming til vassboren varme (Utløpt 01.09.2009)
 - Eingongskonkurranse for installasjon av vassboren varme (Frist for deltaking utløpt. Utviklingsarbeid pågår)
- Indirekte tiltak (varmesentral)
 - Program for lokale energisentralar (Utløpt)
 - Program for varmesentralar (Pågåande)

Denne oppgåva er initiert av Enova SF, området Fornybar varme, organisert under Avdeling for energiproduksjon. Området Fornybar varme har gjennom dei siste åra stått for dei ulike tiltaka nemnt over. Studien er ein del av deira siste direkte tiltak mot auka omfang av vassboren varme i norske bygg, "Eingongskonkurranse for installasjon av vassboren varme".

1.1.1 EINGONGSKONKURRANSEN

På vinter/våren 2011 gjennomførte Enova ein anbodskonkurranse under tittelen "Eingongskonkurranse for rimelig vassboren varme". Formålet med denne konkurransen var, og er, å bidra til reduksjon av den viktigaste barrieren mot auka omfang, installasjonskostnaden. Dette skal skje gjennom utvikling av nye løysingar og auka samhandling i byggeprosess.

6 prosjekt fekk tilslag i konkurransen, der 4 prosjekt er med i neste fase. Alle tilbydarar vart vurdert og valt ut etter fyljande kriterium:

1. Løysingsforslag
2. Totalkostnad
3. Leveringsevne

Prosjekta er pr dags dato i utviklingsfase der fokuset er sjølve varmeløysinga. 2 av prosjekta blir presentert i rapporten.

Underteikna har parallelt med denne studien bidrege som prosjektleder i "Eingongskonkurranse for installasjon av vassboren varme".

1.2 FORMÅL MED MASTEROPPGÅVA

Formålet med denne masteroppgåva er å foreta ei analyse av kostnader forbundet med vassborne varmedistribusjonssystem, med hovudfokus på kontorbygg. Denne samanfatta kunnskapen har som oppgåve å virke kunnskapsbyggande i arbeidet mot å auke vassboren varme sin del i varmemarknaden, der resultatane vil bli nytta av Enovas organisasjon, i deira vidare arbeid.

1.3 TIDLIGARE ARBEID

Denne studien er del 2 i arbeidet som er initiert av Enova. Denne andre del byggjer på resultat frå del 1, prosjektoppgåva "Analyse av forenkla vassborne varmedistribusjonssystem for bygningar", som vart gjennomført hausten 2010 ved NTNU, Institutt for energi- og prosess-teknikk, av underteikna.

Del 1 oppsummert:

- Kartlegging av status for vassborne varmeanlegg i dag
- Analyse av kostnader forbundet med vassborne varmedistribusjonssystem for større bygningar
- Konsekvensvurdering av ulike tiltak for forenkling og kostnadsreduksjon i design- og byggjefase

Gjennom fleire studiar¹, gjort på oppdrag frå Enova SF, er det påvist fleire barrierar mot vassboren varme, både for auka omfang, men også mot god og feilfri drift og utforming. I tillegg er kompetansenivået i bransjen blitt påvist som lågt og som ein barriere mot sikker drift og bærekraftig utbygging.

1.4 METODE

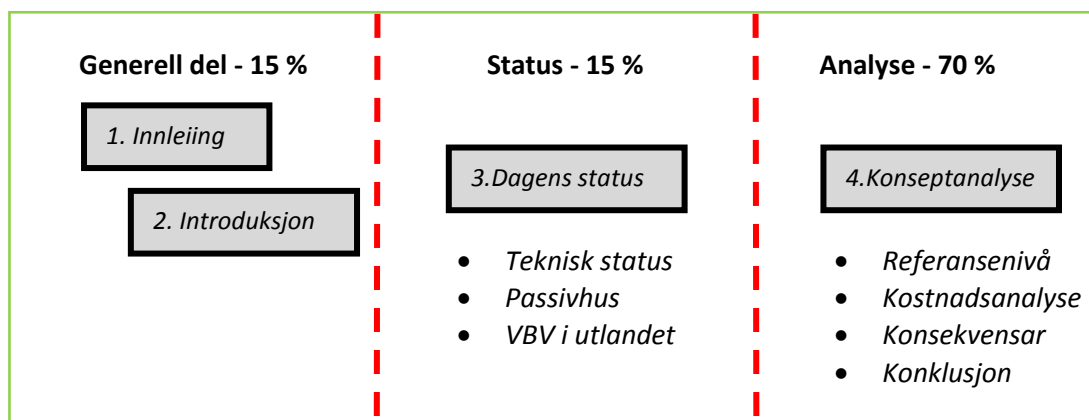
Masteroppgåvas innhald baserar seg på resultat frå telefonintervju, innhenta kunnskap via utsendte skjema på e-post og analyse av resultat frå simuleringar. Kunnskap frå prosjektoppgåva "Analyse av forenkla vassborne varmedistribusjonssystem for bygningar" ligg til grunn og blir referert til.

Spesifikk metodikk er beskrive spesielt under dei respektive delkapitla i rapporten.

¹ Kostnadsstudien, Prognosesenteret, Kompetansesstudien, Multiconsult.

1.5 RAPPORTENS OPPBYGNING

Rapportens struktur er 3-delt, som Figur 2 illustrerer.



FIGUR 2 RAPPORTENS STRUKTUR, MED ANGITT OMFANG FOR DEI ULIKE DELANE

Generell del (dette kapittel), beskriver bakgrunn, metode og avgrensing for oppgåva. Kapittel 2 gir ein kort innføring til relevante deler av temaet i rapporten.

Stikkord:

- Praktisk info
- Introduksjon til lesar

Del 2 presenterer resultatane frå "Dagens status" -undersøkinga og prissamanlikninga av ulike land i Europa. Denne delen er basert på resultat frå telefonintervju og innhenta informasjon gjennom korrespondanse via e-post. Status for vassborne rom-oppvarmingsanlegg blant dagens mest moderne bygg blir diskutert opp mot tradisjonell praksis som er presentert i prosjektrapporten "Analyse av forenkla vassborne varmedistribusjonssystem for bygningar" av underteikna.

Stikkord:

- Dagens status
- Prisnivå i Europa

Del 3, analysedelen, presenterer resultat frå analyse av vassboren varme i eit oppretta eksempelbygg. Her blir referansenivå presentert med diskusjon rundt anleggskostnadens friheitsgrader. Veletablerte sanningar og myter blir også prøvd mot eksempelbygget.

Stikkord:

- Konsekvensanalyse mot anleggskostnad
- Varmeløysing i framtidens bygg

Forslag til vidare arbeid blir presentert i siste kapittel.

1.6 AVGRENSING

Rapporten avgrensar seg til å omfatte vassborne varmeløysingar i yrkesbygg, med hovudvekt på kontorbygg. Følgjande rammer er satt:

- Yrkesbygg, ekskl. sjukehus og kjøpesentra, grunna særeigne løysingar
- Klimaforhold tilsvarande Oslo-klima
- Løysingar for romoppvarming
- Fokus på vassborne varmesystem i framtidias bygg

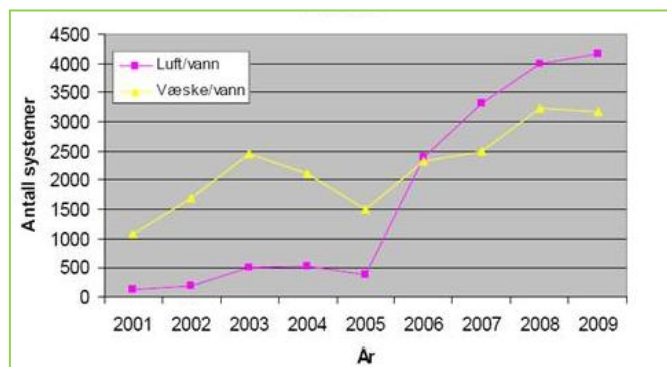
Spesifikke avgrensingar er beskrive spesielt under dei respektive delkapitla i rapporten.

2 TEORI: INTRODUKSJON

2.1 BAKGRUNN

Med eit aukande el-spesifikt energibehov i Europa der el-produksjonen i stor grad er basert på varmekraftverk med fossile brensler og atomkraft, er det politisk bestemt at Noreg i større grad skal bidra med eksport av elektrisk energi framover. Ettersom det tradisjonelt er nytta elektrisitet til å dekkje alle energibehov i norske bygg er potensialet for redusert elforbruk stort her i landet. Politisk har dette gitt utslag i innstrammingar i energirammene i byggteknisk føreskrift (TEK), som dessutan er den viktigaste premissleverandøren for utforminga av nye norske bygg i dag. TEK 10 er drivande med sine føringar og rammer for bygningars energibruk og energiproduksjon. Gjennom dei siste 15 åra har energirammene for norske bygningar blitt kraftig skjerpa, noko som det også ligg an til dei neste 10 åra.

Brukaranes holdningar til energi er også hatt ei endring dei siste tiåra. Ei generell holdningsendring i media, der fokuset på dystre globale klima-prognoser har gjort at også norske brukarar er i ferd med å endre sitt syn på energi, frå det som før var ein rimelig sjølvfylje, til det som i dag er blitt ein knappleiksressurs med stadig aukande pris. Dette vises mellom anna godt på statistiske data for sal av luft/vatn- og væske/vatn- varmpumpe dei siste åra, som vist på Figur 3. Desse endringane i samfunnet har gjort til at energibruken i Noreg dei siste åra har flata ut. (NVE, 2010)



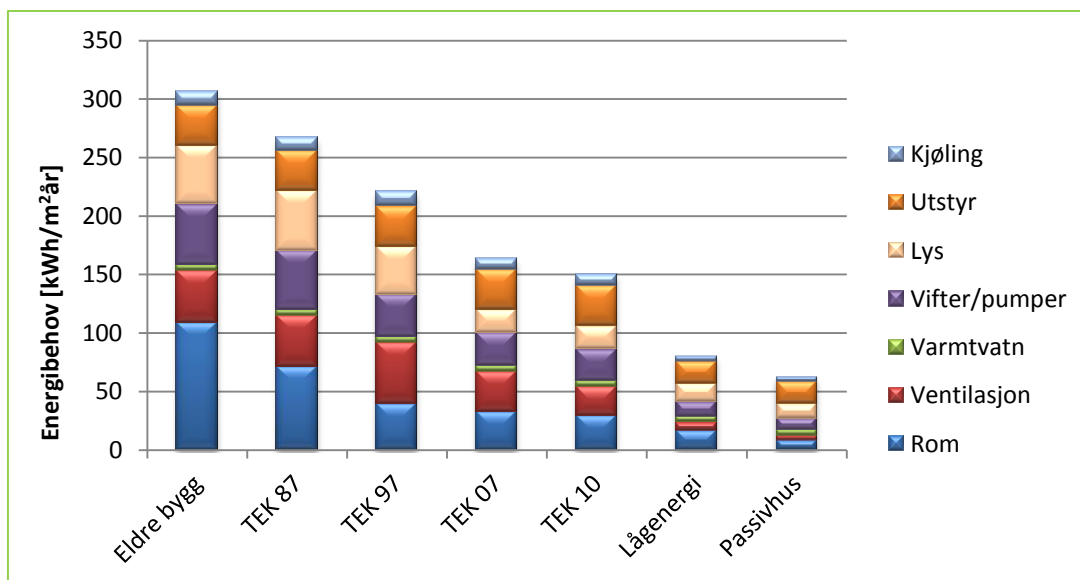
FIGUR 3 SALGSUTVIKLING FOR LUFT/VATN- OG VÆSEKE/VATN-VARME-PUMPER I NORGE (ENOVA SF, 2012)

2.2 BYGNINGENS VARMEBEHOV

Ein bygnings energi- og effektbehov kan fordelast mellom eit såkalla varmebehov og eit el-spesifikt behov. Varmebehovet er den delen av energibehovet som kan dekkjast av termisk energi, og dermed av fornybar varme. I samsvar med rettleiinga til byggtekniske føreskrifter omfattar varmebehovet fylgjande:

- Oppvarming av luft, for ventilering av bygningen
- Oppvarming av tappevatn
- Romoppvarming

Dette varmebehovet er også den delen av bygningens energibruk som varierar etter bygningsstandard, og som typisk er aukande med alder på ein bygning innan same bygningskategori, som Figur 4 viser.

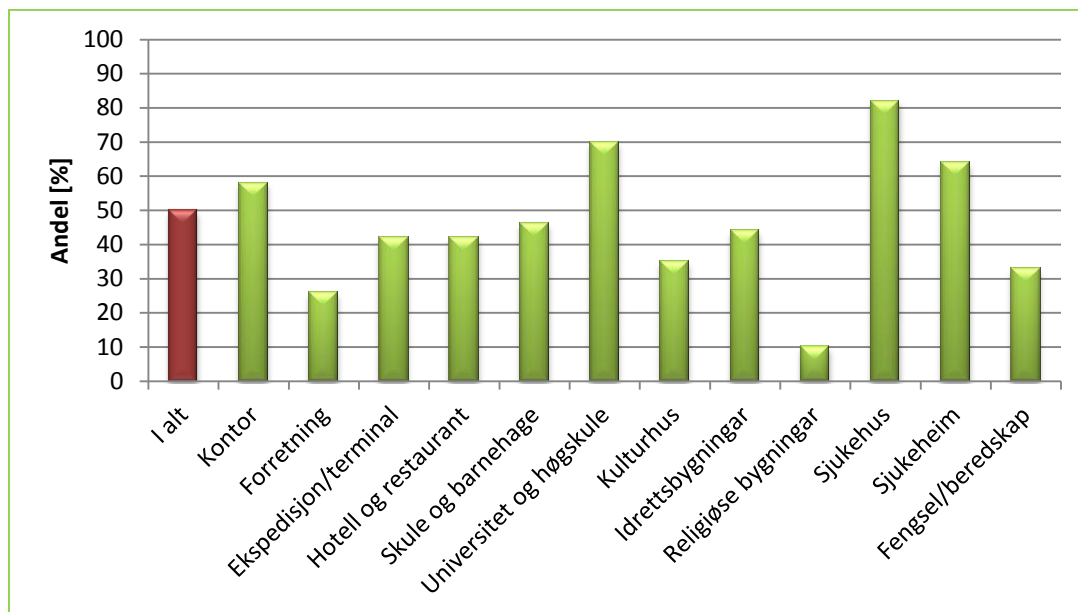


FIGUR 4 TYPISK FORMÅLSDELT ENERGIBRUK FOR KONTORBYGNING. EKSEMPEL MED SIMULERTE VERDIAR FOR TUNGT KONTORBYGG MED SOLAVSKJERMING. BYGGET BLIR PRESENTERT SEINARE I RAPPORTEN SOM EKSEMPELBYGGET.

2.3 RAMMEVILKÅR FOR VASSBOREN VARME

For å dekkje ein bygnings varmebehov med fornybar varme er bruk av termisk energi ein føresetnad. Den mest kjente metoden for å fordele varmen er via vassboren varme, ofte kalla sentralvarmeanlegg. Her baserar ein seg på sentral produksjon av termisk varme som blir fordelt ut i bygget via ein varmebærar i eit lukka distribusjonsnett. Varmebæraren er som oftast vatn, evt ei vatn/glykolblanding der frost kan forkomme, som ved gatevarme.

Dei siste 40 åra har sentralvarmeanlegg i Noreg hatt dårlige rammevilkår for suksess. Etter introduksjonen av elvarme på 60-tallet vart omfanget av vassborne varmeanlegg i nybygg sterkt redusert utover 70, 80 og 90-talet, noko Figur 5 viser. Resultatet av dette reduserte omfanget er lågt kompetansenivå i alle ledd av verdikjeda og dårleg omdøme for VBV i dag, grunna driftsproblem. Dette vart også påvist i Kompetansstudien, som vart utført på oppdrag av Enova i 2008. (Jarstein & Palm, 2008)



FIGUR 5 ANDEL AV BYGNINGSMASSE INNAN TJENESTEYTANDE NÆRING MED VASSBOREN VARME PR. 2008 (STATISTISK SENTRALBYRÅ, 2008)

På tross av dårlege rammevilkår er vassboren varme likevel dagsaktuelt som varmforsyning av bygningar. Dette fordi den politiske strategien går mot ei omlegging av bygningars varmforsyning til fornybar varme. Gjennom TEK 10 blir det satt krav til bygningens varmforsyning, gjennom den såkalla fornybar-andelen. Denne fornybar-andelen angir nedre grense for del av varmforsyninga som skal vere av fornybar varme. For yrkesbygg er denne på 60 % av totalt varmebehov, noko som i mange tilfeller fører til at utbyggjarar vel vassboren varme.

I lag med Enovas satsing mot både fjernvarmeutbygging og lokale energisentralar har omfanget av vassboren varme hatt ein aukande etterspørsel. Dette auka omfanget, kombinert med lågt kompetansenivå i heile verdikjeda, har resultert i mange anlegg med driftsproblem og dermed bidrege til å gje VBV ytterligare dårlig omdøme. Når ein i tillegg har ein bygningsmasse som har vore i stor endring dei siste åra, noko som i stor grad påverkar varmeanleggets vilkår, ser ein at det vassborne varmeanlegget har mange utfordringar framover.

2.4 KOSTNAD SOM BARRIERE

Gjennom Kostnadsstudien som vart gjennomført av Prognosesenteret på oppdrag frå Enova, vart kostnadsnivået i Noreg kartlagt og definert som den største barrieren mot auka omfang. Når ein i tillegg ser ei utvikling av bygningsstrukturen som får stadig strengare energirammer i TEK, der målet er passivhusnivå innan 2020, så må kostnadsnivået ned. Dette på grunn av at ein del av grunnidèen med passivhus-standard er at dei auka utgiftene til passive tiltak skal redusere kostnader som fylje av teknisk anlegg. Ei utvikling mot enklare og rimeligare anlegg vil vere ein viktig veg å gå om ein skal auke omfanget av fornybar varmeleveranse, ettersom lovverket gjer kommunane handlingsfridom til å gje dispensasjon frå fornybarandelen, om investeringa ikkje er økonomisk forsvarleg. Denne mogelegheita blir nytta i praksis. (Smedegård, 2011)

2.5 DESIGN AV VBV: GRUNNPARAMETERA

"Godheita" til eit vassborent varmeanlegg kan beskrivast gjennom fleire parameter. Korleis varmeanlegget oppfyller desse dannar eit komplett bilete av kor godt anlegget totalt sett framstår.

Desse grunnparametra kan definerast som:

- Komfort-krav
- Energieffektivitet
- Robustheit
- Årskostnad

Å tilfredsstill brukars krav til **komfort** er varmeanleggets primæroppgåve. Konsekvensane ved å redusere brukars komfort kan blant anna gje ringverknader som auke av bedriftas/brukars sosiale utgifter og ikkje minst gje konseptet vassboren varme eit ufortent dårlig omdøme. Viktige forhold varmeløysinga må vere tilpassa opp i mot for å kunne "levere" optimal komfort til brukar, er:

- Holde stabil innetemperatur, termisk komfort
- Avgrense uønska trekk
- Vertikal temperaturprofil
- Strålingsasymmetri mellom kalde og varme flater
- Støynivå frå installasjon

Kva grad desse forholda blir oppfylt er avhengig av bygningsutforming og type bruk av bygning. For eksempel vil ein termisk tung bygning setje andre krav til regulerbarheita enn ein lett bygning, og tilsvarande vil eit hotell ha andre brukarkrav enn eit kontorbygg.

Energieffektivitet. Systemets energieffektivitet seier noko om kor mykje varme- og el-spesifikke tap systemløysinga genererar. Dette er beskrive som anleggets systemverknadsgrad. I samsvar med NS EN-15316 består denne av 3 komponentar:

1. Varmeavgjeving til romoppvarming - NS-EN 15316-2-1
2. Fordeling av varme til romoppvarming - NS-EN 15316-2-3
3. Varmeproduksjon til romoppvarming - NS-EN 15 316-4-x

Viktige faktorar som påverkar systemverknadsgraden er systemets termisk masse, reguleringsstrategi og termiske tap i distribusjonsnett. Denne påverkar også driftskostnadane i anlegget, ettersom energiutgiftene vil auke med minkande systemverknadsgrad.

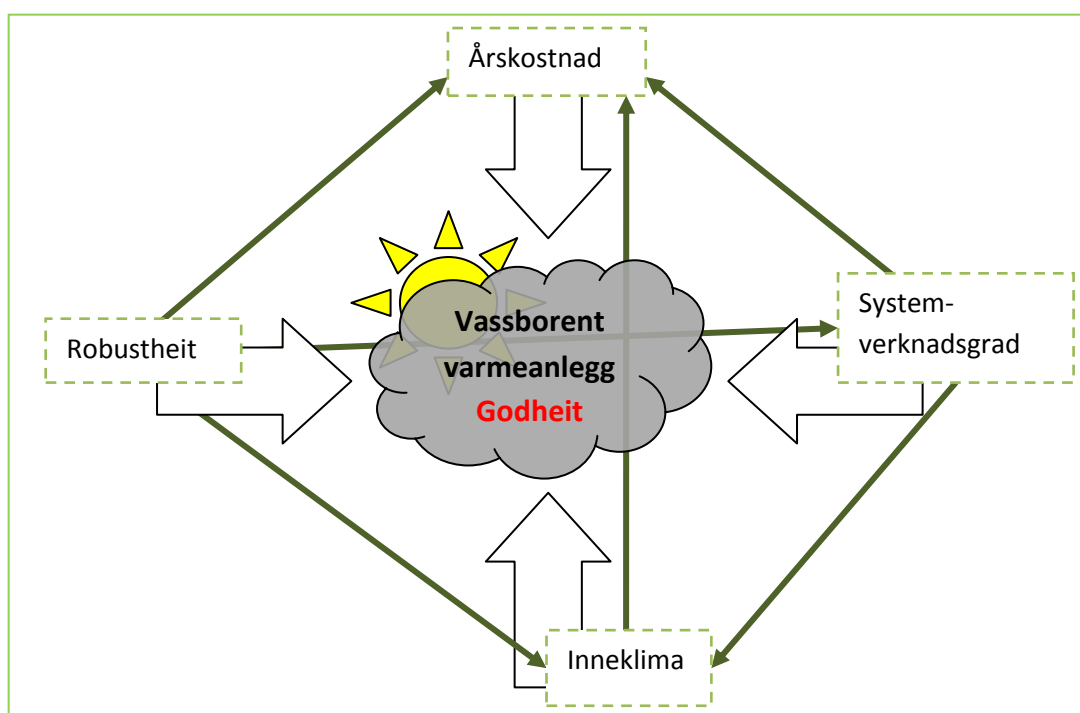
Robustheita til anlegget er viktig for å sikre gode driftsforhold, god reguleringsevne, høg driftssikkerheit og enkel igangsetting. Robustheita er beskrive som mengd med komponentar i anlegget. Løysingas natur gjennom omfanget av komponentar og rørlige deler, mengda av elektriske komponentar påverkar kor robust ei løysing er. Denne vil igjen påverke driftskostnadane og levetida.

Årskostnaden seier noko om kor stor kostnad anlegget påfører brukar og utbyggjar. Denne kostnaden består av:

- Kapitalutgifter
- Driftskostnad
- Vedlikehaldkostnad

Årlege kapitalutgifter er produktet av installasjonskostnaden og annuiteten. Annuiteten består av utbyggars krav til avkastning, inklusiv rentenivået, på investert beløp og anleggets levetid. Installasjonskostnaden er erfaringsmessig den viktigaste komponenten i utbyggars investeringsavgjerse om VBV. Denne kostnadskomponenten er også viktig i arbeidet med optimalisering av dimensjoneringsparametra. Figur 6 illustrerer grunnparametra.

Drifts- og vedlikehaldsutgifter består av utgifter som energiutgifter, utgifter forbundet med ettersyn og periodisk og tilstandsbasert vedlikehald. Storleiken på desse er avhengig av blant anna anleggets omfang, mengd komponentar og reguleringsstrategi.



FIGUR 6 DEI 4 GRUNNPARAMETRA MED STOR PÅVERKNAD PÅ VASSBORNE VARMEANLEGG

2.6 DESIGN AV SYSTEM FOR VASSBOREN DISTRIBUTJON AV VARME

Eit vassborent varmeanlegg blir i planleggingsfasen prosjektert etter utbyggars kravsspesifikasjonar. Her blir krava frå utbyggjar vurdert og funksjon, omfang, type-beskriving og dimensjonering blir avgjort. På komponentnivå kan ein dela eit vassborent varmeanlegg inn i 3 deler:

1. Varmeproduksjon, sikkerheit og fordeling - teknisk rom
2. Leidningsnett - infrastrukturen i bygget
3. Varmearvjevarane - element for varmeanlegg i bygget

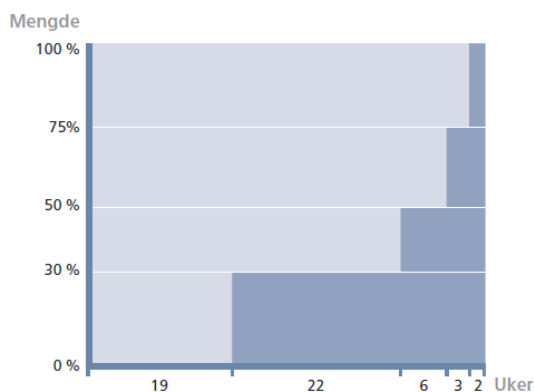
Ettersom bygningens varmebehov er temperaturavhengig blir varmeanlegget ofte dimensjonert for å kunne holde dimensjonerande innetemperatur ved dimensjonerande utetemperatur, DUT. DUT er definert som den lågaste gjennomsnittlege utetemperatur over 3-døgn målt i siste 30-års normalperiode, og er ein av dei viktigaste dimensjoneringsparametra i designfasen. Denne varierar med geografisk plassering av bygget. Det kan nemnast at det ikkje er tradisjon i Noreg for å ta omsyn til bygningskroppens dynamikk ved dimensjonerande forhold.

2.6.1 VARMEPRODUKSJON OG FORDELING

Varmeproduksjonen og fordelinga er sjølv hjarta i systemet. Her blir varme produsert og varmebæraren i anlegget, som oftast vatn, blir sirkulert. Denne delen består av varmemproduserande eining, pumpesentral og fordelingsstokk, med tilhøyrande ventilgrupper. Viktige energikjelder i framtidens bygg er:

- Varmepumper
- Solvarme
- Biobrensel
- Fjernvarme

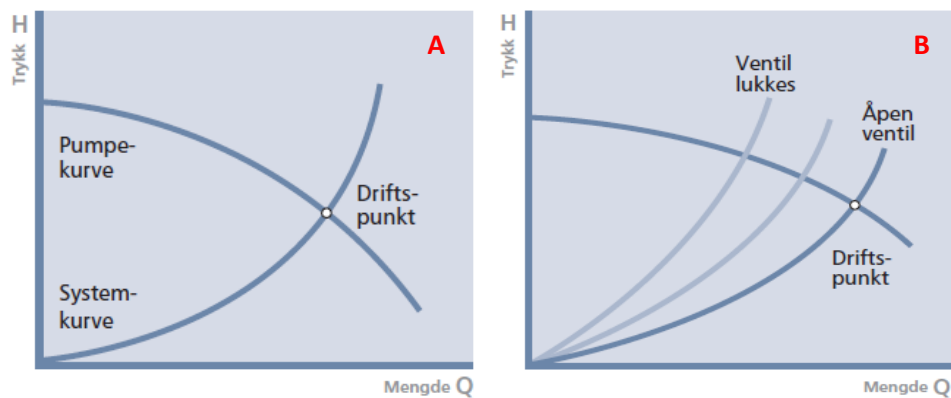
Ettersom uteklimaet, som utetemperatur, vind osv, og kravet til inneklimaet varierar, må anlegget kapasitet-regulerast, då det mesteparten av tida går på dellast. I hovudsak har ein 2 metodar for kapasitetsregulering av sentralvarmeanlegg, temperaturregulering og mengderegulering. Figur 7 viser eksempel på reelt pumpebehov.



FIGUR 7 EKSEMPEL PÅ LASTPROFIL FOR YRKEBYGG. MØRKE FELT VISER REELLE PUMPEBEHOV (ITT AS, 2012)

I eit fullstendig **temperaturregulert** varmeanlegg endrar ikkje volumstraumen i anlegget seg over året, som Figur 8A viser. Ein har konstant volumstrøm uavhengig av utetemperatur og pumpa leverar vassmengde ved driftspunktet heile året. Her må heteflatene vere nøyaktig dimensjonert etter rommet dei er plassert i, då anlegget ikkje er utstyrt med termostatiske ventilar. Anleggets varmeeffekt blir regulert ved endring av vassstemperatur, etter utetemperatur.

I eit fullstendig **mengderegulert** varmeanlegg har ein motsette forhold; vassstemperaturen er konstant uavhengig av utetemperatur, medan vassmengda blir regulert etter behovet, styrt av ventilar, ofte termostatiske, som stengjer avhengig av sett-temperatur. Pumpa er turtalsregulert, der turtal er styrt etter trykket i røyrnettet. Som ein ser på Figur 8B vil anlegget då vere under konstant hydrauliske variasjonar. Ved å tillate ventilar å opne og stengje endrar ein systemkurva og dermed også trykkforholda og volumstrøm. Her er val av driftspunkt og pumpekarakteristikk spesielt viktig.



FIGUR 8 TYPISKE DRIFTSKARAKTERISTIKKAR FOR EIT TEMPERATURREGULERT VASSBARENT SYSTEM (A), OG MENGDEREGULERT SYSTEM (B) (ITT AS, 2012)

I dag har ein i praksis ein **kombinasjon** av desse 2 konsept. Termostatiske- eller motorstyrte ventilar på for eksempel radiatorar og turtalsregulert pumper. Med det utnyttar ein dei positive eigenskapane til begge systema. Ein reduserar tilført pumpeenergi med mengderegulering, reduserar dei termiske tapa samt betrar reguleringa med å utekompansere temperaturnivået i anlegget. Ein vil også oppnå ein lågare returtemperatur ved dellast ved bruk av mengderegulering, noko som er svært gunstig ved bruk av temperaturavhengige varmekjelder som solvarme, varmepumpe og spillvarme. Ved utforminga av dette systemet stilles det høge krav til kompetanse for prosjekterande.

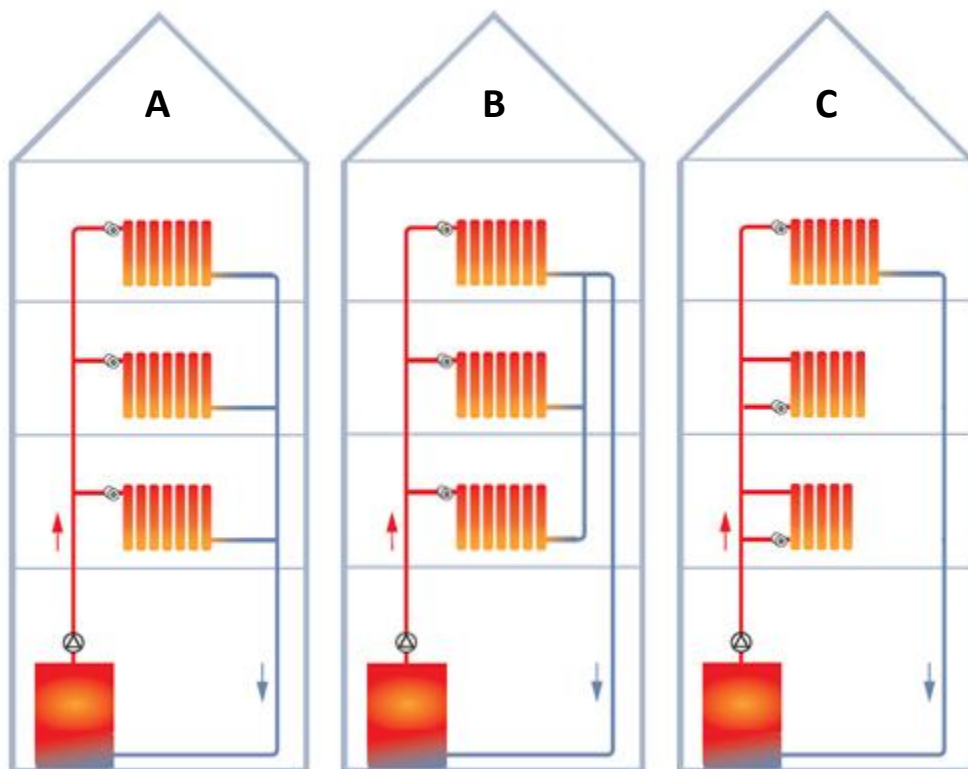
2.6.2 RØYRNETTET

Leidningsnettets er "blodårene" i anlegget og via dette blir varmen distribuert ut til dei delene av bygget som har varmebehov. Leidningsnettets består av rørstrekk, isolasjon, oppheng og ventilsett. Ved design er det fleire prinsipp for utforming av nettets ein kan gå for. Som Figur 9 viser har ein tre hovudprinsipp for utforming:

- A. 2- rørs med direkte retur
- B. 2- rørs med vendt retur
- C. 1- rørs

Desse systema har alle sine fordelar og ulemper.

2-rørs med direkte retur er og har vore den mest vanlige systemutforminga for vassborne varmeanlegg. Som ein ser på Figur 9A baserar denne systemutforminga seg på at varmebæraren blir sirkulert direkte tilbake til sentral etter varmeavgjeving. Hydraulisk så medfører dette at differansetrykket over pumpa blir dimensjonert etter det mest fjerntliggende varmeelementet, og at alle dei andre kretsane må strupast etter denne "største motstands veg". Dette krev nøyaktig dimensjonering av alle innreguleringsventilar og radiatorventilar for å sikre tiltenkt varmedistribusjon i bygget. Fordelen med denne type systemutforming ligg i fleksibiliteten til systemet. Det kan ofte lett utvidast med fleire kursar og systemet er lett å forstå etter det er ferdigstilt. Det er også dette systemet det er mest kunnskap om ute i bransjen.



FIGUR 9 TRE HOVDPRINSIPP FOR UTFORMING AV RØYRNETTET, A: 2-RØYRS MED DIREKTE RETUR, B: 2-RØYRS MED VENDT RETUR OG C: ETT-RØYRS-SYSTEM. (ITT AS, 2012)

2-røys med vendt retur baserar seg på at alle delstrekka har same røylengd og dermed lik straumningsmotstand. Ein "samlar" her opp retur-leidningane slik at alle delkursar/-strekke får lik motstand. Fordelane med denne systemutforminga er at anlegget i prinsippet skal vere hydraulisk balansert allereie etter endt montasje, og teoretisk sett får ein mindre omfang av ventilar. Denne systemutforminga blir ofte nytta ved kaldrassikring av store glassfasadar då det ligg til rette for denne type utforming her. Ulempa er auka mengd av røyrføringar og eit system som ikkje er så fleksibelt med tanke på utviding, som med direkte retur.

Som ein ser av Figur 9 skil **eitt-røyrssystemet** seg frå dei to andre system ved at varmeelementa er seriekopla. Ein kan med dette systemet redusere antal meter røyr i anlegget og dermed redusere anleggskostnaden. Ein anna faktor med denne løysinga som dreg anleggskostnaden opp, er behovet for store heteflater jo lenger ut i sløyfa ein kjem. Ettersom at varmeelementa er seriekopla vil vasstemperaturen søkkje og radiatorane vil bli relativt større og dermed meir kostbare. Denne løysinga er heller ikkje gunstig ved bruk av lågtemperatur varmekjelder, då kravet til høg turtemperatur stig om ein skal avgrense storleiken på heteflatene. Med tanke på fleksibilitet er denne løysinga ikkje gunstig, ettersom den vil forstyrre temperaturkrava til dei ulike elementa. Løysinga er ikkje vanlig å nytte i dag, men er i SINTEF's prosjektveileder for forenkla anlegg for vassboren oppvarming av bustadar nytta som deira anbefalte løysing.

2.6.3 VARMEAVGJEVARANE

Varmeavgjevarane i anlegget er den delen som bestemmande for kva driftsbetingelsar varmesentralen må jobbe under, nærare bestemt kva temperaturkrav anlegget har under dei ulike driftsforholda. Varmeelementa er plassert ute i bygget og dimensjonert etter sona/rommets effektbehov ved dimensjonerande forhold.

Ulike varmeavgjevarar, kronologisk etter andel varmeavgjeving ved konveksjon:

- Konvektor
- Radiator
- Varmelist
- Veggvarme
- Golvvarme
- Takvarme

Tradisjonelt er **radiator** nytta i yrkesbygg. Denne typen varmeavgjevar tilbyr ein kombinasjon av eigenskapar som i mange tilfeller er svært gunstig. Den gjer eit system som kan regulerast relativt kjapt, den eliminerar trekk-følelse på grunn av kaldras og den kan tilfredsstille relativt låge temperaturnivå utan at anleggskostnaden blir uforsvarleg høg. Denne anleggsdelen står for omlag 1/3 av anleggskostnaden ved eit tradisjonelt 80/60-anlegg, ekskl. varmesentral (Prenøk 10.1, 1996). Dette gjer ein delkostnad tilsvarande omlag 200 kr/m², om ein reknar ein total anleggskostnad på 620 kr/m² (Prognosesenteret AS, 2009).

Ved val av varmeavgjevar er det mange forhold som spelar inn:

- **Utbyggars krav og preferansar**
 - Spesielle krav til komfort, personlig oppfatning
- **Bruks- og bygnings-type**
 - Ulike krav til rommets fleksibilitet
- **Varmekjelde og temperaturkrav**
 - Type varmekjelde bestemmer kva temperaturnivå anlegget bør dimensjonere etter.
- **Krav til soneinndeling**
- **Klimaskjerm termiske eigenskapar og tettleik**
 - Kva må varmeavgjevaren hindre av trekk og kaldras.
- **Kostnad**
- **Bygningens og varmeavgjevarens tidskonstant**
 - Varmeavgjevar må tilpasses den reguleringsløyfa den er ein del av, mtp regulerbarheit.

3 DAGENS STATUS

3.1 INTRODUKSJON

Det har sidan revisjonen av Plan og bygningsloven i 1997 vore stor utvikling av den norske byggjestandarden. Energirammene i lovverket er blitt stadig strengare der det blir satt stadig strengare krav til bygningskomponentane. Denne innstrammainga i lovverket har medført ei forbetring av klimaskjermens termiske eigenskapar, samt byggets tettleik. Formålet med denne skjerpinga er å få ned bygningens energibruk. Når ein endrar klimaskjermens termiske eigenskapar og tettleik, så endrar også rammevilkåra for varmeanlegget seg. For det vassborne varmeanlegget betyr dette at det både er opning for, og kanskje behov for, nytenking innan design og utforming.

På tross av at det har vore ei stor endring av krava til bygningars energi- og effektbov dei siste åra, har det i tidligare undersøkingar vist seg at dei vassborne romoppvarmingsinstallasjonane ikkje har endra natur. I 2010 vart det gjennomført ei kartlegging for Enova SF med tittel: "Kartlegging av tekniske varmeløysingar i forbildebygg", heretter omtalt som KAF, der dei tekniske varmeløysingane i 10 ulike forbildebygg vart kartlagt. Her vart det påvist at det på tross av byggas store fokus på lågt energibruk påverka ikkje dette byggets varmeløysing i nokon grad. Løysingas natur var av same art som me kjenner tidligare, både med tanke på omfang, utføring og design.

Ein ser at sjølv om dei tekniske føreskriftene verkar som teknologidrivar på byggjestandarden og energiforsyning, så har ikkje byggets varmeanlegg hatt ein slik drivar og har derfor heller ikkje gjennomgått noko stor teknologisk endring. Dette gjeld både utforming, karakteristikk eller typiske endring av designparametre. Dette har medført at elektrisitet som romoppvarmingskjelde er ein stadig veksande konkurrent til å dekkje romoppvarmingsbehovet, ettersom andelen av varmebehovet som kan tilskrivas romoppvarming er stadig synkande, og i nokre tilfeller under 40 % av varmebehovet.

Forbilde-bygga i kartlegginga for Enova bestod av bygg som hovudsakleg var ferdigstilte i perioden 2005 - 2010. Dette er med andre ord bygningar som framstår som dåtidas pilot-bygg innan energigjerrige bygningar, og representerar nødvendigvis ikkje dagens standard for innovasjonen av tekniske varmeløysingar. Byggjebransjen har gjennomgått ei stor utvikling dei siste 10-åra og det er innleiingsvis ikkje urimelig å rekne med ein viss treigheit i utviklinga av nye tekniske konsept i bygget.

Det har derfor vore gjennomført ei ny undersøking blant nokre av dagens mest moderne kontorbygg på passivhusnivå i Noreg. Undersøkinga har hatt same formål som kartlegginga av forbildebygga; å kartleggje dei enkelte byggas tekniske varmeløysing.

3.2 METODE OG AVGRENSING

Undersøkinga er gjennomført som telefonintervju med fleire sentrale aktørar frå byggeprosessen til kvart enkelt bygg.

3.2.1 UTVALET

Utvalet av bygg er henta frå Futurebuilt's portefølje, samt relevante prosjekt frå Enovas pågåande initiativ for rimeligare vassboren varme: "Eingongskonkurranse for installasjon av vassboren varme".

Bygga er alle vurdert som spydspissar innan norske kontorbygg med spesielt stort fokus på låg klimabelastning gjennom heile levetida. Bygga som er bygd under programmet **Futurebuilt**, tidligare kjent som "By- og boligutstilling Oslo - Drammen", er prosjekt med spesielt heilskapleg klimaperspektiv. Viktige kvalitetskriteria for desse prosjekta er:

- Passivhusstandard eller tilsvarande
- Bruk av klimaeffektive byggjematerialar
- God lokalisering i forhold til høgfrekvent kollektivknutepunkt og tiltak for vesentlig redusert bilbruk

Utvalet er avgrensa til kontorbygg, eller bygg med kontordel, med energiramme på passivhusnivå. Det var ikkje gjort noko form for kartlegging rundt det aktuelle bygget si varmeforsyning i forkant av telefonintervjuet.

Utvalet er representert i Tabell 1, og består av bygg som blant anna er profilerte som:

- Noregs første ferdigstilte kontorbygg av klasse A (NSB kompetansesenter)
- Noregs største passivhus kontorbygg (Papirbredden 2)
- Noregs mest energieffektive kontorbygg (Bellonahuset)

Prosjekt	Sted	Merk	Link
NSB Kompetansesenter	Drammen	Ferdig 2010 Futurebuilt	http://www.arkitektur.no/?nid=214137&lcid=1044
Bellonahuset	Oslo	Futurebuilt	http://www.arkitektur.no/?nid=205920&lcid=1044&pid1=228528
Papirbredden 2	Drammen	Futurebuilt	http://www.arkitektur.no/?nid=207254&lcid=1044&pid1=228528
Tallhall	Oslo	Futurebuilt	http://www.futurebuilt.no/?nid=181034&lcid=1044
Miljøhuset GK	Oslo		http://www.miljo-huset.no/
Havutsikt	Mandal	EVBV ² - YIT	http://www.havutsikt.no/
Simensbygget	Linderud	EVBV - AF-gruppen	http://www.afgruppen.no/Byggtjenester/Aktuelt/AF-bygger-energieffektivt-naringsbygg-pa-Linderud/

TABELL 1 OVERSIKT OVER UTVALET I UNDERSØKINGA. MODERNE KONTORBYGG PÅ PASSIVHUSNIVÅ

Dei presenterte prosjekta som kjem inn under Enovas **"Eingongskonkurranse for installasjon av vassboren varme"** er begge vinnarar av anbodskonkurransen Enova utlyste i januar 2011, som skulle fremje utvikling av rimelig vassboren varme. Dette er prosjekt som har kontraktsfesta innovasjon av det vassborne anlegget og er derfor viktige bidragsytarar i utviklinga av moderne vassborne romoppvarmingssystem i moderne bygg. Konkurransen var inndelt i 4 ulike anskaffingar, kontorbygg og boligblokker med energirammer på hhv TEK 10 og Passivhus-nivå. Dei 2 prosjekta som er presenterte her er begge prosjekt som fekk tilslag under "kontorbygg passivhus".

3.2.2 KONTAKTPERSONAR

Ved telefonintervjua vart samtalen styrt etter utarbeidd samtaleplan (vedlegg 1). Samtaleplanane vart tilpassa den enkeltes definerte rolle i byggjeprosessen der det for kvart prosjekt vart forsøkt oppretta kontakt med personar under fyljande grupper, med påfyljande hovudfokus:

- **Eigendomsutviklar/utbyggjar**
 - Fokus ved utbygging
 - Bakgrunn for val
 - Bestillarkompetanse
 - Erfaring frå drift og prosess
 - Kostnadsfokus

² EVBV = Enova's eingongskonkurranse for installasjon av vassboren varme

-
- **Rådgjevande ingeniør**
 - Om dei ulike anleggsdelane
 - Spesifikk anleggsdata
 - Forhold ved design
 - Spesielle forhold
 - Erfaring frå prosess og driftsfase

 - **Rørleggjar-entreprenør**
 - Om endring i kravspesifikasjonar
 - Om endringar i produktspesifikasjonar
 - Erfaring frå prosess
 - Kostnader

Kjelder eller bygg for innsamla informasjon er ikkje identifisert i teksten. Komplette liste over kontaktpersonar, samt dato for telefonintervju er gitt i vedlegg 4.

3.3 PRESENTASJON AV UTVALET

3.3.1 NSB KOMPETANSESENTER

NSB's kompetansesenter i Drammen vart i 2010 ferdigstilt som Noregs første klasse A kontorbygg. ROM eiendom AS var utbyggjar der NSB er leigetakar. På tross av at det vart avgjort å byggje passivhus underdervegs i byggjeprosessen, er resultatet eit svært moderne og energieffektivt bygg med totale kostnader som ikkje er utover tradisjonelle kontorbygg, NSB - 16 000 kr/m² mot Holte³ høg std 2010 - 15700 kr/m².

Byggets utforming

Undervegs i prosjekteringsfasen var det stort fokus på å oppnå eit lågt energibehov. Det vart fokusert på forhold som kompakt bygningskropp og bygningens orientering ift himmelretningar. Også med tanke på bygningens geometri vart det gjort tiltak. Bygningskonstruksjonen vart planlagt med enkle geometriske utføringar for å forenkle arbeidet med bygningens tettleik og isolering. Det vart altså tilrettelagt for høg kvalitet av det utførte arbeidet allereie i planleggingsfasen.

Energi- og varmebehov

Bygget er berekna til å ha eit behov for levert energi over året på omlag 69 kWh/(m²år)og eit netto energibehov på 82 kWh/(m²år), noko som klassifiserar til energiklasse A etter energimerkeforskrifta. På tross av eit svært lågt energibehov er bygget utstyrt med sentralvarme og radiatoranlegg. I varmesentralen er både grunnlast og spisslast fornybar varme, henholdsvis luft/vatn-varmepumpe og fjernvarme (frå biovarme). (Norske Arkitekters Landsforbund, 2011)

NSB kompetansesenter

Noregs første ferdigstilte kontorbygg av klasse A

- Netto energibehov 82 kWh/(år m²)
- Byggekostnad - 16 000 kr/m² BTA
- Radiatoranlegg
- Grunnlast: L/V-varmepumpe 400 kW
- Spisslast: Fjernvarme
- Areal - 7 113 m² BRA
- Tung konstruksjon
- Personbelastning - 18m²/pers
- Lågemitterande materialer
- Temp.verknadsgrad vent.: 85 %



FIGUR 10 OPPSUMMERT INFORMASJON FOR NSB-KOMPETANSESENTER. RADIATORAR UNDER ALLE VINDAUGE (NORSKE ARKITEKTERS LANDSFORBUND, 2011)

³ Holte kalkulasjonsnøkkel er eit beslutningsstøtteverktøy med kostnadstal for ulike bygningsdelar

3.3.2 BELLONAHUSET

I 2011 stod Bellonas nye hovudkontor klart. Bygget, som er eit produkt av samarbeidet mellom utbyggjar Aspelin Ramm og leigetakar Bellona, var ved ferdigstilling Noregs mest energieffektive kontorbygg, basert på berekningar. Bellona sette innleiingsvis strenge krav til både energibruk og -leveranse, samt at det også var stort fokus på låge byggjekostnader. Ein del av målsettinga med bygget var å synleggjere at det å byggje energieffektivt og miljøvenleg ikkje er så mykje dyrare enn å byggje konvensjonelt, med energiklasse C. Bygget enda til slutt på ein totalentreprise på omlag 18 400 kr/m² eks mva, der meirkostnadane grunna energiklasse A var berekna til omlag 10 %, dvs omlag 8,3 mill NOK.

Byggets utforming

Allereie i tidlig prosjektfase var det klart kva energikonsept bygget skulle ha. Det vart lagt opp til eit tverrfagleg samarbeid mellom entreprenørar, rådgjevarar og leigetakarar, noko som skulle sikre byggets ambisjonar. Bygget har ei grunnflate på omlag 630 m² og 5 etasjar, der to og en halv etasje blir disponert av Bellona. Bygget er oppført i plasstøypet betong der store delar av den karakteristiske sørfasaden, som kjenneteiknar bygget, er dekt av solfangarar og arkitektonisk tilpassa til dette. (Veidekke ASA, 2011)

Energi

Bygget har eit netto energibehov på 84 kWh/(m² år) og eit behov for levert energi 67 kWh/(m² år). For å dekkje varmebehovet er bygget utstyrt med vassborent radiatoranlegg. I tillegg til at det er eit redusert omfang av vindu (17 % av BRA) og at desse har ein U-verdi på 0,8 W/m²K, er vindu vinkla 60°, noko som gjer mindre kaldraseffekt enn konvensjonell innsetting. Varmesentralen består av varmpumpe (50 %) og solvarme (23 %) til grunnlast og fjernvarme (27 %) til spisslast. (Norske Arkitekters Landsforbund, 2012)

Bellonahuset - Norges mest energieffektive kontorbygg

- Netto energibehov - 84 kWh/(år m²)
- Byggekostnad - 18 382 kr/m²
- Vassboren varme - radiator & gulvv.
- Eksponerte tekniske føringsvegar
- Varmepumpe, solvarme og fjernvarme
- Areal - 3400 m²
- Fokus på totalkostnad
- Fasade tilpassa solforhold
- Brukaropplæring
- Temp.verknadsgrad vent: 87,6 %



FIGUR 11 OPPSUMMERT NØKKELINFO OM BELLONAHUSET EKSPONERTE RØYRFØRINGAR OG RADIATORAR UNDER KVART VINDAUGE. (BELLONA, 2011)

3.3.3 PAPIRBREDDEN 2

Papirbredden 2 er Noregs største passivhus kontorbygg og er andre byggjetrinn av Papirbredden kunnskapspark i Drammen. Papirbredden 2 består av omlag 19 000 m² (ekskl. kjeller) med kontor og undervisningslokal fordelt på to separate bygg, der det første er planlagt ferdigstilt våren 2012. Ettersom at dette bygget også er prosjektert under FutureBUILTS kvalitetskriterium er det også her snakk om eit klimavennlig totalkonsept, noko som blant anna medfører energiramme passivhus og lågemitterande byggemateriale. (Norske Arkitekters Landsforbund, 2012)

Byggets utforming

Ettersom dette prosjektet er trinn 2 i Papirbredden kunnskapspark var det også her tidlig klart at det skulle byggast etter Futurebuilt kvalitetskriterium, der energikonsept inngår. Derfor er det ikkje uventa at Papirbredden 2, som Bellonahuset, erfarte at meirkostnadane grunna passivhus ikkje var store. (GRINDEM, 2012) Konsekvensane av tidlig valt energikonsept er også økonomiske. Bygget er vidare oppført som mellomtungt med etasjeskiljarar av hulldekker av betong og fasade av bindingsverk av tre. Arbeidstilsynet er blant leigetakarane.

Energi

For å dekkje romvarmebehovet er bygget utstyrt med vassborent radiatoranlegg. I varmesentralen vil grunnlastbehovet bli dekkja av grunnvassvarmepumpe, som vil vere varmeleverandør til heile kunnskapsparken. Spisslastbehovet blir også her dekkja ved fjernvarme.

Papirbredden 2- Noregs største passivhus kontorbygg

- Passivhus
- Vassboren varme - radiatoranlegg
- Grunnlast: Varmepumpe, grunnvann
- Spisslast: Fjernvarme
- Areal - 19 000 m²
- Hulldekke
- Mellomtung struktur
- Cellekontor og kontorlandskap
- Store vindusfelt



FIGUR 12 OPPSUMMERT NØKKELINFO OM PAPIRBREDDEN 2. RADIATORPLASSERING UNDER VINDAUGA (PAPIRBREDDEN EIENDOM, 2012)

3.3.4 TALLHALL

I 2011 stod Meteorologisk institutt's siste nybygg Tallhall ferdig på Blindern i Oslo. Bygget er på 2 etasjer og husar datasentral i 1.etasje og møterom og kantine i 2.etasje. Bygget er i bygningkategori "Universitets- og høgskolebygg" og er prosjektert etter Futurebuilts kvalitetskriterium der blant anna passiv energidesign inngår.

Byggets utforming

Meteorologisk institutt var som utbyggjar tidlig bevisst på at dei ynskte eit klimavenleg bygg og inngjekk avtale med Futurebuilt om klimavennlig arkitektur i tidlig fase. Gjennom prosjekteringsprosessen vart det utarbeida klimagassregnskap for å sikre ambisjonane i forhold til referansebygget. Tallhall oppnådde til slutt ein estimert klimagassreduksjon på 45 %.

Energi

På tross av at energibehovet er berekna til å vere på berre 12 000 kWh/år, der romoppvarminga står for omlag 8 900 kWh/år, er det installert vassboren varme her. Bakgrunnen for dette er eit ynskje om å utnytte spillvarmen frå datakjølinga i 1. etasje. Spillvarmen frå kjøleanlegget blir gjenvunne gjennom ei luft/vann -varmepumpe som ettervarmar ventilasjonsluft og tilfører romvarmeanlegget varme. (Norske Arkitekters Landsforening, 2012)

Tallhall- Meteorologisk institutt

- Levert energi - 74 kWh/(m² år)
- Vassboren romvarme
 - Nedsenka konvektorar
- Varmepumpe, spillvarme
- Areal - 500 m²
- Møterom og kantine
- Meirkostnad PH - 6,9 %



FIGUR 13 OPPSUMMERT NØKKELINFO OM TALLHALL. STRAUMLINJEFORMA LØYSING MED BRØNNKONVEKTORAR (NORSKE ARKITEKTERS LANDSFORENING, 2012)

3.3.5 YIT I EINGONGSKONKURRANSEN

YIT er ein av vinnarane i Enovas anskaffing "passivhus kontorbygg" i "Eingongskonkurransen for installasjon av vassboren varme". Nytenking og innovasjon er ikkje noko nytt for YIT då dei med sin utviklingsavdeling har lang erfaring med utvikling av VVS-tekniske komponentar og konsept. Deira patenterte Klimatak-konsept er den hittil mest kjente. Dette konseptet tilbyr ei rasjonell kombinasjonsløyising mellom klimatisering og kjøling.

Dei valte leverandørane i denne anbodskonkurransen tilbyr eit mangfald av angrepsvinklar på den definerte oppgåva, der YIT har valt å fokusere på å utnytte potensialet rundt val av varmeelementet i passivhus. Gjennom å utnytte faktumet at ein reduserar kaldraseffekt ved auka kvalitet på klimaskjerm, då spesielt med tanke på vindu, kan ein endre plassering av varmeelementa. YIT har valt ei løyising med takvarme med enkel tilkobling, i samband med deira Klimatak-løyising. Denne løyisinga gir rasjonell montering og opprettheld lokals fleksibilitet grunna enkel flytting av varmeelement med "snapp"-koblingar og fleksislangar. Potensialet for å redusere kostnadsnivået ligg i å redusere omfanget av koblingsleidningar i anlegget, samt rasjonell tilkobling.

Pr. januar 2012 var ikkje endelig bygg for montasje av løyisinga bekrefta. (Burud, 2012) Havutsikt, eit kontorbygg på 2500 m² i Mandal, er blant alternativa. Prosjektet blir derfor ikkje presentert i den tematiske delen i neste kapitel.



FIGUR 14 YIT'S LØYSING MED FLEKSIBEL TILKOBLING AV STRÅLEPANEL

3.3.6 AF-GRUPPEN I EINGONGSKONKURRANSEN

AF-gruppen har det andre prosjektet for passivhus kontorbygg i Enovas eingongskonkurransen. Prosjektet gjeld varmeløyising i Siemens nye hovudkontor på Linderud i Oslo, som er eit kontorbygg på totalt 25 000m² fordelt på to fløyar. I arbeidet med å finne den optimale varmeløyisinga har blant anna AF-gruppen planlagt ei analyse av kostnader i vassborne varmesystem i kontorbygg i Noreg og Sverige.

Det var pr. januar 2012 ikkje avgjort kva varmeløysing dette prosjektet kom til å velje. (Sandvei, 2012) Bygget er likevel planlagt med varmesentral bestående av varmepumpe som grunnlast og fjernvarme som spisslast. På grunn av store kostnadsreducerande potensiale er romoppvarming basert på luftboren varme via ventilasjonsanlegget det konseptet det er valt å sjå vidare på. (AF energi og miljøteknikk, 2011)

Grunna prosjektets status og konsept for oppvarming er ikkje prosjektet presentert i neste kapitel, Tematisk presentasjon.

3.3.7 MILJØHUSET GK

Miljøhuset GK er namnet på Gunnar Karlsens nye hovudkontor utanfor Oslo. Dette er eit kombinert kontorbygg og verksted/lager på totalt 16 400 m², der verksted/lager består av omlag 13 000 m². Bygget har energiklasse A og blir varmforsynt av luft/vatn-varmepumpe som grunnlast, og elektrisitet til spisslast. Til romoppvarming blir varmen distribuert via luftboren varme, gjennom byggets ventilasjonsanlegg. Til spisslast er det nytta elektriske punkt-kjelder ute i lokala. (Aronsen, 2012)

På grunn av konseptet for oppvarming er prosjektet ikkje presentert i neste kapitel, Tematisk presentasjon.

3.4 TEMATISK PRESENTASJON

Av utvalet på opphavlig 7 prosjekt, som det er innhenta informasjon ifrå, er totalløysingane for prosjekta under "Eingongskonkurranse for installasjon av vassboren varme" ikkje endelig avklart. Dei andre prosjekta er enten ferdigstilte eller under bygging.

Resultat frå undersøkinga blir i dette kapitelet presentert tematisk. Kjeldene, eller prosjekta, blir ikkje identifisert, då fokuset er på løysingane.

3.4.1 ENERGIFORSYNING

Ein klar og raud tråd gjennom undersøkinga er utbyggjars/bestillars engasjement og kunnskap rundt byggets klimavennlige karakter. For desse bygga har avgjersla rundt byggets energiramme vore tidlig avgjort, noko som har gitt prosjekta gode føresetnader for å lukkast og kunne framstå med gode og førebudde løysingar. Også i denne undersøkinga var bestillar spesielt bevisste på sentrale forhold som:

- Klimaskjermens termiske eigenskapar
- Energiramme-nivå
- Type varmforsyning

I motsetning til KAF hadde alle prosjekta i denne undersøkinga enten installert, eller planlagt installasjon av varmepumpe. Noko overraskande er at eit vanleg val for spisslast er fjernvarme. Om dette er ei representativ utvikling for oppbygginga av dagens varmesentralar, så er nok dette ein forbigråande trend. For at fjernvarmen skal oppnå gode driftsresultat er den

også avhengig av rollen som energileverandør, og ikkje berre effektleverandør, som den i praksis opptrer som ved spisslast-kjelde.

Ein ser også at så nær som alle bygga dekkar heile varmebehovet sitt med fornybar varme, med unntak av Miljøhuset GK. Bakgrunnen for Miljøhusets val heng tildels saman med ein spesiell øvrig systemløysing.

For prosjektet "Havutsikt", som pr januar 2012 er YIT's bidrag i "Eingongskonkurransen", er ikkje varmforsyninga avklart.

Prosjekt	Grunnlast	Spisslast
NSB kompetansesenter	Varmepumpe L/V	Fjernvarme
Bellonahuset	Varmepumpe V/V, solvarme	Fjernvarme
Papirbredden 2	Varmepumpe V/V	Fjernvarme
Tallhall	Varmepumpe L/V	Fjernvarme
Miljøhuset GK	Varmepumpe L/V	Elektrisitet
Havutsikt	Ikkje avklart	
Siemensbygget	Varmepumpe	Fjernvarme

TABELL 2 OVERSIKT OVER BYGGAS VARMEFORSYNING, HHV GRUNNLAST OG SPISSLAST

3.4.2 TEKNISK KONSEPT

Kartlegginga av det tekniske konseptet for distribusjonen av varmen i bygget var sjølve kjer-
nen i undersøkinga. Viktig informasjon som vart søkt her var:

- Konsept for varmedistribusjon
- Forhold rundt korleis varmen blir veksla mot rommet
- Dei tekniske føringsveganes karaktertrekk
- Innsamling av designparametre
- Praktisk utføring
- Erfaring frå prosess, overlevering og drift
- Kostnader

Sjølv om alle bygga har, eller skal ha, fornybar varmforsyning, er det ikkje alle bygga som har valt vassborne varmeanlegg til romoppvarminga. 2 av bygga som har valt luftboren varme som konsept.

Historisk sett har luftboren varme vore ei lite ettertrakta løysing for romoppvarming, hovud-
sakleg på grunn av motstridande behov mellom lokalets behov for klimatisering og varme,
grunna personbelastning. Også ventilasjonseffektiviteten til desse systema kan vere ei ut-
fordring, då tillufta blir tilført med overtemperatur.

Tabell 3 viser byggas konsept for romoppvarming, samt varmeavgjevarar.

Prosjekt	Konsept	Varmeavgjevarar
NSB kompetansesenter	Vassboren varme	Golvvarme , radiator
Bellonahuset	Vassboren varme	Golvvarme, radiator
Papirbredden 2	Vassboren varme	Radiator
Tallhall	Vassboren varme	Fancoil, nedsenka konvektor i gulv
Miljøhuset GK	Luftboren varme	Diffusor og el-panel
Havutsikt ⁴	Vassboren varme	Takvarme
Siemensbygget ⁵	Luftboren varme	

TABELL 3 OVERSIKT OVER DEI ULIKE BYGGAS TEKNISKE VARMEKONSEPT

Av dei 5 prosjekta med vassboren varme er tre av anlegga utstyrt med tradisjonelle radiatoranlegg. I desse bygga var radiatorane plassert langs klimaskjerm, som me kjenner frå tidligare. Dette var på bakgrunn av kravet til rommets innreiingsfleksibilitet og som kaldrasssikring, på tross av vindu med svært låg U-verdi. Figur 10 og Figur 11 viser eksempel på varmeelementplassering. Rådgjevarane opplevde ikkje noko behov for å endra prinsipiell systemløyning som resultat av endra byggjstandard. Som ein av respondentane blant rådgjevarane sa: "Endringa i praksis frå eldre byggjstandard, ligg i storleiken på komponentane og anleggets varmekapasitet.". Dette var ei oppfatning fleire av respondentane delte.

3.4.2.1 DESIGNPARAMETRE

I designfase var alle Futurebuilt-bygga berekna med energisimuleringsprogrammet Simien. Varmeanleggets viktigaste dimensjoneringsparameter, **dimensjonerande effekt**, var derimot berekna ved ei statisk berekning for hånd, då Simien ikkje har nokon openbar løysing for denne oppgåva. Storleiken av denne er som kjent avhengig av mange parametre, som kan delast inn i 3 hovedgrupper:

- Transmisjonstap - dekkes av romoppvarmingsanlegget
- Infiltrasjonstap - dekkes av romoppvarmingsanlegget
- Ventilasjonstap - tillufts undertemperatur dekkes av romoppvarmingsanlegg

Transmisjonstapet og **infiltrasjonstapet** blir bestemt av byggjstandard, dimensjonerande ute- og inne-temperatur. Ettersom byggjstandard for desse bygga er på passivhusnivå er bygningskomponentanes termiske eigenskapar svært gode her og bygga har relativt til tidligare svært låge luftvekslingstal grunna infiltrasjon. Ofte ser ein luftvekslingstap på $n_{50} < 1$. Eigenskapane forbundet med byggjstandard blir rekna som statiske, dvs uavhengige av temperatur, og blir uttrykt gjennom varmegjennomgangstallet, U-verdien. Dette er verdier som blir bestemt ut frå krav byggverk, evt utbyggjars/bestillar ambisjonar utover desse.

Ved berekning av dimensjonerande effekt var det for Futurebuilt-bygga, nytta tradisjonell dimensjonerande utetemperatur, dvs lågaste 3-døgns middel dei siste 30-åra. Det var ikkje

⁴ Aktuell løysing om prosjektet blir bekrefta

⁵ Ref statusrapport september 2011

teke individuelle omsyn til denne, for eksempel gjennom bygningens varmelagringssevne eller eit redusert krav til innetemperatur ved DUT.

Dimensjonerande innetemperatur låg for kontorbygga mellom 20-22°C. Det var heller ikkje her teke spesielle omsyn ved vurderinga av denne, slik lovverket opnar for. Luftmengder for klimatiseringa av bygget var heller ikkje redusert ved DUT, eit tiltak som ofte vart nytta tidligare. (Wigenstad, 2011)

Frå tidligare er me kjent med at vassborne anlegg ofte vart overdimensjonert i forhold til effektberekningane, ofte i fleire ledd i verdikjeda. For desse bygga er dette ikkje tilfelle. Dei installerte anleggas effekt er i samsvar med berekna verdier. Ein av rådgjevarane opplyste at det vanlegvis likevel dreie seg om ein overdimensjonering av heteflatene på omlag 10 %, på grunn av stegvise katalogverdier. Dette medfører i praksis betra driftsforhold for energisentralen, då returtemperaturen blir redusert ved varmeavgjevinga.

Ved design av oppvarmingsanlegget er det ved desse anlegga nytta låge temperaturnivå relativt til tidligare praksis. Ved eit av bygga vart det opplyst at det var lagt inn ein knekk på utekompenseringskurva for temperaturnivået i anlegget. Ved ein utetemperatur på -10°C kobla L/V-varmepumpa ut og fjernvarmen overtek varmeforsyninga. Bakgrunnen for dette er å begrense radiatorkostnaden i anlegget. Ved dette tilfellet vart dimensjonerande forhold for radiatorstorleiken ved -10°C, altså ved varmepumpedrift. Tabell 4 viser oversikt over dimensjonerande temperaturnivå.

Prosjekt	Varmeavgjevarar	Temperaturnivå T/R
NSB kompetansesenter	Radiator	70/50 (ved DUT) 40/30 (ved -10°C)
Bellonahuset	Radiator	60/30 (ved DUT)
Papirbredden 2	Radiator	55/35 (ved DUT)
Tallhall	Fancoil, brønkonvektor	40/30 (ved DUT)
Miljøhuset GK	IA	
Havutsikt⁶	Takvarme	Ikkje avklart
Siemensbygget⁷	IA	

TABELL 4 DIMENSJONERANDE TEMPERATURNIVÅ FOR VARMEAVGJEVINGA

3.4.2.2 TEKNISKE FØRINGSVEGAR

Som fleire av kontaktpersonane sa, så er det ikkje noko spesielt med varmeanlegg i passivhus. Dei einaste forholda som skil seg frå tradisjonelle anlegg er redusert anleggseffekt pr m². Det var derfor ingen av anlegga som hadde spesielle prinsipielle løysingar innan dei tekniske føringsvegane, som var eit direkte resultat av byggets låge energiramme. Ein kan likevel observere at det i desse anlegga er stilt svært strenge krav til isolering av fordelingsnettet. Dette var opplyst st desse var i samsvar med nye krav i TEK 10. På tross av lågt temperaturnivå blir det satt krav til mellom 30 - 50 mm isolasjon. Dette var det noko som i eit av bygga ikkje var teke omsyn til i designfase, med det resultat at det ikkje var plass til hovud-

⁶ Aktuell løysing om prosjektet blir bekrefta

⁷ Ref statusrapport september 2011

fordelingsstammen i sjakta. Ein måtte her gå ned på isolasjonstjukkuleiken, noko som aukar dei termiske tapa i anlegget og dermed reduserar systemverknadsgraden.

Sjølv om fleire av bygga har himling av eksponert betong er det vanlig med synlig røyrføringar, isolerte og mantla. Vanlig røyrtype å nytte var tynnvegga stålrør med samanføring ved pressfitting opp til DN 50, og tjukkvegga stålrør med samanføring ved rilling⁸ for dimensjonar over DN 50. I to av bygga var dei tekniske føringsvegane lagt ute ved kvar hovudfasade, medan to hadde hovudstamme i sentral sjakt inne i bygget.

Rørleggjarane opplyste at det ikkje var noko spesielt med anlegga i forhold til konvensjonelle, anna enn fyljande:

- Auka fokus på tette rørgjennomføringar (luftlekkasje)
- Høgare krav til isolering av røyrnett
- Mindre radiatorar

Prosjekt	Prinsipiell fordeling	
NSB kompetansesenter	2-rørs vendt retur	Radiatorar i parallell langs fasade
Bellonahuset	2-rørs direkte retur	Radiatorar i parallell langs fasade
Papirbredden 2	2-rørs direkte retur	Radiatorar i parallell langs fasade
Tallhall	2-rørs direkte retur	Konvektorar kobla til lokal samlestock
Miljøhuset GK		
Havutsikt⁹		
Siemensbygget¹⁰		

TABELL 5 OPPSUMMERT INFO OM KONSEPT

I forhold til tidligare praksis med kursinndeling etter ein kurs pr hovudfasade, var det i desse bygga nytta kun 1 hovedkurs for romoppvarminga til heile bygget. Ettersom anlegga er mengderegulert med konstant trykk-regulering, justerar termostatventilane eller aktuatorane på radiatorventil, det lokale behovet for varme.

3.4.3 DRIFTSERFARING

Av dei bygga som var satt i drift var det fleire som hadde hatt utbredte problem i innkøyringsfase. I eit av bygga materialiserte problemet seg gjennom overtemperatur i lokala og vanskelige arbeidsforhold for brukar. Bakgrunn for desse problema var opplyst til å vere radiatorventilar som ikkje stengte, evt hadde for stor lekkasjeprosent i stengt stilling. Løysinga på problemet låg ved regulator, opplyste kjelde. I dette tilfellet er anlegget mengderegulert gjennom konstant trykk over pumpe.

⁸ For gjennomgang av leggje- og samanføyningsmetodar: Prosjektrapport: "Analyse av forenkla vassborne varmedistribusjonssystem for bygningar" av Ole Øiene Smedegård 2011

⁹ Aktuell løysing om prosjektet blir bekrefta

¹⁰ Ref statusrapport september 2011

3.4.4 KOSTNADER

Det lukkast heller ikkje i denne undersøkinga å innhente konkrete kostnadstal, anna enn opplyste totalkostnader frå nettsider. Desse viser at kostnadsnivået fortsatt er i henhold til nivået me kjenner til blant anna gjennom Holtes kalkulasjonsnøkkel og Norconsult's Norsk Prisbok. Dette kan henge i saman med at det ved denne type bygg er blitt svært vanlig med såkall IED, Integrert Energi Design, noko som betyr at ein i tidlig fase tek stilling til kva energikonsept bygget skal ha. Dermed blir gjennomføringa og kostnadane ikkje blir større enn nødvendig, grunna realisering av planar i feil/sein byggjefase.

Det vart opplyst at konsept for oppvarming var den delen av bygget som var minst diskutert, og at vassboren varme var eit sjølvstøtt val.

Blant røyrentreprenørane vart det opplyst at røyrløsløysingane var avlønna etter akkordtariffen for røyrløsløysingfaget. Dette var vanlig i større prosjekt. Nærare gjennomgang av omfang, bruk og innhald av akkordtariffen, blir gjennomgått seinare i rapporten. Det vart også opplyst at arbeidskostnad i røyrentreprisen var kalkulert etter akkordtariffen, noko som var tilfelle utan unntak, uavhengig av avlønningssystem av røyrløsløysingane.

3.5 KONKLUSJON

Denne undersøkinga har gitt eit bilete av bakgrunn for val av VBV, design av VBV og utføring av vassborne romoppvarmingsanlegg i eit lite knippe norske moderne kontorbygg i dag er. Gjennom telefonsamtalar med fleire av ledda i verdikjeda har ein sett korleis anlegga blir utforma og kva som ligg til grunn. Dei fleste av respondentane var tydelig engasjerte i forhold til temaet og ga villig bidrag med kunnskap frå sine erfaringar.

Den raude tråden etter enda undersøking er at dei vassborne varmeanlegga ikkje er spesialutvikla for bruk i passivhus kontorbygg i dag. Oppsummert:

- **Konseptet**
 - Bygga framstår som dei mest moderne i dag med klimavennlige totalkonsept. Det er tydelig at det er lite fokus på konseptet for romoppvarming, då dette var opplyst til å vere det minst diskuterte i prosessen. Det er då kanskje ikkje så uventa at konseptene er tradisjonelle?
- **Potensialet**
 - Sjølv om varmeløysingane i desse passivhusa er av tradisjonell utforming og teknologi, er det likevel ein del endringar ein kan observere frå tidligare kartlegging. Moment som lågt temperaturnivå, anlegg dimensjonert etter simulert behov og enkel kursinndeling av anlegget, er alle endringar i forhold til tidligare. Også brukaropplæring og informering av brukar vedrørende periodevis større inneklimate-variasjonar enn vanlig er vanlig for desse bygga. Typisk i KAF var blant anna at anlegga kategorisk var overdimensjonert, då ein ikkje stolte på simuleringar. Det ligg likevel eit uutnytta potensial i utforminga av framtidens løysingar
- **Luftboren varme**
 - Sjølv om utvalet her er lite, og kanskje ikkje er representativt for mengda bygg i Noreg, er det verdt å merke seg at 2 av 7 bygg har valt, eller vurderar, luftboren varme til varmedistribusjon. Dette på grunn av kostnader forbundet med VBV. Om vassboren varme som konsept skal auka sin marknadsandel i Norske bygg i framtida, må ein etter mi meining jobbe vidare med rimelige og robuste konsept for det kommersielle markedet.

Til slutt er det verdt å få fram at desse bygga, med unntak av eitt, har ein varmeleveranse som 100 % baserar seg på fornybare varmekjelder. Med store og engasjerte utbyggjarselskap, som har oppdaga at klimavennlig bygging ikkje er så mykje dyrare enn konvensjonell, vil omfanget av klimavennlige bygg truleg auke i åra framover, uavhengig av utviklinga av lovverk.

4 VASSBOREN VARME I EUROPA

4.1 INNLEIING

Eit viktig steg i utviklinga av vassborne system i Noreg er å samanlikne kva som blir gjort innan området i andre europeiske land. Som me veit er omfanget av vassboren varme liten i Noreg, samanlikna med andre europeiske land. Gjennom benchmarking vil man kartleggje andre lands praksis innan området, og om mogeleg forbetre praksisen i Noreg. Dette kan gjerast ved informering og ved å leggje føringar i sentrale kunnskapsverk i bransjen. Ettersom at alle Europeiske land i dag har same mål mot reduksjon av klimagassutslepp og omlegging til fornybar varme, er dette eit område som er kjent, der resultata også kan komme respondentane tilgode.

Med mål om å kartleggje praksis, og sentrale måltal, vart det bestemt å gjennomføre ei undersøking mellom ulike land i Europa. Undersøkinga vart gjennomført ved utsending av spørjeskjema på e-post, etter metode beskrive i neste kapitel.

Hit-raten for denne undersøkinga var svært låg, berre 3 av dei 40 respondentane bidrog med informasjon, der 2 i form av forenkla undersøking frå siste trinnet, beskrive i neste kapitel. Ettersom innsamla informasjon er svært avgrensa, på grunn av svak respons, gir ikkje informasjonen grunnlag til samanfatning og konkludering.

Ressursbruken i denne delen av studien er 3 veker, omlag 15 % av total tidsramme.

4.2 METODE

Skjemaet

Det utarbeidde skjemaet, med kortfatta informasjon med formål og presentasjon av studien vedlagt som vedlegg 5.

Undersøkinga vart utforma etter funn i prosjektrapporten "Analyse av forenkla vassborne varmedistribusjonssystem for bygningar", utført våren 2011. Temaa i skjemaet er fokusert rundt 3 punkt:

1. Marknadsomfang og driftserfaringar
2. Sentral informasjon rundt kostnader i vassborne varmelegg
3. Teknisk forhold ved design og utføring, samt typisk modell for gjennomføring

Distribusjon

Ved utforminga av undersøkinga vart det fokusert på å utforme eit lettlest og kortfatta dokument som skulle innby til utfylling. Det vart også i mail-teksten presentert formål og hensikt kortfatta. Det vart vidare "lokka" med oppsummerande rapport i retur til dei som hadde anledning til å bidra.

Forespørsel og skjema, vart sendt ut til utvalet (presentert neste avsnitt) i første halvdel av arbeidsperiode. Purring vart sendt ut til respondentar som ikkje hadde svart etter 2 mnd. Til dei som ikkje hadde svart etter 4 mnd vart det sendt ut purring med forenkla undersøking, dvs 5 sentrale spørsmål i mailtekst.

Utvalet

Ved oppretting av utval av respondentar, vart det tidelig lagt vekt på å komme i kontakt med personar med rett kompetanse, evt personar som ein kunne forvente hadde eit lett tilgjengeleg nettverk. Til hjelp i dette arbeidet vart det kontakte sentrale personar i SINTEF/NTNU- miljøet med europeisk kontaktnett.

I tillegg bidrog Norsk VVS, Energi- og Miljøteknisk Forening, med sitt store kontaktnett i REHVA. REHVA er eit samarbeidsorgan for dei europeiske VVS-foreiningane. Til saman bestod utvalet av 40 respondentar frå 25 ulike land. Figur 15 viser oversikt over medlemslanda i REHVA.



FIGUR 15 LAND SOM ER INKLUDERT I UTVALET, SAMT OVERSIKT OVER MEDLEMSLANDA I REHVA (REHVA, 2012)

4.3 KONKLUSJON

Trass i at utvalet er vurdert som svært godt lukkast det ikkje å innhente kunnskap på tvers av landegrensene i denne omgang. Den låge hitraten i denne undersøkinga kan ein anta har med undersøkingas form å gjere. Ei eventuell ny undersøking bør derfor basere seg på direkte kontakt, og påfyljande intervju. Dette er ein metode som erfaringsmessig er den beste her i landet, og som gir dei mest interessante og omfangsrike funna. Ved ei undersøking på tvers av dei europeiske landegrensene vil dette krevje gode språkeegenskapar av intervjuar.

Ettersom ei undersøking av denne type har potensiale til å kunne bidra med svært interessante innspel i utviklinga av varmebransjen i Noreg, vil eg anbefale ein ny studie, då med større tidsrammer.

5 ANALYSE AV KOSTNADER I VASSBORNE VARMEDISTRIBUSJONSANLEGG

5.1 INNLEIING TIL ANALYSE

I debatten rundt kostnader i vassborne varmeanlegg er det eit utal av påstandar som blir ytra i media. Alt frå antakingar rundt potensialet ved auka grad av komponentstandardisering til at overdimensjonering av anlegg er dyrt. Det som er felles for dei fleste utsegnene er at dei i stor grad er baserte på synsing og antakingar. I dei tilfella det blir nytta kostnadstal frå verkelegheita, er desse i beste fall frå statistikk. I dette kapitelet er anleggs-kostnaden gjennomgått og påverknadsfaktorar er analysert.

I arbeidet med kartlegginga mot rimelig vassboren varme er det kartlagt korleis kostnadane utviklar seg i eit vassborent varmeanlegg. I arbeidet mot redusert kostnadsnivå er det viktig å vite kva organisme ein jobbar med. Viktig kunnskap frå dette arbeidet er biletet av kva tiltak som monnar, og kva tiltak mot å redusere kostnadsnivået forbundet med installasjon av vassborne anlegg

5.2 METODE OG AVGRENSINGAR

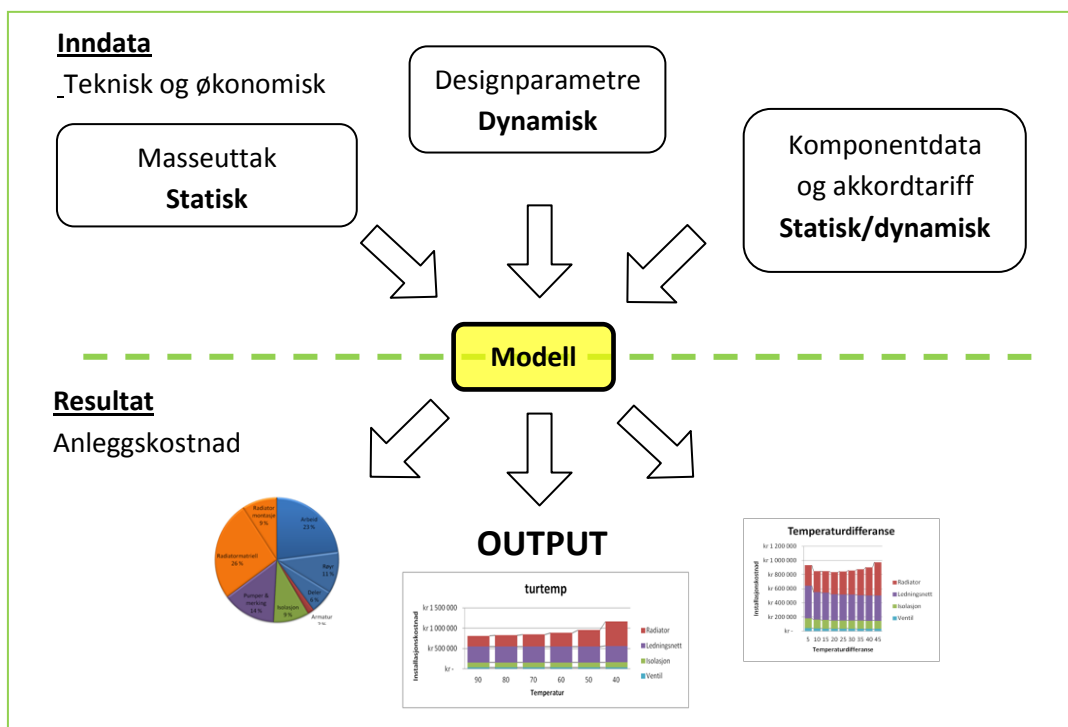
Analysen av vassborne kostnader er delt i 2 steg.

Steg 1 - Innhenting av kunnskap:

I arbeidet med å kartleggje kostnader i vassborne anlegg er det evaluert ulike tiltaks påverknadskraft på verkeleg anleggskostnad, dvs den tilbydde pris frå røyrentreprenør. Det er innleiingsvis kartlagt metode for praktisk prosjektering av vassborne anlegg, med fokus på grunnparametra, og vidare entreprenørens kalkulasjonsmetode. Det er i denne fase innhenta kunnskap frå kunnskapsrike personar i bransjen, samt frå anerkjent faglitteratur.

Steg 2 - modellering og simulering:

For å få mest mogeleg data ut av kunnskapen som er innhenta under 1.steg er det utarbeidd ein omfattande simuleringsmodell der denne informasjonen inngår. Frå modellen er det gjort datatuttrekk som danner grunnlag for argumentasjon. Gjennom oppbygging av modellen er alle ledd kvalitetssikra ved kalkulasjon for hand, både kostnadskalkulasjon og dimensjonering, då reknearkmodell erfaringsmessig er sårbar for feil. Modellen er oppbygd med basis frå innhenta kunnskap frå steg 1, der strukturen er bygd opp etter illustrasjon på Figur 16.



FIGUR 16 FORENKLA FRAMSTILLING AV MODELLENS STRUKTUR

Som ein ser av Figur 16 så baserer modellen seg på at ein prosjekterer anlegget manuelt, med omsyn til konsept og omfang, og deretter legg inn informasjon om komponentomfang og røyrstrekk i modell. Modellen dimensjonerar og kostnadskalkulerar anlegget/konseptet etter gitte dimensjoneringsparameter, og datauttrekket indikerar reelle konsekvensar i installasjonskostnad ved ulike val i planleggingsfase, designfase eller utførande fase. Figur 17 viser skjermdump frå felt for input av variablar i modellen. For dimensjoneringa av røyrnett er modellen bygd opp etter metode som er nytta blant rådgjevarar. Sentrale formlar nytta til dimensjoneringa av røyrnett og komponentar er gitt i vedlegg 2.

Maks samtidig effektbehov sp	60 watt/m ²
BTA tot	2394 m ²
Antal radiatorar pr etasje	42 stk
BTA pr etasje	599 m ²
Dimensjonerande effektbehov	143,64 kW
Dekningsareal pr rad	14,3 m ² /rad
Dim effekt pr radiator	855 W/watt
Tur temp	80 °C
Retur temp	60 °C
Rom-temperatur	20 °C
Nødvendig UA	5,38
Kalkulasjonsfaktor arbeid	8,50
Kalkulasjonsfaktor materiell	0,75
Dp friksjon fordeling	100,00 Pa/m
Dp friksjon hovedstrekk	150,00 Pa/m
Rørtype	Mapress
dp over radiator	5000,00 Pa

FIGUR 17 SKJERMDUMP FRÅ SIMULERINGSMODELLEN. NØKKELINFO OG VARIABLAR I MODELLEN. KVITE FELT ER VARIABLAR.

Dei vassborne konseptane er prosjektert i eit oppretta eksempelbygg. Modellen er innleiingsvis kvalitetssikra mot anleggskostnad i gitt Holtes kalkulasjonsnøkkel, som danner referansenivået i analysearbeidet. Eksempelbygget og referansenivå blir presentert i kapitel 5.6.1.

5.2.1 KOSTNADER

Ettersom ein i dette arbeid estimerar konsekvensar i anleggskostnad er det innhenta reelle kostnader frå ikkje namngitt røyrentreprenør då dette er konkurransefølsamt. **Materialkostnadane** baserer seg på rettleiande prisar frå grossist til røyrentreprenør. Systemet for prising av komponentar er i denne bransjen komplekst, då rettleiande prisar i praksis ikkje er rettleiande, men berre eit utgangspunkt for prising. Dette blir nærare gjennomgått i kapitel 5.5.4.

Arbeidskostnader er kalkulert i samsvar med gjeldande praksis blant røyrentreprenørar. Akkordtariffen for røyrløysing er nytta, og i samband med utrekning av kalkulasjonsfaktor er det gjort nokre forenklingar, i samråd med Norske Rørleggerbedriftenes Landsforening. Dette blir gjennomgått i kapitel 5.5.3.

5.2.2 GRENSesnITTET

Ved prosjekteringa og kostnadskalkulasjonen har det vore nødvendig å setje nokre avgrensingar.

Grensesnittet for det prosjekterte anlegget er gjort i samsvar med Punkt 12 i Akkordtariff for røyrleggjarfaget, tabell for tilleggsprosent for arbeid i ulike typar bygg. Det er under dette punkt differensiert mellom arbeid i teknisk sentral og resten av bygget. Dette betyr at det i denne analysen berre er sett på kostnader som fylje av det vassborne romoppvarmingsanlegget.

I arbeidet med å gjere modellen så fleksibel så mogeleg med tanke på datauttak, er kostnadsposten "Pumper og merking" estimert etter kostnadsfordeling i Prenøk Kunnskapsblad 10.1, og andel av anleggskostnad for denne posten er satt som konstant. Svinn/kapp og småmateriell, som nippelmuffer, muffer, reduksjonar etc er ikkje teke med i masseuttaket. Begge desse tiltaka er forenklingar, men er vurdert til å ha moderat betyding for samanlikninga konsept mellom.

5.3 KAPITLETs OPPBYGNAD

I dette kapitlet blir kostnadane forbundet med det vassborne varmesystemet gjennomgått suksessivt. Punktvis oppbygning:

- 1. Dagens kunnskap om anleggskostnaden**
- 2. Metode for kostnadskalkulasjon ved anbod**
 - a. Arbeidskostnader
 - b. Materialkostnader
- 3. Presentasjon av eksempelbygg**
- 4. Analysedel**
 - a. Konsept
 - b. Innreiingsfleksibilitet
 - c. Designparameter
 - d. Byggjestandard
 - e. Varmeavgjevarar
 - f. Energiforsyning
- 5. Oppsummering**

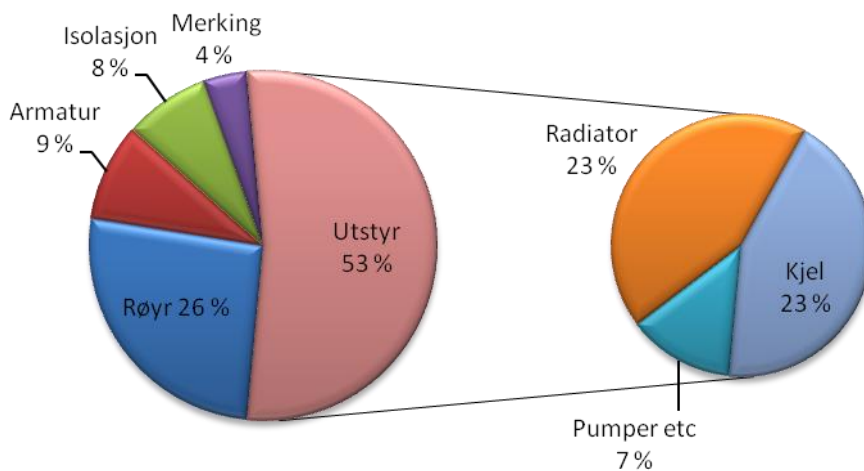
5.4 DAGENS KUNNSKAP OM ANLEGGSKOSTNADEN

Det finst i dag fleire kjelder som danner eit bilete av korleis kostnadsbiletet og kostnadsnivået i vassborne anlegg er oppbygd. Desse er av ulik alder og kvalitet. Dette delkapitel oppsummerar dei viktigaste kjeldene me har i dag rundt kunnskap om anleggskostnad.

5.4.1 PRENØK KUNNSKAPSBLAD

Frå Prenøk kunnskapsdatabase har me kunnskapsblad 10.1 som beskriv kostnader i vassborne varmeanlegg. Dette baserar seg på kostnadsdata frå midten av 1990-talet, og kun den relative kostnadsfordelinga i varmeanlegget er derfor relevant her. Føresetnader for Figur 18:

- Olje og el-kjel
- Dimensjonerande tur/retur - 80/60 °C
- Radiatoranlegg
- Inkl. ettervarming av ventilasjonluft
- Oppvarming av tappevatn



FIGUR 18 KOSTNADSFORDELING IHT PRENØK KUNNSKAPSBLAD 10.1 (PRENØK 10.1, 1996)

Ein ser at i dette tradisjonelle varmeanlegget er det 3 anleggsdelar som dominerar kostnadsbiletet:

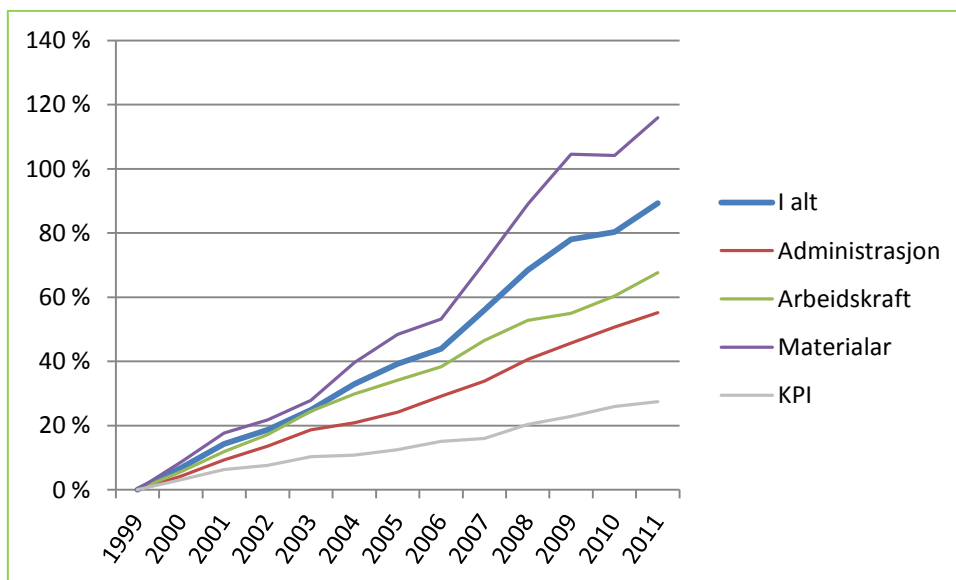
- Kjelinstallasjon - 23 %
- Radiatorar - 23 %
- Røyrnett - 26 %

Dette gjer eit bra oversiktsbilete over korleis kostnadane i anlegget kan fordele seg. Det er verdt å merke seg at dette biletet ikkje nødvendigvis er likt i dagens anlegg, ettersom blant anna dimensjonerande temperaturnivå i anlegget er typisk lågare idag. Som me såg i kapitel 0, så er temperaturnivået i vassborne varmeanlegg i passivhus-kontorbygg lågt, ofte under 60/40°C. Ein kan gjere nokre overordna betraktningar og sei at kostnadane i dag er flytta over på radiatoranlegget i dagens anlegg. Men dette er avhengig av kostnadens dynamikk i anlegget, og kor fleksibel kostnaden er mot ulike påverknadsfaktorar. Dette er eit komplekst

bilete som er nødvendig å kartleggje før ein treff noko konklusjon. Sjå kapitel 5.5 for kartlegging av metode for kalkulasjon.

5.4.2 KOSTNADANES UTVIKLING

I perioden frå Prenøk's kunnskapsblad 10.1 kom ut i 1996 har det vore ei prisauke i samband med varmeinstallasjonar. Sidan 1999 og fram til 2011 har i fylje Statistisk sentralbyrå installasjonskostnadane i samband med vassborne varmeinstallasjonar stige med omlag 90 %. Denne kostnadsauken består av ei auke i materialkostnadar på 116 % og ei auke av administrasjonskostnader og arbeidskraftskostnader på hhv 55 % og 68 %. (Statistisk sentralbyrå, 2012) Som Figur 19 viser har materialkostnadane auka mest dei siste 12 åra, medan kostnader forbundet med installasjon til samanlikning er beskjeden. Som me ser har konsumprisindeksen (KPI) for same periode berre auka omlag 27 %. Varmeinstallasjonane har altså hatt ein markant auke i forhold til det generelle kostnadsnivået på forbruksvarer i samfunnet. I lag med reduksjon av dimensjonerande temperaturnivå, er dette ein faktor som også dreg opp kostnadar på anleggsdelar som har hovudtyngda av kostnaden på materiell, som for eksempel radiatordelen.



FIGUR 19 KOSTNADSUTVIKLING I SAMBAND MED VASSBORNE VARMEINSTALLASJONAR. KPI FOR SAMME PERIODE I GRÅ (STATISTISK SENTRALBYRÅ, 2012)

Føresetnader for statistikken

Det er verdt å presisere at Statistisk sentralbyrå sin statistikk baserar seg på at me ikkje har ei utvikling i utforminga av vassborne system. Føresetnadane for statistikken baserar seg på eit vektingsgrunnlag som vart utarbeidd i 1998, og som er basert på 4 ulike kontor- og forretningsbygg i Oslo-området oppført i perioden 1995-96. (Thomassen, 2000) Prisauken baserar seg altså på prisauke som blir vekta etter underlaget, som er utarbeidd etter NS 3451 - bygningsdelstabell, og tek altså ikkje omsyn til utviklinga av konsept for oppvarming. Med resultatata frå prosjektrapporten "Analyse av forenkla vassborne varmedistribusjonssystem for bygningar" i minne, at vassborne varmesystem i dag har eit redusert omfang enn tidligare,

kan ein derfor anta at den reelle prisutviklinga for vassborne varmeinstallasjonar er noko dempa i forhold til statistikken.

5.4.3 KOSTNADSSTUDIEN

I 2009 vart Kostnadsstudien publisert. Dette var eit stort og viktig arbeid publisert av Enova SF, og som var utarbeidd av Prognosecenteret. Studien kartla kostnadsnivået i Norge og Sverige, samt identifiserte viktige barrierar mot auka omfang av vassbore varme. Barrieren mot auka omfang var identifisert som installasjonskostnaden, der det norske kostnadsnivået var mykje høgre enn det Svenske. Tabell 6 visar utdrag frå resultatane i denne rapporten. Som ein ser er det stort spenn i resultatane, noko som er ei svakheit i denne rapporten. Prisnivået på vestlandet er i fylje Kostnadsstudien omlag 240 % høgre enn i midt-Noreg, dvs 1200 kr/m² mot 351 kr/m². Dette på tross av at bransjen er homogen i sin kalkulasjonsmetode av tilbudspris, arbeidskostnader er samsvar med akkordtariffen for røyrleggjarfaget og eit fåtal landsomfattande grossistar. Nærare gjennomgang av kalkulasjon i praksis i kapittel 5.5.2

Viktige føresetnader for Kostnadsstudien:

- Kostnader ekskl. mva
- Berre vassborent system for romoppvarming, dvs.:
 - Røyrnett
 - Pumper
 - Varmeavgjevarar
 - Reguleringsystem (inkl. styring og automatikk)
- Ekskl. varmebatteri i samband med ettervarming av luft til klimatisering.
- Ekskl. varmeproduksjon, som varmpumpe- eller abonnent-sentral for fjernvarme.

Region	Spesifikk kostnad [kr/m ²]
Nord	1 000,-
Midt	351,-
Vest	1 200,-
Aust	657,-
Sør	714,-
Heile landet	620,-

TABELL 6 UTDRAG FRÅ KOSTNADSSTUDIEN. KOSTNADSNIVÅ FOR RADIATORANLEGG I NORSKE KONTORBYGG, FORDELT PÅ REGIONAR. KOSTNADSNITT FOR HEILE LANDET GJELD RADIATORANLEGG I NYE YRKESBYGG (PROGNOSECENTERET AS, 2009)

5.4.4 KALKULASJONSØKLAR

På marknaden i dag har me fleire som tilbyr kostnadsstatistikk frå reelle prosjekt. Dette er oppslagsverk med kostnadsdata som dekkar alle fag i byggjeprosessen og blir nytta som beslutningsstøtte-verktøy i for utbyggjarar, rådgjevarar og entreprenørar. Tabell 7 viser oppsummert kostnadsinfo for dei to oppslagsverka.

	Holtes kalkulasjonsnøkkel		Norsk Prisbok
	Enkel std	Høg std	
	[kr/m ²]	[kr/m ²]	
Entreprisekostnad	10 650,- 100 %	15 668,- 100 %	16 089,- 100 %
VVS-anlegg	1 587,- 15 %	3 434,- 22 %	2 382,- 15 %
Vassboren varme	412,- 4 %	628,- 4 %	620,- 4 %
Elvarme	91,-	145,- (Normal std)	16,-

TABELL 7 OPPSUMMERT KOSTNADSDATA FOR HHV HOLTES KALKULASJONSNØKKELE OG NORSK PRISBOK AS. ANDEL AV ENTREPRISEKOSTNAD MERKA MED RAUD TEKST. (NORCONSULT INFORMASJONSSYSTEMER, 2011) (HOLTE BYGGSAFE, 2010)

Viktige føresetnader for kostnadstal i Tabell 7:

- **Holtes kalkulasjonsnøkkel (Holte Byggsafe, 2010):**
 - Frittstående kontorbygg på 2500 m²
 - Entreprisekostnad (post 1-7) i samsvar med NS 3453
 - Enkel standard
 - Fjernvarme-sentral (abbonentsentral)
 - Synlige røyrføringar
 - 1 radiatorkurs pr hovudfasade
 - Termostatiske radiatorventilar
 - Varmekurs til ventilasjonsbatteri
 - Høg standard
 - Alternative energikjelder
 - Skjulte røyrføringar
 - 1 radiatorkurs pr hovudfasade
 - Motorstyrte radiatorventilar
 - Varmekurs til ventilasjonsbatteri

- **Norsk Prisboks (Johansen, 2012):**
 - Kontorbygg utan kjeller på 15 000 m².
 - Entreprisekostnad i samsvar med NS 3453 post 1-7
 - Inkl. leidningsnett, armatur, utstyr og isolasjon
 - Fjernvarmesentral
 - Radiatoranlegg
 - Inkl. varmekurs til ventilasjon og tappevatn
 - Synlige røyrføringar
 - Termostatventilar på radiator

Som ein ser av Tabell 7 ligg kostnadsstatistikken for dei 2 oppslagsverka i same område. Det er verdt å merke seg at det vassborne varmeanlegget ligg på 4 % av entreprisekostnad, uavhengig av standard. Ettersom desse kostnadstala er inklusiv varmesentral er dei ikkje direkte samanliknbare med Prognosesenterets kartlegging. Ein ser likevel at Prognosesenterets springande tal er noko høge, ettersom dei ikkje inkluderar varmesentral eller varmekurs til ventilasjon, noko som er inkludert i Holtes kalkulasjonsnøkkel.

5.4.5 TOMMELFINGER OG ERFARINGSTAL

Store rådgjevarfirma og entreprenørfirma opererar med eigne nøkkeltal. Dette er ikkje informasjon som nokon av firmaene ynskjer å gå ut med. Frå rådgjevarbransjen eksisterar det likevel nokre kjente tommelfingerreglar for kostnadsnivå i vassborne varmeanlegg, som blir nytta til overslag.

Frå rådgjevar har me:

- VVS - anlegget utgjer ca. 10 % av total entreprisekostnad
- Vassborne varmeanlegg utgjer 20-25 % av VVS-teknisk kostnader (dvs 2-2,5 % av totalentreprise)
- Vassborne varmeanlegg, eksklusiv varmesentral, ca 700 kr/m²
- Planlegging og prosjektering; 10 % av VVS-teknisk entreprisekostnad

Frå røyrentreprenør har me:

- Typisk fordeling i vassborne anlegg:
 - 40 % materiell
 - 60 % arbeidskostnader

Desse nøkkeltala gjeld for yrkesbygg utan nærare tilknytning til bygningskategori. Tala blir nytta til overslag. Det er likevel verdt å merke seg at tala ligg i same området som me kjenner frå kostnadsstudien og kalkulasjonsnøklane. Også nøkkeltala frå entreprenørane ligg i same området som SSB's statistikk, som angir omtrentleg fordeling på 50/50 % på hhv materialkostnader og arbeids- og administrasjons-kostnader.

5.4.6 OPPSUMMERT

Av det talunderlaget me har i dag, som er presentert her, er det i alle tilfella kostnader som gjer grove tilnærmingar til totalkostnaden. Dette er ikkje uventa, då det er mange variablar som påverkar anleggskostnaden, og at studiar rundt denne tradisjonelt ikkje har hatt noko akademisk status. Det er også felles for dei tala som er presentert her at dei ikkje gir noko god beslutningsstøtte for dei ulike val som blir gjort i designfase. Som me såg i kapitel 3, er det ei endring i utføringa av vassborne system i forhold til tradisjonell utføring. Då våre tilgjengelige nøkkeltal ikkje indikerar kva designval ein bør ta med tanke på å redusere kostnadsnivået, er det nødvendig med ein nærare analyse på dette området.

5.5 KOSTNADSKALKULASJON I VASSBORNE VARMEANLEGG I PRAKSIS

I dette kapitelet blir det gjennomgått korleis anleggskostnaden er oppbygd i praksis og kva potensiale for kostnadsreduksjon som ligg i denne. I det inngår anleggskostnadens dynamikk i forhold anlegget, og til røyrlaggjarfirmaet, og i kva grad denne varierar. Viktigheita av denne forståinga ligg i at tiltaka mot redusert kostnadsnivå skal ha den ønska effekten over den ønska tidsperioden.

Anbudsprosessen føregår innan faste rammer. Gangen i denne prosessen er avhengig av entreprisform, der forma er regulert og har vore knytt mot same standardverk i fleire tiår.

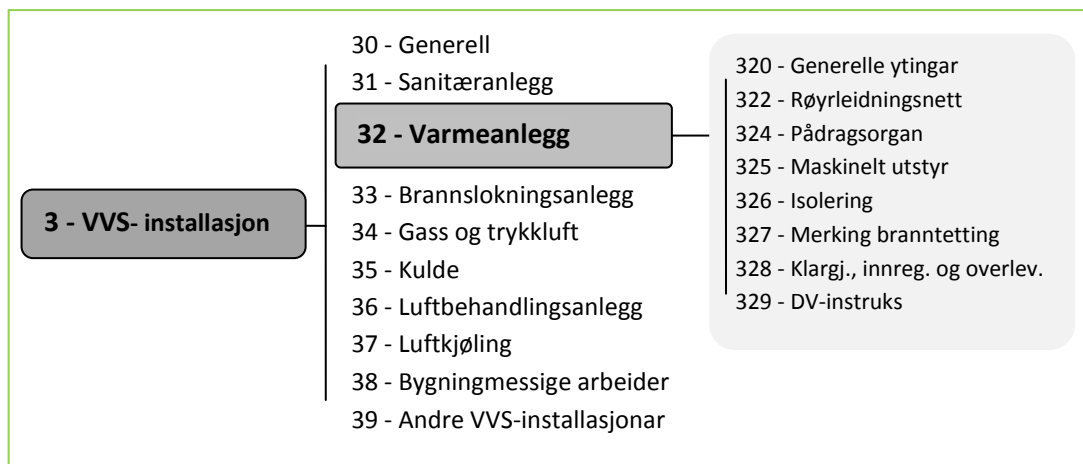
5.5.1 REGULERINGA AV FORMELLE RAMMER AV PRISUNDERLAGET TIL ENTREPRENØR

Formen dette anbudunderlaget har er bestemt av **NS 8400** "Reglar for anskaffelse til bygg og anlegg ved anbudskonkurranse". Dette hovuddokumentet for anbudsgjeving angir retningslinjene for korleis anbudunderlaget skal framstå.

For beskriving av anlegget blir **NS 3420** nytta. Denne standarden er eit komplett system for beskriving og kalkulasjon av byggje- og anleggarbeid. Standarden inneheld også komplette beskrivingstekstar, der krav til utføring og materialar inngår, då med henvisning til relevante og spesialiserte standardar. Dette omfattande og detaljerte standardverket har vore nytta til beskriving av VVS-tekniske anlegg dei siste tiåra.

Ein anna viktig standard er **NS 3450**. Denne beskriv korleis sjølv prosjektunderlaget skal byggast opp og kva som skal inngå. Prosjektunderlaget består av funksjonsbeskriving, teikningsunderlag og henvisningar til relevante standardar. I denne beskrivingstekst blir det også beskrive med eigne ord spesielle forhold som krav til plassering av varmeelement osv. Dette set ofte avgrensingar for korleis anlegget kan utførast. I debatten rundt kostnader i vassborne varmeanlegg har eit av argumenta til bransjen vore nettopp dette punktet, der utbyggjarar, allereie før planleggingsfase hindrar nytenking gjennom standardtekstar som blir gjenbrukt.

Ein anna sentral standard er **NS 3451** - Bygningsdelstabellen. Her blir dei ulike anleggsdelane tildelt kontonr, ofte kalla NS-kode. Desse blir angitt i fleire nivå, der VVS-faget er inndelt som Figur 20 illustrear.



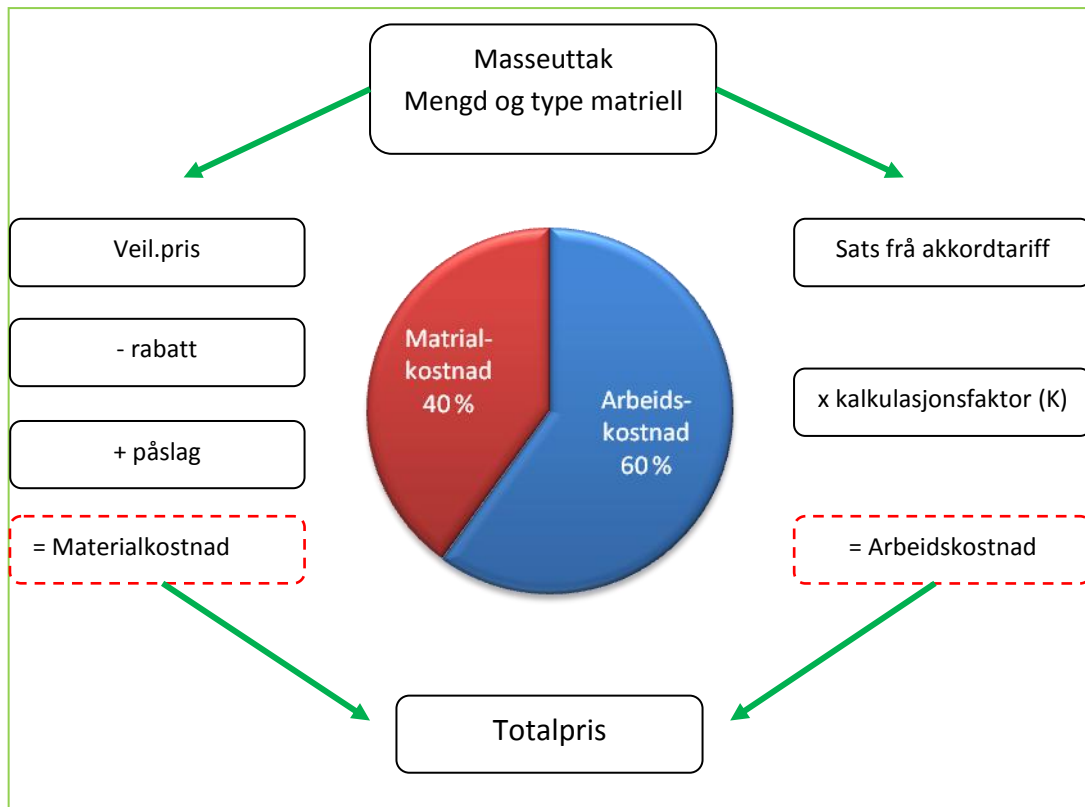
FIGUR 20 INNDELING AV RELEVANTE KONTONUMMER ETTER NS 3451, SOM ER BESKRIVANDE FOR ANLEGGETS INNHALD.

Desse kodane blir også nytta i programvaretillegg til konstruksjonsprogram til eksempel Autocad, då desse programvaretillegga har innebygde funksjonar for automatisk masseuttak etter NS 3420/21. Dette er standardinndelinga av anlegget og skapar kjente rammer for heile det tekniske anlegget.

5.5.2 ANLEGGSKOSTNADEN

Som me har sett i kapitel 5.4 kjenner me berre til anleggskostnaden gjennom nøkkeltall. Ofte er denne oppgitt som kr/m² eller som %-andel av byggets kostnad. I verkelegheita er denne anleggskostnaden avhengig av andre faktorar enn areal eller entrepriskostnad.

Generelt kan me sei at anleggskostnaden er delt i 2 hovuddeler, materialkostnad og arbeidskostnad, som me frå tidligare har sett har ei typisk fordeling på hhv 40/60 %. Figur 21 viser prinsipielt korleis anleggskostnaden er oppbygd.



FIGUR 21 OPPBYGNAD AV ANLEGGSPRIS, MED TYPISK FORDELING

Som ein ser av Figur 21 er omfanget av masseuttaket utgangspunktet for både arbeids- og materialkostnaden. Dette masseuttaket består i praksis av mengd og type komponentar, som i anbudsfasen blir førelagd entreprenør i form av beskriving av anlegget, samt teikningar.

5.5.3 ARBEIDSKOSTNADEN

Som Figur 21 viser er arbeidskostnaden produktet av anleggets netto akkordtariff og ein såkalla K-faktor. Begge desse er variable, der netto akkordtariff fyljer anlegget og masseuttak, medan K-faktor avheng av både anlegget, bygningen og røyrleggjarfirmaet.

5.5.3.1 AKKORDTARIFFEN

Akkordtariffen for røyrleggjarfaget er ein overenskomst mellom NHO, BNL og NRL på den eine sida og LO, Fellesforbundet og relevante avdelingar i forbundet på den andre. Den

fungerar som lønns- og styringssystem i byggebransjen og framstår i dag som røyrleggjarbedriftenes viktigaste kalkulasjonsverktøy. Akkordtariffen blir derimot sjeldan nytta til å avlønne røyrleggjarar, som er det opphavlege formålet. Det er ei felles oppfatning i bransjen i dag at omlag 10 % av røyrleggjarane blir avlønna etter akkordtariffen, medan omlag 95 % av alle anlegg er kalkulert etter denne (Ole Larmerud, 2012). Ein kan derfor sei at akkordtariffen i dag i praksis framstår som eit direkte verktøy for kalkulasjon, og påverkar kun indirekte avlønninga av røyrleggjarar.

Akkordtariffen er logisk bygd opp, i 2 deler. **Første del**, Alminnelege bestemmingar, beskriv bruk, samt generelle og spesielle prosenttillegg. Dette dreiar seg om forhold som høgdetillegg, kryptillegg, byggprosent osv. Denne delen blir justert ved kvar hovudlønnsforhandling, der det generelle tillegget blir justert. Justeringa er eit resultat av overeinskomsten mellom nemnte organisasjonar. (Ole Larmerud, 2012)

Andre del består av dei ulike netto akkordtariff-satsane som er tilhøyrande dei ulike anleggskomponentane. Desse satsane er netto grunnprisar som ilag med alle aktuelle tillegg gir reell arbeidslønn og totalkostnad (Larmerud, 2000). Akkordtariffens grunnprisar gjen speglar reelt sett forskjell i tidsforbruk mellom ulike arbeidsoperasjonar. I det inngår også forskjellar i leggje- og samanføyings-metode, montasje av ulike varmeelement, eksponerte eller skjulte arbeider osv. Figur 22 viser utdrag frå akkordtariffen, der ein for pkt a og c ser forskjellen i netto akkordtariff-sats ved bruk av for eksempel pressfittings (pkt a) og gjengeforbindelsar (pkt c). Akkordtariff-prisane blir summerte og multipliserte med k-faktoren ved kalkulasjon.

Punkt 1 Kobberrør og stålrør

For kobber- og stålrør til og med 61 mm er følgende lagt inn i rørprisen: Klammer og jern inkludert befestigelse, se J 4 bøyer, forbindinger, træing gjennom varerør, stendere og bjelkelag og lignende, deler ventiler, dekkskiver, oppmerking for boring av hull, surring med tråd til armeringsnett, avmantling og ettertaping av plastmantlede rør, samt alt som er nevnt under innledningen i avnitt E og J.

Hulltaking over 35 mm betales etter avsnitt J.

For rør til og med 169 mm er hengere lagt inn i rørprisen.

To glødde rør i felles isolasjon måles som ett rør.

Kobberrør lagt som avløp prises som plast avløpsrør.

- a) For **lette stålrør og kobberrør med patentdeler** (ikke gjenge- eller loddeskjøter) samt pexrør med aluminiumsinnlegg betales pr. m:

Til og med utvendig målt:

mm	35	61	77	115	169
kr	21,-	20,-	22,-	27,-	32,-

- b) For rør som nevnt i punkt a) lagt i reolsystem inkludert treing og ved vanskelig adkomst betales pr. m:

Til og med utvendig målt

mm	35	61	77	115	169
kr	27,-	29,-	34,-	43,-	52,-

- c) For **normaltykke stålrør, kobberrør for kapillarlodding og alle typer rør for gjenger** betales pr. m:

Til og med utvendig målt

mm	35	61	77	115	169	220	275	325	375	425	475	525	575
kr	22,-	24,-	22,-	27,-	32,-	35,-	43,-	51,-	59,-	67,-	76,-	84,-	92,-

FIGUR 22 UTDRAG FRÅ AKKORDTARIFFEN FOR RØYRLEGGJARFAGET SOM ILLUSTRERAR OPPBYGNAD

Som ein ser av Figur 22 differensierar akkordtariffen minimalt mellom samanføyingsmetodane pressfittings (her: patentdeler) og gjenge forbindelsar.

Regulering

Som den alminnelige delen er også den tekniske delen dynamisk og blir justert. Dette skjer ved teknisk revisjon, der justeringa blir gjort av eit teknisk utval bestående av NRL, samt representantar frå arbeidsgjevar- og arbeidstakar-organisasjonane. Her blir nye samanføyingsmetodar, produkt o.l. vurderte opp mot gjeldande satsar, og eventuelle tilføyingar eller endringar blir gjort. Tidligere vart desse justeringane baserte på tidsstudiar, noko som ikkje blir gjennomført lenger. I dag er eventuelle justeringar baserte på rapportering frå både arbeidsgjevar- og arbeidstakarside, representert ved hhv BNL og NRL, og på den andre side arbeidstakarorganisasjonar under fellesforbundet. Medleamar i utval gjennomfører også test

av eksempelvis nye samanføyingsmetodar med nytt verktøy o.l. før fastsetting. (Ole Larmerud, 2012).

5.5.3.2 K-FAKTOR

I lag med netto akkordtariff utgjør K_A -faktoren den totale arbeidskostnaden. Denne faktoren blir berekna etter både bedriftsøkonomiske forhold og etter forhold fastsatt i tariff.

Då netto akkordtariff-pris er bestemt av anleggsomfang og karakteristikk er det i teorien K -faktoren som differensierar arbeidskostnaden i dei ulike pristilboda på eit spesifikt anlegg. I praksis kan det likevel vere små forskjellar også her. Sjølv om denne faktoren i teorien er unik for dei ulike bedriftene, då den optimalt sett skal detaljbereknast, blir denne ofte tippa på og samanlikna med konkurrerende bedrifter.

Det er også ei "forståing" om å ikkje konkurrere på timespris ved anbudsrekning. Det vil i praksis sei at der både akkordtariffens grunnsatsar og arbeidsmengd er konstant (indirekte i akkordtariffens del 1), og det faktum at arbeidskostnad er produktet av arbeidsmengd og timespris, så vil denne kostnadsposten i "verste tilfelle" vere uendra på tvers av tilbydarane, og heile konkurransen ligg over materialkostnaden. At arbeidskostnaden er konstant på tvers av bedrifter som er av same storleik og lokalisert i same distrikt er på ei anna side ikkje urimelig.

Berekning

Der netto akkordtariff-pris er direkte påverka av komponentomfanget, er K -faktoren påverka av både anlegget, bygningen og drifta av røyrleggjarfirmaet. Me kan i hovudsak dela berekninga av den totale K -faktoren; K_A -faktoren, i 2 deler;

- Røyrleggjardel: K_R - Kalkulasjonsfaktor direkte lønn
- Firmadel: K_S, K_D, K_F - Sosiale- og administrative kostnader, og fortjeneste

der den blir berekna etter nøkkel angitt i likning 1:

$$K_A = (1 + K_S + K_D) \cdot K_R \cdot K_F \quad (1)$$

Røyrleggjardel

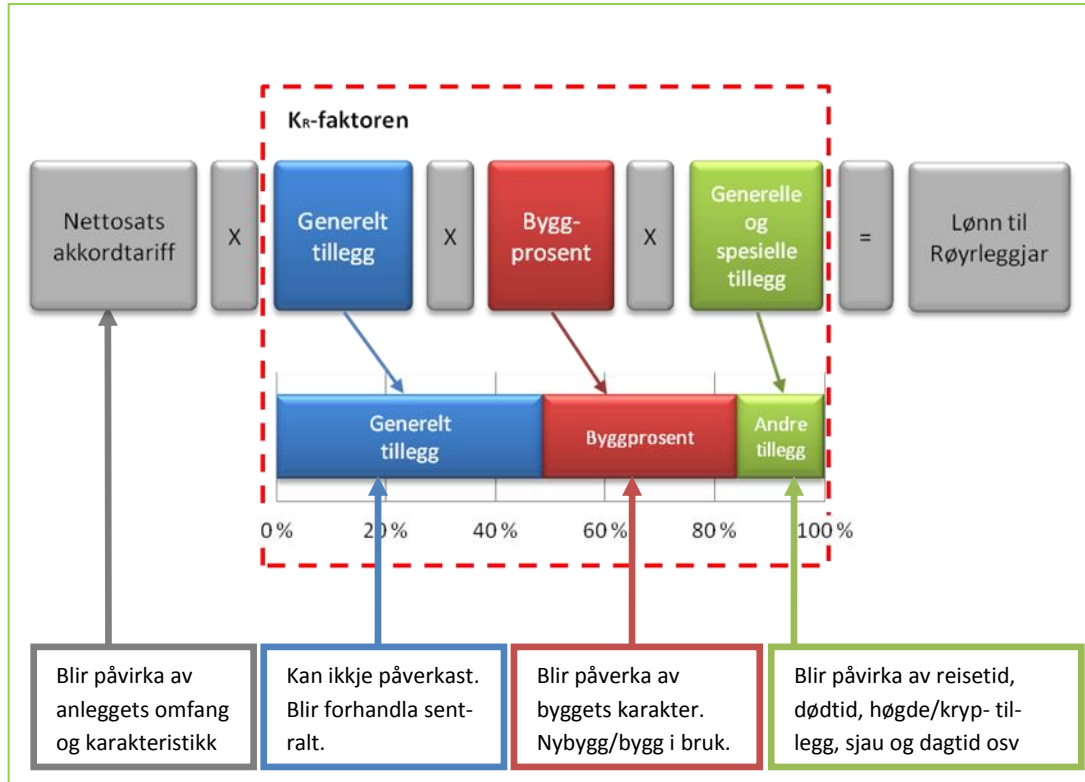
Direkte kostnader til avlønning av røyrleggjarstab er berekna etter likning 2:

$$A_N \cdot K_R = Lønn \quad (2)$$

der:

- A_N = Netto akkordtariff- pris
- K_R = K -faktor lønn

Rørleggjardelen, K_R -faktoren, er vidare bygd opp etter modell, som vist på Figur 23. Figuren viser ei typisk fordeling for nybygd yrkesbygg utan spesielle forhold, samt påverknadsfaktorar. Ein ser at det generelle tillegg og byggprosenten styrer størstedelen av lønna i dette tilfellet.



FIGUR 23 OPPBYGNAD OG PÅVERKNADSFAKTORAR AV RØYRLEGGJAR-ANDEL AV ANLEGGSKOSTNAD. FORDELING AV K_R -FAKTOR FOR NYBYGG MED ANDRE TILLEGG PÅ 15 %.

Medan det **generelle tillegg**, som pr 2012 er 66,46 % (FOB, 2010), er upåverkeleg, blir den såkalla **byggprosenten** bestemt av kva type bygg anlegget skal installerast i. Denne varierar mellom 15 - 90 % (Akkordtariff for rørleggerfaget, 2009), avhengig av bygg og anleggsdel. Vassborne varmeanlegg i kontorbygg, iht oppgåvas avgrensing, varierar mellom:

1. 41 % - Nybygg
2. 48 % - Eldre bygg rydda for tilkomst
3. 60 % - Eldre bygg i bruk

Ein ser det at denne delen kan variere med omlag 20 %. Men ettersom dette berre gjeld arbeidskostnaden vil ei endring frå nybygg til eldre bygg isolert sett berre auke totalkostnaden med omlag 6,5 %, eller med 40 kr/m², om ein tek utgangspunkt i ein referanse kostnad på 620 kr/m² og ei fordeling på material-/ arbeidskostnad på 40/60 %. I verkelegheita vil også for eksempel omfang og dødtid også auke jobb i eldre bygg i bruk.

Andre tillegg, både generelle for heile anlegget, og spesielle som berre gjeld delar av anlegget, er på Figur 23 angitt til 15 %. Dette tillegg skal optimalt sett detalj-bereknast ved kvart prosjekt, då kostnadar som mellom anna reisetid frå og til arbeidsstad, dødtid/venting på

byggjeplass, sjau av utstyr inngår her. Denne kostnadsposten kan variere stort. Figur 24 viser eksempel på kva utslag reelle forhold på byggjeplass og i bedriftas rutinar kan ha på dette tillegget.

- **Scenario 1 : "Trimma" eksempel:**

- *Reisetid* - Ingen reisetid (oppmøte byggjeplass) eller "9-pause"- **0 %**
- *Intern gangtid* - **4,5 %** (eks. ism pkt 7 i akkordtariff)
- *Dødtid* - **10 %**
- **Totalt 15 %**

- **Scenario 2: "Maksimalistisk" eksempel:**

- *Reisetid* - til/frå arbeidsstad 1 t + 15 min "9-pause" - **17 %**
- *Intern gangtid* - **4,5 %** (ism pkt 7 i akkordtariff)
- *Dødtid* - **10 %** (vurderes spesielt)
- **Totalt = 35 %**

FIGUR 24 2 ULIKE SCENARIO MED UTSLAG I ANDRE TILLEGG. ETTER IDÈ FRÅ (LARMERUD, 2000) MERK: TILLEGGA HER MULTIPLISERES MED KVARANDRE.

Ein ser det at denne posten kan variere stort og kan derfor påverke totalkostnaden mykje. I eksempelet med referansekostnad på 620 kr/m², nybygg, samt ei material-/arbeidskostnadsfordeling på 40/60 %, vil ei endring etter Figur 24 medføre ei auke på totalkostnaden med omlag 10 %, dvs frå 620 kr/m² til omlag 680 kr/m². Ettersom denne delen går på effektiv bruk av arbeidstida i byggjeprosess, vil nye konsept for prosjektgjennomføring som Lean Construction¹¹, eller Trimma bygging, vere med på å minimalisere denne. Dette vil i praksis bety at i ein bransje med låg rekruttering vil ein nytte arbeidstakarressursen betre, utan at den enkeltes handverkars kvardag blir påverka i negativ forstand.

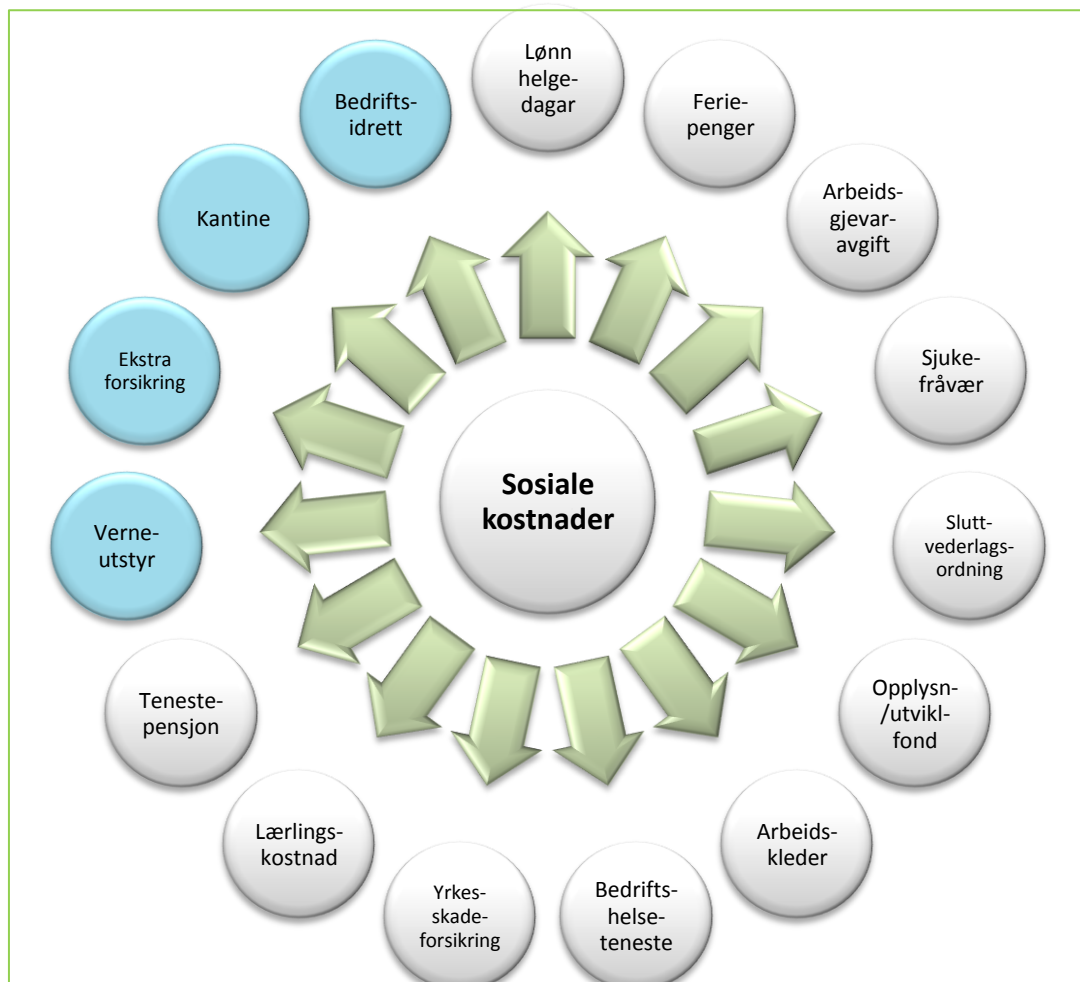
¹¹ Lean Construction er praktisk planleggingsverktøy som baserar seg på lærdom om byggjeprosessen, og er knytt til byggeplassproduksjonen. Konseptet er inspirert av industrielle samlebåndsprinsipp og har som mål å trimme byggjeprosessen frå unødig ressurs og materialbruk. Den største forskjellen frå tradisjonell logistikkstyring er at ein endrar logistikken frå push- til pull. Det vil sei at planleggjarane ikkje lenger er dei sentrale i organisasjonen, men basen og handverkarane. Prinsippet går på at handverkarane "trekkjer arbeidsoppgåvene til bygget" når dei er klare til utføring. (Skinnarland & Andersen, 2008) I Trondheim blir konseptet nytta på utbygginga av 2.byggjetrinn ved St.Olavs.

Firmadel

Denne delen blir bestemt av både bedriftsøkonomiske- og geografiske forhold. Denne delen består av 3 deler:

1. K_S - Sosiale kostnader
2. K_D - Administrative kostnader
3. K_F - Forteneste

Sosiale kostnader dreiar seg om kostnader som i stor grad blir påført bedriftene gjennom lovverk og tariffavtalar. Figur 25 viser oversikt over typiske kostnader som inngår her, tvungne og frivillige kostnader. Typisk er sosiale kostnader omlag 50 % av røyrleggjarlønn (Ole Larmerud, 2012), men dette varierar frå firma til firma, og må detaljbereknaast i kvart enkelt firma.



FIGUR 25 OVERSIKT OVER TYPISKE SOSIALE KOSTNADER. KVITE ER TVUNGNE, BLÅ ER EKSEMPEL PÅ FRIVILLIGE. (LARMERUD, 2000)

Som ein ser inngår det svært lite fleksible kostnader i denne posten. I dei vidare vurderingane blir denne kalkulasjonsfaktoren betrakta som konstant. I praksis kan bedriftene for eksempel redusere denne med eksempelvis tiltak mot redusert sjukefråver, noko som kan auke konkurranseevna til bedrifta, og redusere anleggskostnad. Denne vil også variere med den geografiske plasseringa til bedrifta, ettersom Noreg er delt inn i soner for bestemming av nivå på arbeidgjevaravgift.

Røyrleggjarbedriftas **administrative kostnader** er faste kostnader. Denne blir omtalt som administrasjonsprosenten, og blir som dei sosiale kostnadane rekna ut i frå direkte lønn. Typisk blir denne berekna til 100 % av direkte lønn, men må i kvart tilfelle detaljberekna. Eksempel på kostnader som inngår i denne prosenten er (Larmerud, 2000):

- Lønn administrasjon
- Uproduktiv lønn
- Husleige
- Kontoromkostningar
- Bil
- Avskrivning
- Garantiar
- Anleggsoppfølging
- Gebyr
- Honorar

Som ein ser er dette kostnader som går direkte til drifta av bedrifta. Viktige påverknadsfaktorar her er:

- Storleiken på bedrifta, forholdet mellom produktiv stab og administrasjon
- Korleis bedrifta blir styrt, minimalisering av uproduktiv lønn
- Eige/leige lokaler, samt lokalisering
- Kvalitet på arbeid, uttrykt gjennom mengd av garanti-saker. Holdningsskapande arbeid i bedrifta med fokus på yrkesstoltheit, kan redusere denne.

Påslaget på arbeidskostnad utgjer det siste leddet i berekninga av den totale kalkulasjonsfaktoren, K_A . Dette påslaget, K_F , ligg typisk mellom 10 % og 30 %, og skal bidra til styrking av firmaets eigenkapital og evne til å takle uforutsette forhold, utvikling i firmaet og fortjeneste/ avkastning til eigar. Typisk skal skal fortjenesta alltid ligge over innskotsrente i bank.

5.5.3.3 OPPSUMMERING

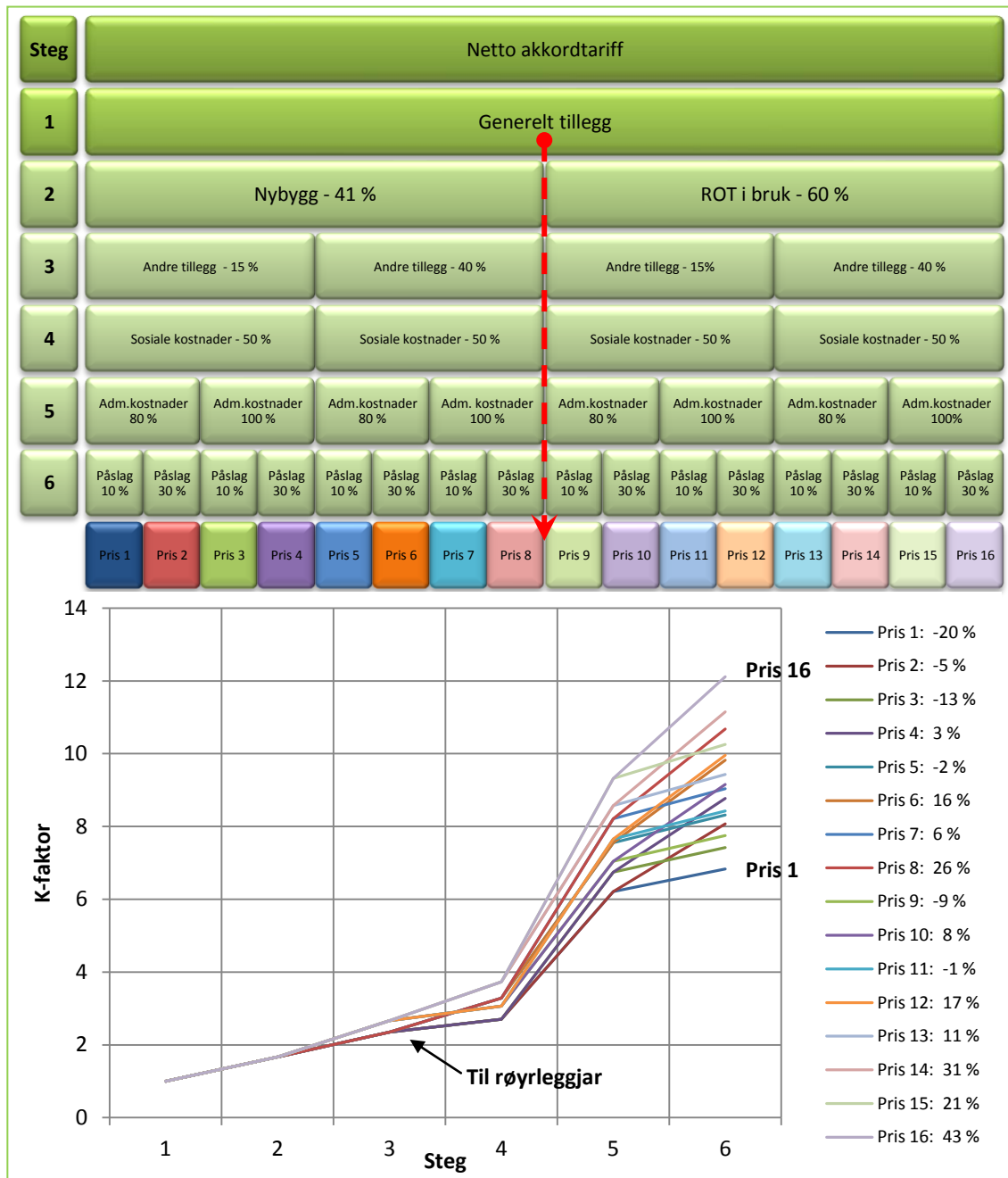
Som me har sett er arbeidskostnaden bygd opp av netto akkordtariff-pris og den totale kalkulasjonsfaktoren, K_A . Denne metoden for kalkulasjon av arbeidskostnad er svært utbredt, tross sine svakheiter. Netto akkordtariff-prisane medfører at ein på kort sikt ikkje nødvendigvis oppnår kostnadsreduksjon for utbyggjar ved bruk av produkt som rasjonaliserar montasjetid. Denne type tiltak kan i yttarste konsekvens virke fordyrande på anleggskostnaden, for dette leddet, om materialkostnaden aukar. Ettersom bruksomfanget av akkordtariffen ved avlønning er beskjedne, men dominerande ved kalkulasjon, framstår akkordtariffen eit

kalkulasjons- og prosjektstyrings-verktøy. Akkordtariffen er dynamisk og blir revidert med jamne mellomrom. Likevel tilfører den ei betydelig tidsforsinking for innføring av nye produkt som rasjonaliserar montasjetid.

I den forgåande gjennomgangen av dei ulike del-faktorane som kalkulasjonsfaktoren blir berekna ut frå , har me sett at denne kan vil påverke anleggskostnaden mykje. Korleis kvar av desse påverkar arbeidskostnaden er eit komplekst bilete. Figur 26 illustrerar dynamikken og kor stor påverknad dei ulike faktorane har på arbeidskostnaden. Som me ser kan dei tidligare nemte forholda her variere arbeidskostnaden med mellom 40 % og 50 % innanfor same byggprosent. Prosent avvik i forhold til referansebygg med K_A -faktor 8,5.

Ein ser også at ein effektivt kan betra bedriftas konkurransevne, som indirekte gir lågare anleggskostnad, gjennom fylgjande punkt:

- Bevisst ledelse som fokuserar på effektiv bruk av arbeidstakarressursane, og minimaliserar reisetid.
- Vere bevisst på dødtid og venting i byggjeprosess.
- Utbyggjar bør fokusere på produksjonsflyten i byggjeprosessen. Totalkonsept som Lean Construction kan bidra mykje her.
- Redusere sjukefråvær, gjennom auka trivsel. Vil bidra til lågare administrative kostnader.
- Fokuserer på kompetanse i organisasjon og bidra til gode arbeidsholdningar og yrkesstoltheit.
- Elementær økonomisk kompetanse i bedrifta. For å nettopp kunne dra nytte av dei tiltaka over.



FIGUR 26 DEI ULIKE KALKULASJONSFAKTORANES PÅVERKNAD PÅ ARBEIDSKOSTNAD, MED ANGITT UTSLAG I PROSENT AV ARBEIDSKOSTNAD FOR REFERANSEANLEGG MED K_A -FAKTOR = 8,5.

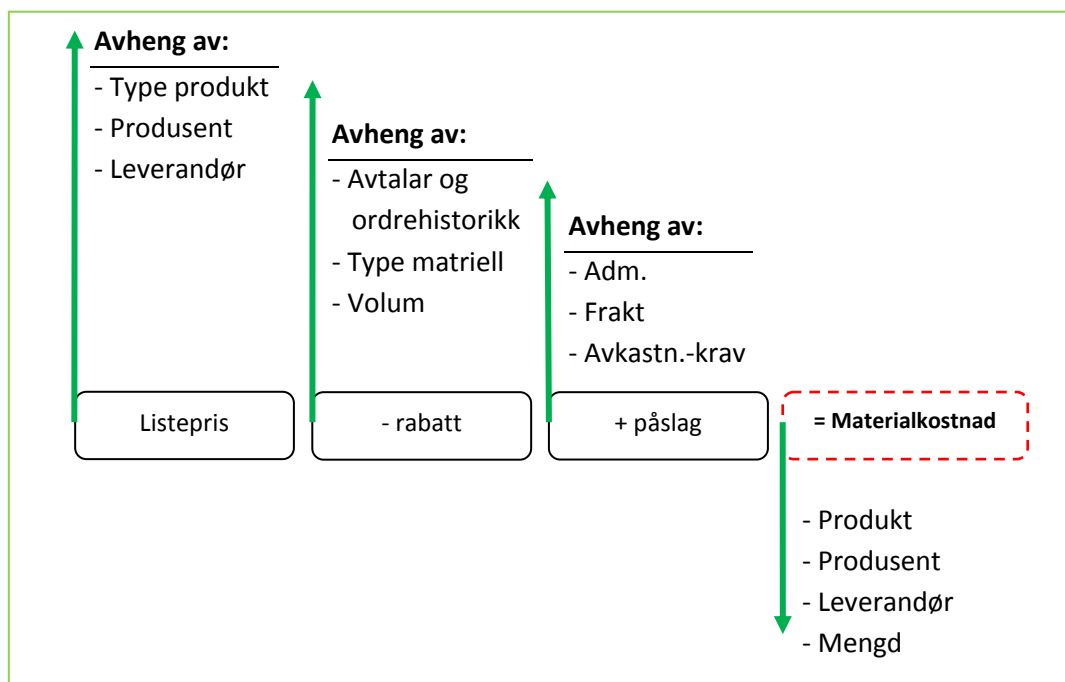
5.5.4 MATERIALKOSTNADEN

Som me har sett står materialkostnaden for typisk 40 % av totalkostnaden i anlegget. Denne posten består av alt fysisk utstyr i anlegget, levert på byggeplass. Ingen montasje eller behandling inngår her. Her inngår:

- Røyr/isolasjon/opphengsmateriell
- Armatur/ventilar
- Varmeelement
- Automasjon

Prissystemet i bransjen er basert på at innkjøpsprisane til røyrentreprenør varierar frå prosjekt til prosjekt der viktige moment for bestemming av prisnivå er innkjøpets volum, røyrentreprenørs kundehistorikk og lojalitet til grossist og type materiell. Ved store byggjeprojekt kan det derimot vere andre moment som også spelar inn, då grossist ofte tilbyr tenester mot kalkulering av tilbod, der masseuttak og prising, eksklusiv påslag, inngår. Uavhengig av dette fyljer kalkulasjon av materialkostnad prinsipp etter Figur 27, som også summerar viktige moment som påverkar dei ulike ledda. Utgangspunktet for prisen er den enkelte grossists prisbok med tilhøyrande "retteleiarande" prisar. Desse prisane seier, som netto akkordtariff-pris, ingenting utan rabattmatrisa. Rabattmatrisa er ei matrise med rabattar som er individuell for kvart firma. Denne angir rabattar for kvar varegruppe det aktuelle firmaet har forhandla fram. Som ved kalkulasjon av arbeidskostnad nyttar ein også her ein kalkulasjonsfaktor, K_M -faktoren, som gjeld for heile anlegget. Denne kan definerast som ved likning 3:

$$K_M = \frac{\text{Brutto listepri s} - \text{rabatt} + \text{påslag}}{\text{Brutto listepri s}} \quad (3)$$



FIGUR 27 KALKULASJON AV MATERIALKOSTNAD, MED SENTRALE PÅVERKNADSMOMENT

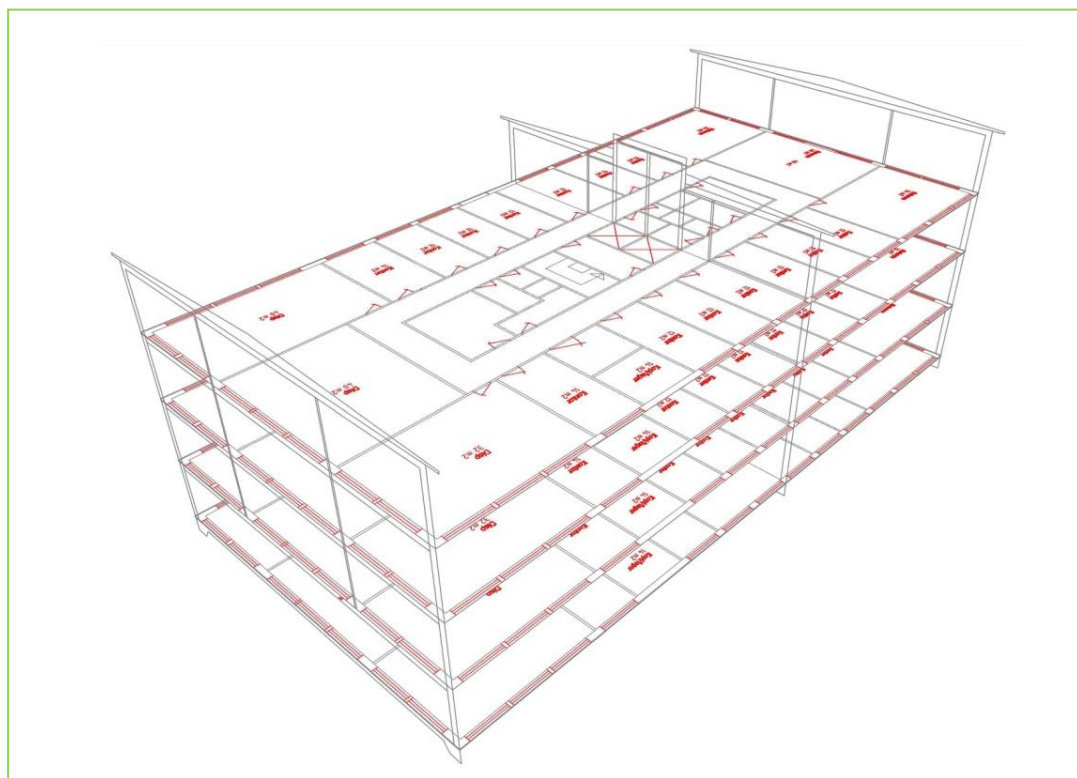
5.6 KONSEKVENSAAR I BYGGJEFASE

Med reell kostnadskalkulasjon som basis blir resultatata frå simuleringar av ulike val i design-fase i dette kapitlet presentert. I dette arbeidet er det oppretta eit eksempelbygg, som representerar eit typisk kontorbygg. Det er for dette fiktive bygget gjort kostnadssimuleringar for det vassborne romvarme-anlegget.

Dette bygget dannar dei ytre rammene for analysen og samanlikninga, og er vurdert som eit godt utgangspunkt for refleksjonar utover denne type bygg med omfang, brukstype osv.

5.6.1 EKSEMPELBYGGET

Det valte bygget er eit frittstående kontorbygg, utan kjellar, lokalisert i Oslo. Bygget er vurdert som eit "vanlig" kontorbygg i dag. Som ein ser på Figur 28 er forma på bygget ikkje ulikt blant anna Bellonahuset, som dessutan har omlag same grunnflateareal.



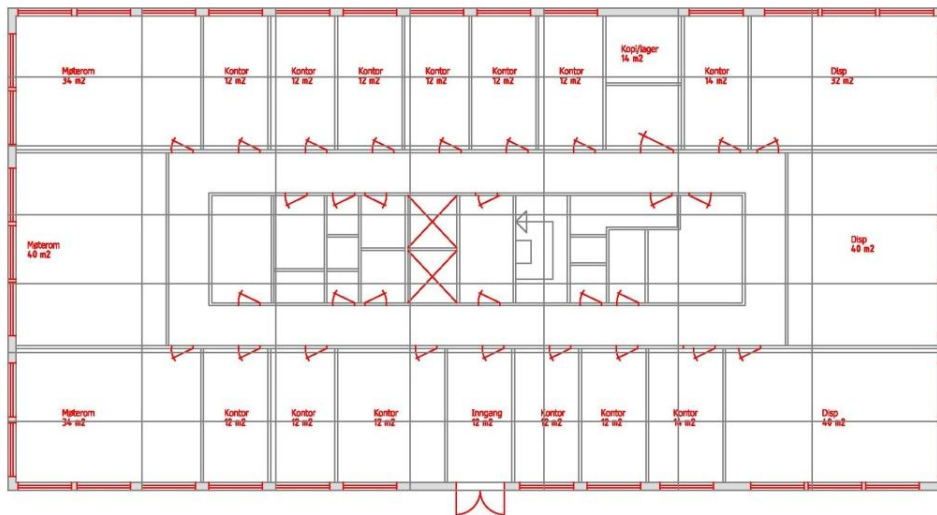
FIGUR 28 EKSEMPELBYGGET. BASERT PÅ "ENKELT KONTORBYGG" I HOLTES KALKULASJONSØKKEL.

5.6.2 BYGGETS STATISKE EIGENSKAPAR.

Til energi- og effekt-simuleringar i Simien er fyljande bygnings eigenskapar nytta:

Areal og bygningskomponentar

Bygget har eit totalt bruttoareal på 2500 m², etter NS 3940, fordelt på 4 etasjar som kvar har ei høgd på 3,2 meter inklusiv etasjeskilje. Figur 29 viser planteikning utgangspunktet for rominndelinga av bygget.



FIGUR 29 PLANTEIKNING MED TYPISK ROMINNDELING

Konstruksjon

Bygget er av type "Tungt bygg", etter klassifisering i NS 3031. I praksis betyr det at bygget er konstruert med tung klimaskjerm, samt at kjernen i bygget, med blant anna trapperom og heissjakt, er av betong. For innreiingsløyising med cellekontor-struktur er det nytta skilje-konstruksjon av lettveggar, med ei modulvidd på 2,4 meter. Etasjeskiljar er av "hulldekke"-element av betong.

Vindauge

Kvar etasje har 42 vindauge, der arealet tilsvarar 20 % av byggets bruksareal. Dette har sidan byggjeføreskriftene frå 1969 representert den øvre avgrensinga for tillate vindaugareal i fasade. Det er i siste utgåve av byggt teknisk føreskrift, TEK 10, gitt opning for å kunne auke denne om ein ikkje aukar det samla varmetapstalet for vindauga. Dette som eit resultat av stor utvikling innan dei termiske eigenskapane til dagens vindauge.

Solavskjerming

Ettersom at fokuset er på romvarmeanlegg i denne studien, er det i energisimuleringane lagt vekt på å unngå behov for eige kjøleanlegg. Dette er gjort gjennom:

- Bygningsutspring
- Utvendig solavskjerming, fasadar mot aust, vest og sør
- Høg termisk masse, i samspel med nattavkjøling ved bruk av ventilasjonsanlegg
- Eventuelt kjølebehov skal kunne dekkes av ventilasjonsanlegg.

Bruksmønster

Bruksmønsteret for bygget er satt til fullt belegg i brukstida, som er definert som 12 timar pr døgn og 5 dagar pr veke. Det er ikkje gjort nokre vidare betraktningar rundt brukstid, sjølv om dette er noko som varierar stort frå brukar til brukar. Det er derfor ikkje berekna redusert nødvendig energibehov grunna redusert belastning, noko som i somme tilfelle kan vere reelt. Brukstida er i samsvar med NS 3031 sine standardverdiar ved berekning av bygningens energiyting.

Luftmengd

I vurderinga av byggjestandards påverknad er det forutsatt at strategi for klimatisering, bruksmønster og driftstider er uavhengig av byggjestandard. Dette på grunn av at samanlikninga av byggjestandards påverknad skal spegle kva byggets byggjestandard, med dagens bruk, har å seie på energi- og effektbehov. Luftmengdene er derfor vurdert og berekna på likt grunnlag, utan at ein overser reelle forhold som varmegjenvinnars temperaturverknadsgrad, samt vanlege materialval, byggjematerial, for det aktuelle byggjeåret.

Luftmengder oppsummert:

- Luftmengder berekna i samsvar med NS-EN 15 251
 - Luftmengder driftstid er funksjon **personbelastning + materialeemisjonar**.
 - Luftmengde utanfor driftstid funksjon av **materialeemisjonar**.
- Klimatisering med 1 K undertemperert luft i alle tilfeller

Internlaster og varmtvannsbehov

Med unntak av belysning er det også her forutsatt likt tilskot internlaster. Internlaster oppsummert i vedlegg 3.

5.6.3 EFSEKT- OG ENERGI BEHOV

Gjennom vurderinga av byggjestandards påverknad på anleggskostnaden får ein eit bilete av korleis ulike byggt tekniske oppgraderingar kan påverke denne. Eksempelvis er kostnaden vurdert mot ulike byggjeår, altså byggjestandard.

Byggjestandard

Energi- og effektbehov, samt bygningens tyngd, er eksempel på kvantitative uttrykk for byggjestandard. Variasjonar her endrar kravet til anleggssyting til varmeanlegget, som igjen påverkar anleggskostnad. For å kartleggje i kva grad varmeløysinganes kostnad varierar med byggjestandard er derfor byggets energi- og effektbehov blitt simulert dynamisk over året ved bruk av simuleringsprogrammet Simien, som er iht NS-EN 13790 krav om dynamisk simulering over året. Berekning av effektbehovet er også gjort ved ei statisk berekning.

Det er utarbeid kvantitative data for byggets byggjestandard som funksjon av **byggjeår**, der dei byggt tekniske føreskriftene er lagt til grunn for byggets og klimaskjermens termiske eigenskapar. Som grunnlag for simuleringane er byggjeår og byggjestandardar som oppsummert i Tabell 8 nytta.

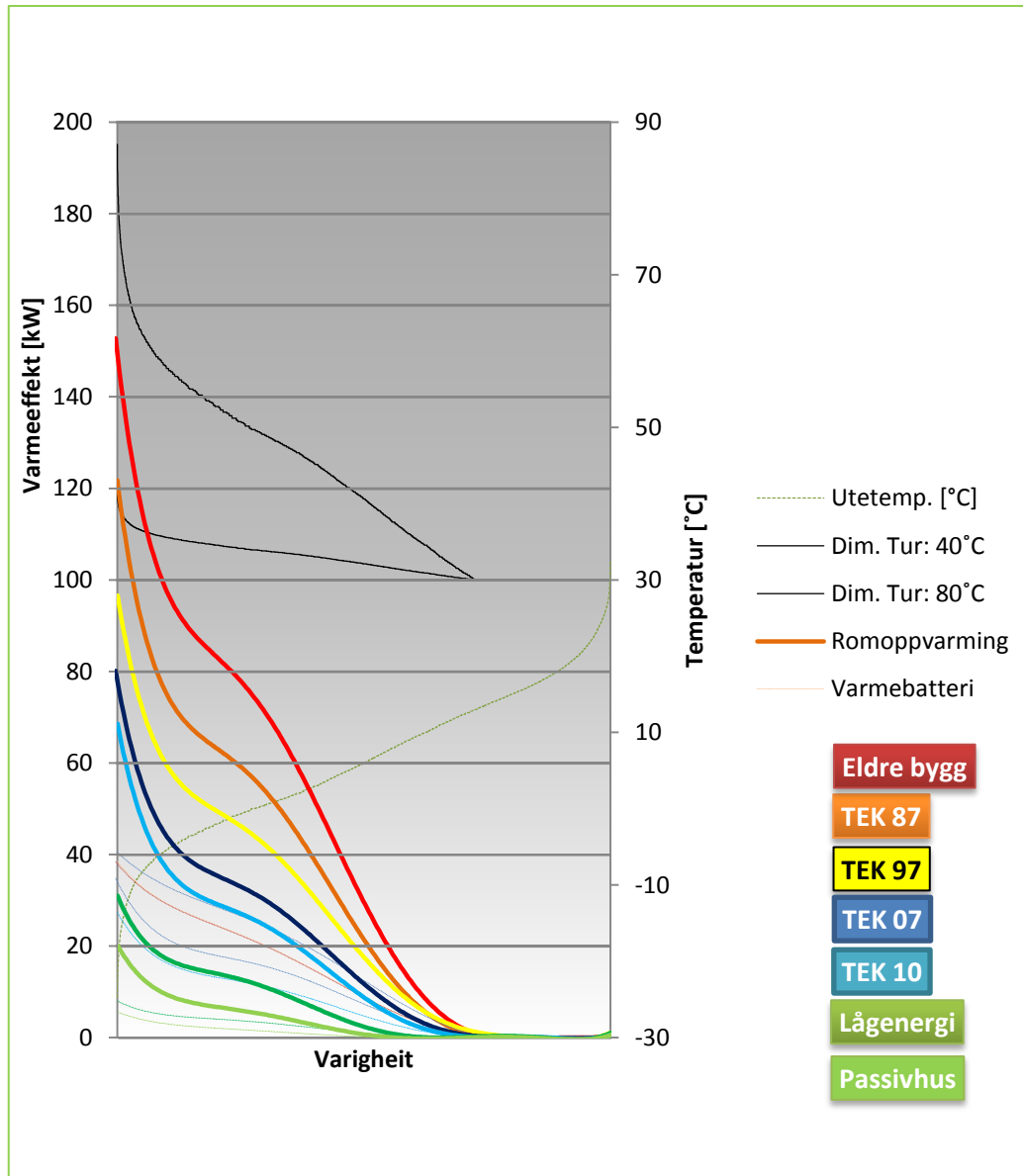
Byggjstandard	Effektbehov	Kjelde
Eldre enn 1987	80 W/m ²	ENØK-normtall/føreskrifter 1969/70
1987	60 W/m ²	Byggtekniske føreskrifter 1987
1997	40 W/m ²	Byggtekniske føreskrifter 1997
2007	30 W/m ²	Byggtekniske føreskrifter 2007
2010	29 W/m ²	Byggtekniske føreskrifter 2010
Lågenergi-standard	20 W/m ²	SINTEF Prosjektrapport 42
Passivhus-standard	15 W/m ²	SINTEF Prosjektrapport 42

TABELL 8 VALT NIVÅ PÅ BYGGJESTANDARD MED TILHØYRANDE DIMENSJONERANDE EFFEKT, BASERT PÅ TEMPERATURAR PÅ 21/-20 °C, FOR HHV DIMENSJONERANDE INNE OG UTEFORHOLD.

Det er for dei ulike byggjstandardane også berekna dimensjonerande varmeeffekt for bygningen pr. m² BTA, gitt i Tabell 8. Desse er henta frå Figur 44, og blir nytta ved dimensjoneringa av varmeanlegga for dei respektive byggjstandardane. Spesifikke byggtekniske data som nytta i simuleringane er oppsummert i vedlegg 3.

5.7 ENERGIBRUK OG ENERGIKOSTNAD

Energi­kostnad i forbindelse med byggets varmetilførsel avheng av byggj­standard, og av kva temperaturnivå varme­anlegget er dimensjonert for, ved bruk av temperatur­avhengige varme­kilder, som varmepumpe, solvarme, spillvarme og gass. Det er for kvart av dei definerte nivå for byggj­standard gjort energi- og effektsimuleringar. Figur 30 viser illustrert energi­behov for netto romoppvarme- og ventilasjonsvarme­behov. Figuren er basert på timesda­ta frå Simien-simuleringane, sortert etter utetemperatur og presentert ved polynomisk trendlinje, for auka lesbarheit.



FIGUR 30 VARIGHEITSKURVE FOR NETTO ROMOPPVARMING OG ETTERVARME AV VENTILASJONSLUFT FOR DEI ULIKE BYGGJESTANDARDANE. GRADDAGSKURVE OG DIMENSJONERANDE TUR TEMPERATUR FOR VARMEANLEGGET OGSÅ ANGIT. TIDSVARDIAR FOR VARMEBEHOV HENTA FRÅ SIMIEN.

Ein ser på Figur 30 korleis energibehovet til eksempelbygget varierar med byggjestandard. ENØK-potensialet frå "Eldre bygg"-kategorien til TEK 07 er, som ein ser, svært stort. Noko som er naturleg då det har vore ei svært stor utvikling av byggjestandard frå 1969 til 2007. Ein anna observasjon er den relativt stor energireduksjonen frå TEK 10 til Lågenergi-standard. Bakgrunnen for denne er:

- **Romoppvarming**
 - TEK: 29,9 kWh/m² - 20 % av total, 50 % av varmebehov
 - Lågenergi: 16,8 kWh/m² - 21 % av total, 58 % av varmebehov
 - Bakgrunn:
 - Tettleik auka frå 2 til 1 h⁻¹
- **Ettervarming i luftbehandlingsanlegget:**
 - TEK: 24,7 kWh/m²
 - Lågenergi: 7 kWh/m²
 - Bakgrunn: *Lågemitte materialar gir redusert luftmengde*
 - Høgemitte ved TEK 10, 1,4 l/(s·m²)
 - Lågemitte ved Lågenergi, 0,35 l/(s·m²)

5.8 KONSEPTANALYSE

Innanfor design av vassborne varmeanlegg er det eit utal av moglegheiter for utforminga. I dette kapitlet er det generalisert og det er vurdert 3 ulike konsept som er vurdert som relevante i dag.

1. Tradisjonell løysing
2. Dagens løysing
3. Framtidas løysing

5.8.1 REFERANSEANLEGGET

Den tradisjonelle løysinga definerar me som referansenivået for anleggskostnaden. Anlegget er som her er presentert basert seg på innhenta kunnskap gjennom intervju, samt faglitteratur. Figur 31 viser løysingas karakteristikk, føresetnader, absolutt anleggskostnad og anleggskostnadens fleksibilitet.

Anlegget er eit høgtemperaturanlegg, basert på fjernvarme som varmeleverandør (temperatur-uavhengig), og er dimensjonert for temperaturnivå 80/60°C og nyttar radiatorar som varmeelement. Radiatorane er plassert under alle vindauge for å hindre kaldras samt ivareta innreiingsfleksibilitet. Dette er noko me har sett er framleis vanlig i dag, med same argument. Dimensjonerande anleggsytting er satt til 60 W/m², noko som er i samsvar med TEK 87.

Anlegget er vidare seksjonert med ventilsett beståande av innreguleringsventilar og stengeventilar, der formåla er både hydraulisk balansering samt moglegheit for avstenging av delar av anlegg i driftssituasjon.

For distribusjon av varmebærar er det nytta 2-rørs med direkte retur som prinsipiell løysing, der alle leidningane er installert synleg og er isolert med 30 -50 mm folierte isolasjonsskåler av mineralull. Det er nytta ei kursinndeling med 1 varmekurs per hovudfasade der koplingsleidningane er lagt synlig på vegg under radiator. Bakgrunnen for kursinndelinga er å ivareta mogelegheita til å kunne regulere kvar fasade for seg, ettersom solinnstråling og vindforhold vil variere for kvar hovudfasade, og behovet for tilført varme derfor også vil variere avhengig av sone/fasade. Dette er ein anleggsutføring som var vanlig før, og som fortsatt heng igjen i ein del av dagens bygg. Behovet for denne type anleggsutføring er avtakande med aukande byggjestandard, då aukande tettleik av bygningskropp, betring av kvalitet på termisk isole-ring og vindauger, samt bruk av aktiv solavskjerming er tiltak som fyljer byggjestandard. Desse tiltaka reduserar dei ytre forholdas påverknad på inneklima, og ulikheitene kan regulerast ved radiatorventil.

Anlegget er dimensjonert for effektregulering ved variasjon av mediets tilførseltemperatur der turtemperatur er utekompansert. På denne måte blir anleggets varmeeffekt regulert over året, og ved intermittert drift over døgnet. Vidare er romstyringa ved termostatiske radiatorventilar, for å oppnå brukartilpassing av rommets romtemperatur.

REFERANSEANLEGGET

-Standard-løsning som tradisjonelt har vore nytta. Oppfyller primæroppgåva samt gir brukarpåverknad.

Prinsipiell karakteristikk

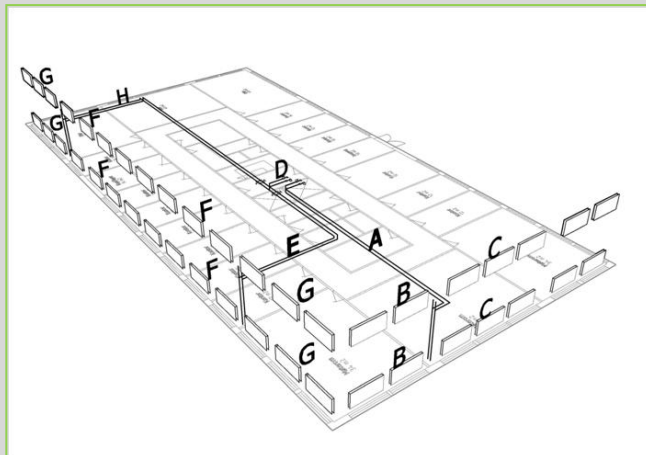
- Radiatoranlegg
- Varmeelement under vindauge
- 1 radiatorkurs per hovudfasade
- Teknisk sjakt sentralt i bygget.
- Åpent røyrnett
- 2-rørs direkte retur

Dimensjoneringsparametre

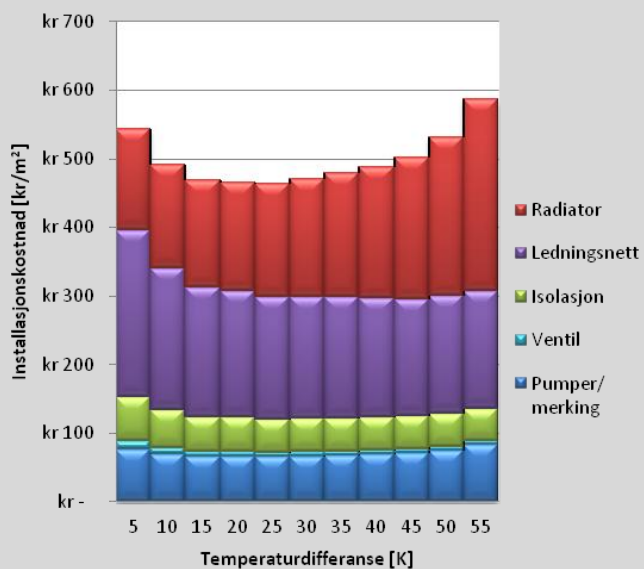
- Anleggsytelse - 60 W/m^2
- Dim. temperaturnivå - $80/60^\circ\text{C}$
- Dimensjonerande røyrfriksjon
 - Hovedstrekk - 150 Pa/m
 - Fordeling - 100 Pa/m
- 14 radiatorar pr. seksjon
- K-faktor materiell - $K_M = 0,7$
- K-faktor arbeid - $K_A = 8,84$

Produktval

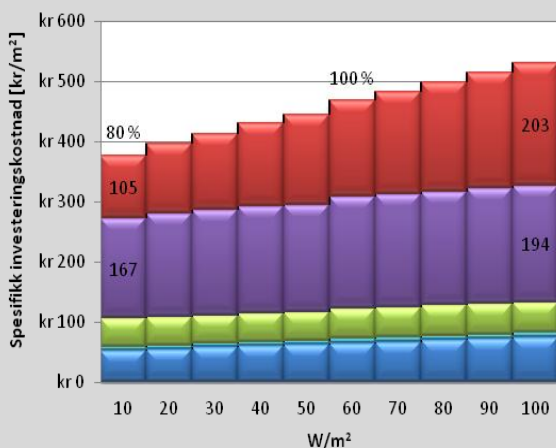
- Like radiatorar
- Ventilsett og termostat på radiator
- Tynnvegga stålrøyr
- Pressfittings
- 30 - 50 mm foliert mineralull isolasjonsskåler
- Seksjonert med regulerings- og stengeventilar



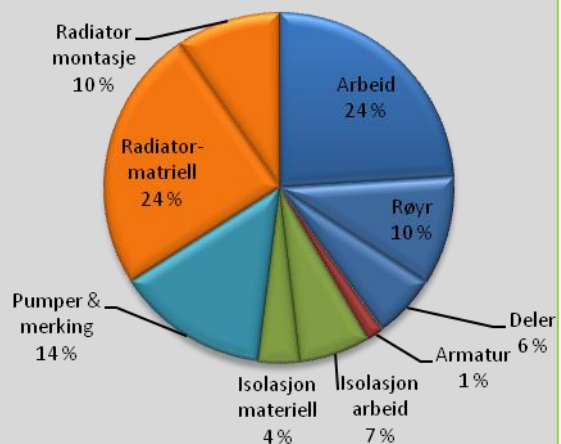
33.1 Illustrasjon av 1 av 4 identiske soner i bygget



33.2 Kostnadsutvikling som funksjon av temperaturdifferanse



33.3 Kostnadsutvikling, funksjon av byggjestandard



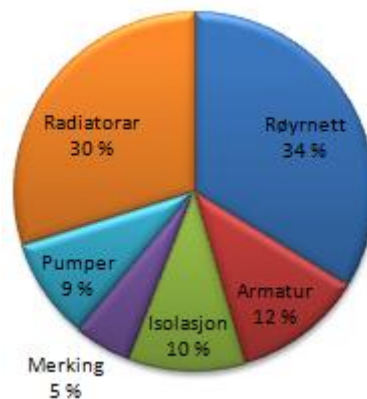
FIGUR 31 PRESENTASJON AV REFERANSEANLEGG, MED FØRESETNADER OG ANLEGGSKOSTNADENS FLEKSIBILITET

Anleggets spesifikasjonar er i samsvar med vassborent varmeanlegg, enkel standard i Holtes kalkulasjonsnøkkel og Norsk Prisbok 2011, sjå kapitel 5.4.4. Merk at desse kostnadane inkluderar varmekurs til ventilasjon og tappevatn, noko som ikkje inkludert her. Anleggskostnad i desse kalkulasjonsnøkklane varierar mellom 412 kr/m² (Holte) til 620 kr/m² (Norsk Prisbok). Simulert anleggskostnad for referanseanlegget er 465 kr/m² ekskl. mva.

Som me ser av Figur 31 har denne løysinga ein svært lite fleksibel anleggskostnad. På tross av relativt mykje materiell, som leidningsnett og radiatorar, varierar denne lite. Til eksempel gir ein reduksjon av dimensjonerande anleggsytting frå 60 W/m² til 10 W/m² berre ein reduksjon i anleggskostnad på 20 %. Bakgrunnen til dette kjem frå korleis anleggskostnaden er oppbygd, der ein ved kalkulasjon av arbeidskostnad ikkje differensierar mellom leggjekostnad for røyrdimensjonar under DN 50.

Som dimensjonerande temperaturdifferanse for varmeavgjeving har det sidan 1970-talet vore nytta ein temperaturdifferanse på 20 K som dimensjonerande. Som me ser for denne anleggsstrukturen er nettopp 20 K den kostnadsoptimale differansen, ut frå investeringskostnad. Ein observerar også at det skil svært lite ved variasjon av denne. I området 10< ΔT <40 varierar anleggskostnaden med $\pm 5\%$ ut frå referansekostnaden på 465 kr/m².

Til slutt ser me at kostnadsfordelinga er i området av det me kjenner frå Prenøk, sjå Figur 32. Avviket frå denne kan skuldast grensesnittet for kostnadane. For Figur 32 gjeld anlegg utan varmesentral, men med fordeling og sikkerheit, medan simulert anleggskostnad i Figur 31 berre inkluderar romvarmeanlegget, inklusiv distribusjon. Teknisk sentral er ikkje vurdert her, i samsvar med byggprosenttabell i akkordtariffen for røyrleggjarfaget. Dette ser ein på differansen i armaturkostnader, som inkluderar ventilsett og reguleringsutstyr.



FIGUR 32 KOSTNADSFORDELING BASERT PÅ PRENØK KUNNSKAPSLAD 10.1 (SMEDEGÅRD, 2011)

5.8.2 DAGENS LØYSING

Dette er løysinga som ofte blir nytta i dag. Eksakt denne type anleggsstruktur vart blant anna nytta ved 2 av kontorbygga som vart presentert under kapitel 0 - Dagens status. Dette er også eit radiatoranlegg der fokuset på kaldrassikring og innreiingsfleksibilitet har vore avgjerande for utforminga. Som tidligare er det plassert radiatorar under alle vindauge, der kvar radiator har eit gjennomsnittleg dekningsområde på omlag 15 m². Distribusjonsnettet er forenkla i forhold til tidligare, der all romvarme er samla i 1 kurs, noko som reduserar røyrnettets omfang. Løysingas karakteristikkk og føresetnader er presentert i Figur 33.

For å kunne dekke varmebehovet med fornybar varme er det presenterte anlegget dimensjonert med eit temperaturnivå på 60°C, eit temperaturnivå som er vanlig i dagens bygg. Ein ser at kostnadsoptimal temperaturdifferanse i investeringsøyeblikket for dette anlegget 15 K, mot 20 K for det referanseanlegget. Bakgrunnen til dette er hovudsakleg temperaturnivået, men også distribusjonsnettet omfang.

Anleggsyttinga for dette anlegget er 20 W/m², i samsvar med lågenergi og passivhus-nivå, då dette er ei løysing som blir nytta i moderne bygningar. Det øvrige anlegget er utforma etter same modell som ved referanseanlegget, dvs:

- 2-rørs direkte retur
- Hovudstamme i sentral sjakt
- Fordelingsleidningar på yttervegg under radiatoren
- Tynnvegga stålrøyr, pressfittings
- Seksjonert med 14 radiatorar pr seksjon
- Effektregulering ved mengde og temperatur.

DAGENS LØYSING

- Dette er løysinga som er oppfatta som dagens løysing. Denne utnyttar delvis potensialet med klimaskjermens gode termiske eigenskapar, ved å kunne nytte 1 varmekurs til romoppvarming. Oppfyller primæroppgåva og gir samtidig full innreiingsfleksibilitet.

Prinsipiell karakteristik

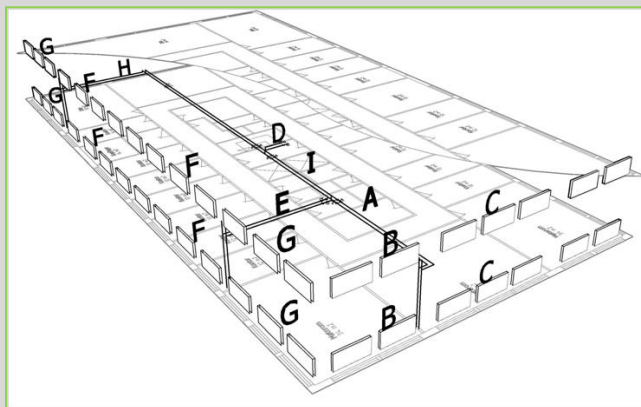
- Radiatoranlegg
- Varmeelement plassert u/vindauge
- 1 radiatorkurs
- Teknisk sjakt sentralt i bygget.
- Opent røyrnett

Dimensjoneringsparametere

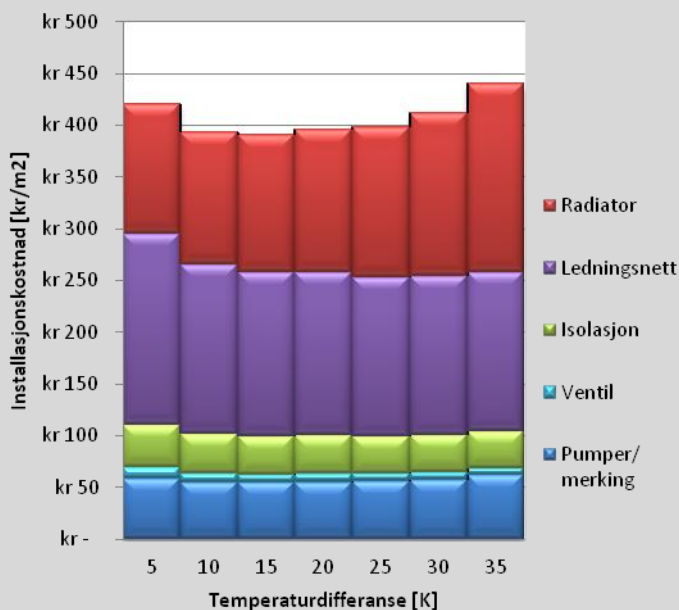
- Anleggsytelse - 20 W/m^2
- Dim. temperaturnivå - $60/45^\circ\text{C}$
- Dimensjonerande røyrfriksjon
 - Hovudstrek - 150 Pa/m
 - Fordeling - 100 Pa/m
- 14 radiatorar pr. seksjon
- K-faktor materiell - $K_M = 0,7$
- K-faktor arbeid - $K_A = 8,84$

Produktval

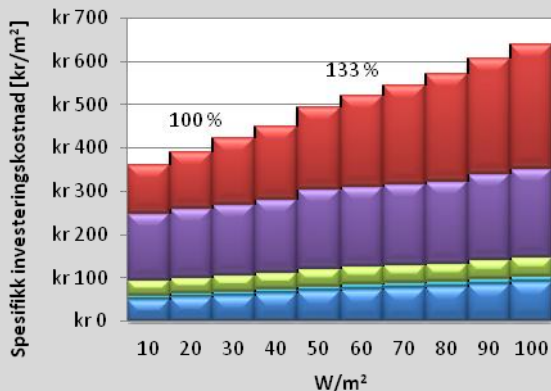
- Like radiatorar
- Ventilsett og termostat på radiator
- Tynnvegga stålrøyr, pressfittings
- 30 - 50 mm foliert mineralull isolasjons-skåler
- Seksjonert med regulerings- og stenge-ventilar



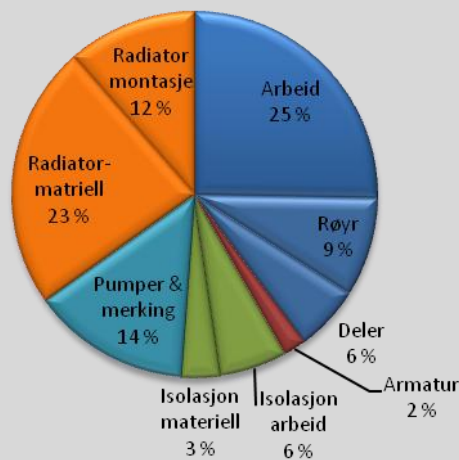
35.1- 3D-illustrasjon av 1 av 2 identiske soner per etasje.



35.2 Kostnadsutvikling som funksjon av temperaturdifferanse



35.3 Kostnadsutvikling, funksjon av byggjestandard



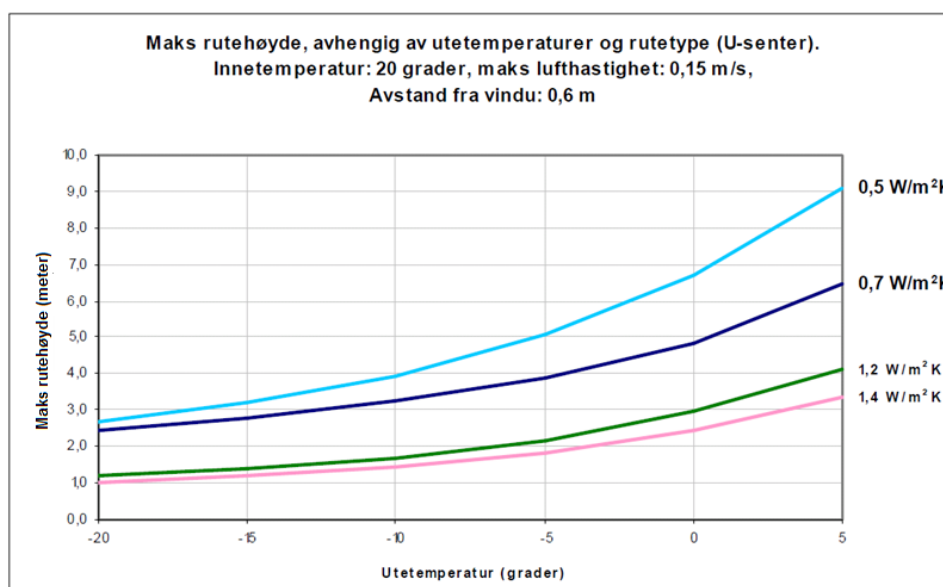
FIGUR 33 PRESENTASJON AV DAGENS ANLEGG, MED FØRESETNADER OG ANLEGGSKOSTNADENS FLEKSIBILITET

Som me ser av Figur 33 er anleggskostnaden for denne anleggsstrukturen 391 kr/m², mot 465 kr/m² for referanseanlegget, altså ein reduksjon på 16 %. Denne reduksjonen er eit resultat av anleggsomfanget, der det reduserte temperaturnivået dreg anleggskostnaden opp. Ein ser at om denne løysinga blir dimensjonert til byggjestandard som medfører 60 W/m², så vil anleggskostnaden auke med heile 33 %. Dette på grunna av temperaturnivået.

Av kostnadsfordelinga i anlegget ser ein at denne er nær uforandra frå tidligare. Dette betyr at kostnadsoptimal temperaturdifferanse, på tvers av temperaturnivå, utviklar seg på same måte som for referanseanlegget. For anlegget i Figur 33 ser me at karakteristikken av kostnadsoptimumet også her er flat. Optimal differanse er redusert til 15 K, der anleggskostnaden varierar lite i området $10 < \Delta T < 25$. Det vil sei at innanfor dette området er det andre omsyn enn kostnad som må vurderast. Dette er spesielt viktig i framtidas bygg, noko me ser i kapitel 5.11.2.

5.8.3 FORENKLA LØYSING

Med den tradisjonelle løysinga som referanse for det maksimalistiske nivået, ser me på ei løysing som utnyttar heile potensialet med moderne byggjestandard og med eit lokale basert på kontorlandskap. Sidan SINTEF's "Prosjektveileder. Forenklet anlegg for vannbåren oppvarming av boliger" kom ut i 2009 har temaet "radiatorplassering" vore eit sentralt tema i bransjen. Som me veit er radiatorens primæroppgåve å halde ønska innetemperatur gjennom heile fyringssesongen i alle soner/rom, samt hindre trekk som fylje av kaldras. Ettersom kaldraseffekten ikkje påverkar trekkforholda i opphaldssona med bruk av superisolerte vindauge av normal høgd, kan ein dei tilfella vurdere alternative plasseringar. Som me såg i kapitel 5.8.2 - "Dagens status", er det vanlig å nytte vindauge med U-verdi ned mot 0,7 W/m²K. Som me ser av Figur 34 kan me då tillate ei høgd på vindauget på maksimalt 2,5 meter. Overstig me dette vil me bryte arbeidstilsynets anbefaling for maksimal lufthastighet på 15 cm/s i opphaldsona. Opphaldsona startar ved 60 cm frå yttervegg.



FIGUR 34 MAKSIMAL HØGD PÅ VINDAUGE SOM FUNKSJON AV UTETEMPERATUR OG U-VERDI (THYHOLT, 2008)

Anlegget som er presentert i Figur 35 baserer seg på sentraloppvarming av lokalet, der radiatorane er hovudsakleg plassert rundt kjerna i bygget, samt i møterom. Denne løysinga medfører ein reduksjon av mengd radiatorar med 2/3. Figur 35 viser løysingas karakteristik, føresetnader, absolutt anleggskostnad og anleggskostnadens fleksibilitet.

Dimensjonerande temperaturnivå er på 60°C, som ved dagens løysing. Anleggsytting er satt til 20 W/m², noko som er i samsvar med moderne byggjestandard. Anlegget er som tidligare seksjonert med innreguleringsventilar og stengeventilar, der formåla er både hydraulisk balansering samt moglegheit for avstenging av delar av anlegg i driftssituasjon.

Som tidligare er det også her berre 1 varmekurs til romoppvarming der fordelinga skjer ved 2-rørs med direkte retur. Denne systemutforminga av fordelingsnettlet er spesielt viktig for denne type løysing, då ein ved ei seinare anledning lett kan utvida anlegget med fleire varmeelement. Også for denne løysinga er det isolert med 30 -50 mm folierte isolasjonsskåler av mineralull.

Anlegget er robust og medfører enkel innregulering. Som ved dagens løysing er anlegget dimensjonert for effektregulering ved variasjon av mediets tilførseltemperatur der turtemperatur er utekompansert. Romstyringa ved denne løysinga er ved termostatiske radiatorventilar, utan at dette gir noko grad av individuell brukartilpassing av rommets temperatur.

Simulert anleggskostnad med desse føresetnader er 214 kr/m².

FORENKLA LØYSING

- Løsning som utnyttar potensialet med god klimaskjerm og kontorlandskap utan behov for innreiingsfleksibilitet. Oppfyller primæroppgåva, men gir ikkje rom for brukarpåverknad. Representerar nedre grense for potensiell investeringskostnad av vassboren varme basert på radiatoroppvarming.

Prinsipiell karakteristikk

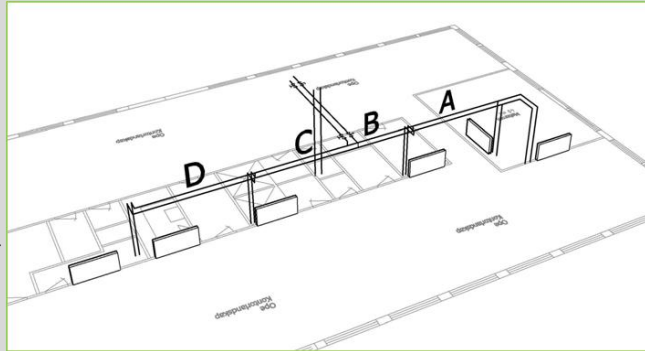
- Radiatoranlegg
- Varmeelement sentralt plassert
- 1 radiatorkurs
- Teknisk sjakt sentralt i bygget.
- Opent røyrnett

Dimensjoneringsparameterna

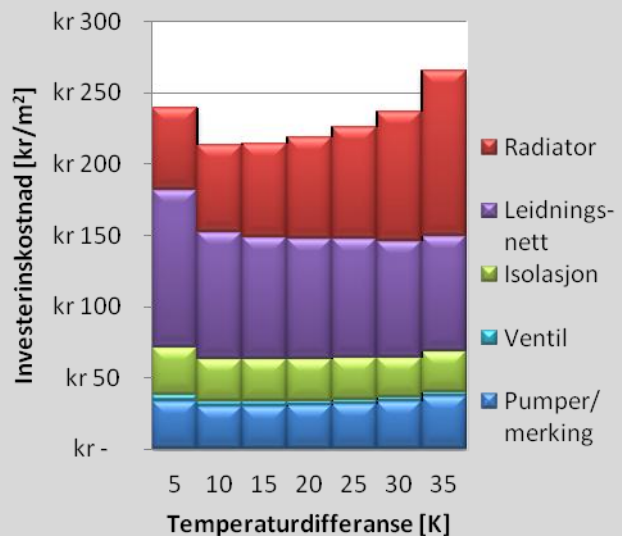
- Anleggsytelse - 20 W/m^2
- Dim. temperaturnivå - $60/50^\circ\text{C}$
- Dimensjonerande røyrfriksjon
 - 100 Pa/m
- 6 radiatorar pr. seksjon
- K-faktor materiell - $K_M = 0,7$
- K-faktor arbeid - $K_A = 8,84$

Produktval

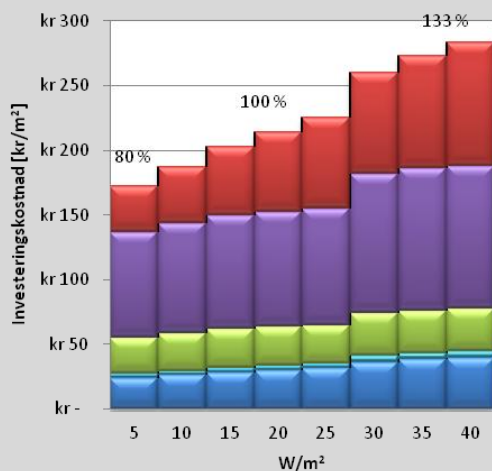
- Like radiatorar
- Ventilsett og termostat på radiator
- Tynnvegga stålrøyr
- Pressfittings
- 30 - 50 foliert mineralull isolasjons-skåler
- Seksjonert med regulerings- og stenge-ventilar



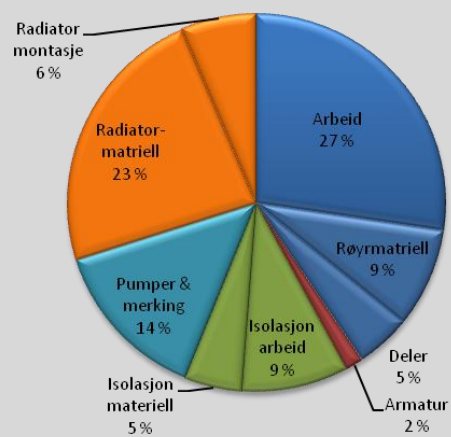
37.1 3D-illustrasjon av 1 av 2 identiske soner per etasje.



37.2 Kostnadsutvikling som funksjon av temperaturdifferanse



37.3 Kostnadsutvikling, funksjon av byggjestandard



FIGUR 35 PRESENTASJON AV FORENKLA ANLEGG, MED FØRESETNADER, OG ANLEGGSKOSTNADENS FLEKSIBILITET

Som me ser av Figur 35 er denne anleggsstrukturens kostnad noko meir fleksibel enn tidlige løysingar. Me ser at ein dobling av anleggsyttinga her vil medføre ein kostnadsauke på 33 %, noko som også var tilfelle ved ei tredobling av effekt ved dagens løysing. Som me ser er kostnads optimal temperaturdifferanse redusert ytterligare til 10 K. Konsekvensane er også her avgrensa for val i området $5 < \Delta T < 20$, ved dimensjonerande temperatur på 60°C.

5.8.4 OPPSUMMERING

Gjennom denne overordna vurderinga av tre ulike konsept innan radiatoroppvarming har me sett at potensialet er stort for reduksjon av kostnader. Både ved å velje korrekte designparametre og ved fokus på systemstrukturen er det eit stort potensiale. Ein ser at anleggsyttinga for dei tre ulike konseptene varierar frå

- Referanseanlegg - ca. 465 kr/m²
- Dagens løysing - ca. 390 kr/m²
- Forenkla konsept - ca. 215 kr/m²

Variasjonen frå "Referanseanlegg" til "Dagens løysing" ligg først og fremst over redusert omfang av leidningsnett, medan forskjellen mellom "Dagens løysing" til "Forenkla løysing" ligg i reduksjon i omfang av radiatorpunkt. Merk at kostnadane berre bør sjåast i samanheng til kvarandre og ikkje som absolutte.

5.9 ROMMETS VARMEKJELDE

5.10 KOMPONENT- OG PARAMETERANALYSE

Som me såg i førre kapittel er det eit stort potensiale for å redusere kostnadsnivået forbundet med romoppvarmingsanlegget, både via anleggsstruktur og val av designparametre. I dette del-kapitlet er det gjort ei gjennomgang av dei rommets varmekjelde, der designparameter og designval blir gjennomgått i lys av dei 4 kjerneparametera, definert ved:

1. Termisk komfort
2. Systemeffektivitet
3. Robustheit
4. Kostnadsnivå

5.10.1 ANLEGGETS VARMEEFFEKT

Varmeanleggets dimensjonerande varmeeffekt er blant dei viktigaste design-parametra ved design av varmeanlegget. Om anlegget ikkje kan levere den nødvendige effekten ved dimensjonerande forhold vil dette gå ut over den termiske komforten til brukaren, då anlegget ikkje har kapasitet til å oppretthalde ønska innetemperatur.

Historisk

Tradisjonelt har me sett at dette ikkje er noko utbreddt problem, då anlegga heller blir overdimensjonert, noko som var vanlig tidligare. Som ei av rådgjevarkjeldene sa, ved datainn-samling hausten 2010, spissformulert:

"Rådgjevars store skrekk, og det som gir han våkenetter, er om det er tvil om varmeanleggets effekt er stor nok"

Eksempel

Eit av pionerbygga innan moderne kontorbygg er Miljøbygget i Trondheim. Dette er eit såkalla forbildebygg og husar blant anna Enova SF. Dette bygget vart presentert i kartlegginga av tekniske varmeløysingar i prosjektrapporten "Analyse av forenkla vassborne varmedistribusjonsløysingar for bygningar" i 2011. Bygget er berekna å ha eit totalt energibehov på 83 kWh/m²år (Dale, 2012), der varmebehovet står for omlag 10 kWh/m²år, noko som er på passivhusnivå. Ved ein stikkprøve i eit av byggets store lokale ser ein at i dette bygget er det installert heteflater store nok til å dekkje romvarme-behovet for eit typisk TEK 97-bygg, dvs omlag 40 W/m². Dette forutsatt at dimensjoneringspunkt er ved DUT og ved dimensjonerande anleggstemperatur som er opplyst til å vere 80/60°C.

Dette er heilt i samsvar med den tidligare kartlegginga, der eit av funna var overdimensjoneringa av varmeanlegg var utbreddt. Dette er som me har sett i kapitel 3 Dagens status ikkje tilfelle i moderne bygg lenger. Ein anslår likevel ei overdimensjonering på omlag 10 %. grunna sprang i produktutvalet. Figur 36 oppsummerar kjerneinformasjon for Miljøbygget.

Miljøbygget - Noregs mest energieffektive kontorbygg i 2009

- Netto energibehov - 83 kWh/år m²
- Kontraktsum - 14 242 kr/m²
- Vassboren varme - radiator & gulvv.
- 80/60-anlegg
- Installert effekt - 40 W/m²
- Ferdig 2009
- Areal - 16 500 m²
- Luftskifte - 0,4 h⁻¹
- Temp.verknadsgrad: 85 %
- Varmepumpe og Fjernvarme



FIGUR 36 KJERNEINFORMASJON FOR MILJØBYGGET I TRONDHEIM (DALE, 2012)

Metode

Ved berekning av bygningens effektbehov er det fleire moglege metodar. Simien er eit energisimuleringsprogram som blir mykje nytta i byggjebransjen i dag, noko me såg i kapitlet - Dagens staus. Programmet, som primært tilbyr energisimuleringar, bereknar også bygningens, og sonas effektbehov. Men som med alle simuleringar fyljer det med ei rekkje føresetnader, noko som også er tilfelle her. I Simien sitt tilfelle må ein overstyre berekningane om ein skal få det effektbehovet ein er ute etter. Til eksempel vil det sei utan nattsenking, internlaster, solbelastning osv ved DUT. Derfor blir det fortsatt nytta statiske berekningar i dag, gjerne i rekneark, til berekninga av dimensjonerande effektbehov, då Simien vil gje kraftig overdimensjonert anlegg utan overstyring. Dette skal me sjå på vidare i dette delkapitlet.

I dag er det inga lovfesta norsk standard for berekning av dimensjonerande effekt. Tidligere fungerte NS 3031:1987 som standard for berekning av energi- og effektbehov, men denne har no endra form til berekning av bygningens energiytelse. Det er likevel ein norsk standard som dekkjer området; NS-EN 12831. Denne angjer metode for berekning av bygnings effektbehov, men denne er det ikkje henvist til.

Teori

Om ein neglisjerar den nødvendige effekten som må til for å dekkje den undertempererte tillufta frå ventilasjonsanlegget (utetemperatur-uavhengig), kan ein forenkla beskrive oppbyggnaden av dimensjonerande effekt etter likning 4:

$$\Phi = K \cdot (T_{inne} - DUT) \quad (4)$$

der:

- ϕ = Dimensjonerande effekt
- K = Konstant
- T_{inne} = Innetemperatur
- DUT = Dimensjonerande utetemperatur

Som ein ser er anleggets varmeeffektbehov produktet av eit sett med statiske og dynamiske element. Dei statiske elementa, presentert ved K i likning 4, kjenner me frå krava i lovverket. Eksempel:

- Bygningselementas termiske eigenskapar - U-verdi
- Kuldebruverdi
- Bygningens tettleik - uttrykt luftskifte pr time $v/\Delta p=50$ Pa
- Vindaugas totale varmetapstal
- Bygningselementas areal - m^2
- Bygningens luftvolum - m^3
- Bygningens plassering i terrenget

Som ein ser er dei overståande punkta moment som ikkje rådgjevar kan påverke. Momenta avheng av utbyggjars val av energikonsept, tomteplassing og arkitektonisk utforming.

Dei dynamiske elementa i bygningens effektbehov er inne- og utetemperatur, noko som kan påverkast gjennom kreative betraktningar. I verkelegheita påverkar også bygningens tidskonstant også det reelle behovet, men dette blir ikkje teke omsyn til ved berekning av anleggets nødvendige varmeeffekt i Noreg i dag.

5.10.2 INNETEMPERATUR

Operativ innetemperatur er ei av faktorane som påverkar brukarens oppleving varme og kulde i bygget. Anbefalt nivå for innetemperatur er gitt i så vel som rettleiinga til byggt tekniske føreskrifter, som i Arbeidstilsynets rettleiing til inneklime, rapport 444. Utdrag frå TEK 10, med rettleiing:

§ 15-1. Generelle krav til varme- og kuldeinstallasjon

"(1) Varme- og kuldeinstallasjon skal prosjekteres og utføres slik at installasjonen gir de ytelser som er forutsatt og krav til sikkerhet, energibruk og innemiljø blir ivaretatt. (...)"

Frå rettleiinga:
Anbefalinger
*"Varmeinstallasjoner bør ha slik kapasitet at innetemperaturen ikke synker mer enn **3 °C under laveste anbefalte temperatur** ved ekstrem utetemperatur. Ekstrem utetemperatur kan settes lik gjennomsnittstemperaturen i de kaldeste sammenhengende tre døgn i løpet av en 30-års periode. Reguleringsutrustning skal sikre energikjøonomisk og stabil drift og være tilpasset de anbefalte romtemperaturene som er angitt i veiledningen § 13-4."*

§ 13-4 Tabell 1: Anbefalte verdier for operativ temperatur

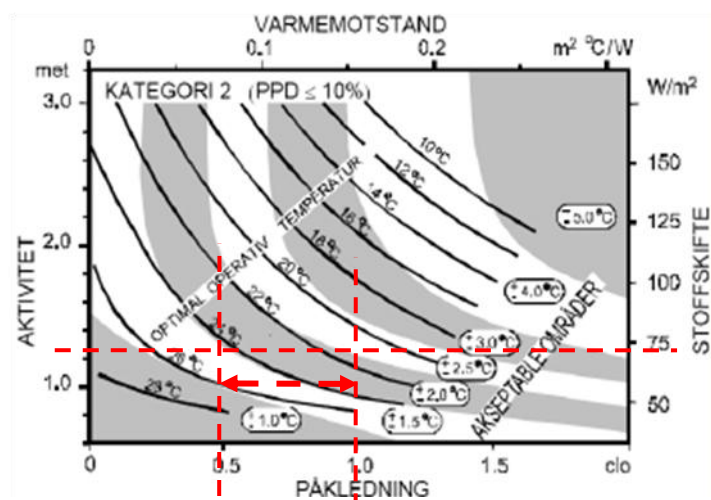
Aktivitetsgruppe	Lett arbeid	Middels arbeid	Tungt arbeid
Temperatur °C	19-26	16-26	10-26

FIGUR 37 UTDRAG FRÅ BYGGTEKNISKE FØRESKRIFTER MED RETTLEIING. LETT ARBEID = KONTOR (DIREKTORATET FOR BYGGKVALITET, 2010)

Som ein ser av utdraget frå rettleiinga til den gjeldande byggt tekniske føreskrifta, i Figur 37, er det anbefalt å dimensjonere varmeanlegget til å kunne oppretthalde minste anbefalte innetemperatur, minus 3 grader, ved dimensjonerande forhold. For eit kontorbygg, der aktiviteten er definert som lett arbeid, anbefalar rettleiinga ein minste anbefalte innetemperatur på 19 grader, noko som også er i samsvar med Arbeidstilsynets rettleiing til arbeidsmiljøloven (Arbeidstilsynet, 2006). Det vil sei at det vassborne varmeanlegget bør ha ein effekt som minimum opprettheld 16°C innetemperatur i kontorbygg ved dimensjonerande forhold. I forhold til dagens praksis er dette kontroversielt. Dette vil i praksis sei at ein tek omsyn til varmetilskot frå byggets internlastar under dimensjonerande forhold, noko som tradisjonelt ikkje har vore vanlig praksis ved berekning av varmelegg tidligare. Internlastene kan for moderne kontorbygg utgjere mellom 10-15 W/m² i driftstida. På tross av denne rettleiinga er

det vanlig å dimensjonere anlegget for å kunne halde den anbefalte innetemperaturen over året også ved DUT. Denne ligg i området 21-22°C, jmf Dagens status. Ettersom varmeeffektbehovet er proporsjonalt med temperaturdifferansen mellom ute og inne, betyr dette at anlegga blir overdimensjonert med 16 % ved dette punktet i forhold til rettleiinga.

Det er verdt å notere seg betydninga av graden av påkledning har for kulde- og varmfølelse, i eit komfort- perspektiv. Som me ser av Figur 38 utgjer forskjellen mellom sommarpåkledning (0,5 clo) og vinterpåkledning (1 clo) omlag 4 grader i eit kontormiljø (1,2 met) for ein gjennomsnittsperson. Denne vil variere med den enkeltes forbrenning. I dei tidligare presenterte Futurebuilt-bygga var brukaropplæring noko som var inkludert. Å minne brukar på det faktumet som Figur 38 viser, kan også bety ein lågare andel misfornøgde.



FIGUR 38 OPTIMAL OPERATIV TEMPERATUR SOM FUNKSJON AV AKTIVITET OG PÅKLEDNING (HANSSEN, 2010)

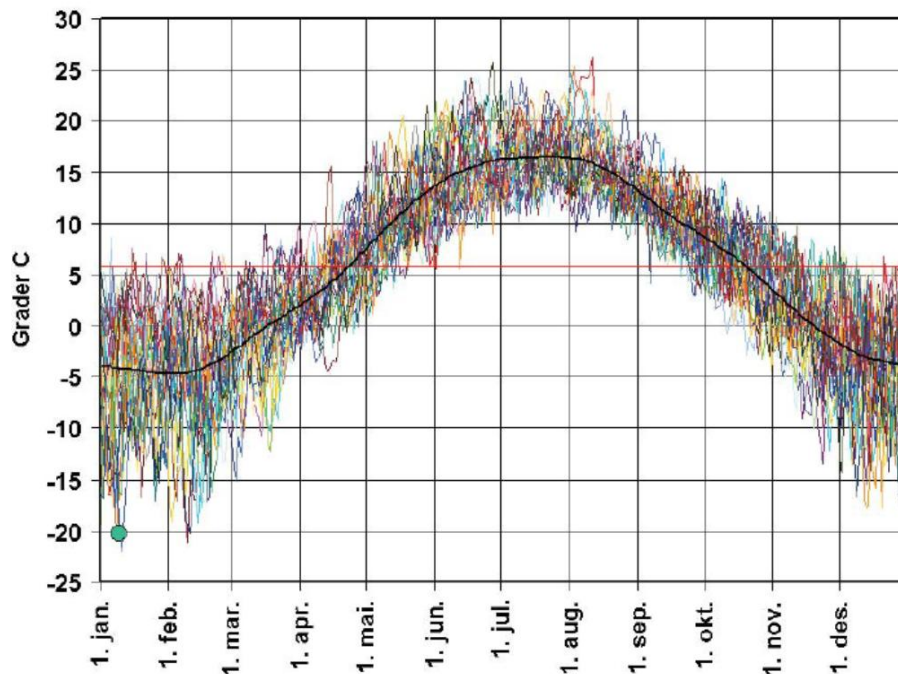
5.10.3 DIMENSJONERANDE UTETEMPERATUR

Som med resten av forholda rundt det vassborne varmeanlegget dei siste tiåra, er også vurderinga av kva forhold som er dimensjonerande ikkje endra. Såkalla DUT, 3-døgns middel utetemperatur, har vore nytta i fleire tiår. Denne kjenner me igjen frå NS 3031:1987. Sjølv ved dagens moderne byggjeskikk dannar denne grunnlaget for dei dimensjonerande forholda og dermed utgangspunktet for berekninga av varmeeffekten.

Bakgrunn

Dimensjonerande utetemperatur er per definisjon den lågaste registrerte tredøgns middel over den siste 30-års normalperiode og blir nytta som referanse og utgangspunkt for ekstremforholda me har om vinteren. DUT baserar seg på målte data over ein gitt periode, der DUT for varmelegg er lågaste 3-døgnsmiddel over ein 30-års periode. Figur 39 viser observasjonar av døgnmiddel-temperaturar for Oslo i normalperioden 1961-1990 (gjeldande for i dag). Årsmiddeltemperatur er merka ved raud strek, normaltemperatur er merka med svart, medan DUT er merka med grøn markør (tidspunkt for DUT januar 1987). Som ein ser av figuren inntreff DUT berre ein gong i løpet av denne 30 årsperioden.

For berekning av DUT har me i dag NS-EN ISO 15927-5:2004 - Bygningers hygrotermiske egenskaper - Beregning og presentasjon av klimadata - Del 5: Data for dimensjonerende effektbehov til romoppvarming. Denne angir regler for berekning av 2 ulike DUT for bruk til effektberekning.



FIGUR 39 DØGNMIDDELTEMPERATURAR OG DØGNNORMALAR FOR OSLO. GJELDANDE NORMALPERIODE, 1961-1990. (SANDBERG, 2004)

Analyse

Ved å tillate ein reduksjon av innetemperaturen ved ekstreme utetemperaturar utnyttar ein den lagra energien i bygningskroppen til å bidra med å halde temperaturen i rommet. Tregheitas storleik er bestemt av bygningens tidskonstant. Tidskonstanten er pr definisjon forholdet mellom bygningskroppens varmekapasitet og varmetapstalet (likning 5), og er lik tida det tek før 63,2 % av endringa har teke plass.

$$\tau = \frac{C}{H} \quad (5)$$

der:

- τ - Tidskonstanten [timar]
- C - Bygningens samla varmekapasitet [Wh/K]
- H - Bygningens varmetransportkoeffisient [W/K]

For bygg med høg tidskonstant vil derfor korte periodar med låg utetemperatur ikkje merkast, og derfor er det middeltemperaturen over fleire dagar som er dimensjonerande for ein bygning med stor tregheit. Ein bygnings dimensjonerande utetemperatur er med andre ord avhengig av både bygningens tidskonstant og av utvendige temperaturforhold. Det er per i

dag ikkje noko nasjonal standard på korleis dimensjonerande utetemperatur skal dimensjonert med omsynt til ulike bygningar. Med stadig betra byggjstandard og auka bruk av eksponert betong og tunge konstruksjonar for å avgrense kjølebehovet, ser me av likning 5 at tidskonstanten også vil auke, og dermed utgjere eit potensiale mot redusert anleggseffekt, og dermed anleggskostnad. Me kan likevel gjere nokre betraktningar.

Eksempel

Med utgangspunkt i det tidligare presenterte eksempelbygget ser me på korleis tidskonstanten for dei ulike byggjstandardane utviklar seg på tvers av byggets konstruksjon (tyngd). Frå energi- og effektsimuleringar av eksempelbygget, samt klassifiseringa av bygningens tyngd etter NS 3031, tabell B4 har me:

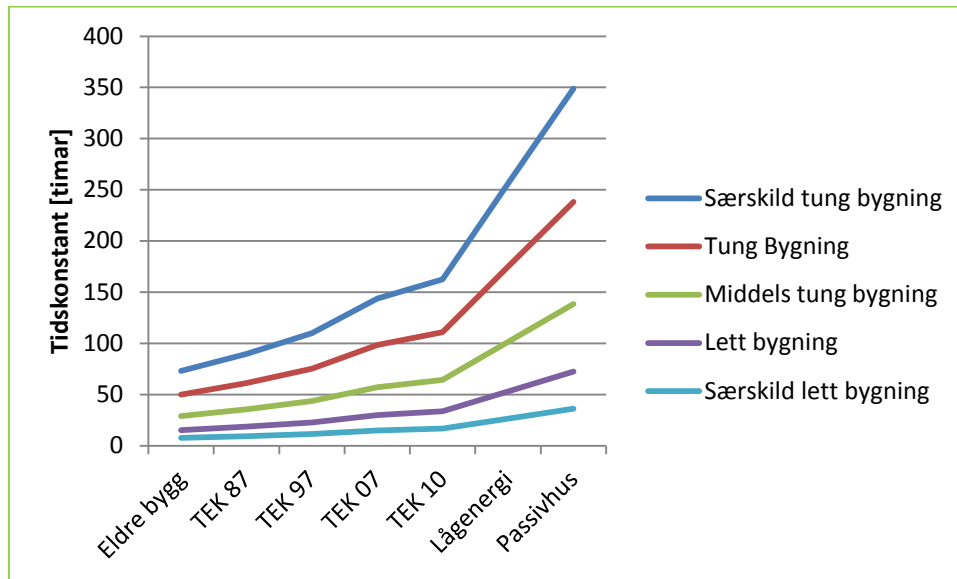
Bygg	Normalisert varme- kapasitet [Wh/(m ² ·K)]
Særskild tung bygning	164
Tung Bygning	112
Middels tung bygning	65
Lett bygning	34
Særskild lett bygning	17

TABELL 9 KLASSIFISERING AV BYGNINGAR ETTER TERMISK VARMELAGRINGSVEVNE ETTER TABELL B4 I NS 3031

Byggjstandard	Varmetapstal [W/m ² ·K]
Eldre bygg	2,25
TEK 87	1,83
TEK 97	1,49
TEK 07	1,14
TEK 10	1,01
Lågenergi	0,64
Passivhus	0,47

TABELL 10 SIMULERT VARMETAPSTAL FOR EKSEMPELBYGGET. KONTORBYGG Plassert i OSLO.

Som me ser av Figur 40 utviklar tidskonstanten svært mykje for tunge bygg med moderne byggjstandard. Med bakgrunn i tidligare presentert stoff ser me at denne type bygg gir eit stort potensiale med tanke på bygningens effektbehov, også med omsyn til bygningens tyngd, og ikkje berre på grunn av betringa av termisk isolasjon og tettleik.



FIGUR 40 BYGGJESTANDARD OG BYGNINGENS TYNGD, PÅVERKNAD TIDSKONSTANTEN. BEREKNA ETTER I TABELL 9 OG TABELL 10.

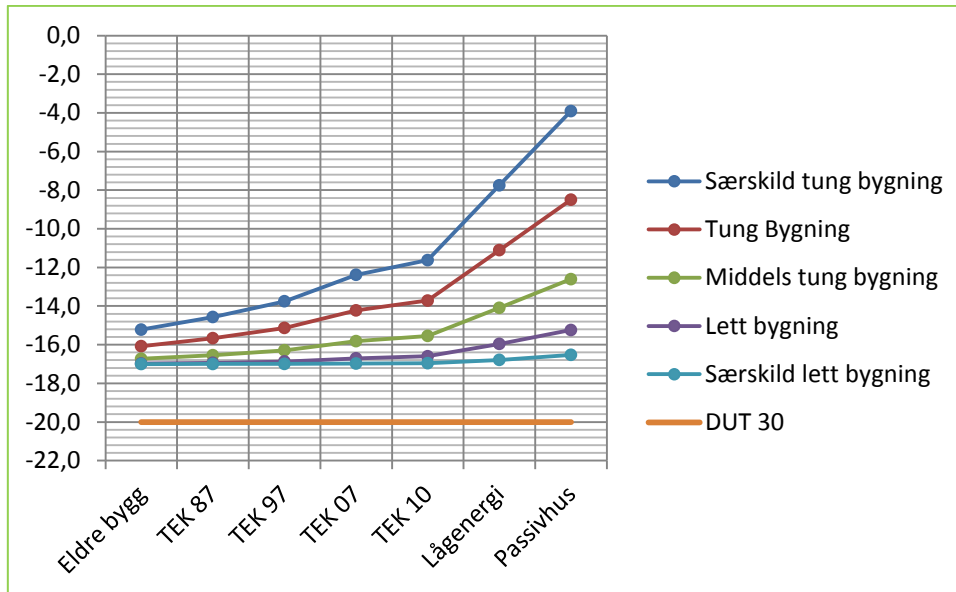
Om me vidare tillet eit temperaturfall av innetemperaturen på maksimalt 3 grader maksimalt ein gong over ein tidsperiode på 30 år, etter rettleiing til TEK, kan ein gjere nye vurderingar rundt DUT. Likning 6 (Novakovic & et.al, 2007) viser samanhengen mellom bygningens avkjølingsforløp og tidskonstanten. Likninga føreset stasjonære utgangsførhold.

$$\Delta\theta_{inne} = \Delta\theta_{ute} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \quad (6)$$

der:

- $\Delta\theta_{inne}$ - endring av innetemperatur [K]
- $\Delta\theta_{ute}$ - endring av utetemperatur [K]
- t - tidsperioden [timar]
- τ - bygningens tidskonstant [timar]

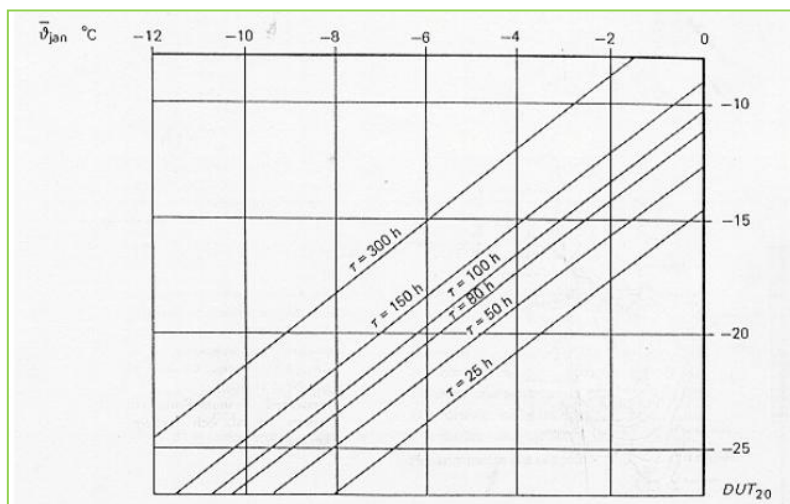
Som me ser av Figur 41 kan bygningar med høg tidskonstant redusere effekten låge utetemperaturar her på inneklimate. Figuren tek utgangspunkt i stasjonær utgangsførhold, som over ein tidsperiode på 3 dagar med DUT 30 ikkje medfører eit fall større enn 3 grader på innetemperatur. Ein ser det at for særskild tunge bygg med byggjstandard passivhus og lågenergi, er denne utgangstemperaturen langt over det ein kan nytte som DUT, ettersom det vil vere andre middelperiodar som vil forekomme oftare og dermed vere dimensjonerande. Det er derfor behov for ein standard som gir reglar for berekning av denne.



FIGUR 41 MINSTE NØDVENDIGE DUT FOR Å OPPFYLLE KRAVET OM EIT MAKSIMALT TEMPERATURFALL PÅ 3 K NÅR 3-DØGN'S TEMPERATUR MIDDEL INNTREFF. FØRESETNAD AT UTGANGSFORHOLDA ER STASJONÆRE. DUT SOM FUNKSJON AV BYGGJESTANDARD OG BYGNINGENS TERMISKE VARMELAGRINGSEVNE.

DUT i Sverige

I motsetning til Noreg, er bygningens tidskonstant implementert som berekningsunderlag ved berekning av DUT i Sverige. Her gir ein mogelegheit for bygningar med høgere tidskonstant enn 24 timar å ta omsyn til dette, noko som har medført reduserte anleggsstorleikar. Som i Noreg gir ein også her anbefalingar mot å tillate eit temperaturfall av innetemperatur ned på 16 °C, her ein gong pr. 20 år. (Boverket, 2011) For berekning av DUT i Sverige er det månadsnormaltemperatur for januar som er bestemmende for DUT, ilag med bygningens tidskonstant. Sjå Figur 42.



FIGUR 42 BEREKNING AV DUT₂₀, MED EIT TEMPERATURFALL PÅ 3 GRADER OG MAKSIMAL FREKVENNS PÅ 1 PR 20 ÅR.V (SELINDER & ZINKO, 2003)

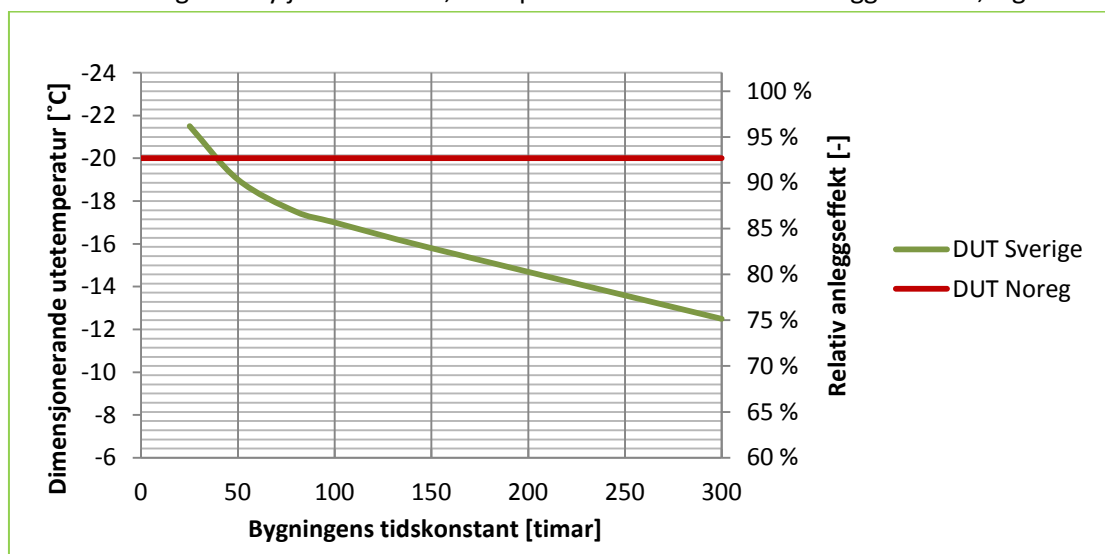
5.10.3.1 SAMANFATNING

Som me har sett har bygningens tidskonstant stor påverknad på kva nødvendig effekt varmeanlegget bør ha. Med innføring av energieffektiv byggjestandard, med fokus på passive energiltak, som også inkluderar bruk av tunge byggjematerialer, er dette eit stort kommande potensiale innan reduserte anleggsstorleikar.

Sverige har implementert dette, der svensk standard SS 024310 er eit verktøy for berekning av denne. Ettersom dette også er eit spørsmål om kva sikkerheitsnivå bruken av bygget krev, må det skiljast mellom ulike bygningskategoriar. Til eksempel vil eit inne-temperaturfall på 3°C i eit Sjukehus ikkje vere akseptabelt, medan det for eit ordinert kontorbygg kan akseptereast med ein gitt frekvens, for eksempel 1 gong pr 20 år. I SS 024310 kan ein berekne DUT som funksjon av tidskonstant, temperaurfall og frekvens. Det er her angitt ekstremtemperaturar som inntreff ved 5, 10, 20 og 30-års intervall. Eit tilsvarande standardverk er det også behov for i Noreg.

Anleggskostnad

Om me til eksempel nyttar Svensk metode for berekning av DUT_{20} , og finn nye dimensjonerande utetemperaturar basert på Oslo-forhold med ein månadsnormal for januar på -4,3°C, får me etter Figur 42 fyljande verdier, med potensiale for redusert anleggsstorleik, Figur 43:



FIGUR 43 SAMANLIKNING AV DUT MELLOM NOREG OG SVERIGE, FOR LOKASJON MED SAME MIDDELTEMPERATUR. EKSEMPEL GJELD FOR MIDDELTEMPERATUR SOM OSLO. POTENSIALE FOR REDUSERT ANLEGGSTORLEIK INKLUDERAR REDUSERT DIMENSJONERANDE INNETEMPERATUR FRÅ DAGENS PRAKSIS PÅ 22 TIL 19 GRADER, ETTER TEK OG ARBEIDSTILSYNETS ANBEFALINGAR.

Det er verdt å merke seg at verdiane i Figur 43 tek som utgangspunkt at ein tillet eit fall i innetemperturen på 3 grader under minste anbefalte temperatur med ein frekvens på 1 pr 20 år. Minste anbefalte innetemperatur for kontorbygg er 19 °C (Direktoratet for byggkvalitet, 2010).

Som me ser gir bygningar med aukande tidkonstant redusert anleggstorleik. Relative verdier i tabell gjengir potensiale for redusert anleggstorleik frå dagens standard til bruk av ny DUT,

samt bruk av arbeidstilsynets og byggtekniske føreskrifters rettleiing av anbefalt innetemperatur ved dimensjonerande forhold.

Om me ser tilbake på kapitel 5.8, "Konseptanalyse", ser me at kostnadane varierar lite/moderat etter anleggets dimensjonerande varmeeffekt, noko som gir moderate innsparringar med redusert anleggseffekt. Tabell 11 viser resultat av simuleringar med nye dimensjonerande temperaturar, der T_{inne} er satt til 19°C, etter rettleiing frå TEK og Arbeidstilsynet (Arbeidstilsynet, 2006) (Direktoratet for byggkvalitet, 2010) og DUT er satt til DUT₂₀ etter **Feil! Fant ikke referanseskilden..**

Bygningens tidskonstant	Forenkla løysing		Dagens løysing	
[timar]	Lågenergi - 214 kr/m ²		TEK 10 - 421 kr/m ²	
300	202 kr/m ²	6 %	395 kr/m ²	6 %
150	206 kr/m ²	4 %	405 kr/m ²	4 %
100	207 kr/m ²	3 %	407 kr/m ²	3 %
80	207 kr/m ²	3 %	408 kr/m ²	3 %
50	208 kr/m ²	3 %	409 kr/m ²	3 %
25	211 kr/m ²	1 %	416 kr/m ²	1 %

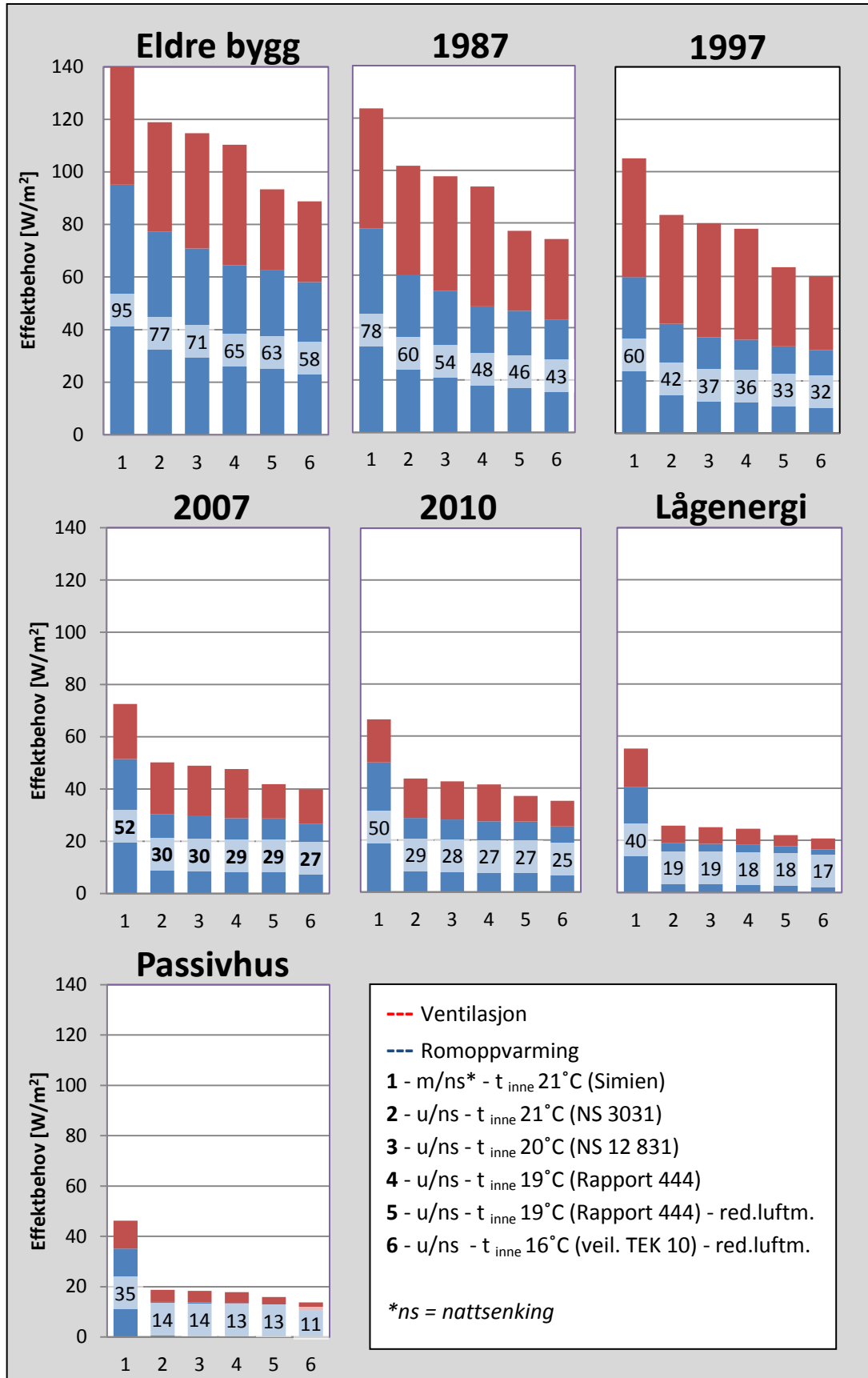
TABELL 11 SIMULERINGSRESULTAT AV ANLEGGSKOSTNAD MED NYE DIMENSJONERANDE TEMPERATURAR, $T_{inne} = 19^{\circ}\text{C}$, DUT = DUT₂₀ ETTER FEIL! FANT IKKE REFERANSEKILDEN.. REDUSERT ANLEGGSKOSTNAD RELATIVT TIL UTGANGSPUNKTET ANGITT I PROSENT.

Konklusjon

Som ein ser gir endringa i redusert anleggseffekt moderate utslaga på anleggskostnad. Men det er verdt å merke seg at dette berre gjeld det vassborne varmedistribusjonsanlegget og ikkje varmesentral. I tillegg til at dette også vil gje reduserte investeringskostnader i samband med varmesentral, vil ein ytterligere bygningstilpassa varmeeffekt, i forhold til dagens praksis, også gje betring av driftsforholda, med blant anna auka brukstid og betra regulering. I den samanheng kan ein også sjå for seg ei endring av reguleringsstrategien for varmelegg, med tanke på utekompanseringskurva, der bygningens tidskonstant spelar ei rolle. Dette vil kunne betre inneklimaet, gje jamnare temperaturar, samt betre driftsøkonomien til for eksempel varmepumper, då det ikkje er nødvendig å auke turtemperaturen etter kortvarige låge utetemperaturar.

5.10.4 ALTERNATIVE TILTAK

I estimeringa av ein bygnings dimensjonerande effektbehov har me sett at det kan skilje mykje. I tillegg til bygningsdelars termiske eigenskapar vil også anleggets reguleringsstrategi spele ei viktig rolle ved denne vurderinga. Sjølve vurderinga og estimeringa av nødvendig varmeeffekt er ei eiga disiplin, der erfaring spelar ei rolle. Denne vurderinga har vore, og blir gjort av det rådgjevande leddet. Figur 44 viser utslaga i anleggets varmeeffekt med utgangspunkt i 6 ulike scenario. Ein ser at den nødvendige effekten kan nær halverast ved ulike tiltak. Ein ser også kva betydning nattsinkinga har ved dimensjonerande forhold for eit bygg med denne massen (klassifisert som tungt bygg). Ved passivhus standard i tungt bygg vil nattsinking ved dimensjonerande forhold medføre ei meir enn dobling av nødvendig varmeeffekt.

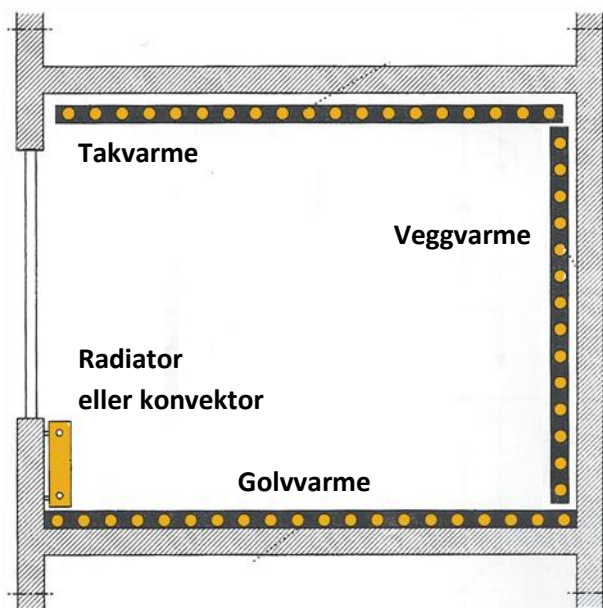


FIGUR 44 OPPSUMMERT DATA FRÅ SIMULERING AV 7 ULIKE BYGGJESTANDARDAR UNDER 6 ULIKE CASE

Frå tidligare veit me at det var vanleg å redusere luftmengda for klimatisering med omlag 1/3, dvs ei halvering av viftas turtal ved temperaturar under -10°C . Som me ser av Figur 44, case 4 og 5, utgjer dette lite for den nødvendige varmeeffekten for romvarmeanlegget. Dette på grunn av at romvarmeanlegget berre dekkar temperaturdifferanse på 1 K mellom rommets sett-temperatur og tilluftstemperaturen. Ein ser likevel at dette tiltaket er gunstig for varmesentralen, men har lita betyding for det vassborne romvarmeanlegget.

5.10.5 VARMEAVGJEVARANE

Som me såg i introduksjonen er det fleire moglege varmekjelder ein kan nytte i vassborne varmedistribusjonssystem. I hovudsak kan me dela desse inn i strålevarme- og konveksjonsløysingar, samt kombinasjonsløysingar. Figur 45 viser prinsipiell framstilling av 4 velkjente konsept for romoppvarming. I tillegg har me varmelist.



FIGUR 45 ILLUSTRASJON AV ULIKE KONSEPT FOR ROMOPPVARMING

Det blir i dette delkapitlet presentert sentrale karakteristika for 4 av desse 6 varmeelementa:

1. Radiator
2. Golvvarme
3. Takvarme
4. Viftekonvektor

Som me veit frå introduksjonen kan den vassborne varmeløysingens godheit beskrivast og vurderast gjennom dei definerte 4 grunnparameterane. For den varmeavgjevande delen av anlegget betyr det at den må oppfylje eit sett med kriterium, som heilt eller delvis bestemmer anleggets godheit.

Termisk komfort (og akustisk komfort)

For vurderinga av anleggets evne til å oppfylje brukars krav til det termiske inneklimaet den varmeavgjevande anleggsdelen sentral. Ein kan her nytte standarden NS-EN ISO 7730 til vurderinga der det er forslått grenseverdier ut frå ein såkalla PD-indeks, dvs prosentandel misfornøgde. Denne standarden gir blant anna føresetnader for termisk komfort. NS-EN 15251 gir eksempel på dimensjonerande lydtrykknivå.

Både Arbeidstilsynets rettleiing, rapport 444 og byggtekniske føreskrifter viser til denne, direkte og indirekte. TEK viser til NS-EN 15 251 som er basert på blant anna NS-EN ISO 7730. Arbeidstilsynet viser til sistnemnte ved vurderinga av termisk miljø i yrkesbygg.

Tabell 12 viser inneklimateparametar for vurdering av termisk inneklima i samsvar med NS-EN ISO 7730. Parametar er gjeldande for:

- Lett aktivitet
- Kategori B (PD 10 %)
- Kontorbygg (cellekontor og landskap)

Parameter		NS-EN ISO 7730:2005
Operativ temperatur kontor	Sommer	24,5°C ± 1,5 K
	Vinter	22°C ± 2 K
Vertikal temperaturgradient		< 3 K
Lufthastighet	Sommar	< 19 cm/s
	Vinter	< 16 cm/s
Golvtemperatur		19 - 29°C
Strålingsasymmetri	Varmt tak	< 5 K
	Kaldt tak	< 14 K
	Varm vegg	< 23 K
	Kald vegg	< 10 K
Støy (NS-EN 15251:2007)	Cellekontor	30-40 dBA
	Kontorlandskap	35-45 dBA

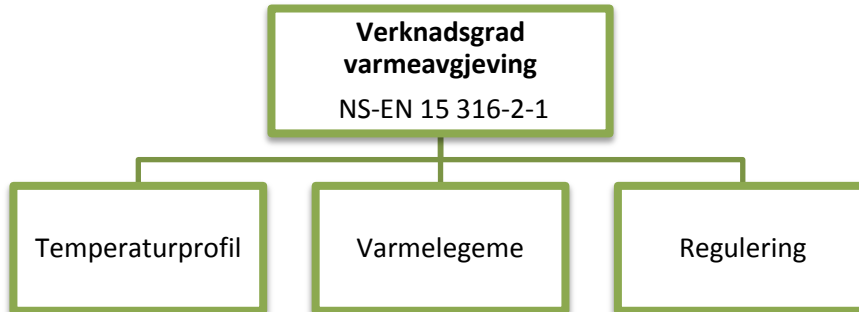
TABELL 12 INNEKLIMATEPARAMETER FOR KONTORBYGG, KATEGORI B, I SAMSVAR MED NS-EN ISO 7730 OG NS-EN 15251

Som ein ser av oppsummerte data i tabell er dette parametar som gir alle dei overståande varmeavgjevarene grenseverdier som må takast omsyn til i designfase.

Energieffektivitet

Varmeanleggets energieffektivitet er definert ved systemverknadsgraden. Den totale systemverknadsgraden innanfor grensesnitt i denne studien, består av 2 hovud-komponentar, reguleringsverknadsgrad og distribusjonsverknadsgrad. For vurderinga av klimasystemets

verknadsgrad ved dei ulike vareavgjevarane nyttar standarden NS-EN 15316-2-1, som foreslår metode for berekning av systemets verknadsgrad for varmeavgjevinga til rommet. Metoden, som er angitt i kapittel 7.2, der påverknadsfaktorane er oppsummert i Figur 46.



FIGUR 46 OPPBYGNAD AV VERKNADSGRAD FOR VARMEAVGJEVING TIL ROMMET ISM NS-EN 15316-2-1

Som ein ser av Figur 46 påverkar temperaturprofilen også denne delen av anleggets godheit. Dette er ikkje uventa då ugunstig temperaturprofil vil auke dei termiske tapa. Varmelegema i seg sjølv påverkar også verknadsgraden. Her inngår blant anna plassering og eventuelt integrasjon i konstruksjonen.

Robustheit

Varmeavgjevarens påverknad på anleggets robustheit kan uttrykkast gjennom:

- Omfang av rørlige og elektromekaniske deler
- Systemets krav til reguleringsystem, grunna varmeavgjevares tidskonstant
- Systemets natur gjennom omfang av samanføyingar i lokalet
- Driftserfaringar frå tilsvarende system
- Varmeavgjevares hydrauliske krav til varmeanlegget, og kva dette medfører.

Som ein ser av overståande punkt må denne anleggseigenskapen vurderast heilskapleg, då ikkje alle dei enkelte punkta let seg kvantifiserast.

Kostnad

Varmeavgjevaren har tradisjonelt hatt ein stor andel av anleggskostnaden. Denne delen kan naturleg nok lett kvantifiserast og målast mot kvarandre. Men like viktig er å få ei oversikt over kva grad dei ulike varmeavgjevarane varierer med byggjstandard, og korleis dei blir kalkulert etter akkordtariffen for røyrleggjarfaget. Eit anna moment er korleis ein kan redusere denne anleggskostnaden med den aktuelle varmeavgjevaren. Gir redusert anleggseffekt innsparingar, eller må konseptet også vurderast?

RADIATOREN

Radiatorer er den mest vanlige varmekjelda i kontorbygg, både i dag og historisk. Radiatoren tilbyr ein svært god kombinasjon av hurtig regulering, plasseringsvennlig utforming og god termisk komfort.

Termisk komfort

Korrekt dimensjonerte radiatorar med termostatventil gjer eit godt termisk inneklima. Den er plasseringsvennleg og hindrar trekk som fylje av kaldras. Typisk temperaturprofil ligg innanfor akseptabel variasjon, 3-4 K (Arbeidstilsynet, 2006), men er i motfase med idealprofilen.

Systemeffektivitet

Romtemperaturens vertikale profil blir påverka av radiatorens temperaturnivå. Dvs jo høgare overtemperaturen ifht romtemperaturen er, jo ugunstigare blir profilen. Romverknadsgraden for radiator med termost.-ventil (P-bånd = 2 K) varierar frå **0,84** (høgtemp på innervegg) til **0,89** (lågtemp. på yttervegg) iht NS-EN 15 316-2-1

Robustheit

Trass enkle prinsipp er det mange driftsproblem med radiatoranlegg. I 90 % av tilfella handlar det om innregulering av anlegga, der hensiktsmessig innstilling av radiatorventil ofte er løysinga. (Larsen, Utforming av vassborne varmeanlegg, 2012) Anlegget kan utformast enkelt og robust med lågt antal komponentar der enkle prinsipp sikrar drifta.

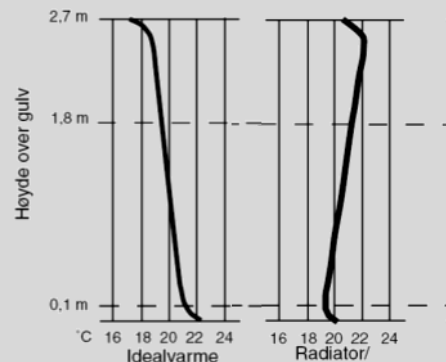
Kostnad

Som me har sett frå historiske tal og frå simuleringar ligg ofte radiatorerkostnaden på omlag 30 % av anleggs-kostnaden. Radiatorkostnaden avheng av byggjestandard, anleggets temperaturnivå og kravet til innreiingsfleksibilitet. Tradisjonelt har det vore mykje å henta ved eigen-import av radiatorar, men med betring av byggjestandard aukar andel til arbeidskostnad (sjå figur), om ikkje konseptet blir endra og forhold på byggjeplass, som Trimma Bygging, påverkar i aukande grad. På marknaden i dag er det eit breitt utval, noko som betyr at radiatorerkostnaden utviklar seg "trinnlaust" med påverknadsfaktorane (sjå figur). Ein får radiatorar med UA-verdi heilt ned mot 1,4 (eitt panel, 300x400), noko som tilsvarar 9 W/m² for eit rom på 10 m² og eit anlegg dimensjonert for 50/40/20°C.

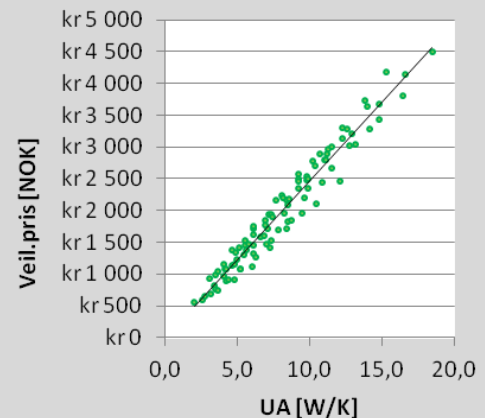
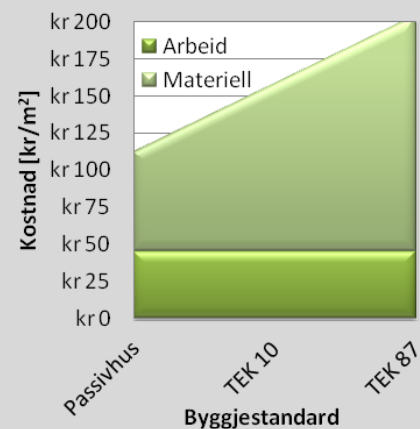
Figurar t.h. viser veil.pris for radiator ut frå UA-verdi (ved n=1,3), og radiatorerkostnadens utvikling i "Dagens løysing", på tvers av byggjestandard. (ref. kapittel 5.8.2)



Radiator med 1 panel og plan overflate.



Radiatorens vertikale temperaturprofil



FIGUR 47 PRESENTASJON AV RADIATORENS KARAKTERISTIKK (VVS-BRANSJENS VARMENORM, 2000) (PURMO, 2010)

GOLVVARME

Golvvarme er den varmekjelda som kjem nærmast optimal termisk komfort, og som i tillegg gir brukar god innreiingsfleksibilitet. Trass i dette er den lite nytta i kontorbygg i dag, noko som ser ut til å endre seg, då det er stor utvikling i marknaden på dette området. Golvvarme eignar seg likevel ikkje under alle forhold. Spesielt har den ry på seg å vere eit varmetreigt system som gjør intermittert drift nærast umogeleg.

Termisk komfort

Som me ser av temperaturprofilen er den svært nær idealvarmen. Brukaren vil med golvvarme være varm på beina og ha eit kaldt hovud.

Systemeffektivitet

Enkle golvvarmeanlegg gjør varmepumper svært driftsøkonomiske grunna lågt temperaturnivå, sjå figur. Ulempa med golvvarme er den utilsikta varmetapet ved golv på grunn, samt den nemnte varmetreigheita. Med moderne byggjstandard, og dermed eit lågare temperaturkrav i golvet, vil derimot tapet til omgjevnadane blir reduserte. Regulerings-verknadsgraden for golvvarme, med romregulering ved P-kontroller og isolasjon iht EN 1264, er iht NS-EN 15 316-2-1 på **0,9**, noko som er betre enn radiator, uansett føresetnader.

Robustheit

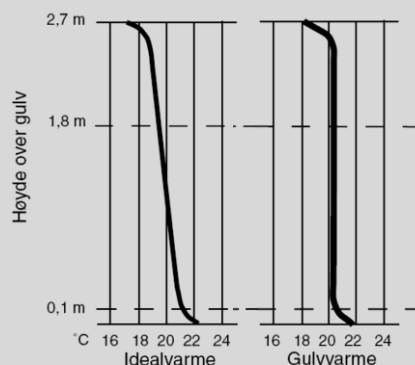
Eit golvvarme-anlegg i sin enklaste form tilbyr forutsigbare driftsforhold med konstant mengde. I anlegg med behov for ned-shunting av temperatur aukar komponentnivået i anlegget, noko anleggets robustheit lid under. Med nye typar golvvarmekonsept som tilbyr hurtig regulering og låg kostnad, kan dette vere ei god løysing i energieffektive kontorbygg, då eit lågare temperaturnivå aukar løysinga sin sjølvregulerande evne.

Kostnad

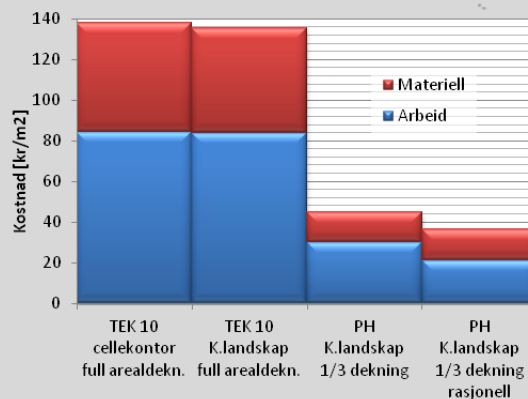
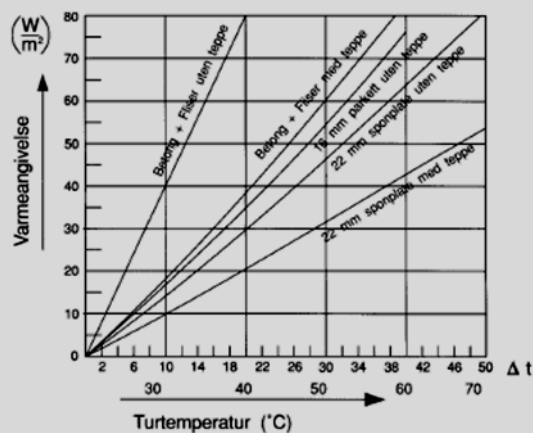
Den store fordelen med golvvarme er dei gode driftsbetingelsane det gir for varmepumpe. Kombinasjonen av golvvarme, der ein fokuserar på lågt temperaturtap gjennom konstruksjonen og god byggjstandard gir også moglegheit for rimelige anlegg. Som ein ser av søylediagrammet kan det også her skilje frå konsept til konsept. Kostnadane på figur gjeld for eksempelbygget med grensesnitt rom og fordelar, utan automasjon, festemateriell og med føresetnad om sentral regulering av temperatur. Arbeidskostnader iht Akkordtariff, med tidligere nytta K_A -faktor. Det er verdt å merke seg at arbeidskostnaden avheng av røylengd, og bruk av tettare leggjeavstand vil derfor virke fordyrande.



Nor Technologies' nye golvvarmepanel. Hurtig regulering og rimelig investeringskostnad



Golvvarmens vertikale temperaturprofil



FIGUR 48 PRESENTASJON AV GOLVVARMENS KARAKTERISTIKK. (NOR TECHNOLOGIES, 2012) (VVS-BRANSJENS VARMENORM, 2000)

Takvarme

Takvarmesystem er tradisjonelt nytta i lagerbygg og store opne areal. Systemet eignar seg også til kjøling. Løysinga natur er, ilag med golvvarme, populær blant arkitekter, då løysinga er integrert i kons-truksjonen. Sjølv om denne er lite utbredt i kontorbygg, blir den også nytta her. Med moderne byggjestandard, og dermed lågare temperaturnivå, evt redusert himlingsareal med strålepanel, er dette ei aktuell varmeløysing i fram-tidas bygg, både ved panel eller med integrert løysing i konstruksjon.

Termisk komfort

Dette er den mest omstridde varmeløysinga i dag, grunna tvilen til løysinga evne til å tilfredstille brukars krav til termisk komfort. Som me ser av temperaturprofilen, for klimasystem med omrørings-ventilasjon, aukar temperaturen med romhøgda, noko som er uheldig for den termiske komforten. Figuren gjeld for ei varmeavgjeving på ca. 30 W/m². (Krog & Gundersen, 2006)

Systemeffektivitet

Takvarmepanel har lett konstruksjon og kan regulerast raskt, noko som betyr at ein enkelt kan regulere systemet ved for eksempel termostatar. Med moderne byggestandard og lågt temperaturnivå eller omfang, vil også dei termisk tapa bli redusert. Regulerings-verknadsgraden for takvarme, med romregulering ved P-kontroller og isolasjon iht EN 1264, er iht NS-EN 15 316-2-1 på **0,85**. Bakgrunnen til at denne er låg, er den ugunstige temperaturprofilen.

Robustheit

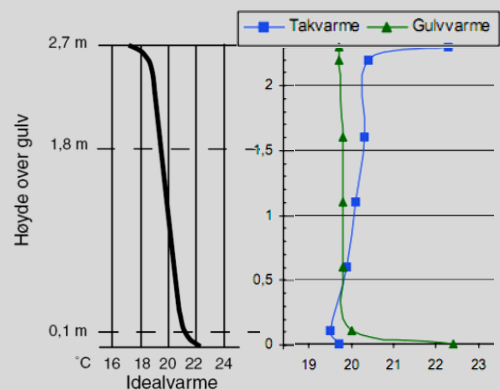
Som ved golvvarme-anlegg bør også takvarmen ha konst. mengde i driftssituasjon, for å sikre låg varmeovergangsmotstand i røyra/panela. Dette medfører stabile trykkforhold i nettet året gjennom, noko som også her gir forutsigbare driftsforhold i anlegget. Med låg tidskonstant kan klimasystemet utrustast med enkel regulering. Panela kan koplast mot tradisjonelt rørsystem eller mot Rør-i-Rør -fordelar, noko som kan vere med å auke innreiingsfleksibiliteten.

Kostnad

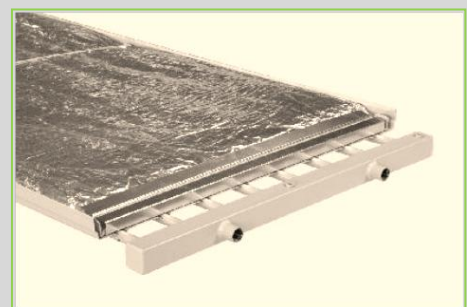
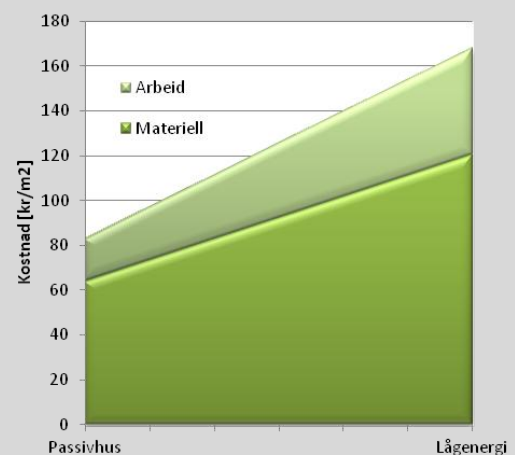
Kostnadspotensialet med takvarme ligg i konseptet. Med denne type varmeavgjevar medfører ikkje innreiingsfleksibiliteten stor meirkostnad. Panela er plasseringsvennlige og kan integrerast i systemhimling. Figur viser kostnadsutviklinga for varmepanel/montasje for anlegg dimensjonert for $\Delta T_m = 20$ K. Auka varmebehov blir kompensert ved panelets vidd. Løysinga er best egna for moderne byggjestandard, og er då gunstig for varmepumpe.



Eksempel på takvarmesystem.



Takvarmens vertikale temperaturprofil



Varmepanel med foliert isolasjon

FIGUR 49 PRESENTASJON AV TAKVARME. (KLIMASYSTEM, 2010) (THERMO, 2012) (ECOPAN, 2004) (VVS-BRANSJENS VARMENORM, 2000)

VIFTEKONVEKTOR

Viftekonvektorens varmeavgjeving baserer seg på nær 100 % konveksjonsvarme. Konvektoren er utstyrt med elektriske vifter, typisk ytelse 50-100 watt, som sirkulerer lufta for oppvarming over interne ribberøyr. Viftekonvektoren har typisk hatt eit "klumpete" design, noko som ikkje er tilfelle lenger. Produktutvalet er godt, med blant anna element med separate kjøle- og varmekretsar.

Komfort

Ettersom varmeavgjevinga skjer ved konveksjon er temperaturprofilen dårlig, då varm luft stig og legg seg som ei pute under taket, noko me ser av figuren t.h. Konvektoren kan også bidra med trekk i rommet, både med tanke på det store luftskiftet som vil gå via konvektor, men også på grunn av at varmefordelinga i lokalet vil skje via luft. Som me ser av den typiske temperaturprofilen overstig denne varmeavgjevaren dei anbefalte grensene på maks. 3 K differanse. Også støy kan bidra til å redusere brukarens komfort.

Systemeffektivitet

Konvektoren har låg tidskonstant og er derfor lett å regulere, noko som gjer at den eignar seg i lette bygg med nattsinking. I tillegg kan det med stadig tettare bygg vere energiøkonomisk å la lufttemperaturen bidra med ein større del av operativ innetemperatur, ettersom luftvekslinga er låg. Viftekonvektoren eignar seg også i samband med varmpumpesentral, då den har høg UA-verdi og dermed gir høg effekt ved låg temperatur. Den ugunstige temperaturprofilen dreg likevel ned for denne løysinga. Romverknadsgraden for viftekonvektoren, med romregulering av høg kvalitet, er iht NS-EN 15 316-2-1 på heile **0,93**.

Robustheit

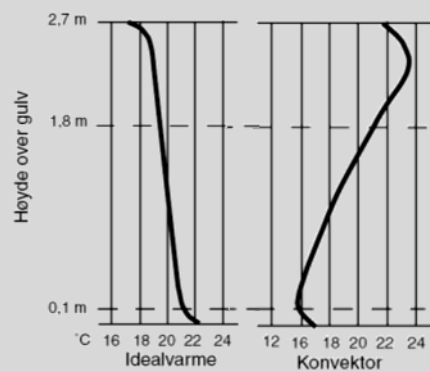
Som me ser av figuren t.h. består viftekonvektoren av eit stort antal elektro-mekaniske komponentar, noko som er ugunstig over levetida til produktet. Dette medfører fare for komponentfeil i driftsfase og krev ettersyn. I tillegg krev denne periodisk vedlikehald gjennom reinhald, for å sikre stabil og god drift. Hydraulisk sett er denne på linje med radiatoranlegg.

Kostnad

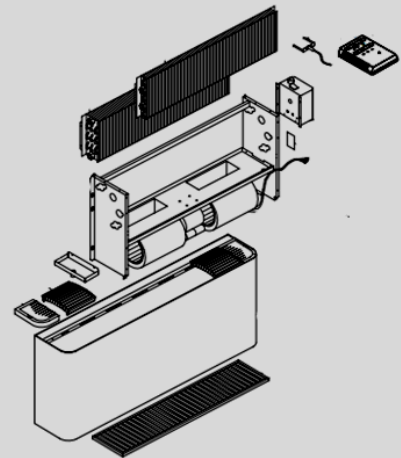
Dette er som me ser på søylediagrammet ei svært rimelig løysing. Sjølv med element dimensjonert etter lågaste viftehastigheit er dette eit rimelig alternativ. Søylediagrammet viser kostnad for viftekonvektorar i eksempelbygg, forenkla løysing med 6-7 stk pr etg, dimensjonert for 45/35°C. Viftekonvektoren tilbyr ei minimumsløysing av enkel standard til låg kostnad, både investerings- og energi-kostnad (v/VP).



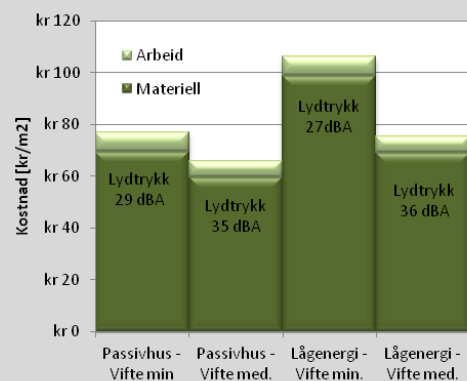
Viftekonvektor for både varme og kjøle



Vertikal temperaturprofil



Stort omfang av elektro-mekaniske deler



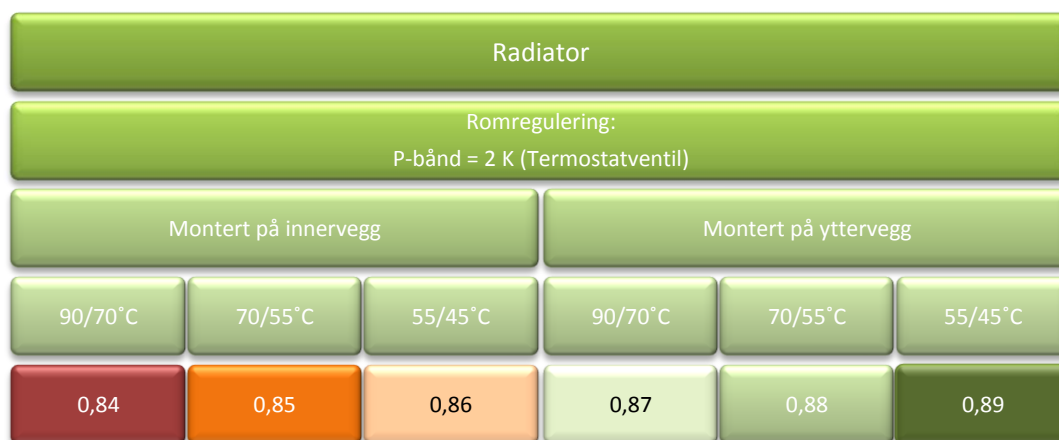
FIGUR 50 PRESENTASJON AV VIFTEKONVEKTOREN (SGP, 2012) (TONON, 1999) (VVS-BRANSJENS VARMENORM, 2000)

5.10.5.1 OPPSUMMERING

Me har sett at desse 4 varmeavgjevarane har ulike styrker og svakheiter i forhold til dei definerte grunnparametra. Med unntak av viftekonvektoren tilbyr alle akseptabelt inn klima, der golvvarmen utmerkar seg. Også når det gjeld systemverknadsgrad for varmeavgjevarane utmerkar golvvarmen seg. Berre viftekonvektoren kan levere varme med høgere energieffektivitet. Som me ser av Figur 51, Figur 52 og Figur 53 skil det mykje på verknadsgradene. Men som me har sett tidligare har anleggseffekten berre moderat påverknad på anleggskostnaden.



FIGUR 51 ROMVERKNADSGRAD FOR GOLV-, VEGG- OG TAKVARME (NS-EN 15316-2-1, 2007)



FIGUR 52 ROMVERKNADSGRAD FOR RADIATOR (NS-EN 15316-2-1, 2007)



FIGUR 53 ROMVERKNADSGRAD FOR VIFTEKONVEKTOR (NS-EN 15316-2-1, 2007)

Også når det gjeld kostnad og robustheit er golvvarmen ei gunstig løysing. Ein ser at anleggseffekten har svært liten påverknad på anleggskostnaden for golvvarme, om ein held dekningsarealet konstant, men med moderne byggjestandard kan ein benytte seg av mogelegheita å redusere dekningsarealet og dermed kunne redusere kostnaden mykje. Ein observerar også at ved denne type løysing står arbeidskostnaden for størstedelen av kostnaden. Ettersom at denne skil lite mellom rasjonelle leggjemetodar og konvensjonelle vil det vere lite å hente på å rasjonalisere leggjemetoden med fordyrande produkt her. I vertfall på kort sikt.

Totalt sett ser ein at lågtemperatur-systema har stort potensiale for kostnadsreduksjon ved moderne byggjestandard. Om ein fokuserar på korrekte tiltak, i forhold til kostnadskalkulasjonen, kan ein redusere kostnaden i samband med varmeavgjevaren umiddelbart. Men den totale anleggskostnaden, og ikkje minst årskostnaden består av fleire komponentar som har ei anna kostnadsutvikling med dei parametra me har sett på i dette kapitlet.

5.11 RØYRNETTET

Tradisjonelt har røyrrettet medført ein kostnad av same storleik som varmeavgjevarane, omlag 30 %. I motsetning til varmeavgjevarane er dette ein anleggsdel der kostnadens hovuddel ligg på arbeidskostnaden. Ein skulle derfor tru at innovasjon mot samanføyingsmetodar og byggeplassorganisering ville utgjere eit stort potensiale for redusert kostnad, noko som ikkje alltid stemmer. På produksida har det dei siste 20-åra vore stor utvikling på dette området der endringane har gått mot:

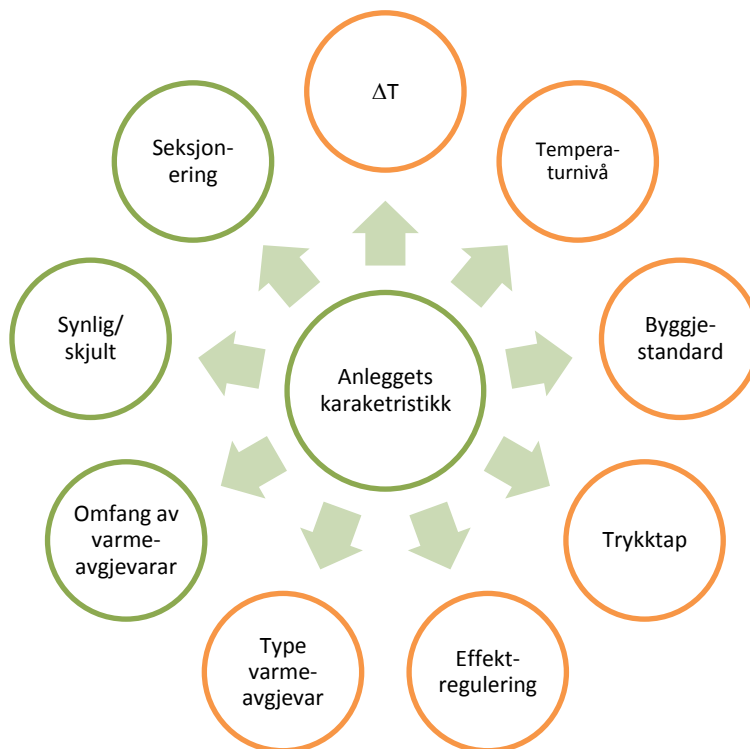
- Lettare materiell
- Innføring av nye røyrtypar og konsept, som Rør-i-Rør som alternativt konsept for distribusjon, ved fordelingsleidningane
- Rasjonaliserte samanføyings- og bearbeiding-metoder
- Rasjonelle leggjemetodar, dvs oppheng og forankring.
- Isolasjonsprodukt som rasjonaliserar arbeidsmetode for isolering
- Verktøyutvikling, mot utstrakt bruk av batteridrevet verktøy og laserhjelpemiddel

På tross av ein nærmast revolusjon innan denne anleggsdelen blir fortsatt vassborne anlegg oppfatta som dyre. Bakgrunnen til dette finn me, som me har sett i kapitel 5.5, i korleis anleggskostnaden blir kalkulert og korleis bransjen fungerer i konkurransesituasjonen, då med tanke på akkordtariffens natur og at K-faktorane ikkje alltid blir detaljberekna, men samanlikna konkurrentane imellom.

Akkordtariffen, med netto akkordtariffar, er i dag eit dynamisk dokument som blir revidert av eit teknisk utval, med nokre års mellomrom. Dette medfører at rasjonelle leggjemetodar o.l. kan bli inkludert i tariffen, men ikkje nødvendigvis. På lang sikt, og ved auka konkurransenivå, vil rasjonalisering av arbeidsmetodar likevel kunne redusere anleggskostnaden. Akkordtariffen er tross alt ikkje lovbestemt til kalkulasjon, men eit val som blir gjort av nær sagt ein heil bransje.

5.11.1 TEORI

I designfase er det dels rådgjevar og dels tidligare bestemte forhold som styrer korleis anleggets karakteristikk blir. Figur 54 oppsummerar forhold som påverkar anleggets karakteristikk. Momenta som er oppsummert er alle viktige val som blir gjort i designfase. Desse har betydning for både kostnad og anleggets robustheit i ulike driftssituasjonar.



FIGUR 54 PÅVERKNADSFAKTORAR PÅ RØYRNETTETS KARAKTERISTIKK

5.11.2 DIMENSJONERANDE FRIKSJONSMOTSTAND OG TRYKKFORHOLD I ANLEGGET

Anleggets robustheit avheng i stor grad av leidningsnettets utforming. Ved dimensjoneringa av røyrnett er dimensjonerande friksjonstap eit sentralt parameter, då dette avgjer trykkforholda i anlegget. Ved å dimensjonere med høgt trykktap reduserar ein røyrdimensjonen, men aukar driftsutgiftene til sirkulasjonspumpene. Ettersom friksjonstapa kjem anlegget til gode gjennom varme og at differansen mellom kostnaden mellom kjøpt varme, frå for eksempel fjernvarmeleverandør, og kjøpt energi til pumpedrift er liten, vil ein oppnå praktisk uakseptable høge trykk i anlegget. Dimensjonerande friksjonsmotstand skal ikkje avgjerast på bakgrunn av kostnadsoptimalisering (Larsen, Utforming av vassborne varmeanlegg, 2012). Det betyr ikkje at dette er eit parameter som ikkje påverkar kostnaden. Ved vurderinga av trykktap er driftssituasjonen avgjerande, der anlegget skal funksjonere tilfredsstill-

lande under alle delast-situasjoner. For at kriteriet om eit robust anlegg skal kunne oppfyllest er det derfor nokre avgrensingar som anleggets må prosjekterast ut frå.

Hydrauliske betraktning

I prinsippet kan ein gjere kva som helst rundt eit vassborent anlegg, berre det i utgangspunktet er innregulert. Anlegget i si innregulerte tilstand har ei unik såkalla systemkarakteristikk, definert ved anleggets K_v -verdi. K_v -verdien bereknes etter likning 7:

$$K_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p}} \quad (7)$$

der:

- Q - volumstraum [m³/h]
- Δp - trykkfall [bar]

Som me ser beskriv K_v -verdien samanhengen mellom volumstraum og trykkfall. Denne verdien er bestemt av objektets fysiske eigenskaper. Ved å nytte K_v -verdien som verktøy kan ein vurdere anleggets føresetnad til å fungere tilfredsstillande ved alle driftssituasjonar og anleggsutformingar. Dette er viktige betraktningar ved mengderegulerte anlegg, der trykkforholda i anlegget er dynamiske.

Kriteria for robust anlegg og sikker gjennomføring

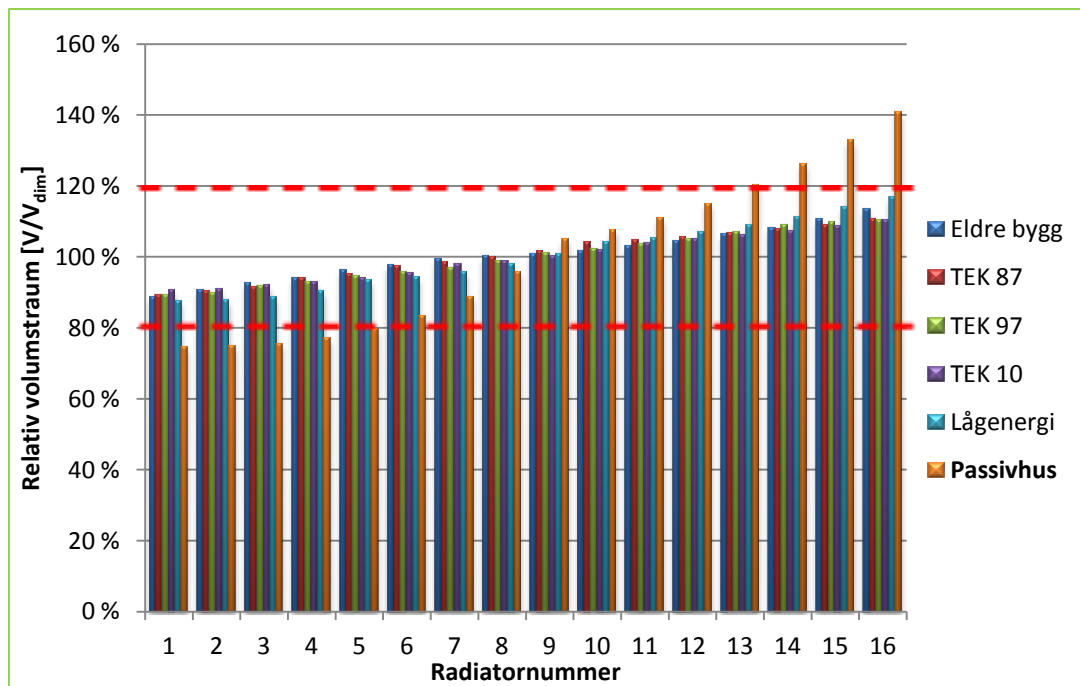
Som me har sett frå tidligare har eit svært utstrakt problem med vassborne varmeanlegg i drift vore manglande innregulering. Majoriteten av desse har bakgrunn i manglande forinnstilling av sluttbrukarapparata. (Larsen, Utforming av vassborne varmeanlegg, 2012) Bakgrunnen til dette er todelt; manglande berekningar og manglande innstillingar. Ettersom både berekningar og innjusteringar er tidkravande, der sistnemnte ofte skal skje i den mest hektiske byggjefasen, overleveringa, førekjem det at denne jobben ikkje blir gjort. I eit bygg med høge krav til innreiingsfleksibilitet, og dermed mange radiatorar, vil denne jobben vere omfattande. I bygg med forenkla varmeløysing, som presentert i kapitel 5.8.3, vil dette ikkje framstå som noko problem. Dette problemet kan unngåas ved å nytte den såkalla "SA-metoden". Med denne metoden blir alle radiatorventilane i ein krets med radiator av same ytelse forinnstilt til same anbefalte verdi, noko som sikrar fråver av driftsproblem, samtidig som det reduserar arbeidsmengd i både design- og utførande-fase. Anlegget må elles tilpassast til dette. Avgrensinga om minste anbefalte K_v -verdi for radiatorventilar, på $K_v = 0,05$, må alltid takast omsyn til, for å unngå tette ventilar og driftsproblem.

For moderne byggjstandard medfører dette nokre endringar som har betydning for anleggs-kostnaden.

Ein betraktar eit case med fyljande føresetnader (Larsen, 2008):

- Radiatorkrets med 16 radiatorar
- 2-røyr med direkte retur
- Dimensjonert for 70/50°C (ref "Dagens status")
- Dimensjonerande friksjon røyrnett - 100 Pa/m (anbefalt i faglitteratur)
- Radiatorfordeling i bygget etter "Dagens løysing" (kapitel 5.8.2)
- Modulvidd 2,5 meter

Figur 55 viser resultat frå simuleringar frå case. Ein ser at radiatoranlegga frå eldre bygg til lågenergi-standard fordelar volumstraumen tilfredsstillande mellom varmeelementa. Desse strekka har forinnstilt radiatorventil tilsvarande K_v -verdi, som gir 9000 kPa for dimensjonerande volumstraum. Dette er i samsvar med anbefalte verdiar. Lågenergi har 6000 kPa. Det er verdt å merke seg at området 80 -120 % av dimensjonerande volumstraum tilsvarar 91 % til 107 % av dimensjonerande varmeavgjeving.



FIGUR 55 RELATIV VOLUMSTRAUM FOR STRENG MED 16 RADIATORAR ETTER BYGGJESTANDARD

Som me ser av Figur 55 oppfyller ikkje varmeanlegget i Passivhus den hydrauliske oppgåva. Bakgrunnen til dette er at byggjestandarden medfører lite effektbehov, som igjen medfører liten volumstraum. Teke i betraktning likning 7, samt nedre avgrensing av praktisk K_v -verdi på 0,05, gir dette ein K_v -verdi som tilsvarar eit maksimalt dimensjonerande trykktap på 1500 kPa over radiatorventilen. Radiatorane får dermed ikkje stor nok autoritet i kretsen til å levere ein volumstraum i området 80 % -120 %, som Figur 55 illustrerar.

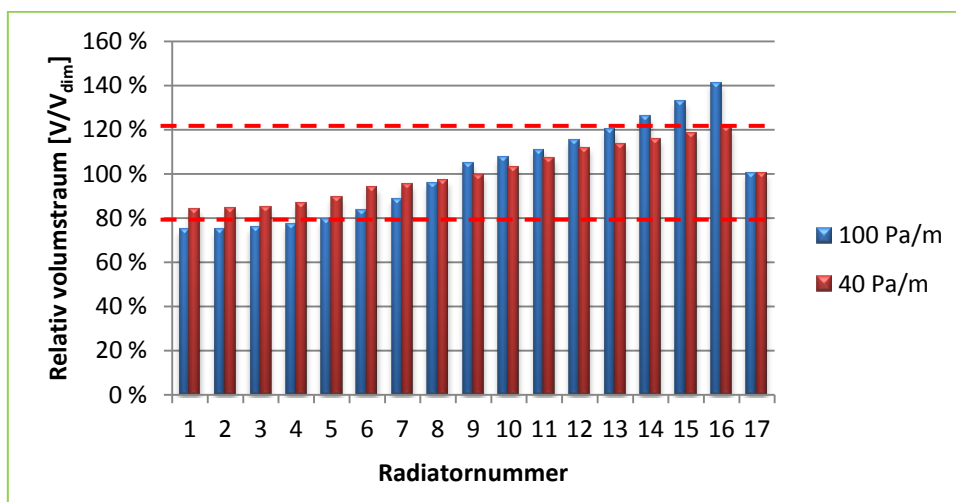
Innanfor tidligare nemnte føresetnader kan dette løysast på fleire måtar:

1. Redusere antal radiatorar pr radiatorkurs
2. Redusert temperaturdifferansen -> auka volumstraum
3. Auke røyrdimensjonane -> redusere friksjonstap

Punkt 1 vil medføre auka omfang av leidningsnett, noko som me frå konseptanalysen er eit av dei mest effektive tiltaka som påverkar anleggskostnaden i stor grad, ref differanse mellom "Referanseanlegg" og "Dagens løysing".

Punkt 2 vil auke vassmengda og dermed maksimalt trykkfall over radiatorventilane. I dette eksempelet er denne satt som konstant.

Punkt 3 medfører å auke dimensjonane i fordelingsleidningane, altså i anleggets ytterpunkt. Dette vil auke radiatoranes autoritet i nettet, noko som i driftsfasen også medfører at dei heller ikkje i like stor grad blir påverka av trykkvariasjonar i nettet. Figur 56 viser resultat frå simulering med konsekvensar for relativ volumstraum over kvar radiator for leidningsnett dimensjonert for 40 Pa/m og for 100 Pa/m. Ein ser at anlegget under dimensjonerande forhold tilfredstiller krava.



FIGUR 56 RESULTAT FRÅ SIMULERING AV VARMEKURS I PASSIVHUS, DIMENSJONERT TRADISJONELT FOR 100 PA/M, SAMT MED 40 PA/M. ØVRE OG NEDRE GRANSE STIPLA (LARSEN, 2008)

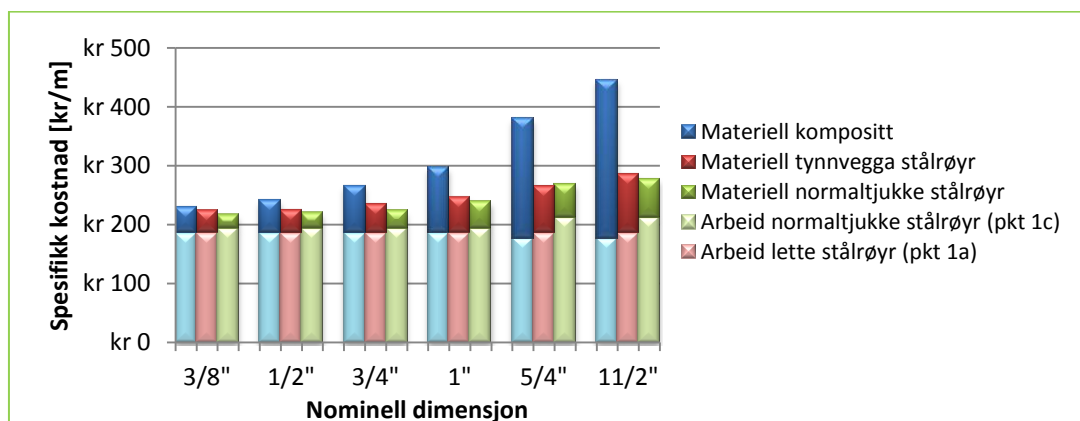
Å redusere dimensjoneringsparametera har også konsekvensar utover det som framgår Figur 56. Ved design må anlegget sjåast under eitt der anlegget må kontrollberekast under ulike driftsforhold som vanlig. Auka transporttid må også vurderast i det aktuelle reguleringsobjektet. Kostnadane som fyljer av ei dimensjonsauke er beskjedne. For "Dagens løysing" utgjer ei endring til eksempelvis 40 Pa/m berre 8 kr/m², dette er med andre ord ei endring som ikkje påverkar kostnaden i stor grad, men som gjør anlegget meir robust i driftsfasen, ved mengderegulering. Men dette er ikkje ei eintydig anbefaling, her må også reguleringa vurderast i bygget, der viktige forhold som transporttida inngår.

5.11.3 RØYRTYPAR OG SAMANFØYINGSMETODAR

Me har i dag hovudsaklig 3 røyrtypar som er aktuelle for vassborne varmelegg. Valet av røyrtype medfører også bruk av ulike samanføyingsmetodar, som igjen påverkar montasje-tida. Dei tre røyrtypane, som representerar tidslinja innan nytta røyrtypar i vassborne varmelegg, oppsummert:

- **Normaltjukke stålrør - fram til 90-talet**
 - Gjenga forbindelsar
 - Behov for tungt verktøy sentralt plassert i bygget under montasjearbeidet
- **Tynnvegga stålrør - frå 90-talet til i dag**
 - Samanføyning ved pressfittings
 - Behov for tungt handverktøy ved samanføyning og tilpassing
- **Komposittrør - introdusert på 2000-talet**
 - Samanføyning ved press- eller pushfittings
 - Lett handverktøy ved tilpassing og samanføyning (ved pushfittings)
 - Ikkje behov for bend for dimensjonar tom 50 mm. (min bøyeradius 50 mm: 200 mm (Geberit, 2010))

Som me ser av oppsummering skil bruken av desse 3 røyrtypane seg på både røymateriell og arbeidsmetode, noko som gir utslag i totalkostnad pr. meter rør. Kompositt representerer innovasjonen innan røymateriell og rasjonaliserar leggjemetoden betrakteleg frå tidlige re leggjemetodar. I kva grad dette faktisk påverkar anleggskostnad kjem fram av Figur 57. Ein ser det at på trass av rasjonalisert leggjemetode bidreg denne røyrtypen til auka anleggskostnad, om akkordtariffen blir nytta konservativt ved kalkulasjon. Dette på grunn av at denne ikkje skil mellom dei ulike samanføyingsmetodane. Kostnadar på Figur 57 er kalkulert med K_A -faktor på 8,84 og K_M -faktor på 0,7, som tidligare brukt i denne studien, der verken klammer/oppheng eller isolasjon er inkludert. Ein ser også at "romslig" dimensjonering, mot lågtrykksanlegg, ikkje medfører stor endring i anleggskostnaden, ettersom volumet av røymengd ofte ligg i ytterste del av anlegget, ved dei minste dimensjonane.

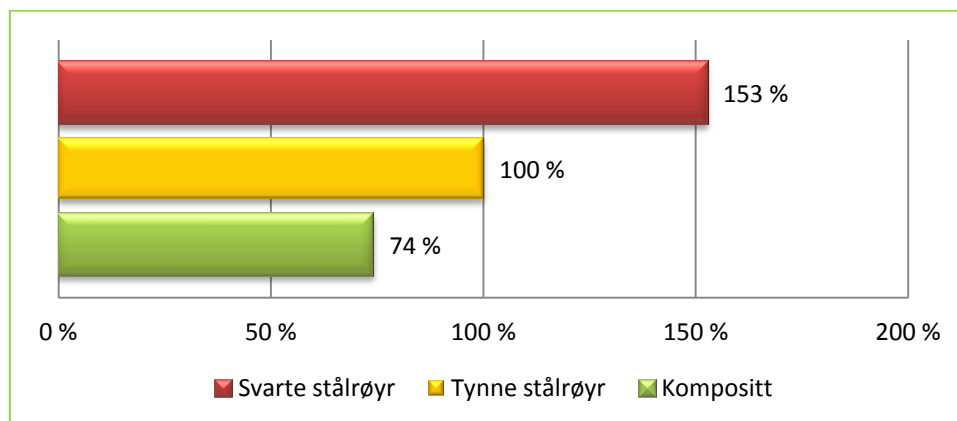


FIGUR 57 KOSTNADSUTVIKLING FOR 3 ULIKE RØYRTYPAR, MATERIAL- OG ARBEIDSKOSTNAD, ESKL. MVA, KLAMMER OG ISOLASJON. ARBEIDSKOSTNAD KALKULERT ETTER AKKORDTARIFF, DEL A MED REFERERTE PUNKT. KALKULASJONSFAKTORAR SOM TIDLIGARE NYTTA: $K_M=0,7$, $K_A=8,84$.

5.11.3.1 SAMANFØYINGSMETODE OG AKKORDTARIFF

Som me har sett på Figur 57 dominerar arbeidskostnaden i denne anleggsdelen. Ein kan derfor anta at små endringar av arbeidsmetode vil gjer store utslag, og at det dermed er eit utløyyst potensiale her, om dette blir implementert i akkordtariffen.

Ein kan gjere nokre anslag på differansen i arbeidsbelastning mellom dei 3 ulike leggjemetodane. Figur 58 viser bearbeida resultat frå ei samanlikning mellom ulike leggjemetodar, som røyrprodusenten Uponor har oversendt. Undersøkinga er gjort i EU. (Smedegård, 2011)



FIGUR 58 FORHOLD MELLOM ARBEIDSMENGD MED ULIKE LEGGJEMETODAR/RØYRTYPAR. (SMEDEGÅRD, 2011)

Ein ser at denne undersøkinga viser at ved bruka av kompositt-røyr kan ein redusere arbeidskostnaden med omlag 26 %, mot bruk av lette stålrøyr. Dette ved bruk av pressfittings som samanføyingsmetode, også på komposittrøyra. Ein ser også at bruk av svarte stålrøyr, med gjenga forbindelsar, aukar arbeidsmengda med 50 % i forhold til tynnvegga røyr og pressfittings. Ettersom at denne samanlikninga er oversendt frå Uponor, produsent av komposittrøyr og ikkje stålrøyr, kan denne ikkje betraktast som objektiv. Resultata er likevel vurdert til å vere nøktern, på bakgrunn av personleg praktisk erfaring. Ein vil truleg oppnå langt større direkte innsparingar mot arbeidsmengda i yrkesbygg.

Då sjølve arbeidsoperasjonen er samansatt av tilpassing og behandling, samanføying og oppheng, kan ytterligere innsparingar bli gjort ved:

- Bruk av push-fittings som samanføying. Bruken av tungt handverktøy fell bort.
- Bruk av betongskruar til oppheng. Revolusjonerande opphengsmetode som reduserar mengd arbeidsoperasjonar til halvparten.

I dag kjem ikkje avkastninga frå rasjonaliserte leggjemetodar marknaden til gode, ettersom kalkulasjonen nesten einssidig gjort etter akkordtariffen, som ikkje differensierar mellom desse. Å nytte rasjonelle leggjemetodar i dag framstår derfor som eit langsiktig tiltak mot redusert anleggskostnad, der avkastninga først kjem marknaden til gode ved auka press i konkurransesituasjonen. Ei uavhengig verifisering av ulike produkt kan vere løysinga, der gjerne nettosatsen kan vere eit produkt av fleire moment, som oppheng, røyr og samanføyingsmetode.

Tabell 13 viser kostnadsbiletet for dei ulike konseptløysingane med å korrigere netto akkordtariff etter resultatata i Figur 58.

Anlegg	Tynnvegga stål røyr	Komposittrøyr Gjeldande akkordtariff	Komposittrøyr Tilpassa akkordtariff
"Referanseanlegg"	463 kr/m ²	475 kr/m ²	441 kr/m² -5 %
<i>Føresetnad</i>	60 W/m ² ; 80/55°C; 100/150 Pa/m		
"Dagens løysing"	391 kr/m ²	395 kr/m ²	365 kr/m² -7 %
<i>Føresetnad</i>	20 W/m ² ; 60/45°C; 100/150 Pa/m		
"Forenkla løysing"	214 kr/m ²	218 kr/m ²	201 kr/m² -6 %
<i>Føresetnad</i>	20 W/m ² ; 60/50°C; 100/150 Pa/m		

TABELL 13 RESULTAT AV SIMULERT ANLEGGSKOSTNAD, MED BRUK AV KOMPOSITTRØYR OG TYNNVEGGA STÅLRØYR. RELATIV KOSTNADSREDUKSJON MED KOMPOSITTRØYR OG TILPASSA AKKORDTARIFF ETTER TABELL 13, MOT KONVENSJONELL LEGGJEMETODE MED TYNNVEGGA STÅLRØYR

Som ein ser av Tabell 13 vil bruk av komposittrøyr auke anleggskostnaden med konvensjonell kostnads kalkulasjon. Om akkordtariffen blir tilpassa er dette derimot eit tiltak som vil redusere kostnaden. For dagens løysing utgjør dette heile ca. 25 kr/m², og det for eit tiltak som berre rasjonaliserar arbeidsmengda utan å gjere arbeidsdagen meir hektisk for den utførande.

5.11.4 TERMISKE TAP OG ISOLERING

Introduksjon

Som me veit frå tidlegare består den termiske isolasjon i anlegget for omlag 10 % av anleggskostnaden. Dette for eit tradisjonelt høgttemperaturanlegg med eit temperaturnivå på typisk 80/60°C og kursinndeling etter hovudfasadar. Om ein reknar ein anleggskostnad på 600 kr/m², vil denne anleggsdelen vere på omlag 60 kr/m². Med mogelegheit for redusert anleggsomfang, nye leggjemetodar, endra byggjstandard og eit lågare temperaturnivå kan ein anta eit potensiale for reduksjon av denne kostnadsposten.

Distribusjonsnettets isolering har som formål å redusere uønska varmetap frå varmeanleggets røyrnett til omgjevnadane, samt å beskytte brukar for varme overflater.

Storleiken av tapa blir bestemt av anleggets temperaturnivå og omfang, røyrdimensjon, grad av isolering og produktval. Denne passive delen av anlegget er med på å leggje rammevilkåra for kor godt anlegget vil kunne oppfylle oppgåva si, då ein her sikrar at varmen blir distribuert og avgjett der behovet er. Store termisk tap frå nettet vil, i tillegg til å gjere varmeanlegget vanskelig å regulere, også påføre byggets inneklima uønska effektar spesielt i ytterkantane av fyringsperioden, typisk september og i mai, og i verste fall bidra til kjølebehov.

Varmetapet kan delast inn i 2 grupper; tap som kan og ikkje kan gjenvinnast. Dette er også viktige storleikar i berekninga av anleggets systemverknadsgrad. For røyr gater i uoppvarma rom kan tapa ikkje gjenvinnast, medan det elles i bygget avheng av bygningens og sonas

utnyttingsgrad. Denne er bestemt av brukar og byggets eigenskapar og fortel i kva grad internlastene, og dei termiske tapa, kan gjenvinnast. Denne kan bereknast etter NS 3031:2007.

Dagens praksis

Varmetapet frå distribusjonsnettlet skjer ved varmeovergang frå røyrnettlet til omgjevnadane via stråling og konveksjon. Ettersom storleiken på desse avheng av temperaturdifferansen mellom overflata og omgjevnadane er det vanlig å isolere røyrnettlet for å redusere overflatetemperaturen. For varmeanlegg er det 2 hovudtypar isolasjonsskåler som nyttast:

- Isolasjonsslanger av cellegummi
- Isolasjonsskåler av mineralull

Desse har same isolasjonskvalitet, men er har ulik pris og monterings tid, samtidig som dei dekkjar ulike behov. Tradisjonelt har begge typar vore nytta til varmeanlegg der mineralull har vore vanligast. Også i dagens bygg blir begge materialar nytta, der me såg i kapitel 0, vart det nytta isolasjonsskåler av mineralull med ei tjukkeleik på 30-50 mm.

Loverket i dag gir ikkje eintydige føringar om krav til isolasjonskvalitet og omfang, kun anbefalingar. Figur 59 viser utdrag frå relevant anleggdel, frå TEK 10:

§ 14-5. Minstekrav, andre ledd:

"(2) Rør, utstyr og kanaler knyttet til bygnings varme- og distribusjonssystem skal isoleres for å hindre unødig varmetap."

Frå rettleiinga:

*"Kravet om isolering omfatter rør, utstyr og kanaler som avgir varme som ikke bidrar til å dekke bygningens varmebehov. Varmetap fra rør, utstyr og kanaler kan også medføre overtemperatur og et unødig kjølebehov. Energiøkonomisk isolasjonstykkelse kan beregnes etter **NS-EN 12828** Varmesystemer i bygninger - Utforming av vannbaserte varmesystemer ."*

FIGUR 59 UTDRAG FRÅ BYGGTEKNISKE FØRESKRIFTER, TEK 10

Det er i byggtekniske føreskrifter gitt ei anbefaling av å nytte NS-EN 12828 for avgjersle av isolasjonsgrad. Det er ikkje lovfesta at denne skal nyttast, men som med andre standardar og normer **kan** denne bli referert til i kontraktsforhold der oppdragsgjevar ynskjer å sikre kvaliteten på systemet gjennom å krevje bruk av denne ved design.

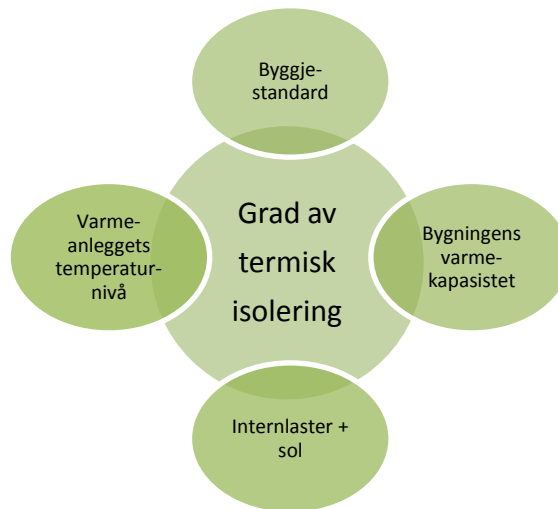
Marknaden for teknisk isolasjon er i dag dominert av eit fåtal aktørar. Av desse tilbyr i dag ein av dei største gratis rettleiing og dimensjoneringsprogram via nettsidene sine. Begge ressursane rettleiar kunde til val av isolasjonstjukkeleik, etter standarden NS-EN 12828 sine reglar for berekning, med eit sett føresetnader.

Betraktningar og potensiale

Me har i dag 2 relevante standardar innan temaet:

- **NS-EN 12828:2003** angir metode for berekning av isolasjonstjukkuleik og anbefalte grenseverdier.
- **NS-EN 12241:2008** angir berekningsreglar til bruk for berekning av varmetap og isolasjonstjukkuleik.

NS-EN 12828 "Varmesystemer i bygninger. Utforming av vannbaserte varmesystemer" er i dag den mest relevante standarden for utforminga av det vassborne varmesystemet. Denne standarden omfattar heile system, også den termiske isoleringa. Vurderinga av nødvendig grad av isolering er samansatt. Her påverkar både bygningens eigenskapar gjennom byggestandard og tyngd, brukardefinerte faktorar som internlastar samt varmeanleggets temperaturnivå gjennom fyringsperioden. Figur 60 illustrerar påverknadsmomenta til isolasjonsgraden, etter NS-EN 12828.

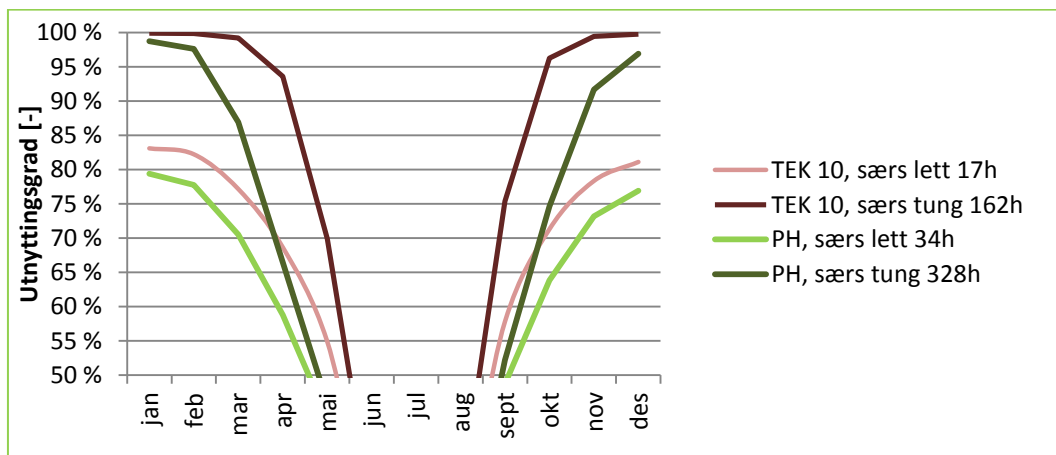


FIGUR 60 SENTRALE MOMENT SOM PÅVERKAR VARMEANLEGGETS ISOLASJONSGRAD, ETTER METODE I NS-EN 12828

I rettleiinga som er tilbydd av leverandør, der vises til NS-EN 12828, er det nokre føresetnader ein bør vere merksam på. Etter Figur 60 ser ein at det er eit sett bygg- og brukardefinerte faktorar som påverkar isolasjonsgraden. Desse faktorane dannar i lag eit bilete av kva grad bygningen, som eit klimasystem, gjer seg nytte av internlastar i bygget. I bygg/soner med god isolasjonsgrad og tung bygningskropp, samt moderate internlastar, kan ein isolere leidningsnett "lettare", då klimasystemet gjer seg nytte av dei termiske tapa. Det er altså snakk om utnyttingsgraden til bygget/sona. I rettleiinga til leverandør, ser ein ved ettersyn, at denne utnyttingsfaktoren er satt til 0. Noko som berre er tilfelle om leidningsnett ligg i uoppvarma rom, som i sjakt eller andre rom utan oppvarming. I tillegg er det ikkje opplyst om at det er gjennomsnittleg medie-temperatur over året som skal nyttast. Som me har sett i kapitel 0, "Dagens status", at det i dag er vanlig med eksponerte røyrføringar i opne kontorlandskap, noko som under rette høve reduserar nødvendigheita for isolasjon. Bruk av lågtemperatur-anlegg vil redusere isolasjonsgraden ytterligare, noko me skal sjå på vidare.

Byggjstandarden påverknad

Ettersom isolasjonsgraden avheng av bygningens utnyttingsgrad og leidningsnettets gjennomsnittlege overflatetemperatur over fyringssesongen, kan det gjerast nokre betraktningar her. For bygningar som er godt isolerte og veldig lette betyr dette at utnyttingsgraden blir liten. Figur 61 viser korleis utnyttingsgraden til eksempelbygget varierer over året for ulike byggjstandard. Merk at dette gjeld for bygget som ei sone, og vil vere gjeldande ved for eksempel ved kontorlandskap. Jo større grad av rominndeling det er, jo viktigare er det å sjå på dei enkelte sonene. For interne rom i bygget med hovudsakleg lettveggar, vil dette sjå annleis ut. Som ein ser av figuren er utnyttingsgraden høgst i dei månadane av året der varmebehovet er størst, og sterkt minkande jo høgare utetemperaturen blir. Dette er eit gunstig forløp med tanke på å minimalisere isolasjonsgraden. Om me føreset utekompansert temperaturnivå i røyrnett vil tapet til omgjevnadane vere minkande jo høgare utetemperaturen er, ettersom det termiske tapet avheng av leidningsnettets overflatetemperatur.

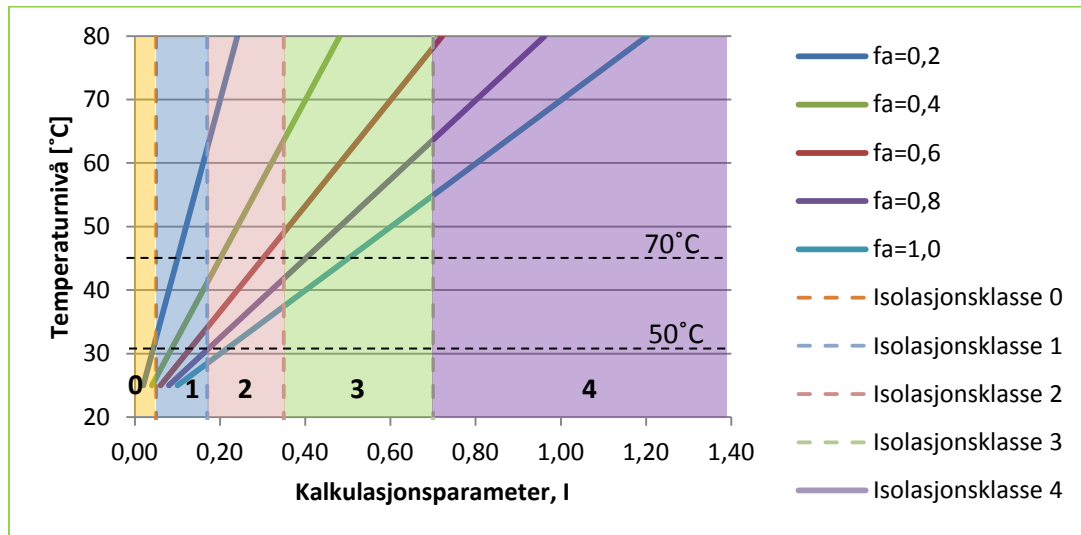


FIGUR 61 UTNYTTINGSGRADEN, BEREKNA IHT NS 3031, OVER ÅRET FOR HHV TEK10- OG PASSIVHUS-STANDARD. GJELD FOR EKSEMPELBYGGET, INKLUSIV VARMEBELSATNING FRÅ RØYRNETT, VED 50/40°C.

Om ein konservativt reknar ei utnyttingsgrad på 0,8 over året, kan ein ved å leggja alle røyrføringar eksponert og dimensjonere anlegget for 50/40°C unngå isolasjon utanfor det tekniske rommet. Ein vil som fylje av dette ha termiske tap på gjennomsnittleg 3,3 W/m² mot 2,3 W/m² med løysing med isolasjonsklasse 3, der alle koplingleidningane er uisolert. Føresetnader for estimat og løysingssuksess:

- Opne lokale
- Røyromfang etter "Dagens løysing", dimensjonert etter 50/40°C, 100/150 Pa/m
- Varmeovergangstall for røyra satt til 9 W/m²K, iht NS-EN 12828
- Temperaturnivå etter lastkurve 50/40°C, der medietempertur kompenseres ned til 25°C ved utetemperatur 10°C. (omlag 32°C i gjennomsnitt for t/r over fyringssesong, som vist på Figur 62)
- Utnyttingsgrad = 0,8 (inkludert termiske tap frå røyrnett)
- Medietemperatur utekompansert etter graddagskurve for Oslo, 2010

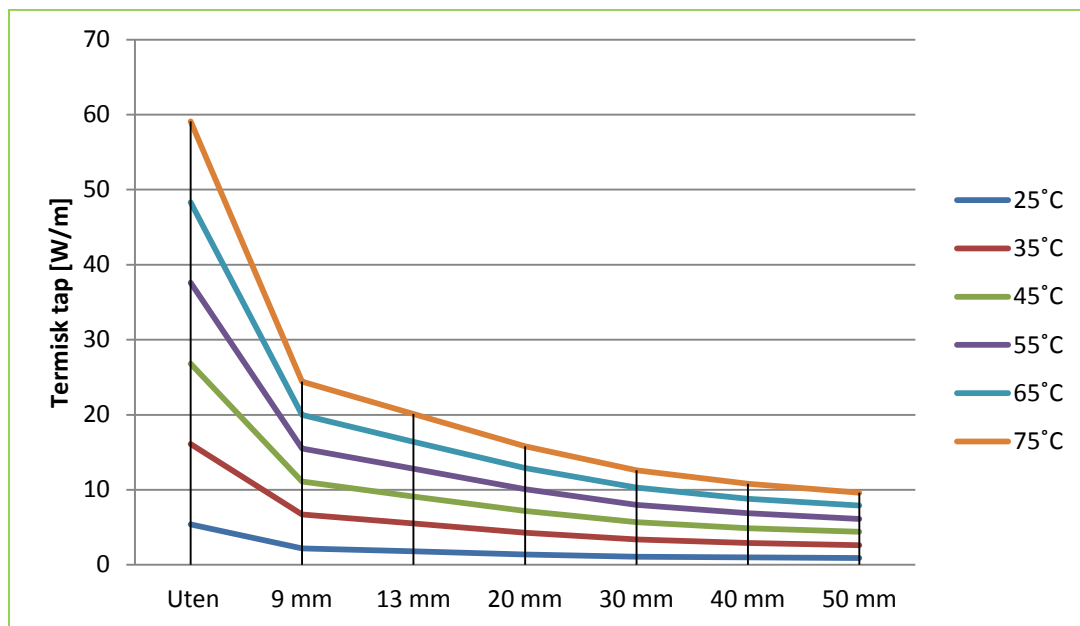
Figur 62 viser korleis isolasjonsklassane i NS-EN 12828 blir påverka av temperatur og bygningens utnyttingsgrad. Merk at $F_A = (1 - \text{utnyttingsgrad})$, altså ikkje gjenvinnbar del av det termiske tapet. Ein ser også konsekvensane av å ukritisk nytte $F_A=1$, og dimensjonerande turtemperatur, i staden for midlere medietemperatur. Ein vil då utelukkande komme under isolasjonsklasse 3-4. Med aukande isolasjonsklasse aukar kravet til isolasjonens tjukkeleik.



FIGUR 62 ISOLASJONSKLASSE SOM FUNKSJON AV TEMPERATURNIVÅ OG FAKTOREN F_A , SOM BESKRIV BYGNINGENS EVNE TIL Å NYTTE INTERNLASTER (NS-EN 12828, 2003). ISOLASJONSKLASSAR MARKERT VED SKRAVUR OG NUMMERERING, GJENNOMSNITTELEG MEDIETEMPERATUR STIPLA MED SVART LINJE DER DIMENSJONERANDE TEMPERATUR ER ANGITT.

Ein ser av Figur 63 at varmeanlegg, dimensjonert med eit temperaturnivå under 50/40°, og der røyrføringane er eksponerte i eit klimasystem med utnyttingsgrad $> 0,8$, vil anlegget kome i isolasjonsklasse 0, dvs at det ikkje er påkrevd med isolasjon. Dette kan verke kontroversielt, men som Figur 63 viser vil tapet frå røyret vere minimalt. Ein ser på figuren at ved dimensjonerande forhold vil ein for eit 50/40-anlegg ha eit varmetap på omlag 25 W/m for 40 mm røyr. Dette vil berre vere tilfelle på den tida av året med høg utnyttingsgrad.

Figur 63 viser spesifikt varmetap for 40 mm røyr av komposittmateriale, eksponert og med ulike isolasjonstjukkeleikar. Ein observerar minkande utslag på varmeavgjevinga med aukande isolasjonstjukkeleik. Dette på grunn av at ved aukande isolasjonstjukkeleik blir den reduserte overflatetemperaturen kompensert med den aukande overflata. Som ein ser ved for eksempel røyr med medietemperatur 25°C, vil varmeavgjevinga praktisk tala ikkje endre seg frå 20-50 mm isolasjon, om ein reknar konstant varmeovergangstal, noko som er ei grei tilnærming.



FIGUR 63 TERMISK TAP FRÅ RØYRNETTET SOM FUNKSJON AV GRAD AV ISOLASJON OG TEMPERATUR.

Føresetnader for Figur 63:

- Ytre røyr diameter: 40 mm
- Varmeleiingevne
 - Komposittrøyr: 0,43 W/mK (Uponor VVS, 2010)
 - Isolasjon: 0,036 W/mK

Kostnadspotensiale

Om ein i vurderinga av kostnadspotensiale tek utgangspunkt i "Dagens løysing" og "Forenkla løysing" ser ein at kostnadsbiletet for desse endrar seg. Tabell 14 viser resultat frå simulert anleggskostnad. Ein ser at potensialet for dei 2 løysingane ligg på 5-6 % mot tidligare anleggskostnad. Bakgrunnen for at forenkla løysing har høgare potensiale ligg i at det her i utgangspunktet er ein mindre relativ andel utan isolasjon. For "Dagens løysing" er kopplingsleidningane langs fasade ikkje isolert, noko som er i samsvar med dagens praksis. Som nemnt er dette ei løysing som er spesielt egna for større rom, som kontorlandskap. Ei anna betraktning, som er verdt å nemne, er at føresetnaden her er ein-sidedig utekompanisering av medietemperaturen. I dagens anlegg med mengderegulering, der ein veit at ved belastning under typisk 50 % av dimensjonerande, dvs ein stor del av fyringssesongen, vil returtemperaturen vere svært nær romtemperaturen, og dermed blir tapet mindre. Dette er ikkje teke med i betraktningane her, men dette kan bety at også anlegg med høgare anleggstemperatur kan utføres utan isolasjon.

Anlegg	Utgangspunkt	50/40°C Utan isolasjon	
"Dagens løysing"	391 kr/m ²	373 kr/m²	-5 %
<i>Føresetnad</i>	20 W/m ² ; 60/45°C; 100/150 Pa/m		
"Forenkla løysing"	214 kr/m ²	201 kr/m²	-6 %
<i>Føresetnad</i>	20 W/m ² ; 60/50°C; 100/150 Pa/m		

TABELL 14 RESULTAT FRÅ SIMULERT ANLEGGSKOSTNAD. KOSTNADER FOR TIDLIGARE PRESENTERT UTGANGSPUNKT OG MED 50/40-ANLEGG UTAN ISOLASJON. RELATIV KOSTNADSREDUKSJON I PROSENT.

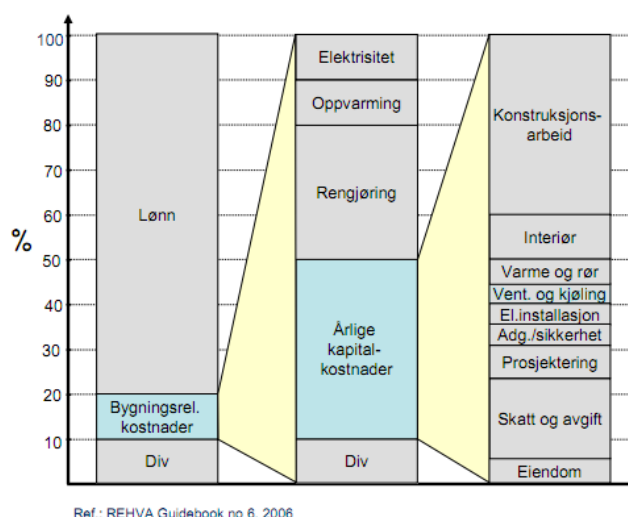
5.12 GRUNNLAG FOR AVGJERSLE

Som me veit frå tidligare er investeringskostnaden det mest vanlige måletalet som dannar grunnlaget for val av varmeløysing. (Smedegård, 2011) I "Dagens status"-kapitlet såg me at dette ikkje var tilfelle for dette utvalet. Utbyggjarane her opplyste om at det vassborne systemet var den minst diskuterte anleggsdelen. Utvalet av utbyggjarar her er ikkje vurdert som eit representativt utval for utbyggjarar, då klimafokuset og miljøengasjementet blant desse var stort.

Ein ser på 2 utbyggjargrupper:

1. Utbyggjar som brukar
2. Utbyggjar som utleigar

For den første gruppa, der utbyggjar er brukar, vil investeringskostnad danne eit feilaktig grunnlag for avgjersle. Dette på grunn av at valet av varmeløysing for denne gruppa også vil påføre utbyggjar/brukar ulike utgifter i driftsfase, som drift- og vedlikehalds-kostnader. For denne gruppa bør årskostnadsmetoden nyttast, som eit minimum. Optimalt vil vere å nytte livsløpsanalyse, då kostnadsbiletet er samansatt. Figur 64 viser eksempel på korleis den totale årskostnaden kan vere samansatt for ein bygning.



FIGUR 64 HYPOTETISK EKSEMPEL FOR ÅRSKOSTNADEN FOR EIN BYGNING. (STEN OLAF HANSSEN, 2009)

For den andre gruppa, utbyggjar som utleigar, er investeringskostnad eit bedriftsøkonomisk rett val. Dette bidreg derimot ikkje til verken energieffektive eller fornybare varmeløysingar, men berre dei billigaste løysingane. Men det er i dag ei endring i marknaden.

Eit pioner-prosjekt innan endring av utbyggjars fokus er *Entras nybygg på Brattøra* i Trondheim. I dette prosjektet, der utbyggjar er utleigar, vart det allereie i tidlig fase inngått avtale med leigetakar, som i dette tilfellet er *Direktoratet for Naturforvaltning*, om at dokumenterte energisparande tiltak gir auka leigeinntekter for utbyggjar. I dette tilfellet 1 kr/spart kWh. (Enova SF, 2010) Dette vil med andre ord tvinge utbyggjar til utvide perspektivet sitt ved utbygging. Eit klimavennlig bygg vil i tillegg til auka marknadsverdi gjennom "grøn profilering" også kunne bidra til auka inntekter.

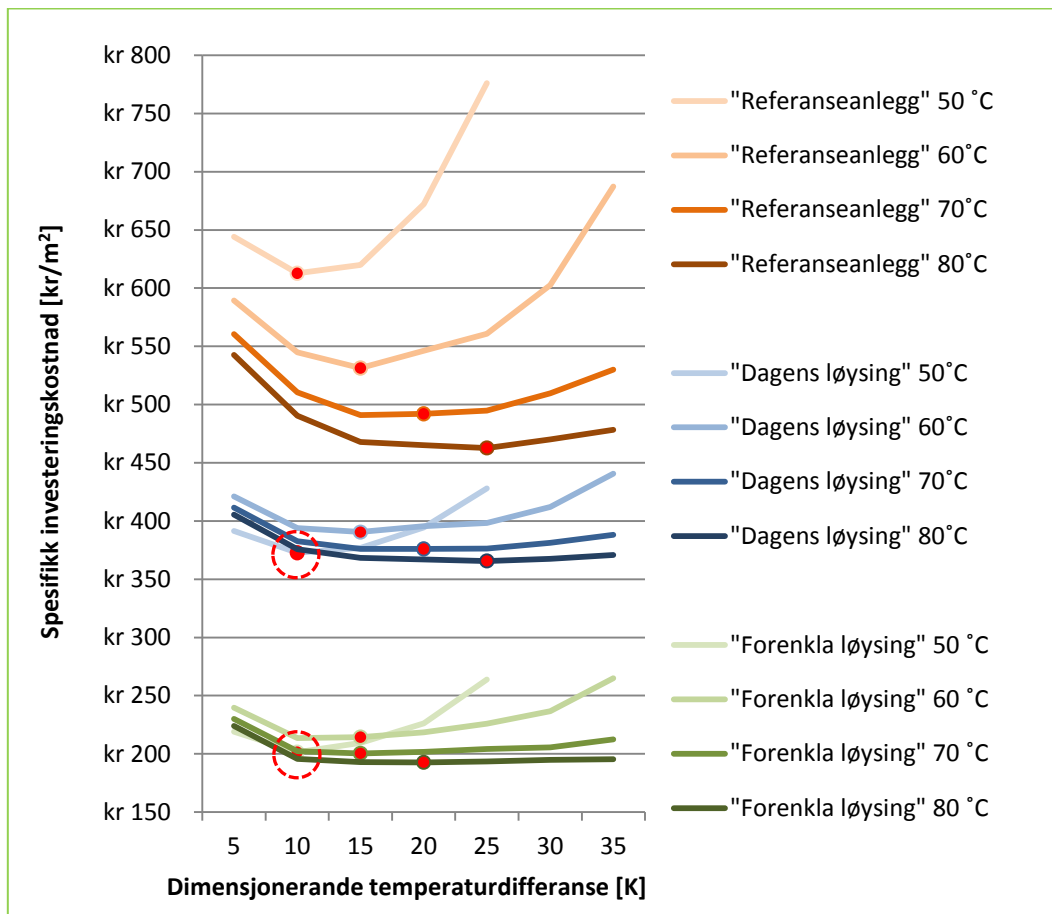
5.12.1 BETRAKTNINGAR RUNDT EKSEMPELBYGGETS VARMELØYSING.

Sjølv om dei presenterte anleggskostnadane i dette kapitelet er best egna til samanlikning mot kvarandre, kan ein likevel gjere nokre betraktningar mellom dei ulike løysinganes årskostnad, då som "årskostnads-optimal" løysing. Årskostnaden består av kapitalkostnader og drifts- og vedlikehaldskostnader. Om ein føreset at vedlikehaldskostnadane er uavhengige av temperaturnivået, vil ei samanlikning mellom dei ulike temperaturnivå berre bestå av energikostnader og kapitalkostnade. Kapitalkostnadane avheng av investeringskostnad, krav til avkastning og anleggets levetid.

Kapitalkostnader

Som ein ser av Figur 65 varierer investeringskostnadane mykje på tvers av både konsept, temperaturnivå og temperaturdifferanse. Uavhengig av konseptløyninga ser ein at optimal temperaturdifferanse er nær uendra for dei ulike konseptane, og opptre som funksjon av dimensjonerande temperatur. Frå dimensjonerande tur-temperatur på 50°C er optimal temperaturdifferanse 10 K, der den er aukande med temperaturnivået. For "Forenkla løysing" ser ein at kostnaden er nær flat for 80°C mellom 15 K til 30 K. Bakgrunnen til dette er blant anna fordelinga i anleggskostnaden. Jo høgre temperaturnivå, desto større andel av

anleggskostnaden tilkjem røyrnett, og som me har sett har ei svært flat kostnadsutvikling opp til DN 50.



FIGUR 65 RESULTAT FRÅ SIMULERING AV ANLEGGSKOSTNAD. ANLEGGSKOSTNAD SOM FUNKSJON AV DIMENSJONERANDE TURTEMPERATUR OG TEMPERATURDIFFERANSE. FOR "DAGENS LØYSING" OG "FORENKLA LØYSING" ER KOSTNAD FOR 50°C PRESENTERT FOR LØYSING UTAN ISOLASJON, ISM NS-EN 12828 SAMT MARKERT MED STIPLA SIRKEL. RAUDE PUNKT MARKERER KOSTNADSOPTIMUM FOR KVART TEMPERATURNIVÅ. "REFERANSEANLEGG" DIMENSJONERT FOR 60 W/M², "DAGENS LØYSING" OG "FORENKLA LØYSING" FOR 20 W/M². ALLE SOM RADIATORANLEGG.

Som me ser av figuren er anlegga som er dimensjonert for 50°C markert utan isolasjon, i samsvar med førre kapitel. Dette gjeld for "Dagens løysing" og "Forenkla løysing". Ein ser det at lågtemperatur radiatoranlegg i moderne bygg kan lønne seg. Dette utan at fordelene ved lågtemperatur varmekjelder er rekna med. For 50/40-anlegget medfører "Forenkla løysing" ein anleggskostnad på omlag 200 kr/m², medan for "Dagens løysing" kjem anlegget på omlag 375 kr/m². Den økonomiske levetida er satt til 30 år for alle løysingane.

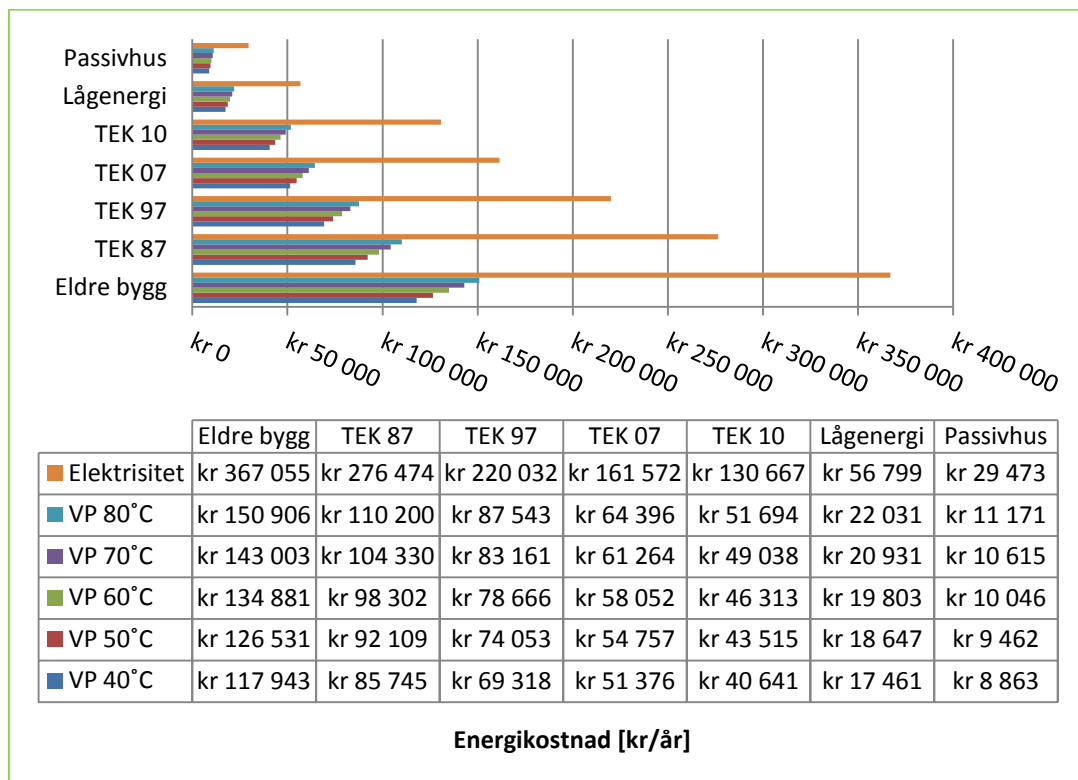
Varmeproduksjon og årleg energikostnad

For å dekkje varmebehovet er det ulike varmekjelder ein kan nytte. Som me såg i kapitel 3, var det i dei bygga vanlig å nytte ein 2-delt varmesentral bestående av grunn- og spisslast, med varmepumpe som energileverandør og fjernvarme som effektleverandør. I samsvar med dette, er for **eksempelbygget** berekna energikostnader for varmesentral bestående av

bergvarmepumpe/fjernvarme, og for alternativet elektrisitet, fastkraft. Figur 66 viser resultat av disse berekningane.

Føresetnader for energikostnadsdata på Figur 66 :

- **Netto effektbehov og klimadata-** Timesdata frå Simien (Utetemperatur, netto varmebehov) Respektive varigheitskurver illustrert på Figur 30.
- **Temperaturnivå** - Utekompanseringskurve med returtemperatur 30°C ved $t_{ute} = 10^{\circ}\text{C}$ (Estimert turtemperatur for hhv 80°C og 40°C illustrert på Figur 30)
- **Kondenseringstemperatur** = momentan turtemperatur (inga temperaturltap i kondensator (forenkling))
- **Fordampingstemperatur** = konstant 2°C over året
- **Carnot-effektfaktor** som funksjon av turtemperatur og fordampingstemperatur
- **Carnot-verknadsgrad** = 0,45 (konstant for alle løysingane (forenkling))
- **Dimensjonerande effekt** - Varmepumpas storleik dimensjonert for ei energidekning på 90 % av netto energibehov over året
- **Effektfaktor** under dekningspunkt: $\text{COP}_{\text{DUT}}^{12} = \text{COP}_{\text{dekn.pkt}}$ (forenkling)
- **Energipris** tilført elektrisitet varmepumpe = energikostnad spisslast = 1 kr/kWh (forenkling)



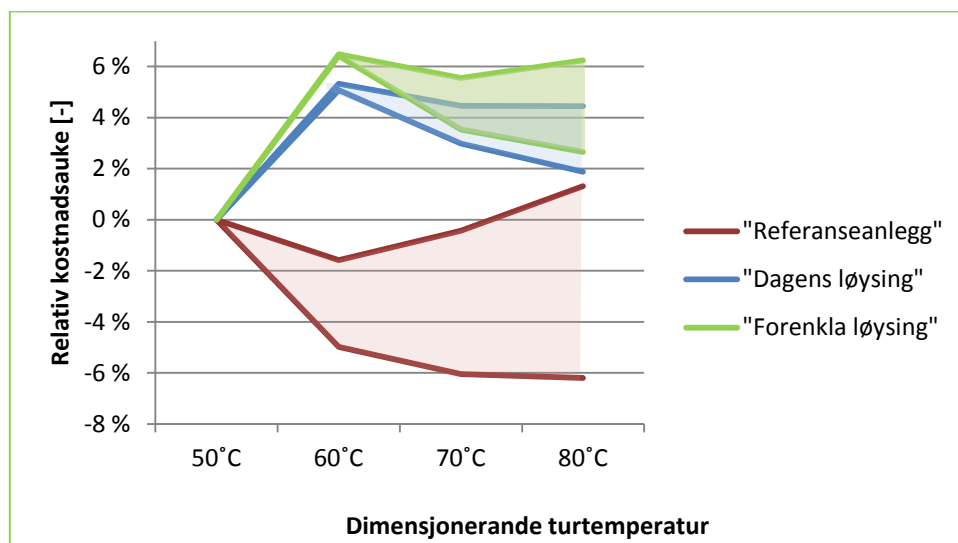
FIGUR 66 ÅRLEG ENERGIKOSTNAD VED BRUK AV VARMEPUMPE OG FJERNVARME, ELLER ELEKTRISITET. ENERGIKOSTNAD VED BRUK AV VARMESENTRAL BASERT PÅ VARMEPUMPE, SOM FUNKSJON AV ANLEGGETS DIMENSJONERANDE TURTEMPERATUR.

¹² COP = Coefficient of performance

Som ein ser på Figur 66 er det stor variasjon mellom energikostnadane forbunde med dei ulike byggjstandardane, og type varmforsyning. Energiforsyning som funksjon av dimensjonerande turtemperatur for varmeanlegget varierar også. Me observerar at for denne type oppbygning av varmesentral, med oppsummerte føresetnader, aukar energikostnaden med omlag 30 % om ein aukar dimensjonerande turtemperatur frå 40°C til 80°C.

Årskostnad

Ved å nytte årskostnadsmetoden, også kalla annuitetsmetoden, for vurdering av dei ulike løysingane kostnad, kan ei vurdere løysingane mot kvarandre i eit årsperspektiv. Figur 67 viser korleis årskostnaden innanfor dei ulike løysingane varierar med dimensjonerande temperaturnivå og ei kalkulasjonsrente med eit spenn på 2 % til 8 %.



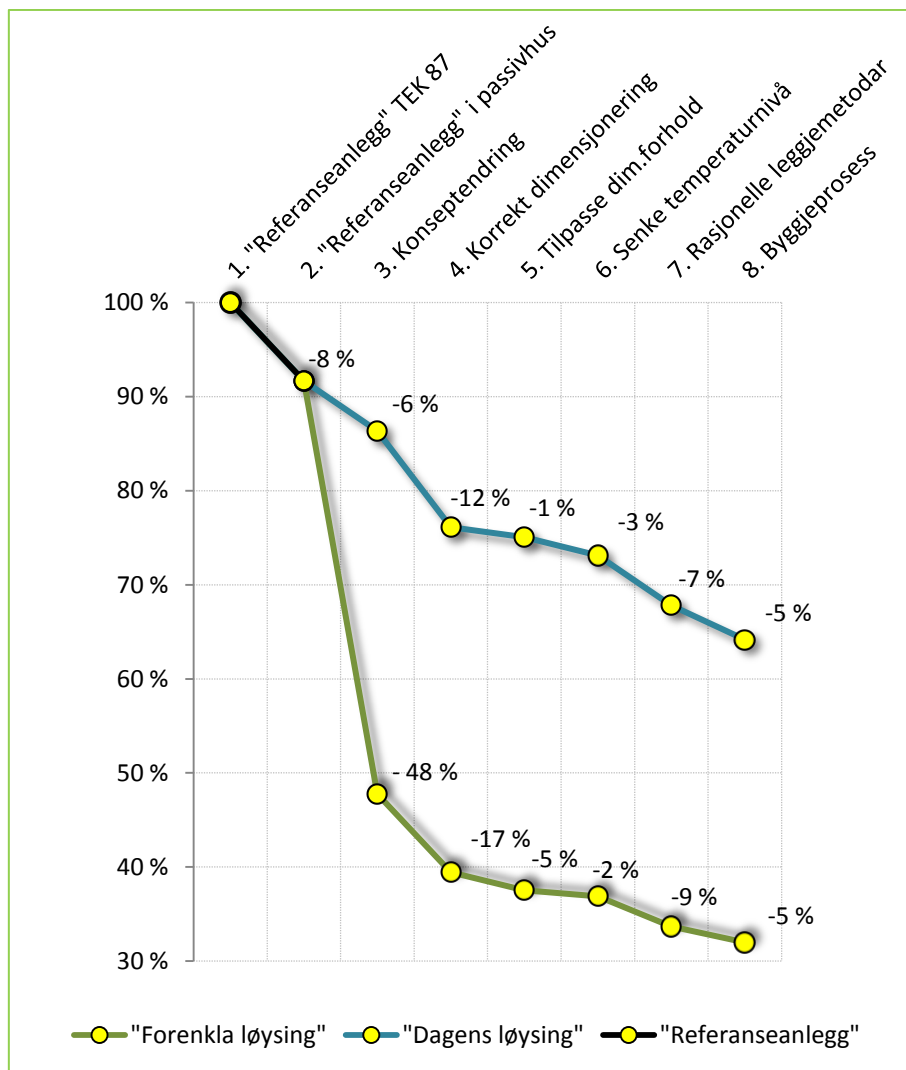
FIGUR 67 FØLSOMHEITSANALYSE. ÅRSKOSTNADENS AVVIK FRÅ ANLEGG DIMENSJONERT FOR 50°C, SOM FUNKSJON AV DIMENSJONERANDE TURTEMPERATUR. BASERT PÅ ANNUITETSMETODEN MED 30 ÅRS LEVETID, DER SKRVAVUR ANGIR VARIASJON INNANFOR EI KALKULASJONSRENTE PÅ 2 % - 8 %. VARMEFORSYNING AV VARMEPUMPE.

Som ein ser av Figur 67 kjem er det mest lønnsame temperaturnivået for "Dagens løysing" og "Forenkla løysing" 50°C, uavhengig av kalkulasjonsrente. Hovudgrunnen til dette er isolasjonsgraden i anlegget, ettersom det kjem inn under isolasjonsklasse 0. Vidare ser ein at for "Referanseløysinga" optimale temperaturnivå varierar frå 60°C og oppover. Dette skuldast at kapitalkostnaden i denne vurderinga dominerar kostnadsbiletet, og at innsparinga i energiutgifter derfor får småe utslag på årskostnaden. Det er likevel verdt å understreke at det mest miljøvennlege temperaturnivået representerar kostnads optimumet her.

5.12.2 SAMANFATNING

Me har sett i dette kapitlet at det er eit stort potensiale for å redusere investeringskostnaden i vassborne varmeanlegg, på mange ulike plan. Felles for dei ulike tiltaka som er gjennomgått i denne teoretiske tilnærminga, er at dei har ulik effekt avhengig av konseptløyninga. Ved å setje dei ulike tiltaka "i verk" etter underståande prioriteringsliste får ein eit bilete av det totale potensialet for kostnadsreduksjon etter Figur 68.

1. Redusere materialbruk
2. Tilpasse anlegget til byggjestandard
3. Redusere ressursbehov for arbeidskraft



FIGUR 68 OPPSUMMERT KONSEKVENSAV TILTAK MOT KOSTNADSREDUKSJON. EKSEMPEL FRÅ TRADISJONELT ANLEGG DIMENSJONERT FOR 60 W/M², TIL MAKSIMALT FORENKLA VARMEANLEGG DIMENSJONERT FOR OG INSTALLERT I PASSIVHUS KONTORLANDSKAP, DER ALLE KOSTNADSREDUSERANDE TILTAK ER SATT I VERK. PROSENTVIS REDUKSJON FRÅ FØREGÅANDE PUNKT.

Som ein ser av Figur 68 er det berekna potensialet for kostnadsreduksjon gjennom dei gjennomgatte tiltaka i dette kapitlet på omlag 65 % frå tradisjonelt anlegg. Ein ser og' at størstparten av denne reduksjonen kjem over konseptendringa frå "Referanseanlegget" til "Forenkla løysing", noko som ikkje er uventa. Denne forenkla løysinga er definert som eit minimumsomfang for radiatoranlegg. Dei ulike tiltaka kommentert:

1. "Referanseanlegg" TEK 87

Dette konsept-utgangspunktet er presentert i kapitel 5.8.1. Anlegget er dimensjonert med ein varmeeffekt på 60 W/m^2 , noko som er på nivå med TEK 87-byggjstandard. Etersom det har tradisjonelt vore svært vanleg å overdimensjonere varmeanlegg er dette ei anleggsyting som også er dimensjonert for i nyare byggjstandardar enn TEK 87 (Smedegård, 2011).

Viktige kvantitative eigenskapar for anlegget under pkt. 1:

- 469 kr/m^2
- Anleggets varmeeffekt: 60 W/m^2
- Dimensjonert for $80/60^\circ\text{C}$
- Tynnvegga stålør
- A_N^{13} : ca. 51 200,-

2. "Referanseanlegg" i passivhus

Som me har sett har ikkje den teknologiske utviklinga innan varmeanlegget utvikla seg i takt med byggjstandard. Det har vore, og fortsatt er, mange barrierar bransjen må over. Dette punktet tilsvarar utslag i anleggskostnad etter innføringa av passivhus, der anlegget er overdimensjonert, etter idè frå eksempel på Figur 36. Anleggets karakteristikk tilsvarar "Referanseanlegget".

Viktige kvantitative eigenskapar for anlegget under pkt. 2:

- 430 kr/m^2
- Anleggets varmeeffekt: 40 W/m^2
- Dimensjonert for $80/60^\circ\text{C}$
- Tynnvegga stålør
- A_N : ca. 51 200,-

3. Konseptendring

Gjennom å tilpasse konseptet til byggjstandarden, og brukaren/utbyggjars behov for innreiingsfleksibilitet, er potensialet for kostnadsreduksjon stort. Konseptet "Dagens løysing" gjenspeglar dagens praksis der mengda varmekursar er redusert frå "Referanseanlegget"s 1 pr. hovudfasade, til 1 varmekurs for all romoppvarming. Om også potensialet for redusert behov for innreiingsfleksibilitet i kontorlandskap blir utnytta blir omfanget av varmeanlegget sterkt redusert.

¹³ A_N - Summert netto akkordtariff for anlegget. Fortel om ressursbehovet for arbeidskraft, uavhengig av k_A -faktor

Viktige kvantitative eigenskapar for "Dagens løysing" under pkt. 3:

- 405 kr/m²
- Anleggets varmeeffekt: 40 W/m²
- Dimensjonert for 80/60°C
- Tynnvegga stålør
- A_N: ca. 45 700,-

Viktige kvantitative eigenskapar for "Forenkla løysing" under pkt 3:

- 224 kr/m²
- Anleggets varmeeffekt: 40 W/m²
- Dimensjonert for 80/60°C
- Tynnvegga stålør
- A_N: ca. 23 200,-

Ein ser at kostnadspotensialet for å forenkle konseptet er stort. Dette gjenspeglar seg også i netto akkordtariff, som er nær halvert. Om ein føreset konstante forhold elles, vil det sei at behovet for arbeidskraft også er nær halvert.

4. Korrekt dimensjonert varmeeffekt etter dagens praksis

Ei av dei barrierane bransjen ser ut til å ha forsert er å stole på byggjestandardens reduserte effektbehov og dimensjonere anlegga etter berekna effekt. Med å redusere dimensjonerande effekt frå overdimensjonert anlegg på 40 W/m² til tilsvarande passivhus 15 W/m², oppnår ein også verknader utover kostnadsnivå som eksempelvis betring av betring av varmepumpas driftsforhold. Det er verdt å merke seg at for "Dagens løysing" er dette nedre grense for anleggseffekt for dette temperaturnivå, då radiators UA-verdi er på eit minimum av det marknaden tilbyr, omlag UA = 1,4 W/K.

Viktige kvantitative eigenskapar for "Dagens løysing" under pkt. 4:

- 357 kr/m²
- Anleggets varmeeffekt: 15 W/m²
- Dimensjonert for 80/60°C
- Tynnvegga stålør
- A_N: ca. 45 700,-

Viktige kvantitative eigenskapar for "Forenkla løysing" under pkt 4:

- 185 kr/m²
- Anleggets varmeeffekt: 15 W/m²
- Dimensjonert for 80/60°C
- Tynnvegga stålør
- A_N: ca. 23 200,-

Ein ser også at netto akkordtariff er uendra, frå førre punkt. Dette kjem av at akkordtariff er konstant for all radiatormontasje (radiatorar under 40 kg) og for røyr- og isolasjons-arbeider under DN 50.

5. Tilpassing av varmeeffekt etter bygningsdynamikken

Som me har sett har dagens moderne passivhus ofte lengre tidskonstant enn eldre byggestandard. Dette er noko me kan utnytte, ref kapitel 5.10.3. Om me føreset at bygningen er kategorisert som sær tung bygning, etter NS 3031:2007, og me tillet eit inne-temperaturfall på maksimalt 3 grader over ein 20-årsperiode, kan me berekne eit nytt, og meir realistisk effektbehov enn tidligare.

Viktige kvantitative eigenskapar for "Dagens løysing" under pkt.5:

- 352 kr/m²
- Anleggets varmeeffekt: 11 W/m²
- Dimensjonert for 80/60°C
- Tynnvegga stålør
- A_N: ca. 45 700,-

Viktige kvantitative eigenskapar for "Forenkla løysing" under pkt 5:

- 176 kr/m²
- Anleggets varmeeffekt: 11 W/m²
- Dimensjonert for 80/60°C
- Tynnvegga stålør
- A_N: ca. 23 200,-

6. Økonomisk tilpassing av temperaturnivå og systemet

Som me såg i kapitel 5.11.4 kan me gjennom å tilpasse varmesystemet gjennom temperaturnivå og røyrføringanes trasèval påverke anleggskostnaden. Dette punktet gjenspeglar redusert temperaturnivå til 50/40°C, røyrtrasè ligg i oppvarma opent lokale og isolasjonsposten er tatt ut, etter reglar i NS-EN 12828. Moderat kostnadsreduksjon, men stor betring av driftsforhold ved temperaturavhengige varmekjelder, som varmpumpe.

Viktige kvantitative eigenskapar for "Dagens løysing" under pkt. 6:

- 343 kr/m²
- Anleggets varmeeffekt: 11 W/m²
- Dimensjonert for 50/40°C
- Tynnvegga stålør
- A_N: ca. 39 300,-

Viktige kvantitative eigenskapar for "Forenkla løysing" under pkt 6:

- 173 kr/m²
- Anleggets varmeeffekt: 11 W/m²
- Dimensjonert for 50/40°C
- Tynnvegga ståløy
- A_N: ca. 18 300,-

7. Rasjonelle leggjemetodar

Punkt 1-6 har presentert tiltak som relativt lett let seg gjennomføre med dagens berekningsverktøy og standardverk i ryggen og utan å representere behov for endringar i bransjen. Dei 2 siste punkta står derimot for tiltak som vil ha ein viss treigheit i innføringa. Dette punktet går på tilpassing av akkordtariff-satsar som resultat av rasjonaliserte leggjemetodar.

Som me såg i kapitel 5.11.3 kan ein oppnå innsparingar ved å nytte rasjonelle leggjemetodar, føresetnad om at dette blir teke omsyn til ved kalkulasjon. Ved å endre røyrttype til komposittrøy kan ein oppnå ei betydelig innsparing, med føresetnad om at ein reduserer montasjetida med omlag 25 %.

Viktige kvantitative eigenskapar for "Dagens løysing" under pkt. 7:

- 318 kr/m²
- Anleggets varmeeffekt: 11 W/m²
- Dimensjonert for 50/40°C
- Komposittrøy
- A_N: ca. 33 300,-

Viktige kvantitative eigenskapar for "Forenkla løysing" under pkt 7:

- 158 kr/m²
- Anleggets varmeeffekt: 11 W/m²
- Dimensjonert for 50/40°C
- Komposittrøy
- A_N: ca. 14 400,-

Ein ser at ein med dette tiltaket reduserte ein netto akkordtariff med 21 % for "Forenkla løysing" ifht punkt 6, noko som inneber redusert behov for arbeidskraft. Det er verdt å merke seg at materialkostnaden er noko auka i dette tilfellet, med det prisunderlaget som ligg i grunn for simuleringa.

8. Byggjeprosessen

Også dette punktet er meir krevjande i innføringa enn punkt 1-6. Dødtid og venting på byggeplass kan reduserast ved å effektivisere byggjeprosessen, for eksempel ved å nytte konsept som Trimma bygging. Også ved å opparbeide kompetanse i bedrift rundt kjente Drifts- og vedlikehaldstekniske konsept innan produksjonsflyt, planlegging og tilrettelegging av

arbeidsplass, kan ein oppnå gode resultat her. For bedrifter som har fokus på detaljbereking av K_A -faktoren til kvart prosjekt vil dette bety auka konkurranseevne og rimeligare anlegg. Desse tiltaka vil potensielt redusere forhold som venting, dødtid, intern gangtid og reisetid. Ved å redusere generelle tillegg, ref kapitel 5.5.3.2, til dødtid på 7 % og interngangtid til 3 % (tilpasse arbeidsplass) kan ein berekne ny anleggskostnad. K_A -faktor reduseres i dette tilfellet frå 8,84, som er nytta i alle tidligare eksempel, til 7,75.

Viktige kvantitative eigenskapar for "Dagens løysing" under pkt. 8:

- 301 kr/m²
- Anleggets varmeeffekt: 11 W/m²
- Dimensjonert for 50/40°C
- Komposittrøyr
- Generelle tillegg: 10 % (frå tidligare 25 %)

Viktige kvantitative eigenskapar for "Forenkla løysing" under pkt 8:

- 150 kr/m²
- Anleggets varmeeffekt: 11 W/m²
- Dimensjonert for 50/40°C
- Komposittrøyr
- Generelle tillegg: 10 % (frå tidligare 25 %)

Som ein har ser er det eit betydelige potensiale i alle ledd av det vassborne varmeanlegget, innanfor dei rammer som er gitt i dette kapitlet. Det absolutte kostnadsnivået bør behandlast med omhu, då forenklingane som er gjort innleiingsvis vil ha aukande betyding jo lågare kostnadsnivået er berekna. Det er likevel verdt å merke seg ei betydelig innsparing frå utgangspunktet, som vart vurdert til å vere i samsvar med referansen, Holtes kalkulasjonsnøkkel. Ved å nytte denne type lågtemperaturanlegg i framtidas bygg legg ein til rette for redusert forbruksnivå (av materiell), rasjonell bruk av arbeidskraft som ressurs og moglegheit for bruk av energieffektive varmekjelder som solvarme, spillvarme eller varmpumper.

6 KONKLUSJON

Me har gjennom denne masteroppgåva sett på styrker og svakheiter med dagens praksis i vassborne varmelegg. Gjennom analysen har ein sett at det eksisterar eit stort potensiale for reduserte investeringskostnader i samband med installasjon av vassborne romvarmeanlegg, utan at ein treng å forandre ein heil bransje. I alle ledd av anlegget er det påvist eit potensiale, med både langsiktige og kortsiktige resultat. Det er likevel nokre forhold som skil seg ut. Desse kan oppsummerast:

Fokus på konseptet

Betydinga av konseptet står fram som det viktigaste tiltaket mot redusert anleggskostnad. Å tilpasse konseptet til brukarens behov vil gje store potensiale. Ein har observert ei potensiell kostnadsreduksjon på omlag 40 % frå den definerte "Dagens løysing", til "Forenkla løysing" på same energiramme og temperaturnivå, og utan at andre kostnadsreducerande tiltak er satt i verk. Løysinga som blir nytta i dagens moderne bygg oppfattast som unødig omfangsrik.

Temperaturnivå

Ein har sett at ved å velje lågtemperaturanlegg kan ein oppnå innsparingar i kombinasjon med for eksempel varmpumpe. Med å vere bevisst på trasèval for dei tekniske føringsvegane og utnytte bygningens termiske eigenskapar, kan ein utelukke ein heil kostnadspost. Dette kan gje store innsparingar, til ein relativt liten auke i internlast, på omlag 1 W/m^2 i gjennomsnitt.

Varmeavgjevarane

Ved å tilpasse anlegget til brukarens behov og byggjestandard kan også varmeavgjevarane utgjere eit potensiale for kostnadsreduksjon mot tradisjonelle radiatoranlegg. Ein kan oppnå betydelig reduksjon av denne kostnadsposten ved å for eksempel nytte golvvarme på eit avgrensa areal, i bygningar med høg byggjestandard og lang tidskonstant. Den reduserte temperaturdifferansen vil berre gje ei moderat auke av kostnaden forbundet med tilførselstammen, då kostnadsutvikling for ferdig monterte røyr varierar lite opp til DN 50.

DUT og dimensjonerande effekt

Med ein stadig betring i byggjestandard, og aukande tidskonstant, framstår dagens dimensjonerande utetemperatur som lite hensiktsmessig. Denne dreg opp anleggets varmeeffekt utan at det er behov for dette. Med nye retningslinjer for berekning av dimensjonerande forhold, tilsvarande Svensk metode, vil kostnadsnivå for varmelegg og varmesentral bli redusert. Samtidig vil for eksempel varmpumpelanlegg ha betra driftsvilkår. Dette utan negative biverknader.

Akkordtariffen

I bransjen i dag har me sett at Akkordtariffen for røyrleggjarfaget er svært sentral for varmeleggas kostnad. Denne framstår i dag som det viktigaste kalkulasjonsverktøyet blant røyrrentreprenørane. På tross av at dette er eit dynamisk dokument som blir revidert med

jamne mellomrom, blir denne oppfatta som ein brems i utviklinga mot rimelig vassboren varme. I ein marknad der utviklinga er stor, både mot nye rasjonelle leggjemetodar, og effektive oppheng- og samanføyings-metodar, kjem ikkje dette marknaden tilgode. Ein har sett at ei justering ved bruk av rasjonell leggjemetode kan bidra betydelig her, noko som i andre omgang kan auke marknadsandelen til vassboren varme og dermed auka fornybar varmeleveranse. Ei omarbeiding av metode for teknisk revidering og oppbygning av akkord-tariffen framstår med andre ord som eit gunstig tiltak mot å auke marknadsandelen til røyrentreprenørane på varmemarknaden.

Produktivitet

Me har sett betydinga av å nytte korrekt kalkulasjonsfaktor, og kva forhold som påverkar denne. Denne kan påverkast på mange måtar:

- Eit viktig fokus mot rimelig vassboren varme kan gå gjennom auka produktivitet, som gjennom nye produksjonskonsept på byggjeplass som Trimma bygging. Ein reduserar her ventetid og dødtid, og ved korrekt berekning av kalkulasjonsfaktor kan dette bidra mykje på anleggskostnaden.
- Ettersom denne ofte vert grovt estimert, eller nytta tilsvarande som konkurrent, kan ei bevisstgjerings/oppfrisking av dennes oppbygning, til røyrentreprenørar, vere av betyding. Dette gjeld småe og mellomstore bedrifter, og vil dermed påverke anleggskostnad til varmeanlegga i småe og middels store yrkesbygg.
- Redusere sjukefråvær. Gjennom auka trivsel og fokus på den enkeltes arbeidssituasjon vil dette påverke direkte anleggskostnad gjennom reduserte administrative kostnader. Dette kan for eksempel gjerast ved å fokusere på kompetanse blant dei ansatte og bidra til gode arbeidsholdningar og auka yrkesstoltheit.

Gjennom desse tiltaka vil ein etter mine vurderingar kunne bidra til å redusere anleggskostnaden frå "Dagens løysing", i dagens bygg med dagens krav, frå ein berekna kostnad på ca. 400 kr/m², med 60 % til omlag 150 kr/m². Dette for løysing tilsvarande den definerte "Forenkla løysing", i tungt kontorbygg av passivhus-standard, med tilpassa løysing til kontorlandskap utan krav til innreiingsfleksibilitet. Med å tilpasse det vassborne anlegget til bygget og brukarens krav, vil ein då på kort sikt kunne auke omfanget av vassborne varmeanlegg som igjen vil kunne bidra til å auke den miljøvennlege varmeleveranse til norske yrkesbygg.

7 FORSLAG TIL VIDARE ARBEID

Gjennom dette spanande arbeidet har det openbart seg nokre viktige retningar for eit vidare arbeid i vegen mot større omfang av vassboren varme i yrkesbygg. Oppsummert:

1. Nå ut til bransjen

Utvikling av sett med prosjekteringsreglar for design av kostnadseffektive anlegg med høg systemverknadsgrad og lågt primærenergiforbruk.

2. Overvinne viktige barrierar mot gunstig anleggutforming

Dynamisk simulering av inneklima, gjerne CFD-simulering. Kartleggje fyljande moments påverknad på inneklima:

- Type varmelement
- Plassering av varmeelement
- Byggjestandard
- Bygningens termiske eigenskapar
- Rommets utforming
- Møbleringsgrad og internlastenes spreiding i lokalet
- Ventilasjonskonsept

3. Akkordtariffen

Utredning av mogelegheiter for endring av akkordtariffens oppbygning og påfyljande rytme for revidering. I samråd med bransjen.

4. DUT

Utarbeide reglar tilpassa norske forhold for berekning av DUT der også byggjestandard inngår.

5. Pris- og konsept-samanlikning mellom ulike europeiske land.

6. Varmepumpas driftsforhold

Utredning i kva grad "bygningstilpassa" utekompanseringskurve for varmepumper, i lågenergi og passivhus med høg tidskonstant, har i lys av betring av driftsforhold og energisparing.

7. Systemløysingar

Utarbeide konkrete systemforslag mot varmeløysing i moderne bygg, med fokus på lågtemperaturanlegg og med alternative varmeavgjevarar og distribusjonskonsept.

KJELDER

AF energi og miljøteknikk. (2011). *Statusrapport på Enovas engangskonkurranse, Installasjon av vannbåren varme i kontorbygg (passivhus).*

Akkordtariff for rørleggerfaget. (2009).

Arbeidstilsynet. (2006). *Veiledning til arbeidsmiljøloven.* Oslo: Direktoratet for arbeidstilsynet.

Aronsen, E. (2012, Januar). Prosjektutvikler. (O. Ø. Smedegård, Intervjuar)

Bellona. (2011). *Bellonahuset.* Henta Februar 27, 2012 frå <http://www.bellona.no/jubileum25/fremtiden/Bellonahuset>

Boverket. (2011). *Boverkets byggregle, BBR 18, BFS 2011:6.* Boverket.

Burud, J. P. (2012, Januar). Utviklingssjef. (O. Ø. Smedegård, Intervjuar)

Dale, O. H. (2012). *Miljøbygget: Bygg.no - Byggeindustrien.* Henta Mars 18, 2012 frå <http://www.bygg.no/prosjekter/47325.0?showImage=4>

Direktoratet for byggkvalitet. (2010). *Veiledning om tekniske krav til byggverk.* Oslo: Direktoratet for byggkvalitet.

ECOPAN. (2004). http://www.thermo-varme.no/uploads/documents/Technical_Manual.pdf. Henta Februar 2012 frå http://www.thermo-varme.no/uploads/documents/Technical_Manual.pdf

Enova SF. (2010). *Nyskapende samarbeid hever nybygg til passivhusnivå.* Henta Mars 2012 frå <https://resultatrapport.enova.no/gode-historier/nyskapende-samarbeid-hever-nybygg-til-passivhusnivaa/>

Enova SF. (2012). *Tilskuddsordningen for husholdningene - Resultat av egenevaluering.* Henta Februar 29, 2012 frå <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3948>

Fellesforbundet. (2009). *Akkordtariff for rørleggerfaget.* Fellesforbundet.

FOB. (2010). Fellesoverenskomsten for byggfag 2010-2012.

Geberit. (2010). *Geberit Mepla tappevannsinstallasjoner og varmeanlegg, teknisk informasjon.* Henta 2011 frå [http://www.geberit.no/web/appl/no/wcmsno.nsf/files/usr-pdf-Geberit_Mepla-teknisk_05.pdf/\\$file/Geberit_Mepla-teknisk_05.pdf](http://www.geberit.no/web/appl/no/wcmsno.nsf/files/usr-pdf-Geberit_Mepla-teknisk_05.pdf/$file/Geberit_Mepla-teknisk_05.pdf)

GRINDEM, K. (2012, Januar 31). *Et forbilde for byggebransjen - Nyheter - Drammens tidende.* Henta Februar 28, 2012 frå <http://dt.no/nyheter/et-forbilde-for-byggebransjen-1.6745815>

Hanssen, S. O. (2010, Januar). *TEP 4245 foiler - Indoor environment - Guidelines and recommendations.*

Holte Byggsafe. (2010). Kalkulasjonsnøkkelen.

ITT AS. (2012). *Pumper og rør i teori og praksis*. Henta februar 29, 2012 frå <http://www.lowara.de/lowdata/doc/NO/eng-low-slutlig-ed-no.pdf>

Jarstein, S., & Palm, L. T. (2008). *Kompetanse innen vannbårne varmesystemer i bygg*. Oslo: Enova SF.

Johansen, G. (2012). E-post, 15.03.12. (O. Ø. Smedegård, Intervjuar)

Klimasystem. (2010, Oktober). *Klimasystem - referanseprosjekter*. Henta Mars 2012 frå <http://www.klimasystem.no/?section=album&prev=refs&articleID=240>

Krog, B. R., & Gundersen, P. (2006). *Vannbåren tak- og golv-varme - Laboratoriemålinger*. Oslo: Norges Byggforskningsinstitutt.

Larmerud, O. (2000). *Kalkulasjon og anbudsberegning for rørleggere. 4.utgave*. Norske rørleggerbedrifters landsforening.

Larsen, S. A. (2008). *ROBUSTE DISTRIBUTJONSSYSTEMER Råd og veiledning for prosjektering*. Intern utgave for Rambøll AS.

Larsen, S. A. (2010, Januar 14-15). Utdrag frå "Robuste distribusjonssystemer". *Varmeseminar*. Bergen.

Larsen, S. A. (2012, Februar). Utforming av vassborne varmeanlegg. (O. Ø. Smedegård, Intervjuar)

NOR Technologies. (2012). *Nyheter fra NOR technologies*. Henta Mars 2012 frå <http://nor techno.no/latest-news/pilot-installasjon-av-vannbaren-varme-system-i-full-gang/>

Norconsult informasjonssystemer. (2011). *Norsk Prisbok 2011*. Norconsult informasjonssystemer.

Norske Arkitekters Landsforbund. (2012). *Ecobox Prosjektdatabase*. Henta Februar 27, 2012 frå Bellonahuset: <http://www.arkitektur.no/?nid=205920&lcid=1044&pid1=228528>

Norske Arkitekters Landsforbund. (2011, Desember 12). *NSB kompetansesenter*. Henta Februar 27, 2012 frå <http://www.arkitektur.no/?nid=214137&lcid=1044&pid1=228528>

Norske Arkitekters Landsforbund. (2012, Januar 31). *Papirbredden II*. Henta Februar 27, 2012 frå <http://www.arkitektur.no/?nid=207254&lcid=1033&cat=165317&pid1=84682>

Norske Arkitekters Landsforening. (2012, Mars 1). *Tallhall - Meteorologisk institutt*. Henta Mars 5, 2012 frå <http://www.arkitektur.no/?nid=181034&lcid=1044&pid1=228528>

Novakovic, V., & et.al. (2007). *ENØK i bygninger*. Trondheim: Gyldendal Norsk forlag AS.

NS-EN 12828. (2003). *Varmesystemer i bygninger. Utforming av vannbaserte varmesystemer*. Standard Norge.

NS-EN 15316-2-1. (2007). Standard Norge.

-
- NVE. (2010). *Energistatus 2009*. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Ole Larmerud, N. (2012, Februar 14). Teknisk Direktør. (O. Smedegård, Intervjuar)
- Papirbredden eiendom. (2012). *Byggeprosessen*. Henta Februar 28, 2012 frå <http://pb2.papirbredden.no/byggeprosessen>
- Prenøk 10.1. (1996). *Kostnadstall for vannbårne anlegg*. Skarland press AS.
- Prognosesenteret AS. (2009). *Kostnader ved installasjon av vannbåren varme*. Enova SF.
- Purmo. (2010). *Purmo plan compact*. Henta Mars 2012 frå <http://www.purmo.com/de/produkte/kompaktheizkoerper/purmo-plan-compact.htm>
- REHVA. (2012). *Member Associations: Rehva*. Henta Mars 2012 frå <http://www.rehva.eu/en/member-associations>
- Sandberg, E. (2004, Februar). Dimesjonerende utetemperaturer for vinterforhold. *Norsk VVS*, ss. 26-26.
- Sandvei, H. (2012, Januar). Energirådgjevar. (O. Ø. Smedegård, Intervjuar)
- Selinder, P., & Zinko, H. (2003). *Marginaler i fjärrvärmesystem, FOU 2003:85*. Fjärrvärme föreningen.
- SGP. (2012). *Luftvifter og viftekonvektorer*. Henta Mars 2012 frå http://www.sgp.no/Viftekonvektorer%20og%20luftvifter/viftekonvektorer_luftvifter.asp?meny=1,6,73&act=read&RecNo=341
- Skinnarland, S., & Andersen, B. (2008). Å løfte i flokk til rett tid. Fellesforbundet.
- Smedegård, O. Ø. (2011). *Analyse av forenkla vassborne varmedistribusjonssystem for bygningar*. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet.
- Statistisk sentralbyrå. (2012). *Byggjekostnadsindeks for røyrleggjararbeid i kontor- og forretningsbygg*. Henta Mars 6, 2012 frå <http://www.ssb.no/bkiror/tab-2012-02-14-01.html>
- Statistisk sentralbyrå. (2008). *Oppvarmingsutstyr i næringsbygg i tjenesteytende næringer. Foreløpige tall 2008*. Henta Februar 29, 2012 frå <http://www.ssb.no/emner/01/03/10/entjeneste/tab-2009-10-13-02.html>
- Sten Olaf Hanssen, R. Z. (2009, April). "Kan vi få bedre inneklime ved nye løsnings og energisparing i ventilasjonsanlegg?". Trondheim: VVS-föreningen.
- Thermo. (2012, Ferbruar). Utforming og kostnader av takvarmepanel. (O. Ø. Smedegård, Intervjuar)
- Thomassen, A. (2000). *Byggjekostnadsindeks for rørleggerarbeid i kontor- og forretningsbygg*. Statistisk sentralbyrå.
- Thyholt, M. (2008). *Passivhus i Norden*.

TONON. (1999). *VTP/VTS/VTI*. Henta Mars 2012 frå
<http://www.temprite.at/fileadmin/pdfs/Tonon/Installations-%20Gebrauchs-%20Wartungsanleitung%20TONON%20Fan%20Coils%20VT.pdf>

Uponor VVS. (2010). *Håndbok for Uponor tappevann- og radiatorrørssystem kopsitt*.

Veidekke ASA. (2011). *Bellonahuset i Oslo - Prosjekter - Veidekke ASA*. Henta Februar 27, 2012 frå <http://no.veidekke.com/prosjekter/utvalgte-prosjekter/article57197.ece>

(2000). *VVS-bransjens varmenorm*. Skarland Press AS.

Wigenstad, T. (2011, November). (O. Ø. Smedegård, Intervjuar)

Wigenstad, T. (2011, oktober 19). Innovative varmeløsninger i fremtidens bygg, Bygg Reis Deg. Oslo.

FIGURLISTE

Figur 1 Enova har eit samla ansvar for ei miljø- og klimavennlig.....	1
Figur 2 Rapportens struktur, med angitt omfang for dei ulike delane	4
Figur 3 Salgsutvikling for luft/vatn- og væseke/vatn-varme-.....	6
Figur 4 Typisk formålsdelt energibruk for kontorbygning. Eksempel med simulerte verdier for tungt kontorbygg med solavskjerming. Bygget blir presentert seinare i rapporten som eksempelbygget.	7
Figur 5 Andel av bygningsmasse innan tjenesteytande næring med vassboren varme pr. 2008 (Statistisk sentralbyrå, 2008)	8
Figur 6 Dei 4 grunnparametra med stor påverknad på vassborne varmeanlegg	10
Figur 7 Eksempel på lastprofil for yrkebygg. Mørke felt viser reelle pumpebehov (ITT AS, 2012)	11
Figur 8 Typiske driftskaraktistikkar for eit temperaturregulert vassborent system (A), og mengderegulert system (B) (ITT AS, 2012)	12
Figur 9 Tre hovudprinsipp for utfoming av røyrnett, A: 2-røyr med direkte retur, B: 2-røyr med vendt retur og C: ett-røyr-system. (ITT AS, 2012)	13
Figur 10 Oppsummert informasjon for NSB-kompetansesenter. Radiatorar under alle vindauge (Norske Arkitekters Landsforbund, 2011)	20
Figur 11 Oppsummert nøkkelinfo om Bellonahuset Eksponerte røyrføringar og radiatorar under kvart vindauge. (Bellona, 2011).....	21
Figur 12 Oppsummert nøkkelinfo om Papirbredden 2. Radiatorplassering under vindauga (Papirbredden eiendom, 2012).....	22
Figur 13 Oppsummert nøkkelinfo om Tallhall. Straumlinjeforma løysing med brønkonvektorar (Norske Arkitekters Landsforening, 2012).....	23
Figur 14 YIT's løysing med Fleksibel tilkobling av strålepanel.....	24
Figur 15 Land som er inkludert i utvalet, samt oversikt over Medlemslanda i rehva (REHVA, 2012)	33
Figur 16 Forenkla framstilling av modellens struktur	36
Figur 17 Skjermdump frå simuleringsmodell. Nøkkelinfo og variablar i modellen. Kvite felt er variablar.	37
Figur 18 Kostnadsfordeling iht Prenøk kunnskapsblad 10.1 (Prenøk 10.1, 1996)	39
Figur 19 Kostnadsutvikling i samband med vassborne varmeinstallasjonar. KPI for samme periode i grå (Statistisk sentralbyrå, 2012)	40
Figur 20 Inndeling av relevante kontonummer etter NS 3451, som er Beskrivande for anleggets innhald.	44
Figur 21 Oppbygning av anleggspris, med typisk fordeling	45
Figur 22 Utdrag frå akkordtariffen for røyrleggjarfaget som illustrerer oppbygning	47
Figur 23 Oppbygning og påverknadsfaktorar av røyrleggjar-andel av anleggskostnad. Fordeling av Kr-faktor for nybygg med andre tillegg på 15 %.....	49
Figur 24 2 ulike scenario med utslag i andre tillegg. Etter idè frå (Larmerud, 2000) Merk: Tillegga her multipliseres med kvarandre.....	50
Figur 25 Oversikt over typiske sosiale kostnader. Kvite er tvungne, blå er eksempel på frivillige. (Larmerud, 2000).....	51

Figur 26 Dei ulike kalkulasjonsfaktoranes påverknad på arbeidskostnad, med angitt utslag i prosent av arbeidskostnad for referanseanlegg med K_A -faktor = 8,5.....	54
Figur 27 Kalkulasjon av materialkostnad, med sentrale påverknadsmoment.....	55
Figur 28 Eksempelbygget. Basert på "Enkelt kontorbygg" i Holtes kalkulasjonsnøkkel.	56
Figur 29 Planteikning med typisk rominndeling.....	57
Figur 30 Varigheitskurve for netto romoppvarming og ettervarme av ventilasjonsluft for dei ulike byggjestandardane. Graddagskurve og dimensjonerande tur temperatur for varmeanlegget også angitt. Timesverdiar for varmebehov henta frå Simien.	60
Figur 31 Presentasjon av referanseanlegg, med føresetnader og anleggskostnadens fleksibilitet.....	63
Figur 32 Kostnadsfordeling basert på Prenøk kunnskapsblad 10.1 (Smedegård, 2011)	64
Figur 33 PRESENTASJON AV dagens ANLEGG, MED FØRESETNADER OG ANLEGGSKOSTNADENS FLEKSIBILITET	66
Figur 34 Maksimal høgd på vindauge som funksjon av utetemperatur og U-verdi (Thyholt, 2008)	67
Figur 35 PRESENTASJON AV forenkla ANLEGG, MED FØRESETNADER, OG ANLEGGSKOSTNADENS FLEKSIBILITET	69
Figur 36 Kjerneinformasjon for Miljøbygget i Trondheim (Dale, 2012).....	71
Figur 37 Utdrag frå byggtekniske føreskrifter med rettleing. Lett arbeid = kontor (Direktoratet for byggkvalitet, 2010)	73
Figur 38 Optimal operativ temperatur som funksjon av aktivitet og påkledning (Hanssen, 2010)	74
Figur 39 Døgnmiddeltemperaturar og døgnnormalar for Oslo. Gjeldande	75
Figur 40 Byggjestandard og bygningens tyngd, påverknad tidskonstanten. Berekna etter i Tabell 9 og Tabell 10.	77
Figur 41 Minste Nødvendige DUT for å oppfylle kravet om eit maksimalt temperaturfall på 3 K når 3-døgns temperatur middel inntreff. føresetnad at utgangsforholda er stasjonære. DUT som funksjon av byggjestandard og bygningens termiske varmelagringssevne.	78
Figur 42 Berekning av DUT 20, med eit temperaturfall på 3 grader og maksimal frekvens på 1 pr 20 år.v (Selinder & Zinko, 2003)	78
Figur 43 Samanlikning av DUT mellom Noreg og Sverige, for lokasjon med same middeltemperatur. Eksempel gjeld for middeltemperatur som Oslo. POTENSIALE FOR REDUSERT ANLEGGSSTORLEIK INKLUDERAR REDUSERT DIMENSJONERANDE INNETEMPERATUR FRÅ DAGENS PRAKSIS PÅ 22 TIL 19 GRADER, ETTER TEK OG ARBEIDSTILSYNETS ANBEFALINGAR.....	79
Figur 44 Oppsummert data frå simulering av 7 ulike byggjestandardar under 6 ulike case ..	81
Figur 45 illustrasjon av ulike konsept for romoppvarming	82
Figur 46 Oppbygning av verknadsgrad for varmeavgjeving til rommet ism NS-EN 15316-2-184	
Figur 47 PRESENTASJON AV radiatorens karakteristik (VVS-bransjens varmenorm, 2000) (Purmo, 2010)	85
Figur 48 PRESENTASJON AV golvvarmens karakteristik. (NOR Technologies, 2012) (VVS-bransjens varmenorm, 2000).....	86
Figur 49 PRESENTASJON AV takvarme. (Klimasystem, 2010) (Thermo, 2012) (ECOPAN, 2004) (VVS-bransjens varmenorm, 2000)	87

Figur 50 PRESENTASJON AV viftekonvektoren (SGP, 2012) (TONON, 1999) (VVS-bransjens varmenorm, 2000)	88
Figur 51 Romverknadsgrad for golv-, vegg- og takvarme (NS-EN 15316-2-1, 2007)	89
Figur 52 Romverknadsgrad for radiator (NS-EN 15316-2-1, 2007)	89
Figur 53 Romverknadsgrad for viftekonvektor (NS-EN 15316-2-1, 2007)	89
Figur 54 Påverknadsfaktorar på røyrnettets karakteristikk	91
Figur 55 Relativ volumstraum for streng med 16 radiatorar etter byggjstandard	93
Figur 56 Resultat frå simulering av varmekurs i passivhus, dimensjonert tradisjonelt for 100 Pa/m, samt med 40 Pa/m. Øvre og nedre granse stipla (Larsen, 2008)	94
Figur 57 Kostnadsutvikling for 3 ulike røyrtypar, material- og arbeidskostnad, Ekskl. mva, klammer og isolasjon. Arbeidskostnad kalkulert etter akkordtariff, del A med refererte punkt. Kalkulasjonsfaktorar som tidligare nytta: $K_M=0,7$, $K_A=8,84$	95
Figur 58 Forhold mellom Arbeidsmengd med ulike leggjemetodar/røyrtypar. (Smedegård, 2011)	96
Figur 59 Utdrag frå byggtkniske føreskrifter, TEK 10.....	98
Figur 60 Sentrale moment som påverkar varmeanleggets isolasjonsgrad, etter metode i NS-EN 12828	99
Figur 61 Utnyttingsgraden, berekna iht NS 3031, over året for hhv TEK10- og passivhusstandard. Gjeld for eksempelbygget, inklusiv varmebelsatning frå røyrnett, ved 50/40°C. 100	
Figur 62 Isolasjonsklasse som funksjon av temperaturnivå og faktoren f_a , som beskriv bygningens evne til å nytte internlastar (NS-EN 12828, 2003). Isolasjonsklassar markert ved skravur og nummerering, gjennomsnittleg medietemperatur stipla med svart linje der dimensjonerande temperatur er angitt.....	101
Figur 63 Termisk tap frå røyrnettet som funksjon av grad av isolasjon og temperatur.	102
Figur 64 Hypotetisk eksempel for årskostnaden for ein bygning. (Sten Olaf Hanssen, 2009)	104
Figur 65 Resultat frå simulering av anleggskostnad. Anleggskostnad som funksjon av dimensjonerande turtemperatur og temperaturdifferanse. For "dagens løysing" og "Forenkla løysing" er kostnad for 50°C presentert for løysing utan isolasjon, ism NS-EN 12828 samt markert med stipla sirkel. Raude punkt markerar kostnads optimum for kvart temperaturnivå. "Referanseanlegg" dimensjonert for 60 W/m ² , "Dagens løysing" og "Forenkla løysing" for 20 W/m ² . Alle som radiatoranlegg.....	105
Figur 66 Årleg Energikostnad ved bruk av varmepumpe og fjernvarme, eller elektrisitet. Energikostnad ved bruk av varmesentral basert på varmepumpe, som funksjon av anleggets dimensjonerande turtemperatur.....	106
Figur 67 Følsomheitsanalyse. Årskostnadens avvik frå anlegg dimensjonert for 50°C, som funksjon av dimensjonerande turtemperatur. Basert på Annuitetsmetoden med 30 års levetid, der skravur angir variasjon innanfor ei kalkulasjonsrente på 2 % - 8 %. Varmeforsyning av varmepumpe.....	107
Figur 68 Oppsummerte konsekvensar for tiltak mot kostnadsreduksjon. Eksempel frå tradisjonelt anlegg dimensjonert for 60 W/m ² , til maksimalt forenkla varmeanlegg dimensjonert for og installert i passivhus kontorlandskap, der alle kostnadsreducerande tiltak er satt i verk. Prosentvis reduksjon frå føregåande punkt.....	108

TABELLISTE

Tabell 1 Oversikt over utvalet i undersøkinga. Moderne kontorbygg på passivhusnivå	18
Tabell 2 Oversikt over Byggas varmeforsyning, hhv grunnlast og spisslast	26
Tabell 3 Oversikt over dei ulike byggas tekniske varmekonsept	27
Tabell 4 Dimensjonerande temperaturnivå for varmeavgjevinga	28
Tabell 5 Oppsummert info om konsept	29
Tabell 6 Utdrag frå Kostnadsstudien. Kostnadsnivå for radiatoranlegg i norske kontorbygg, fordelt på regionar. Kostnadsnitt for heile landet gjeld radiatoranleg i nye yrkesbygg (Prognosesenteret AS, 2009)	41
Tabell 7 Oppsummert kostnadsdata for hhv Holtes kalkulasjonsnøkkel og Norsk prisbok AS. Andel av entreprisekostnad merka med raud tekst. (Norconsult informasjonssystemer, 2011) (Holte Byggsafe, 2010)	42
Tabell 8 Valt nivå på byggjestandard	59
Tabell 9 Klassifisering av bygningar etter termisk varmelagringssevne etter tabell B4 i NS 3031	76
Tabell 10 Simulert VARMETAPSTAL FOR eksempelbygget. Kontorbygg PLASSERT I OSLO....	76
Tabell 11 Simuleringsresultat av anleggskostnad med nye dimensjonerande temperaturar, $T_{inne} = 19^{\circ}\text{C}$, $DUT = DUT_{20}$ etter Tabell 11. Redusert anleggskostnad relativt til utgangspunktet angitt i prosent.	80
Tabell 12 Inneklimaparameter for kontorbygg, kategori B, i samsvar med NS-EN ISO 7730 og NS-EN 152521	83
Tabell 13 Resultat av simulert anleggskostnad, med bruk av komposittrøyr og tynnvegga stålrøyr. Relativ Kostnadsreduksjon med komposittrøyr og tilpassa akkordtariff etter Tabell 14, mot konvensjonell leggjemetode med tynnvegga stålrøyr	97
Tabell 14 Resultat frå simulert anleggskostnad. Kostnader for tidligare presentert utgangspunkt og med 50/40-anlegg utan isolasjon. Relativ kostnadsreduksjon i prosent. .	103

VEDLEGG

1. Samtaleplan
2. Formlar nytta i simuleringsmodell
3. Dataunderlag for simulering
4. Respondentmatrise
5. Utsendingsbrev, Prissamanlikning

Samtaleplan Utbyggjar

Type anlegg:

- Varmesentral. Grunnlast og spisslast
- Varmeelement
- Spesiell regulering

Ved bestilling

- Spesielle fokus før prosjektering/bestilling/samhandling
 - Kvifor vassboren varme?
 - Fokus ved bestilling.
 - Fleksibilitet?
 - Leveringssikkerheit og driftsikkerheit?
 - Termisk komfort?
 - Energieffektivitet?
 - eller kun oppfylling av minstekrav i TEK ?

Systemet

- Systemløysing
 - Tekniske føringsvegar
- Spesielle forhold med anlegget
 - Reguleringsstratgjar
 - Tekniske føringsvegar
 - Overlevering og igangsetting.
 - Problemfri overlevering?
 - Problem ved drift?
 - Opplæring /tilpassing for brukarane av bygget? plassering, informering om temperaturvariasjonar osv?

Kostnadar

- Fokus på kostnadsnivå i forkant?
- Fokus på kostnadsoppfyljing undervegs og i etterkant
- Anleggskostnad
 - Totalkostnad
 - VVS-kostnad
 - Varmeanlegg
 - Romvarme

Samtaleplan rådgjevar; RIV

Systemet

- **Om varmesental**
 - Type grunnlast og spisslast

- **Varmeelement**
 - Type og plassering, omfang?
 - Effektregulering
 - Romregulering
 - Temperaturnivå?
 - Temperaturdifferanse?
 - **Korleis er det låge effektbehovet teke omsyn til?**
 - Radiatorstorleik, temperaturnivå, temperaturdifferanse, volum-straum etc

- **Systemløysing**
 - Kursinndelingar
 - Tekniske føringsvegar
 - Spesielle trasèval? (vertikal langs fasade, horisontal langs fasade?, etc)
 - Hovudleidning(stålrøyr, kompositt etc)
 - Fordelingsleidningar(pex, stål, kompositt?)
 - Prinsippiell utforming
 - 2-rør direkte retur?

- **Matriell**
 - Fokus på leggjemetodar?
 - Fokus på rimelig matriell?

- **Berekningar**
 - Kva simuleringsprogram for energi-berekningar?
 - Varmeanlegget dimensjonert etter simulert effektbehov?
 - Spesielle forhold ved dimensjonerande forhold?
 - Innetemperatur?
 - DUT-nivå?
 - Reduserte luftmengder?
 - Pumpetrykk, regulering, dim. friksjon

- **Spesielle forhold med anlegget**

- Spesielle tekniske forhold på systemsida?
 - **Reguleringsstrategiar**
 - **Tekniske føringsvegar**
- Spesielle forhold ved prosjektering
 - Auka termisk kvalitet på vindauger for alternativ plassering av radiator?
 - Fokus på materialbruk mht luftmengder?
- Spesielle forhold ved utføringa?
- Utfordringar som resultat av passivhusnivået.

Overlevering og igangsetting.

- Problem ved overlevering?
- Problem ved drift?
- Opplæring /tilpassing for brukarane av bygget? plassering, informering om tempvariasjonar osv?

Ved bestilling

- Spesielle fokus før prosjektering/bestilling/samhandling
 - Grunnlag for val av vbv? Opplevd fokus hjå bestillar?
 - Fokus på fleksibilitet?
 - Leveringssikkerheit?
 - Termisk komfort?
 - Berre lovverk?

Kostnadar

- Fokus på kostnadsnivå i forkant?
- Fokus på kostnadsoppfyljing undervegs og i etterkant ?
- Anleggskostnad?
 - VVS
 - Varmeanlegg
 - Inkl/ekskl. varmesentral

Evt:

Ting som kunne vore gjort annleis, erfaringar til andre.

Samtaleplan Røyrentreprenør

- **Systemet**
 - Forskjell frå andre anlegg?
 - Spesielle forhold ved utføring, som resultat av passivhusnivået?
 - Spesielle tekniske forhold ved anlegget?
- **Varmeelement**
 - Type og plassering, omfang?
 - Romregulering
 - Temperaturnivå?
 - Tempdiff?
- **Systemløysing**
 - Kursinndelingar
 - Tekniske føringsvegar
- **Matriell**
 - Fokus på leggjemetodar (rasjonelle)
 - Rimelig materiell?
 - eigaimport
- **Kostnadar**
 - Fokus på kostnadsnivå i forkant?
 - Fokus på kostnads-oppfyljing undervegs og i etterkant?
 - Anleggskostnad
 - VVS
 - Varmeanlegg
 - Inkl/ekskl. varmesentral
 - Akkordtariff
 - Kalkulasjon
 - Avlønning

Overlevering og igangsetting.

- Problemfritt?
- Problem ved drift?
- Klagar i etterkant?

EVT:

Ting som kunne vore gjort annleis, erfaringar til andre.

Viktige formlar nytta i modell

Varmeavgjeving :

$$P = U \cdot A \cdot LMTD^n$$

Effekt og vassmengd:

$$P = m' \cdot C_p \cdot \Delta t$$

Samanheng mellom volumstraum og differansetrykk:

$$\Delta p = \left(\frac{Q}{k_v} \right)^2$$

Friksjonstap (Darcy-Weisbach):

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

Støttap:

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

Friksjonsfaktor for turbulent område (Colebrook eq.):

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = (-2) \cdot \log_{10} \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon/d}{3,72} \right)$$

Friksjonsfaktor, laminært område:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

I tillegg er det nytta korrelasjonar som beskriv samheng mellom temperatur og tettleik, temperatur og viskositet, samt mellom radiators UA-verdi og rettleiande pris.

P	Effekt
U	U-verdi
A	Overflateareal
LMTD	Logaritmisk temp.diff.
n	Karakteristisk koeffisient for varmeavgjevar
m'	Massestraum
Cp	Spes. varmekap.
Δt	Temperaturdifferanse
Δp	Trykkdifferanse
k _v	Kv-verdi
Q	Volumstraum
λ	Friksjonskoeffisient
l	Lengd
d	Diameter
ξ	Støttapskoeffisient
ρ	Varmebærars tettleik
v	Hastigheit
Re	Reynolds tal
ε	Absolutt ruheit

Byggjstandard	Luftmengde		Temperaturverknadsgrad gjennvinnar av avtrekk		SFP		Internlaster					
	I drift [m ³ /m ² h]	U/drift	Kjelde	η [%]	Kjelde	I drift [kW/(l/s)]	Kjelde	Belysning [W/m ²]	Kjelde	Person- varme [W/m ²]	Utstyr [W/m ²]	Kjelde
"Eldre bygg"	10	3	SINTEF R51	60	Enøk normtall	4	SINTEF R51	16	Enøk normtall	4	11	
TEK 87	10	3	SINTEF R51	60	Enøk normtall	4	SINTEF R51	16	Enøk normtall	4	11	
TEK 97	9	3	ENØK normtall	60	TEK 97	4	SINTEF R51	13	Enøk normtall	4	11	
TEK 07	6,72	5,04	NS-EN 15251	70	TEK 07	2	TEK 07	8	std input 3031	4	11	
TEK 07 kontroll	7	5	NS 3031 og NS-EN 15251	70	TEK 07	2	TEK 07	8	std input 30331	4	11	
TEK 10	6,72	5,04	NS-EN 15251	80	TEK 10	2	TEK 10	6,4	TEK 10, m/styring	4	11	TEK 10
TEK 10 kontroll	7	5	NS 3031 og NS-EN 15251	80	TEK 10	2	TEK 10	6,4	TEK 10, m/styring	4	11	TEK 10
Lågenergi	2,94	1,26	NS-EN 15251	80	SINTEF R42	1,5	SINTEF R42	5	SINTEF R42	4	6	SINTEF R42
Lågenergi kontroll	6	1,26	SINTEF R42 NS-EN 15251	80	SINTEF R42	1,5	SINTEF R42	5	SINTEF R42	4	6	SINTEF R42
Passivhus	2,94	1,26	NS-EN 15251	85	"High end"	1,5	SINTEF R42	3,9	"High end"	4	6	SINTEF R42
Passiv kontroll	6	1,26	SINTEF R42 NS-EN 15251	85	"High end"	1,5	SINTEF R42	5	SINTEF R 42	4	6	SINTEF R42

Vedlegg 4 - Respondentmatrise nytta i "Dagens status"-undersøkinga

		NSB-skolen	Bellonahuset	Papirbredden 2	Tallhall	Miljøhuset GK	Havutsikt	Siemensbygget
Utbyggjar/bestillar	Firma	Rom eiendom AS	Aspelin Ramm	Entra eiendom AS	Metrologisk institutt			
	Navn	Steffen Markussen	Isak Oksvold	Gjermund Langset	Ståle Skramstad			
	Dato	30.01.12	30.01.12	30.01.12	30.01.12			
RIV	Firma	EM teknikk	Ingeniør Petter Nome AS	EM teknikk	Aalerud AS			
	Navn	Dag Amundsen	Magnus Grove	Dag Amundsen	Kristian Lang Ree			
	Dato	31.01.12	31.01.12	31.01.12	31.01.12			
Teknisk Entreprenør	Firma	Oras AS	Oras AS Oslo	NVS		Gunnar Karlsen AS	YIT AS	AF-gruppen
	Navn	Lars Braaten	Trond Hansen	Ole Bakken		Espen Aronsen	Jens Petter Burud	Helene Sandvei
	Dato	01.02.2012	Ikkje interessert	01.02.2012		02.02.12	02.02.12	02.02.12

Comparison and Analysis of Investment-Costs for Hydronic Heating Systems in several European countries

Stud techn **Ole Øiene Smedegård**

11.11.2011

The Norwegian University of Science and Technology (NTNU)

About this request

By the end of 2011 I will complete my Master degree in technology and science at the Norwegian University of Science and Technology (NTNU), in Trondheim, Norway. My Master thesis focus on hydronic heating system in non-residential buildings, where one of the main topics is to examine the differences related to investment- and installation costs in several European countries.

The state enterprise Enova SF has initiated this thesis which is a part of their work towards their vision of supplying a larger part of the heating demand in Norwegian buildings with renewable energy. Academic supervisor is Associate Professor Jørn Stene at NTNU.

The aim of the thesis

The aim of the Master thesis is to conduct an analysis of technical solutions and costs for hydronic heat distribution system in large buildings, as well as to propose and analyze simpler and cheaper solutions than the current concepts. The Focus will be on low-temperature distribution systems and renewable heat sources incl. heat pumps.

Previous work

The Master thesis is a continuation of an earlier project conducted by me, completed in January 2011. The following items were identified in the project work:

- Status for hydronic heating systems in Norwegian non-residential buildings
- Practice in the various building phases
- Consequences of different choices in the various building phases

About the requested information

I would highly appreciate if you could share some of your knowledge about practices in your country, as well as some technical and cost data concerning hydronic heating system in buildings. Afterwards I will return a report from this survey to all the persons who contributed, with summarised data which I hope you will find interesting.

Refinements:

- Non-residential (office) > 2000m²
- Data does not include the heat-production-unit, i.e.: heat pump, bio and storage system, district heating and tie, solar park and accumulator etc. not included

Scope and operational experience			
<i>#</i>	<i>Questions</i>	<i>Answers</i>	<i>Comment</i>
1	Percentage of existing office-buildings with hydronic heating system		
2	Percentage of newly built office-buildings with hydronic heating system		
3	Is it common with operational problems for the hydronic heat distribution systems? If yes, what kind of problems?		

Vedlegg 5 - Utsendingsbrev i undersøkinga mellom ulike europeiske land

Costs			
#	Questions	Answers	Comment
4	Typical figures regarding the installation costs for hydronic heating system in commercial buildings		Numbers based on statistics or experience, [Euro/m ²]
5	Typical distribution of costs	Investment costs for the HVAC-system divided by the buildings total costs.	Percentage of the building's total costs (normal standard)
		Investment costs for the hydronic heating system divided by the HVAC-costs.	Percentage of the total HVAC investment-costs (normal standard)
		Costs for planning and design	Percentage of the total HVAC investment-costs (normal standard)
6	Typical distribution of the HVAC investment costs	The ventilation-system:	Percentage of the total HVAC investment costs (normal standard)
		The sprinkler-system:	
		Hydronic heating:	
		System for water supply and sanitation facilities:	
		Cooling:	
7	Typical distribution of the investment cost for the hydronic heating system. Labor and material costs.	Material:	Percentage of the investment-cost for the system of hydronic heating (normal standard)
		Labor:	
8	How the price is calculated. (contractor -> customer)	How are the labor costs calculated?	Fixed tariffs, standards, legislation, terms, etc.
		Typical premiums for social expenditure, administration, building type, etc?	Premiums on the contractor delivered workload / work cost.
		Typical materials markup on net price from the wholesaler?	
		Typical ordinary hourly rate for plumber and hours/day	Payment and ordinary working time a day.
		Typically billed hourly rate for plumbing work to the customer	

Vedlegg 5 - Utsendingsbrev i undersøkinga mellom ulike europeiske land

Technical				
#	Questions	Answers		Comment
9	Level of energy-demands for commercial buildings (office)? Limit by law and building codes			Total energy need [kWh/m ² year]
10	Typical heating elements in buildings with hydronic heating			Radiator, radiation panels, underfloor heating, fan coil units etc
11	Typical temperature level in hydronic heating systems for space heating			Design temperature and temperature difference between supply and return. [° C] and [K]
12	Static pressure over the pump. Normally used friction resistance when dimensioning the pipe networks			Example: [Pa / m]
13	Most common concept for thermal power control			Volume control, temperature control or both
14	Most common design of the pipeline circuits			Two pipe system: Direct- and Reverse-Return. Single pipe system: One-Pipe Diverging Tee System.
15	Common method of pipe-mounting and -joining	Pipe types and joining methods		
		Pipeline routes: Usually visible or invisible? (i.e. inside building construction?)		
		Some design trends? Sectioning etc.		
16	The construction process	Common way of contracting entrepreneurs		
		This way of contracting summarized/explained		

About Enova

Enova SF is a state enterprise which is organized under the Ministry of Petroleum and Energy, with a mandate to promote an climate friendly restructuring of energy- consumption and -production in Norway. Enova SF is the practical link between the political decisions and these decisions purposes. By using financial instrument the market is controlled to the desired direction.

Enova's restructuring -strategy to renewable heat supply of the Norwegian building goes through an increasingly use of hydronic heating in buildings. In the recent years there has been carried out various surveys, which has determined barriers against this purpose. High installation cost is a major barrier in Norway. In addition to high investment cost for hydronic heating, the electricity price has traditionally been very low in Norway, and as we know electrical heating system causes low investments cost. This means that over the last 40 years electricity has been the main energy source for the heating demand in Norwegian buildings.