

Berekraftig energieffektivisering av eksisterande bygningar

Energieffektivisering av Sogndal
vidaregåande skule avd. allmennfag

Tor Mikkel Tokvam

Bygg- og miljøteknikk
Innlevert: Juni 2012
Hovedveileder: Rolf André Bohne, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Bærekraftig energieffektivisering av eksisterande bygninger - Energieffektivisering av Sogndal vidaregåande skule avd. allmennfag	Dato: 10.06.2012 Antall sider (inkl. bilag) : 193
	Masteroppgåve: <input checked="" type="checkbox"/> Prosjektoppgåve: <input type="checkbox"/>
Navn: Stud. techn. Tor Mikkel Tokvam	
Faglærer/veileder: Rolf Andrè Bohne	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Magne Westvik (Sogn og Fjordane fylkeskommune)	

Ekstrakt:

Gjennom nasjonale og internasjonale forpliktingar har Noreg bunde seg til å auge miljøinnsatsen og satsing på berekraft generelt i byggsektoren. For at Noreg skal overhalde desse forpliktingane er inngrep i eksisterande bygningsmasse høgst naudsynt, ettersom 80% av bygningsmassen i Noreg i 2040 allereie er bygd, og innan den tid skal energibehovet for bygningsmassen halverast frå 80 TWh til 40 TWh.

I denne masteroppgåva er det difor teke sikte på å greie ut om mogelegheitane for å energieffektivisere ein vidaregåande skule på ein *bærekraftig måte*. Det er vurdert korleis ei eventuell *bærekraftig potensialrealisering* bør gjennomførast.

Det er teke utgangspunkt i ein caseeigedom frå Sogndal i Sogn og Fjordane. Eigedommen består av eit undervisingsbygg frå 1963, og eit administrasjonstilbygg oppført i 1990. For caseeigedommen er det utført ei teknisk tilstandsanalyse (bygga er tildelt ein tilstandsgrad 2), og dagens energibruk er simulert til 345 kWh/m². Dette tilsvrar ein energi- og oppvarmingskarakter *raud F*.

For caseeigedommen vert det utleia *to ulike konsept for bærekraftig energieffektivisering*. Utgangspunktet for konsepta har vore å halde dei føreslegne tiltaka innanfor både *bygningstekniske* og *økonomiske* rammer. Konsept 1 representerer det konseptet som har fått den høgaste estimerte noverdi, medan konsept 2 er eit grensetilfelle til konsept 1, som i tillegg inkluderer det energieffektiviseringstiltaket som var nærmest grensa mot positiv noverdi.

Basert på ein diskusjon av kva faktorar som må leggjast til grunn for val av løysing, vert det kome fram til at konsept 1 er det mest hensiktsmessige, ettersom den ytterlegare reduksjonen i energibehov i konsept 2 vart vurdert som for dyr, samanlikna med reduksjonar som truleg kan utførast andre stader i samfunnet.

Anbefalt konsept baserar seg på installasjon av varmegjenvinnar på skulen, samt etterisolering av taket. Forventa energibruk (m/oppvarmings og energikarakter) etter gjennomføring av alle energieffektiviseringstiltak er venta å bli 145 kWh/m² (raud C). Forventa total investeringskostnad ligg på omkring 2,69 millionar kroner. Noverdien for gjennomføring av det anbefalte konseptet er vurdert til å vere 2,43 millionar kroner ved ei antaking om ein energipris på 50 øre/kWh.

For bygningsmassen som heilheit argumenterast det for at energisatsinga i eksisterande bygningsmasse til ei viss grad bør tillatast å kunne gå på bekostning av lønsemid. Dette for å sikre at Noreg overheld sine internasjonale forpliktingar knytta til berekraftsatsing i eksisterande bygg. Ein føresetnad bør likevel vere at tiltaka som vert sette i verk gjev betydeleg energisparing.

Det vert påpeika at sidan hovudfokuset for den berekraftige energieffektiviseringa har vore på det økonomiske- og miljømessige aspektet ved berekraft, gjenstår det å inkludere ytterlegare berekraftindikatorar som det sosiale aspektet før ein har eit heilheitleg bilet.

Stikkord:

1. Energieffektivisering
2. Eksisterende bygningsmasse
3. Bærekraftig potensialrealisering
4. Optimalisering av bygningsmasse

(sign.)

i. Forord

Denne masteroppgåva er utarbeidd våren 2012 ved Institutt for bygg, anlegg og transport ved NTNU, Norges teknisk-naturvitenskaplege universitet, innanfor faggruppa eigedomsutvikling og – forvalting. Arbeidet med masteroppgava har utgjort 30 studiepoeng.

Tema for oppgåva tek føre seg ei utreiling av klimautfordringane i verda, og korleis bygningsmassen i Noreg kan endrast for å komme disse utfordringane i møte. Hovudfokus for oppgåva har vore på korleis energieffektivisering i eksisterande bygningsmasse kan bidra til dette. Temaet er vald fordi det vert sett på som viktig at bygningsmassen tek sin del av løftet for å avgrense den globale klimapåverknaden.

Drift av bygningar står i dag for 40 prosent av energiforbruket i Noreg. I denne oppgåva vil eg prøve å sjå på korleis den opphavelege bygningsmassen kan endrast slik at energiforbruket reduseras. Eg vil sjå på både tekniske og økonomiske aspekt for ei utvikling i den retning.

Eg vil takke min rettleiar Rolf Andre Bohne, som har bidrige med å utforme og avgrense oppgåva sitt innhald og gitt meg tips om relevant litteratur. Eg vil også takke Sogn og Fjordane fylkeskommune, spesielt ved Magne Westwik, som har rettleia meg gjennom caset som er gjennomgått i oppgåva.

Til sist vil eg takke mor mi fordi ho sat oppe dei siste nettene før innlevering, for å lese gjennom og komme med innspel til oppgåva.

Trondheim, 10. juni 2012

Tor Mikkel Tokvam

ii. Samandrag

Både gjennom nasjonale og internasjonale forpliktingar har Noreg bunde seg til å auke miljøinnsatse, og satsing på berekraft generelt, i byggsektoren. Blant anna skal klimagassutslepp og energiforbruk i bygningsmassen reduserast. Det er satt som mål at Noreg skal halvere sitt totale energibruk til drift av bygningar innan 2040. Vidare er det forventa krav om at det ved totalrehabilitering av eksisterande bygg skal oppgraderast til passivhusnivå innan 2020. For å nå målsetjinga knytta til berekraftsatsing, vil inngrep i eksisterande bygningsmasse dei kommande åra vere høgst naudsynt. Dette fordi det er planlagt å nytte heile 80% av dagens bygningsmasse, som forøvrig har eit stort vedlikehaldsetterslep forbunde med seg, også etter 2050.

Særskild blant eldre bygg er det mange utfordringar og hindringar som vil kunne gjerast gjeldande ved inngrep. Det er difor, i denne masteroppgåva, teke sikte på å utreia mogelegheitane for å realisere energieffektiviseringspotensialet i eit eldre bygg på ein *berekraftig måte*. Som casebygg er det valgt ein vidaregåande skule frå 60-talet, med eit normalt vedlikehaldsetterslep. Det er sett på korleis ei berekraftig potensialrealisering kan oppnåast, med særskild vekt på det *økonomiske aspektet* og *miljøaspektet* ved berekraft.

For diskusjon av masteroppgåvas problemstilling er det teke utgangspunkt i caseeigedommen, Sogndal vidaregåande skule avd. allmenfag, Fosshaugane Campus, Sogndal. Eigedommen består av eit undervisningsbygg frå 1963, med eit tilhørande administrativt tilbygg oppført i 1990. For caseeigedommen er det gjennomført ein tekniske tilstandsanalyse, og bygga har fått ein gjennomsnittleg tilstandsgrad på 2. Dagens energibruk er simulert til å vere 345 kWh/m^2 . Dette gir ein energi- og oppvarmingskarakter tilsvarande ein raud F.

For caseeigedommen er det utarbeida *to ulike konsept for berekraftig potensialrealisering*. Utgangspunktet for utarbeiding av konsept har vore å halde seg innanfor både *bygningstekniske* og *økonomisk forsvarlege* rammer. Dei to konsepta representerer grenseområda mellom maksimal lønsemrd for byggeigar, og ytterlegare tiltak med omsyn for miljø.

KONSEPT 1 OG 2

Blant dei føreslegne *energieffektiviseringstiltaka*, er det utskifting av vindauge og dører som skiljer konsept 1 og konsept 2, då dette berre er føreslege i konsept 2. For begge konsepta er det føreslege installasjon av varmegjenvinnar, samt etterisolering av tak. Når det gjeld *endring av energiform* er dette ikkje funne hensiktsmessig for bygget.

Ei oppsummering av konsept 1 og konsept 2, med forventa ny energibruk, og oppvarmings- og energikarakter (etter gjennomføring av alle energieffektiviseringstiltak), saman med investeringskostnadane og estimert noverdi for konsepta er presentert i tabellane under.

OPPSUMMERING AV FØRESLEgne TILTAK, KONSEPT 1	
Forventa energibruk (m/oppvarmings- og energikarakter), etter gjennomføring av energieffektiviseringstiltak	145 kWh/m ² (raud C)
Sum investeringskostnadar knytta til energieffektiviseringstiltak	2,69 mill. kr
Noverdi ved gjennomføring av energieffektiviseringstiltak (50 øre/kWh)	2,43 mill. kr
Noverdi ved gjennomføring av energieffektiviseringstiltak (100 øre/kWh)	7,54 mill. kr
Årleg redusert utslepp av CO ₂ som følge av energieffektiviseringstiltak	283 tonn

OPPSUMMERING AV FØRESLEgne TILTAK, KONSEPT 2	
Forventa energibruk (m/oppvarmings- og energikarakter), etter gjennomføring av energieffektiviseringstiltak	120 kWh/m ² (raud C)
Sum investeringskostnadar knytta til energieffektiviseringstiltak	5,13 mill. kr
Noverdi ved gjennomføring av energieffektiviseringstiltak (50 øre/kWh)	0,84 mill. kr
Noverdi ved gjennomføring av energieffektiviseringstiltak (100 øre/kWh)	6,81 mill. kr
Årleg redusert utslepp av CO ₂ som følge av energieffektiviseringstiltak	317 tonn

Den totale investeringskostnaden knytta til konsept 2 er altså større enn den totale investeringskostnaden for konsept 1. Dette er på grunn av at det i konsept 2 vert skifta ut vindauger og dører. I tillegg til å vere det rimelegaste konseptet, gjev konsept 1 og den største noverdien ved gjennomføring. Konsept 2 gjev derimot den største reduksjonen i forbruk av energi, ettersom det inkluderer i tillegg til tiltaka i konsept 1, eit tiltak med negativ noverdi for eigar.

Basert på eit ambisjonsnivå frå myndigheter om ein vesentleg reduksjon i energiforbruk i eksisterande bygningsmasse er det diskutert kva ytterlegare energireduksjon i bygningsmassen vil koste, samanlikna med tiltak som kan gjerast andre plassar.

Diskusjon av korleis ein skal vekte det økonomiske berekraftaspektet mot det miljøaspektet ved berekraft resulterar i at det vert anbefalt å gå vidare med konsept 1, ettersom den ekstra miljøsparingen ein kan få utført ved val av konsept 2 er vurdert for dyr. Likevel vert det presisert at moglegheitane for ytterlegare energieffektivisering av bygningsmassen kan verte aktuellt når bygningen må takast att av andre omsyn enn berre energieffektivisering, ettersom kostnad ved utføring av energieffektiviseringstiltak då vil kunne verte redusert.

For bygningsmassen som heilheit argumenterast det for at energisatsinga i eksisterande bygningsmasse til ei viss grad bør tillatast å kunne gå på bekostning av lønsemnd. Dette for å sikre at Noreg overheld sine internasjonale forpliktingar knytta til berekraftsatsing i eksisterande bygg. Ein føresetnad bør likevel vere at tiltaka som vert sette i verk gjev betydeleg energisparing.

iii. Abstract

Due to both national and international obligations, Norway is bound to increase its environmental performance, and commitment to sustainability in general, in the building sector. Among other things, both the greenhouse gas emissions and the energy consumption in buildings are to be reduced. The goal is that Norway will halve its total energy consumption for building operations by 2040, and it is anticipated requirements that if existing buildings are to be rehabilitated, they have to be upgraded to passive levels by 2020. To achieve the objective related to sustainability efforts, intervention in existing buildings in the coming years will be absolutely necessary. That is because it is planned to use as much as 80% of today's buildings, which also have a large maintenance backlog associated with them, even after year 2050.

There are, especially among the elderly buildings, many challenges and obstacles that will be applicable to interventions. Due to this, this Master thesis aim to study the opportunities for realization of the energy efficiency potential in elderly buildings by using a *sustainable method*. As a case property of this thesis is it chosen a Sixth Form College from the 60s, with a normal maintenance backlog. It is been looked upon how a sustainable realization of potential can be achieved, with a special weighting on the *economic aspect* and the *environmental aspect* of sustainability.

In order to discuss the main problem of this thesis, the case property *Sogndal vidaregåande skule avd. allmennfag, Fosshaugane Campus, Sogndal, Norway*, has been chosen. The property holds an educational building from 1963, with its administrative extension office built in 1990. For the case property is it conducted a technical condition analysis. The buildings have an average condition factor of 2. Today's simulated energy demand is 345 kWh/m². This gives an energy- and heating rate *red F*.

For the case property is it developed *two concepts for sustainable realization of energy reduction potential*. The development of the concepts is limited to technical and economic limits. The two concepts represent each side of the border between maximum profitability for the owner, and the extension to additional measures with regard to the environment.

CONCEPT 1 AND 2

Among the proposed energy efficiency initiatives, is it the replacement of windows and doors that parts Concept 1 from Concept 2, as this is only proposed in Concept 2. For both concepts is it proposed to install a heat exchanger, as well as additional insulation of the roof. As it comes down to *change of energy source* is it not found to be an appropriate action for this building.

A summary of Concept 1 and Concept 2, with expected energy use, heating- and energy rate (after implementation of all energy efficiency measures), together with investment costs and estimated net present value for the concepts is presented in the tables below.

SUMMARY OF THE PROPOSED INITIATIVES, CONCEPT 1	
Expected energy consumption (with heating and energy rate), after implementing all the energy efficiency initiatives	145 kWh/m ² (red C)
Total investment costs associated with energy efficiency initiatives	2,69 mill. kr
Net present value for energy efficiency initiatives (50 øre/kWh)	2,43 mill. kr
Net present value for energy efficiency initiatives (100 øre/kWh)	7,54 mill. kr
Yearly reduced emissions of CO ₂ as a consequence of the energy efficiency initiatives	283 tonn

SUMMARY OF THE PROPOSED INITIATIVES, CONCEPT 2	
Expected energy consumption (with heating and energy rate), after implementing all the energy efficiency initiatives	120 kWh/m ² (red C)
Total investment costs associated with energy efficiency initiatives	5,13 mill. kr
Net present value for energy efficiency initiatives (50 øre/kWh)	0,84 mill. kr
Net present value for energy efficiency initiatives (100 øre/kWh)	6,81 mill. kr
Yearly reduced emissions of CO ₂ as a consequence of the energy efficiency initiatives	317 tonn

The total investment cost of Concept 2 is greater than the total investment cost for Concept 1. This is due to the fact that in Concept 2 the windows and doors are replaced with new energy efficient windows and doors. In addition to being the cheapest concept, Concept 1 gives the largest net present value for execution. Concept 2 give the largest reduction in consumption of energy, as it includes in addition to the initiatives proposed in Concept 1, an initiative with negative net present value for the owner.

Based on the ambitions from the government regarding a substantial reduction in energy consumption in the building sector is it discussed what an additional reduction in energy

consumption in existing buildings would cost, compared to initiatives that can be taken other places in society.

A discussion of how one should treat the economical and environmental sustainability issues result in a recommendation for Concept 1, as the extra environmental benefit from Concept 2 is regarded as being too expensive. It is still noted that additional energy efficiency of the building can become an opportunity in the future, when the building's exterior will have to be upgraded due to other factors than energy efficiency. At this moment, the cost of the energy efficiency initiatives will be lowered, and perhaps can be justified.

For the building sector as a whole is it argued that energy reduction in existing buildings should in some degree be allowed to go through, even if initiatives does not meet the economic requirements of a normal project. This to secure Norway's international commitments for a sustainable building sector. A prerequisite still is that the initiatives that is implemented results in a substantial energy consumption reduction.

Innhald

i. Forord	3
ii. Samandrag	5
iii. Abstract	9
iv. Figurliste	15
v. Tabelliste	17
vi. Formelliste.....	19
1 Innleiing	21
1.1 Bakgrunn	21
1.2 Formål.....	21
1.3 Omfang	22
1.4 Avgrensning	22
1.5 Oppgåvas struktur	23
1.6 Omgrepsavklaring.....	24
2 Teori	27
2.1 Berekraft.....	27
2.2 Klimagrunnlag.....	29
2.3 Politisk utgangspunkt	32
2.4 Energibruk i dagens bygningsmasse.....	35
2.5 Politiske mål for energireduksjon i bygg	39
2.6 Energieffektiviseringstiltak	48
2.7 Teknisk tilstandsanalyse	52
2.8 Analyser av lønsemrd (LCC-analyser)	54
2.9 Energikonsept og energisystem	58
2 Metode	67
2.1 Tilnærming til metode.....	67
3.2 Litteraturstudium	69

3.3 Casestudium	70
4 Resultat	75
4.1 Presentasjon av case	75
4.2 Energieffektiviseringsmogelegheiter.....	82
4.3 Endra energiform	86
4.4 Kostnadsberekingar.....	89
4.5 Noverdiberekningar og innteningstid	89
4.6 Kombinasjonar av presenterte tiltak.....	90
4.7 Konsept til vurdering	95
4.8 Analyse av sårbarheit	96
4.9 Reduksjon av CO ₂ -utslepp	99
5 Diskusjon.....	101
5.1 Kriteriar for val av løysing.....	101
5.2 Samanlikning av konsept.....	101
5.4 Tilrådd løysing	108
6 Konklusjon og tilråding	109
6.1 Hovudkonklusjon.....	109
6.2 Fokus for energisatsing.....	109
6.3 Anbefaling til Sogndal vidaregåande skule avd. allmennfag.....	110
7 Vidare arbeid.....	113
7.1 Utarbeiding av ei fullstendig løysing på berekraftig energieffektivisering	113
7.2 Etterstudium knytta til caseeigedommen	114
7.3 Behov for diskusjon knytta til omfang av energieffektivisering av eksisterande bygg	114
8 Referanseliste.....	115
9 Vedlegg	123

iv. Figurliste

Figur 1 Verdas forbruk av energi 1990-2035 (quadrillion Btu) (IEA, 2008)	29
Figur 2 Globale CO ₂ -utslipp. Raud kurve er fem års løpende gjennomsnitt. Utsleppsveksten har holdt fram i "business as usual" tempo. (BP, 2011)	30
Figur 3 Atmosfærisk konsentrasjon av karbondioksid siste 1000 år (IPCC, 2007)	30
Figur 4 Temperaturutvikling på jorda sidan 1880. (CEJournal, 2010)	31
Figur 5 Klimaforlikets mål i 2020. (Statens Forurensningstilsyn, 2005)	34
Figur 6 Kraftpris, nettleige og avgifter. Kvartalsvis. Øre/kWh. (SSB, 2011)	35
Figur 7 Historiske og framskrevne klimagassutslipp fra næringsbygg og bustader. (Klimakur 2020, 2010).....	36
Figur 8 Kraftforbindigar med utlandet. (NVE, 2008)	38
Figur 9 Kostnadars ved ulike klimatiltak i Europa, 2020. (McKinsey, 2009)	40
Figur 10 Berekraftig bygg. (Byggmiljø, 2009)	42
Figur 11 Illustrasjon av dei ulike nivåa i energimerkesystemet. (NVE, 2011)	46
Figur 12 Prinsippet bak NS 3424. (Bjørberg S. , 2003).....	52
Figur 13 Samanheng mellom dei ulike kostnadsomgropa. (Bjørberg S. &, 2007)	55
Figur 14 Levetidskostnaden nyttar til å finne årskostnad. (Bjørberg S. , 2003).....	56
Figur 15 Kyoto-pyramiden for passiv energidesign. (Andersen, 2008)	59
Figur 16 Prinsippskisse, solcelle. (Fornybar.no, 2012)	61
Figur 17 Prinsippskisse, solfangar. (Fornybar.no, 2012)	62
Figur 18 Foredlingsvegar for biomasse til energiberarar. (Fornybar.no, 2012)	63
Figur 19 Prinsippskisse, varmepumpe. (Fornybar.no, 2012).....	64
Figur 20 Prinsippskisse, varmegjenvinnar. (SINTEF Byggforsk, 2002)	65
Figur 21 Prinsippskisse, fjernvarmeanlegg. (Fjernvarme.no, 2012).....	65
Figur 22 Forskjellen på kvantitative og kvalitative metoder (Kunnskapssenteret 2004).....	67
Figur 23 Validitet og reliabilitet – "Fokus versus presisjon". (Samset, Forelesning om forskningsmetoder, TBA4715, 2008).....	68
Figur 24 Sogndal vidaregåande skule, avd. allmenfag. (Sogn og Fjordane Fylkeskommune, 2012)....	75
Figur 25 Energibruk per kvm BRA. Sogndal vidaregåande skule avd. allmenfag korrigert for graddagstal. Grafen viser og gjennomsnitt for vidaregående skular i fylket, korrigert og ukorrigert for graddagstal.....	78
Figur 26 Forbruksprofil i kWh/mnd fordelt på energikjelde. Gjennomsnitt for perioden 2007-2011..	79
Figur 27 Årleg energibudsjett, totalt netto energibehov (henta ut frå årssimulering, vedlegg 5).....	81
Figur 28 Sparepotensial knytta til forventa energibruk, ved gjennomføring av ulike tiltak.	103

Figur 29 Oversikt sårbarheit konsept 1, fordelt på risikofaktor. Merk at linja for energisparing er fullstendig dekka av linja for energipris, ettersom ei prosentvis endring i av desse faktorane gjev same utslag på noverdi.	104
Figur 30 Oversikt over sårbarhet konsept 1, fordelt på risikofaktor. Merk at linja for energisparing er fullstendig dekka av linja for energipris, ettersom ei prosentvis endring i av desse faktorane gjev same utslag på noverdi.	105
Figur 31 Oversikt sårbarhet for utskifting av vindauge og dører, fordelt på risikofaktor. Merk at linja for energisparing er fullstendig dekka av linja for energipris, ettersom ei prosentvis endring i av desse faktorane gjev same utslag på noverdi.	105

v. Tabelliste

Tabell 1 Energibruk i norske bygningar i 2002 og 2006 i TWH (Bygg for framtida, 2009)	35
Tabell 2 CO ₂ utslepp i eit livssyklusperspektiv frå kraftindustrien i Europa. (NVE, 2008).....	38
Tabell 3 Utsleppsreduksjon av CO ₂ ved redusert lastreduksjon i den nordiske marknaden.	39
Tabell 4 Suksesskriterier for EMROB. (Byggemiljø, 2009).....	43
Tabell 5 Fokusområde for EMROB. (Byggemiljø, 2009)	43
Tabell 6 Hovudgrep for energieffektivisering. (KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg, 2010).....	44
Tabell 7 Dømer på energieffektiviseringstiltak på elektriske anlegg.	48
Tabell 8 Dømer på generelle energieffektiviseringstiltak.	49
Tabell 9 Dømer på energieffektiviseringstiltak på sanitæranlegg.....	49
Tabell 10 Dømer på bygningsmessige energieffektiviseringstiltak.	50
Tabell 11 Dømer på energieffektiviseringstiltak på varmeanlegg.....	51
Tabell 12 Dømer på energieffektiviseringstiltak på luftbehandlingsanlegg.....	51
Tabell 13 Omgrepavklaring, teknisk tilstandsanalyse (Standard Norge, 1995)	53
Tabell 14 Registeringsnivå, teknisk tilstandsanalyse. (Bjørberg, 2003)	53
Tabell 15 Gjennomføring av teknisk tilstandsanalyse. (Standard Norge, 1995)	53
Tabell 16 Omgrepdefinisjon, LCC. (Standard Norge, 2000)	55
Tabell 17 Postar i ein LCC-kontoplan.....	57
Tabell 18 Energikrav frå TEK 10. (Lovdata, 2010).....	60
Tabell 19 Energirammer. (Lovdata, 2010)	60
Tabell 20 Energiforbruk(kWh) per energikjelde for Sogndal vidaregåande skule sidan 2007.....	78
Tabell 21 Inndata for dagens energibruk til bruk ved energisimulering i SIMIEN.....	80
Tabell 22 Årleg energibudsjett, med spesifikt energibehov (henta ut frå årssimulering i vedlegg 5) ..	80
Tabell 23 Levert energi til skulen (henta ut frå årssimulering, vedlegg 5)	81
Tabell 24 Synliggjering av mogelegheiter som truleg tilfredstillar krav gjeve i TEK 10.....	82
Tabell 25 Forventa energisparing som følgje av etterisolering.....	83
Tabell 26 Forventa energisparing som følgje av utskifting av vindauger og dører.....	84
Tabell 27 Forventa energisparing som følgje av betra lekkasjetal.....	85
Tabell 28 Forventa energisparing som følgje av etterisolering av tak.....	85
Tabell 29 Forventa energisparing som følgje av installasjon av varmegjenvinnar.	86
Tabell 30 Forventa konsekvens av endra energiform etter installasjon av varmepumpe.....	87
Tabell 31 Forventa konsekvens av endra energiform ved installasjon av pelletskjel.	88
Tabell 32 Kostnadsbereking ved energieffektiviseringstiltak.....	89

Tabell 33 Forventa økonomisk konsekvens av ulike presenterte tiltak.....	90
Tabell 34 Effekt av tiltak med utgangspunkt i varmegjenvinnar allereie installert.....	91
Tabell 35 Forventa økonomisk konsekvens av presenterte tiltak, gjeve varmegjenvinnar installert...	92
Tabell 36 Effekt av tiltak gjeve at installasjon av varmegjenvinnar og etterisolering av tak allereie er valgt.....	93
Tabell 37 Forventa økonomisk konsekvens av presenterte tiltak, gjeve varmegjenvinnar og etterisolert tak.....	93
Tabell 38 Energieffektiviseringspotensial ved gjennomføring av alle føreslegne tiltak.....	94
Tabell 39 Oppsummering av nøkkeltal for konsept 1 og konsept 2.....	95
Tabell 40 Sårbarheitsanalyse av investeringskostnad.....	97
Tabell 41 Sårbarheitsanalyse av avskrivingstid	97
Tabell 42 Sårbarheitsanalyse av energisparing	97
Tabell 43 Sårbarheitsanalyse av kalkulasjonsrente.....	98
Tabell 44 Sårbarheitsanalyse av energipris.....	98
Tabell 45 Estimert reduksjon i utslepp av CO ₂ som følgje av energieffektivisering. Reduksjon i C02-utslepp er estimert ved bruk av årssimulering i SIMIEN. Datagrunnlag kan finnast i Vedlegg 5 Energisimulering i SIMIEN.	99
Tabell 46 Samanlikning av netto energibehov, dagens tilstand, konsept 1 og konsept 2.....	102
Tabell 47 Samanlikning av energi- og oppvarmingskarakter, dagens tilstand, konsept 1 og konsept 2.	
.....	102
Tabell 48 Investeringskostnad og noverdi, energieffektiviseringstiltak, konsept 1 og konsept 2.	103
Tabell 49 Årleg redusert utslepp av CO ₂ og total reduksjon i utslepp av CO ₂ over tiltaka si levetid..	106
Tabell 50 Verdsetjing av reduserte CO ₂ -utslepp ved anvending av kvotepris for EUA-kvotar.	107
Tabell 51 Oppsummering av positive faktorar ved kvart konsept.	108

vi. Formelliste

Formel 1 Levetidskostnad.....	56
Formel 2 Årskostnad.....	57
Formel 3 Diskonteringsfaktor.....	57
Formel 4 Noverdi av tiltak, NV.....	58
Formel 5 Innteningstid, N_0	58

1 Innleiing

Den siste tida har fokuset vore aukande på berekraftsatsing i byggegransjen og eigedomsforvaltninga, blant anna grunna Noreg sine internasjonale forpliktingar. Berekraftsatsinga gjeld imidlertid ikkje berre for nybygg, men òg for eksisterande og eldre bygningsmasse. Dette faktum har ført til eit behov for ei utgreiing av korleis ei berekraftig energieffektivisering av bygningsmassen kan gjennomførast, og utgjer utgangspunktet for denne masteroppgåva.

1.1 Bakgrunn

I 2008 la Kommunal- og regionaldepartementet, i sin miljøhandlingsplan *Bygg for framtida*, til grunn at heile 80 % av eksisterande bygningsmasse skal nyttast vidare etter 2050. Vidare er det lagt til grunn at miljøinnsatsen blant eksisterande bygg skal aukast. Hovudsatsingsområda omfattar blant anna reduksjon av klimagassutslepp og energiforbruk i bygningsmassen. Blant anna er det sett som mål at Noreg skal halvere sin totale energibruk til bygningsdrift innan 2040. Det er i tillegg forventa krav om at det ved totalrehabilitetring av eksisterande bygg skal oppgraderas til lavenerginivå innan 2015 og passivhusnivå innan 2020. Fokuset på energieffektivisering er altså stadig aukande.

For å nå Noreg sine målsettingar knytt til berekraft, vil inngrep i eksisterende bygningsmasse dei komande åra vere høgst naudsynt. Dette er fordi det er blant eksisterande bygningsmasse ein finn størst potensial til forbeteringar.

1.2 Formål

Denne masteroppgåva tek sikte på å gjere greie for klimautfordringa sine konsekvensar for kva som må gjerast i eksisterande bygningsmasse i Noreg. Vidare går oppgåva inn på ulike tekniske løysingar som kan nyttast for å komma i møte dei internasjonale forpliktingane og dei politiske ambisjonane som ligg til grunn.

Hensikten med denne oppgåva er å kartlegge kva for mogelegeheitar som finst for berekraftig energieffektivisering av eksisterande bygg, med energieffektivisering av Sogndal vidaregåande skule som case.

Følgande problemstilling er valgt for denne oppgåva:

Med basis i samfunnet sitt behov for reduksjon i energiforbruk, korleis kan bygningmassen optimaliserast for å redusere energiforbruket - og kva vil det koste? Kva tiltak vil vere mest hensiktsmessige for å oppnå berekraftig energieffektivisering av eksisterande bygningar?

1.3 Omfang

Denne masteroppgåva er delvis ei vidareføring av arbeidet med ei prosjektoppgåve (Tokvam, 2011) som vart skiven hausten 2011. Det vart i denne oppgåva gjort greie for klimasituasjonen, og det politiske ambisjonsnivået for bidrag frå eksisterande bygningsmasse. Siktemålet var å forhindre global oppvarming. Vidare vart det i denne oppgåva diskutert tekniske løysingar som kan bidra til å nå dette ambisjonsnivået, kva det vil koste og korleis desse frå eit samfunnsøkonomisk perspektiv best kan implementerast. Oppgåva vart skiven på eit overordna detaljnivå. I denne oppgåva vert dei nemnde tema vidareført, og sett nærmare på, eit spesifikt bygg. Siktemålet er å finna ut korleis dette i eit praktisk case kan implementerast. Undersøking av det utvalde bygget, bygget sitt energiforbruk og bygget sitt energieffektiviseringspotensial, står difor sentralt i denne masteroppgåva.

Ved hjelp av kunnskap tilegna gjennom eit litteraturstudium, og ved å jobbe med ein reell caseeigedom, Sogndal vidaregåande skule, er det synliggjort kva som må takast omsyn til under ei *berekraftig* potensialrealisering av eit eksisterande byggverk.

Hovedfokuset for konsepta har vore *energieffektivisering* og *endra energiform*. Dette er knytt til tekniske løysingar, medan åtferdsendringar ikkje vert vurdert i denne oppgåva. Utgangspunktet har vore å halde tiltaka innanfor bygningstekniske rammer. Då lønnsemda ved tiltaksgjennomføring vil avhenge av investeringskostnad og mogeleg inntening, er òg noverdiberekningar og innteningstid for tiltaka knytta til energi presentert for kvart konsept. Det dynamiske datasimuleringsprogrammet SIMIEN er vorte nytta til å beregne spart energi.

For øvrig er det òg, basert på diskusjon og samanlikning av konsept, kome fram til ei anbefaling for korleis energieffektivisering av dette bygget bør gjennomførast.

1.4 Avgrensing

Masteroppgåva er avgrensa til å berre vurdere éin caseeigedom i Sogndal, og for ei betrakting av den eksisterande bygningsmassen i Noreg sitt energieffektiviseringspotensial vil difor oppgåva ikkje kunne gi eit direkte svar på kor stort energireduksjonspotensial som finst. Likevel vil caseeigedommen gi eit bilet på typiske problemstillingar som oppstår i energieffektiviseringsprosessen, noko som kan vere aktuelt teke i betrakting av progresjonen på energieffektiviseringa av bygningsmassen som vi ser i dag.

Når det gjeld arbeidet med caseeigedommen og sjølve utreiinga av konsepta for berekraftig energieffektivisering, har dei venta kostnadane ved gjennomføring av energieffektiviseringen vorte estimert på eit oversiktsnivå. Ettersom verkeleg energiforbruk ved caseeigedommen skil seg noko frå teoretisk energiforbruk, er det i denne oppgåva beslutta å ta utgangspunkt i det teoretisk berekna

energiforbruket. Denne avgrensingana er gjort med bakgrunn i masteroppgåvas omfang på 30 studiepoeng.

Avgrensinga for potensialutreienda medfører blant anna at det ikkje er inkludert effektar som går på det *sosiale berekraftaspektet*. Eksempelvis er det ikkje fokusert mykje på dei effektar auka brukskvalitet i form av endra inneklima, estetikk, arealeffektivitet, planløysing og funksjonalitet medfører.

Heller ikkje alle kriteriar innanfor det *miljømessige berekraftaspektet* er inkludert. Blant anna er det ikkje retta stor merksemd mot avfallshandtering, bruk av miljøvenlege material, samt skåning av det ytre miljø i form av reduserte utslepp og lang materiallevetid.

Når det gjeld det *økonomiske berekraftaspektet* er masteroppgåva vidare avgrensa til kostnadsoverslag på eit overordna nivå, for å synleggjere dei økonomiske konsekvensane av ulike tiltak. For dei foreslegne energieffektiviseringstilaka og tiltaka retta mot endring av energiform er det presentert noverdiberekningar og innteningstid for tiltaka innan kvart konsept.

Det vert vidare peika på at det for ingen av konsepta har som mål å få casebygget til å tilfredsstille krav til passivhus, lavenergihus eller nullutslippshus. Dette fordi det er sett på som lite sannsynleg at det vil kunne la seg gjennomføre i eit realistisk økonomisk perspektiv.

1.5 Oppgåvas struktur

Både for å forstå viktiga av, og problematikken knytta til, berekraftig energieffektivisering av eksisterande bygningsmasse, er det innleiingsvis gitt ei relativt omfattande innføring i teorien knytta til omgrepet berekraft og den eksisterande klimatiske situasjonen i verda i dag. Vidare er det gjort greie for dei politise ambisjonane som ligg til grunn for ei berekraftig utvikling av bygningsmassen i tråd med dei klimatiske utfordringane.

Vidare er det, i kapittel 3, gitt ei kort innføring i forskingsmetodar, saman med ei utgreiing for tilnærming til metode i denne masteroppgåva. Metodane som er nyttar omfattar hovudsakeleg dei kvalitative informasjonsinnhentingsmetodane *litteraturstudium* og *casestudium*. Arbeidet har hatt ei induktiv tilnærming. Det er nyttar ein kombinasjon av teori (frå litteraturstudiet) og empiri (frå casestudiet) for å svare på problemstillinga.

Resultatdelen, denne masteroppgåva sitt kapittel 4, opnar med ein presentasjon av den studerte caseeigdommen. Med bakgrunn i ein teknisk tilstandsanalyse og energisimulering for bygningen på caseeigdommen, saman med ei potensialutgreiing, er det laga ulike konsept for berekraftig energieffektivisering. Tiltaka er hovudsakeleg delt inn i tiltak for *energieffektivisering* og *endra*

energiform. Då lønnsemda ved tiltaksgjennomføring vil avhenge av investeringskostnad og mogeleg inntening, er òg noverdiberekningar og innteningstid for tiltaka knytta til energi presentert.

Ei samanlikning og vurdering av dei ulike konsepta frå resultatdelen utgjer denne oppgåva sin diskusjonsdel, i kapittel 5. Diskusjonen har resultert i ei føreslegen løysing for berekraftig energieffektivisering. Dette konseptet er meint å vere ein foreløpig anbefaling for gjennomføring av oppgradering av caseeigedommen. Avslutningsvis er det, i kapittel 6, gitt ein konklusjon og anbefaling i samsvar med problemstillinga, med ein anvising for korleis framtidig energieffektivisering av caseeigedommen kan skje på ein berekraftig måte.

Det vert peika på at det er element som ikkje er vurdert, som ei vurdering av byggematerialas miljøpåverknad gjennom den resterande levetida, samt den miljøpåverknaden oppgradering av bygget i seg sjølv står for i form av råvarer, transport og arbeidsinnsats.

Kjeldene som er nytta i arbeidet med denne masteroppgåva er summert opp i kapittel 8 Referanseliste. For øvrig er det 8 vedlegg til denne masteroppgåva. Desse er oppsummert i kapittel 9 Vedlegg.

1.6 Omgrepssavklaring

Videre følgjer ei avklaring av mykje nytta omgrep i denne masteroppgåva.

Berekraftig bygging: Bygningsteknologi og praksis som møter dei integrerte krav frå brukarar og samfunnet generelt gjennom bygget si levetid. Målet er å oppnå forlenga levetid av den enkelte bygning. (Bjørberg S. M., 2008)

Berekraftig utvikling: Ei berekraftig utvikling er ei utviklling som kjem dagens behov i møte utan å øydelegge moglegeheitane for at dei kommande generasjonar skal få tilfredsstille sine behov (World Commision on Environment and Development, 1987).

Energieffektivisering: Tiltak som reduserer energibruken/-behovet i eit bygg.

Potensial: Potensialet i ein eigedom skal syne utviklingspotensialet i forhold til alternativ bruk av eigedommen/bygget. Dette kan enten skje ved å gjennomføre ombygging, påbygg, tilbygg og/eller utvikling av utomhusområder. (Haugen, 2008)

Vedlikehald: Omgrepet nyttast om arbeid som er naudsynt for å oppretthalde kvaliteten på ein bygning og dei tekniske installasjonene på eit fastsett nivå og for å sikre at bygningen som ein heilskap fungerer etter den gitte hensikt innanfor ei viss brukstid. Har bygningsdelar kortare levetid en resten av bygningen, sjåast det som vedlikehald når ein skiftar ut desse. Det vert ofte skild mellom

løpende vedlikehald, førebyggjande vedlikehald, intervallbunde vedlikehald og tilstandsbasert vedlikehald. (Bjørberg S. M., 2008)

Det vert påpeika at denne lista over viktige omgrep knytta til masteroppgåva, ikkje er fullstendig.
Ytterlegare omgrep vert presentert i oppgåva sitt kapittel 2 Teori.

2 Teori

For å kunne utarbeide korleis bygningsmassen i Noreg kan utviklast på ein *berekraftig* måte er det naudsynt å skildre klimasituasjonen i dag, og korleis både nasjonale og internasjonale myndigheter ynskjer at dette skal gjennomførast innan byggsektoren. Det vert gjeve ei innføring i tekniske løysingar for korleis dette kan løysast.

Det teoretiske grunnlaget for svar på problemstillinga byggjer innleiingsvis på ei utgreiing av kva som vert meint med berekraft i ein bygningsmessig kontekst.

2.1 Berekraft

Berekraft er den norske oversetjinga av det engelske omgrepene *sustainability*, som i 1987, av Brundtlandskommisjonen, vart presentert som: "Ei berekraftig utvikling er ei utvikling som kjem dagens behov i møte utan å øydelegge mogelegheitane for at komande generasjonar skal få tilfredstilt sine behov" (World Commission on Environment and Development, 1987).

2.1.1 Tilnærmingar til berekraft

Finansdepartementet (2008) peikar på at berekraftdefinisjonen frå 1987 hovudsakeleg handla om å dekke særskild grunnleggande behov, innanfor økologisk oppretthaldbare rammer. Vidare hevda dei at eit normativt element er inkludert i berekraftbegrepet, nemleg krav om solidaritet mellom generasjonar og i forholdet til utviklingslanda. Det ser altså ut som at Brundtlandkommisjonens berekraftdefinisjon hovudsakeleg omhandla økonomisk og miljømessig nytte.

2.1.1.1 Økonomisk, sosialt og miljø

Brundtlandkommisjonens arbeid vart fulgd opp av blant anna Verdstoppmøtet om berekraftig utvikling i Johannesburg i Sør-Afrika i 2002. Dette møtet resulterte i Johannesburg-erklæringa, der ein vart einige om å ta eit samla ansvar for å vidareutvikle og styrke dei uavhengige og gjensidig støttande pilarane for berekraftig utvikling, nemleg (FN, 2004):

- Økonomisk utvikling
- Sosial utvikling
- Ivaretaking av miljøet lokalt, nasjonalt og på globalt nivå

Brundtlandkommisjonens idé, at økonomisk vekst og miljømessig berekraft kunne kombinerast med sosial utvikling vart med det teke eit skritt vidare. I den seinare tid har det difor vorte meir og meir vanleg å inkludera det tredje elementet, *sosialt*, i tillegg til miljø og økonomi, i berekraftomgrepet. OECDs definisjon på berekraftig utvikling innber i dag å utforma ei riktig politisk kombinasjon av økonomiske-, sosiale- og miljømessige aspekt for i dag og i morgen (Bayley, 2008).

Innhaldet i berekraftomgrepene har altså lenge vore gjenstand for kontinuerleg endring og diskusjon, og oppfattast som eit normativt omgrep. Det finst difor ingen eintydig semje om omgrevsbruk i alle sammenhengar, blant anna grunna ulike definisjonar og oppfattingar (Finansdepartementet, 2008). I dag ser det for øvrig ut til at òg omgrepene *levedyktighet* er ei akseptert norsk oversetjing av det engelske begrepet sustainability.

Berekraftig utvikling ser ut til å ha fått innpass òg i næringslivet. Tendensen har vore at mange bedrifter har byrja å synleggjere sitt sokalla *samfunnsansvar*, ved å arbeide for å gjere drifta meir berekraftig. Samfunnsansvar er den norske oversetjinga av det engelske omgrepet *Corporate Social Responsibility (CSR)*. NHO (2012) skildrar at samfunnsansvar handlar om fylgjande:

“Samfunnsansvar – CSR – handlar om korleis verdiar vert skapt, og korleis bedriften påverkar menneske, miljø og samfunn. Å arbeide med samfunnsansvar i bedrifta inneber å integrere samfunns- og miljømessige omsyn i strategi og dagleg drift.”

Vidare nyttar mange bedrifter i dag prinsippet “Tripple bottom line” for å uttrykke sitt samfunnsansvar, nemleg ved å rapportere innsats og resultat som *finansielle resultat, miljøinnsats og sosial innsats* (NHO, 2003).

2.1.2 Berekraft i ein bygningsmessig kontekst

Når det gjeld berekraft i ein *bygningsmessig* kontekst, som er særskild relevant i denne masteroppgåva, handlar det om at bygningar skal oppretthalde sin kvalitet over tid med lavt material- og energibruk (Bastianoni, 2007). Bevaring av eksisterande bygningsmasse kan òg sjåast på som eit ledd i den berekraftige utviklinga. Dette fordi ein ved bevaring i staden for riving og bygging, vil få ei reduksjon i forbruk av materielle ressursar, avfall, energiforbruk og forureining (Miljøstatus i Norge, 2012). *Berekraftig byggjing* er definert som bygningsteknologi og praksis som møter dei integrerte krav frå brukarar og samfunnet generelt gjennom byggets levetid, der målet er å oppnå forlenga levetid av den einskilde bygning (Bjørberg S. M., 2008). Prinsippet ved berekraftig bygging er altså basert på prinsippa i Brundtlandkommisjonen si definisjon på berekraftig utvikling.

2.2 Klimagrunnlag

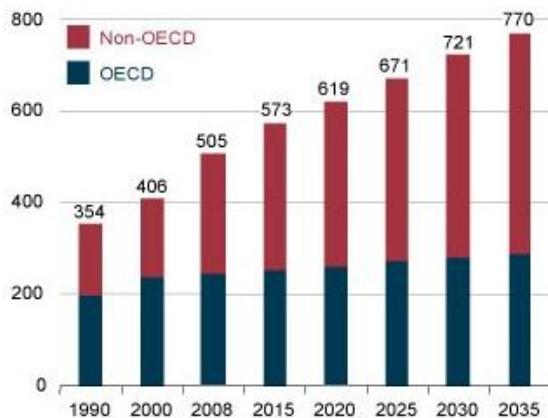
Klima på jorda er i endring, og endringane rører ved oss alle. Sidan industrialiseringa har mengda av klimagassar i atmosfæra auka kraftig. Det vert observert endringar i temperatur, havnivå, isutbreiing og nedbørsmønster (IPCC, 2007). IPCC (norsk: FNs klimapanel) konkluderer med at *ein avgjerande del av den globale oppvarminga er menneskeskapt*, og at oppvarminga vil få *alvorlege konsekvensar*.

Klimaendringane er ei global utfordring. Ingen land kan jobbe isolert med klimaspørsmålet.

Konsekvensane vil verte størst i utviklingsland og sårbare regionar står allereie ovanfor betydelege utfordringar og påkjenningar knytta til eit endra klima (Regjeringen, 2008).

2.2.1 Ei verd i vekst

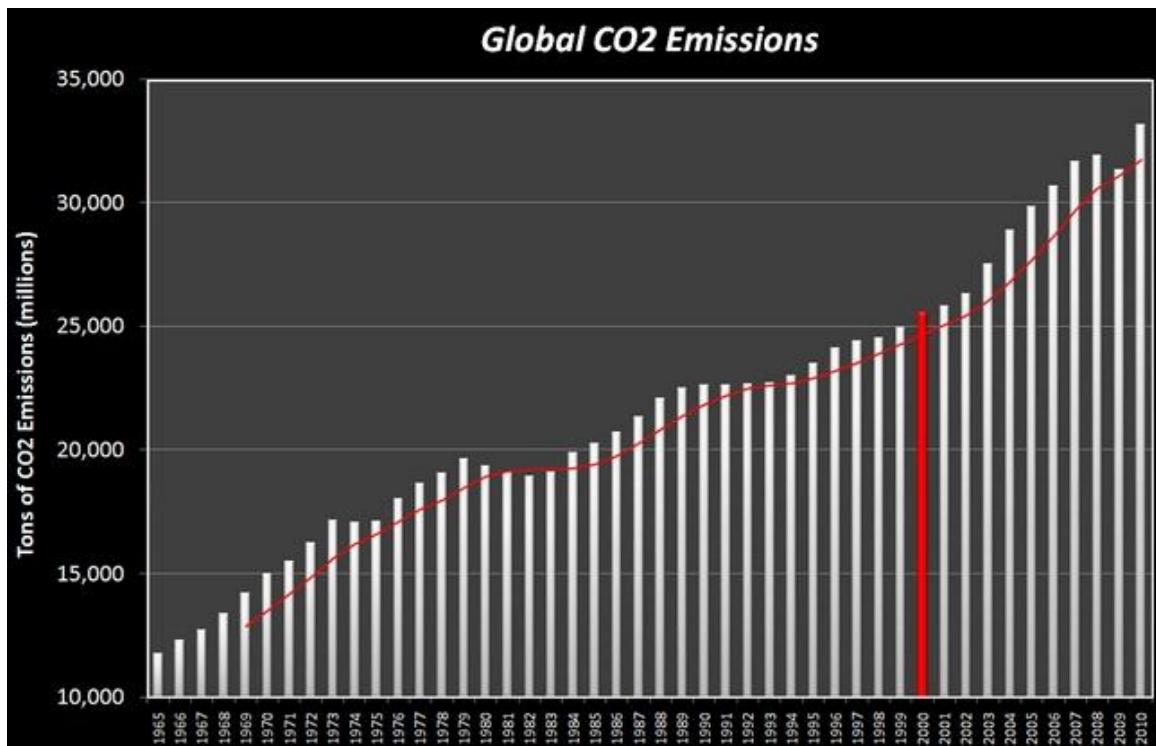
Utgangspunktet for oppgåva er ei jordklode med avgrensa storleik. På denne kloden lever det menneske som sidan den industrielle revolusjon rundt år 1800 har hatt ei eksponensiell vekst i aktivitet. Sjølv om veksttakta i energiforbruk er synkande og dei siste 40 år er på gjennomsnitleg 2 % per annum, er nominell vekst framleis aukande (Norsk Teknologi, 2008). Dersom veksten i energiforbruket held fram i same takt, vil forbruket av energi vere fordobla i 2045, og tredobla i 2065. Det internasjonale energibyrået IEA ventar at energiforbruket skal auke med ca 40% fram mot 2030.



Figur 1 Verdas forbruk av energi 1990-2035 (quadrillion Btu) (IEA, 2008)

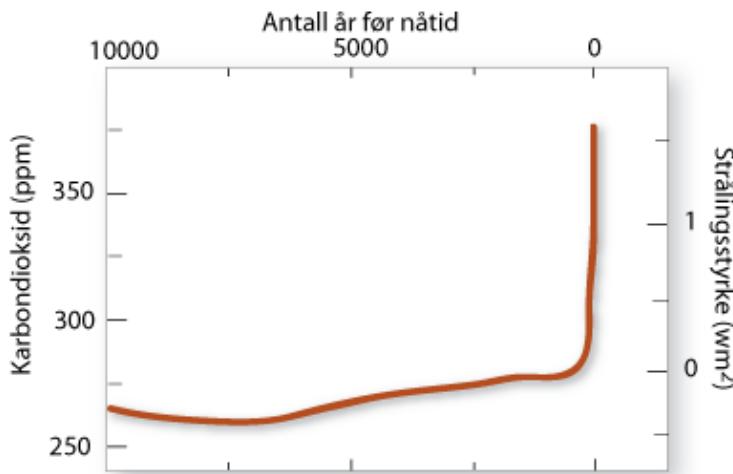
2.2.2 Utslepp av karbondioksid

Ei av hovedårsakene til at veksten kunne setje fart, var at ein byrja å anvende fossile brennstoff. Ved forbrenning av fossile brennstoff vert det frigjort CO₂ til atmosfæra, og naturens eksisterande balanse med CO₂ i atmosfæra vert forskyvd.



Figur 2 Globale CO2-utslipp. Raud kurve er fem års løpende gjennomsnitt. Utsleppsveksten har holdt fram i "business as usual" tempo. (BP, 2011)

Resultat av utslippa kan sjåast ut frå IPCCs oversikt over konsentrasjon av karbondioksid i atmosfæra.

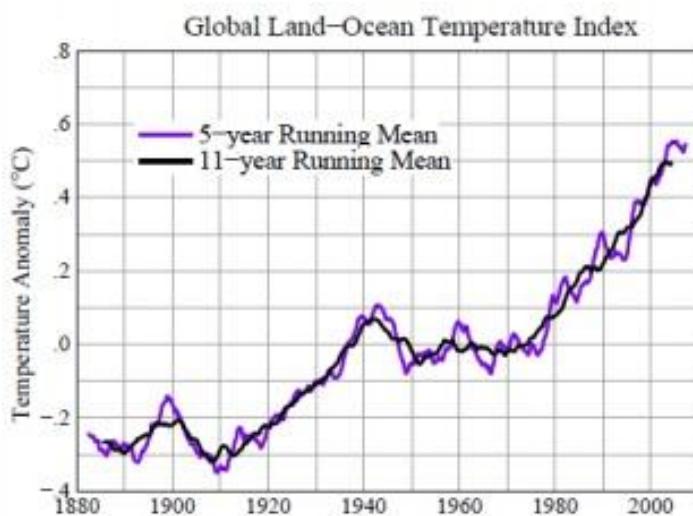


Figur 3 Atmosfærisk konsentrasjon av karbondioksid siste 1000 år (IPCC, 2007)

2.2.3 Global oppvarming

Ein av konsekvensane av auka konsentrasjon av CO₂ i atmosfæra meinest å vere global oppvarming. Under følgjer temperaturutviklinga på jorda siden 1880. Det vert nytta 11 års løpende gjennomsnitt for å justere for syklisk aktivitet på sola og effektane av El Niño. I følgje IPCC (2007) er det mest sannsynleg (90 %) at temperaturaukinga skuldast dei auka konsentrasjonane av drivhusgassar i atmosfæra, som følgje av menneskeskapte utslepp. Dei skildrar at utviklinga dei siste

50 åra, syner ei signifikant antropogen oppvarming over alle kontinent sett vekk frå Antarktis.



Figur 4 Temperaturutvikling på jorda sidan 1880. (CEJournal, 2010)

I følgje *International Energy Agency*(IEA) (2008) vil den globale gjennomsnittstemperaturen auke med 6 °C mot slutten av dette århundret, dersom ingen tiltak vert sett inn. Menneskeskapte CO₂-utslepp utgjer berre omlag 4-5 % av dei totale CO₂-utsleppa til atmosfæra. Likevel utgjer menneskeskapte CO₂-utslepp ca. 30 % av CO₂-en i atmosfæra (Norsk Teknologi, 2008). Ser vi samla for heile verda er dei sektorane som bidreg til størst menneskeskapte klimautslepp transportsektoren med ca 14 %, elektrisitets- og varmeproduksjon med ca 25 % og landbruk med ca 13,5%. Totalt utgjer produksjon og forbruk av energi over 60 % av klimagassutsleppa. Bygging og drift av bygningar står for omlag 15,5 %. (Norsk Teknologi, 2008)

2.2.4 Konsekvensar av global oppvarming

På globalt nivå er konsekvensane av global oppvarming mange, og utsлага er av ulik storleik for ulike regionar. Generelt vil utsлага vere størst i utviklingsland (FN, 2007) ettersom tilpassingskapasiteten i desse landa er lågare. Konsekvensane spenner vidt (Kasotia, 2007):

- Nedsmelting av isbrear og Arktis
- Fleire og større tropiske stormar og orkanar
- Eskalerande førekommst av sjukdommar (f.eks malaria) som vert spreidd av innsekt
- Hetebølgjer
- Tap av jordbruksproduktivitet
- Astma og lungesjukdommar

På nasjonalt nivå vil klimaforandringane føre til at det vert varmare, våtare og villare (SINTEF Byggforsk, 2010). På grunn av dette vil behovet for oppvarming reduserast, medan behovet for

kjøling aukar. Belastninga på bygningsmassen vert større, ettersom det vert fleire fryse/tine syklusar. Meir nedbør fører òg til meir slagregn, større snølast, fleire skred og auka fare for flom. Allereie har årsnedbøren auka med 20 % sidan år 1900 (Norsk Klimasenter, 2009).

Ein anna konsekvens av at det vert varmare og våtere, er at forholda for råtesopp vert bedra. I dag ligg omrent 650 000 bygningar i Noreg si råterisikoklasse "høg", medan SINTEF Byggforsk (2010) estimerer at det same talet vil vere 2,4 millioner i 2100.

2.3 Politisk utgangspunkt

Internasjonalt har det vist seg vanskeleg å verte einige om omfattande reduksjonar av CO₂ utslepp, ettersom utviklingslanda ikkje ynskjer å kutte utsleppa tilstrekkeleg, då dette er eit hinder for høgt prioritert økonomisk utvikling og auka levestandard.

2.3.1 Kyotoprotokollen

Kyotoprotokollen (FN, 1998) forpliktar industrilanda til å halde utsleppa på eit talfesta nivå, individuelt for kvart land. Målet er å redusere samla utslepp av klimagassar frå industrilanda med minimum 5 % i forhold til 1990-nivået i perioden 2008-2012. Utslippskvotar kan handlast mellom industriland.

Noreg er etter Kyotoprotokollen forplikta til at utsleppene i 2008-2012 ikkje er meir enn 1 % høgare enn i 1990, då utsleppa var 50,1millionar tonn CO₂-ekvivalentar (SSB, 2011). I 2010 var Noregs utslepp 53,7 millionar tonn (SSB, 2011). Utsleppa for 2008-2010 overstig den tildelte kvotemengd, men Noreg ligg likevel godt an til å innfri sine forpliktingar. Dette skuldast at Noreg kjøper utslippskvotar gjennom EUs kvotesystem.

2.3.2 EUs kvotesystem

I 2008 integrerte Noreg EUs kvotesystem for utslepp av klimagassar. Bedriftar som er omfatta av EUs kvotesystem kan handle fritt med EUA-kvoter seg i mellom, men kan ikkje dekke sine utslepp gjennom Kyotokvotar. Det eksisterer med andre ord to parallelle kvotesystem i Kyotoperioden. Prisen på éi EUA-kvote (1 tonn CO₂) var per 10.6.2012 81,78 kr (Klima og Forurensningsdirektoratet, 2012).

I perioden 2008 til 2012 er følgjande norske bransjer med i kvotesystemet:

- Energianlegg (over 20 MW)
- Raffinering av mineralolje
- Røsting og sintring av jernmalm
- Produksjon av støpejarn og stål
- Cement og kalkproduksjon
- Produksjon av glass, glassfiber og keramiske produkt
- Treforedling
- Kunstgjødselsproduksjon
- Offshore petroleumsverksemnd

Dette utgjer totalt 112 verksemder, som står for nærare 40 prosent av dei norske utsleppa av klimagassar (Miljøverndepartementet, 2011).

2.3.3 Cancun-avtalen

Dei deltagande landa på FNs klimakonferanse i Cancun 2010 vart einige om ein avtale som omfattar eit togradersmål for temperaturauke måla mot førindustriell tid (The Energy Collective, 2010). Målet på 2°C er i tråd med det som kan opplevast som konsensus blant forskarstanden for kva som er eit berekraftig nivå for global oppvarming (Norsk Teknologi, 2008). Avtalen har fått kritikk for at den ber preg av få konkrete forpliktingar for å nå dei ambisiøse måla (Norsk Teknologi, 2008). I avtalen er det teke notis av utsleppsmåla til kvart land. Noregs mål er dokumentert som (FN, 2011):

21. As part of a global and comprehensive agreement for the period beyond 2012 whereby major-emitting Parties agree on emission reductions in line with the objective of a maximum 2 °C global temperature rise, Norway will move from its initial pledge of an emission reduction target of 30 per cent by 2020 compared with 1990 levels to a target of a 40 per cent reduction for the same time frame.

22. An important feature of Norwegian climate change policy is the flexible and cost effective Kyoto Protocol based approach. The continuation of the Kyoto Protocol or its basic elements as part of a future framework, in particular the availability of flexibility mechanisms for compliance with emission reduction commitments is therefore an underlying premise for Norway's emission reduction target. Norway underlined the importance of pursuing various approaches, including opportunities to use markets, as stated in paragraph 7 of the Copenhagen Accord.

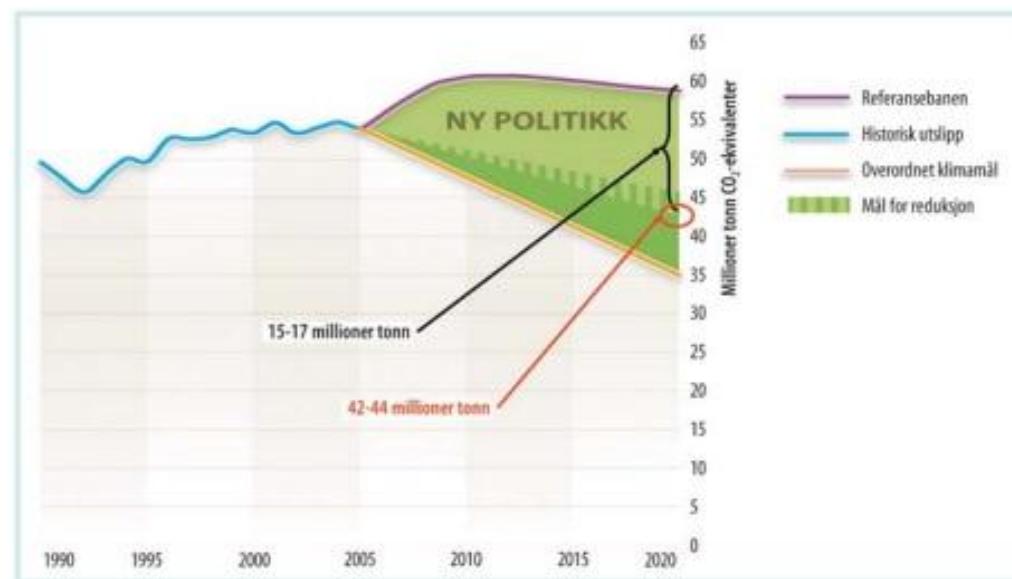
IPCC (2007) indikerer at for å nå 2° C målet må klimagasskonsentrasjonane i atmosfæra stabiliserast mellom 445 og 490 ppm CO₂-ekvivalentar. Dette inkluderer fleire klimagassar, og tilsvrar 400 ppm CO₂ aleine. Ei stabilisering på 400 ppm CO₂-ekvivalentar tilsvrar rundt 350 ppm CO₂ (European Environment Agency, 2011).

Den norske regjeringa har satt som mål å bidra til å avgrense temperaturauka på verdsbasis til 2° C (Finansdepartementet, 2008). Verda står ovanfor ei utfordring om ein skal avgrense auka slik at dette målet vert nådd. I følgje IEA (2008) vil energieffektivisering vere den viktigaste mekanismen for å redusere dei globale utslippa framover.

2.3.4 Klimaforliket

Stortinget har gjennom *Klimaforliket* (2008) sett eit mål om at Noreg innan 2020 skal kutte dei globale utsleppa tilsvarannde 30 prosent av Noregs utslepp slik dei var i 1990. Innan 2030 skal Noreg vere karbonnøytralt, det vil seie - kutte dei globale utsleppa tilvarande Noregs totale utslepp. Målet om karbonnøytralitet er forutsett at òg andre industriland påtek seg store forpliktingar.

For å nå målet skal Noreg utføre utsleppsreduksjonar, samt kjøpe kvoter frå andre land. Utsleppa i Noreg skal vere 15-17 millionar tonn lågare enn referansebana for 2020, slik den var presentert i Nasjonalbudsjettet for 2007, det vil seie at 2/3 av utsleppsreduksjonane skal verte teke hand om nasjonalt, tilsvarannde 20 % reduksjon. Innanlandsutslepp skal i 2020 ned til 42-44 millionar tonn CO₂-ekvivalentar.



Figur 5 Klimaforlikets mål i 2020. (Statens Forurensningstilsyn, 2005)

I den siste tida er Klimaforliket kome opp til debatt att, etter at Finansdepartementet i eit høyringssvar til Miljøverndepartementet skrev at 2/3 av utsleppskutta likevel ikkje bør takast i

Noreg, slik forliket krev (VG, 2011). Som argumentasjon nytar Finansdepartementet at kostnadane ved klimatiltaka har auka sidan Klimaforliket, samstundes som utviklinga av ny miljøteknologi har gått langsomme enn venta.

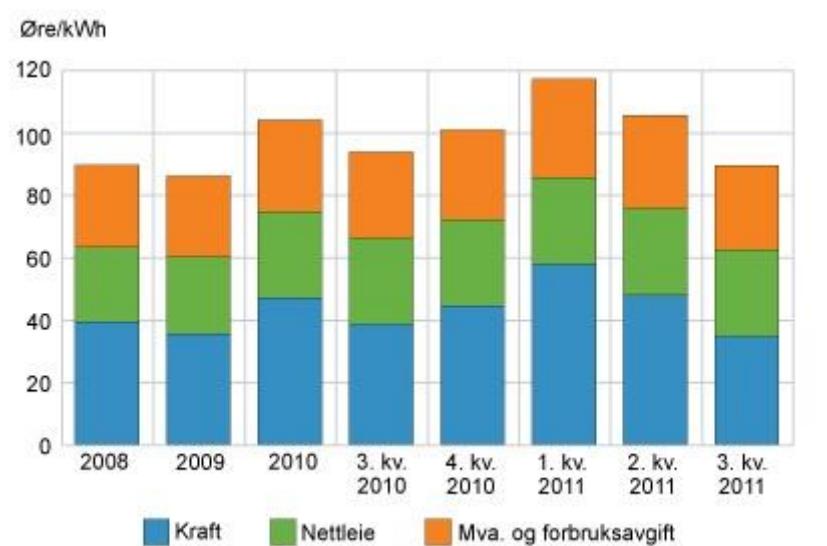
2.4 Energibruk i dagens bygningsmasse

Både nasjonalt og globalt vert det anslege at energibruk i bolig- og byggsektoren utgjer om lag 40 % av den totale energibruken (Bygg for framtida, 2009). Energibruken i norske hushaldningar og næringsbygg har flata ut og viser ein synkande tendens. Den norske bygningsmassen nyttar totalt 82 TWh/år, der av 47 TWh i bustader og 35 TWh i næringsbygg. Gjeve ein bygningsmasse på 389 mill m² (KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg, 2010), betyr det at vi nyttar 210 kWh/m² per år. Dette er lågare enn forbruket til våre naboland med tilsvarende klima (Norsk Teknologi, 2008).

	Total energibruk		Herav total energibruk til oppvarming		Herav oppvarming med elektrisitet	
	2002	2006	2002	2006	2002	2006
Bolig	47	44	29.5	27	20.5	19
Næring	35	30	18	15	12.5	10
Total	82	74	47.5	43	33	29

Tabell 1 Energibruk i norske bygningar i 2002 og 2006 i TWh (Bygg for framtida, 2009)

Energibruk medfører ulike typar miljøpåverknader, blant anna utslepp av klimagassar. I Noreg er energibruken i bygningar dominert av elektrisitet, og elektrisiteten er i all hovudsak fornybar.

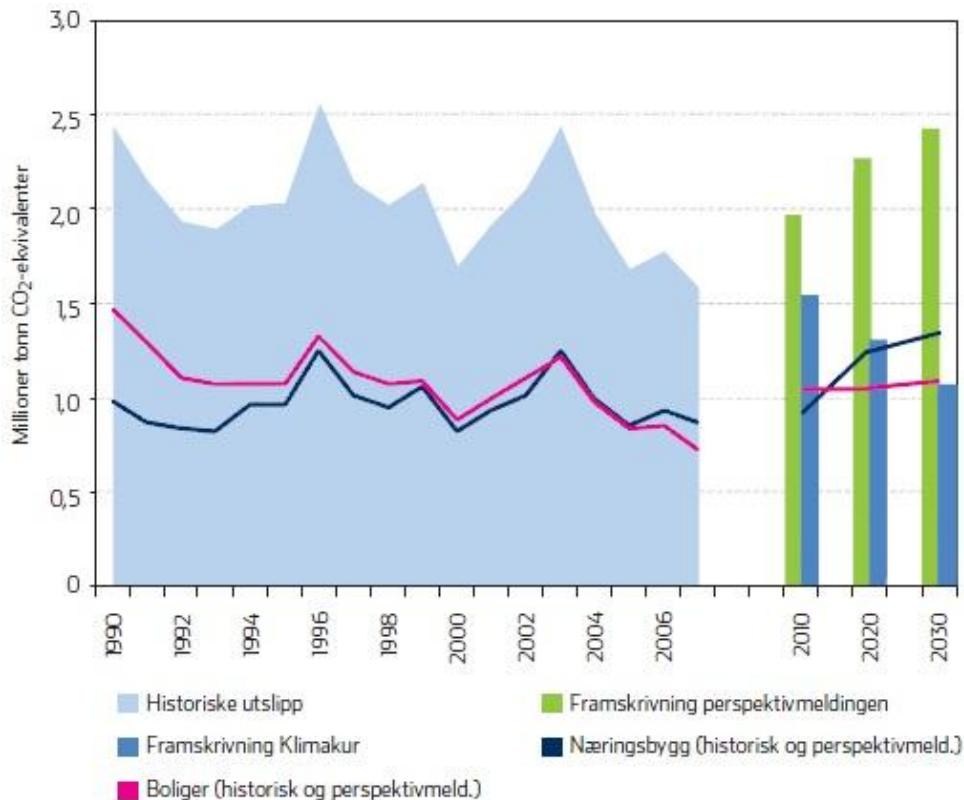


Figur 6 Kraftpris, nettleige og avgifter. Kvartalsvis. Øre/kWh. (SSB, 2011)

Gjennomsnittsprisen på straum var i følgje SSB 89,2 øre/kWh inkludert avgifter og nettleige i 3. kvartal 2011. Noko som var 10% lågare enn året før (SSB, 2011). I bustadsektoren vart det basert på straumprisen dei siste fire kvartal kjøpt kraft for 535 milliardar kroner (inkludert nettleige, mva og forbruksavgift).

2.4.1 Framskrivningar mot 2020

Analysen i byggstudien til Klimakur 2020 (2010) konkluderer med at stasjonær energibruk i bygg vil auke svakt fram til 2020, med ei endring frå 45,0 til 45,6 TWh i bustader, og ei endring frå 29,4 til 30,2 TWh i næringsbygg. Andelen elektrisitet, som i dag er ca.80 prosent for begge typar bygg, vert antatt å auke svakt. Det same gjeld andel energi frå fjernvarme og varmepumper. Andel fyringsolje i bustader er i dag 4,4 prosent og er ventas å avta til 3,7 prosent. For næringsbygg er tilsvarende tal 9,6 prosent til 7,3 prosent. Som forutsetnad for framskrivingane gjer Klimakur 2020 ei antaking om tekniske forbetringar, skjerpa teknisk forskrift til PBL, og at nybygg ikkje vil nytte fosill oppvarming.



Figur 7 Historiske og framskrevne klimagassutslipp frå næringsbygg og bustader. (Klimakur 2020, 2010)

2.4.2 Stor variasjon i energibruk

Totalt energibruk per m² varierer mykje frå bygg til bygg i Noreg, òg innanfor ulike bygningskategoriar. Eksempelvis syner Enovas bygningsnettverk frå 2006 at for registrerte kontorbygg i statistikken varierer årleg energiforbruk frå under 100 kWh/m² til over 700 kWh/m². Det er naturleg å stille spørsmål om kvifor skilnadane i energiforbruket er så store. Truleg er det mange

faktorar som spelar inn på energiforbruket, som til dømes ulik byggestandard, type verksemder, val av oppvarmingssystem/energibærar og arealeffektivitet. I tillegg har dei tekniske installasjonane, samt samordning, styring og optimalisering av desse stor påverknad på kor høg grad av energiutnytting ein oppnår.

2.4.3 Effektar av redusert energibruk i bygningsmassen

Sjølv om energibehovet i den norske bygningsmassen i all hovudsak vert dekka av vasskraft, som ikkje medfører nevneverdige utslepp av klimagassar, medfører ein redusert energibruk i bygningsmassen at fornybar energi kan dekke ein enda større andel av energibruken i bygningsmassen, og at behovet for fossile brennstoffer vert redusert. I periodar med energioverskudd på det norske strømnettet vert straumseld til våre naboland. Dette er i aukande grad aktuelt, ettersom straumnettet til våre naboland vert utbetra. Når straum vert seld til Europa medfører det eit redusert behov for den fleksible kraftproduksjonen på kontinentet, som i hovudsak kjem frå kol- og atomkraftverk (NVE, 2008).

Etter atomulykka i Japan i 2010 er fleire europeiske land vorte meir avventande i forhold til bygging av nye atomkraftverk. Saman med eit aukande behov for energi, aukar dette behovet for straum frå alternative energikjelder ytterlegare. Det nærliggjande alternativet i Europa er kolkraftverka.

Kraftproduksjon frå kol medfører store utslepp av CO₂.

Forutan klimarelaterte fordelar med redusert energibruk i bygg, er det òg andre fordelar. Det vil auke forsyningssikringa i landet. I tillegg vil ein del av tiltaka vere både samfunnsøkonomisk og privatøkonomisk lønsame. (KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg, 2010)

2.4.4 Klimagasseffekt frå forbruk av energi i Noreg

Energibruken i den norske byggsektoren utgjer omlag 80 TWh per år. Av denne energibruken er ca. 80 % basert på elektrisitet. Klimagassutsleppa knytta til elektrisitsproduksjon i Noreg er særslig låge, noko som tillegjast at tilnærma heile produksjonen er vannkraftbasert. Reduksjon av elektrisitsforbruket ved energieffektivisering kan likevel frigjere elektrisitet til aktivitetar som i dag er basert på fossile bensel, eller til eksport. Delar av elektrisitsproduksjonen, i land som Noreg

utvekslar elektrisitet med, er basert på fossile brensel.



Figur 8 Kraftforbindinger med utlandet. (NVE, 2008)

Klimaeffekten av frigjort elektrisitet ved energieffektivisering skil seg ikke fra effekten av å erstatte elektrisitetsforbruk med til dømes biobrensel, eller effekten av ny elektrisitet ved produksjon av vindkraft.

Kraftverk	CO ₂ -utslipp i et LCA-perspektiv
Kullkraft	1000 g/kWh
Gasskraft	400 g/kWh
Rest (olje, mottrykk etc.)	700 g/kWh (antar ligger mellom gass og kull)

Tabell 2 CO₂ utslepp i eit livssyklusperspektiv frå kraftindustrien i Europa. (NVE, 2008)

2.4.4.1 Ekspорт av frigjort elektrisitet

Ved energieffektivisering vil elektrisitetsforbruket verte redusert. Fastsetjing av CO₂-faktor kan vere vanskeleg og ofte politisk betent, og det er ei utfordrande oppgåve å berekne klimavinstane ved innføring av krava i dei ulike alternativa (Multiconsult, 2011). Det er til dømes inga semje i Noreg om kva for ein CO₂-faktor som bør nyttast for elektrisitet.

NVEs markedsavdeling (2008) kom fram til estimata nedanfor ved si analyse av påverknadsgrad for auka norsk kraftekspport. Dei tilrådar å anvende 600g/kWh ved spart elektrisitetsforbruk.

Lastreduksjon Δq	Lastreduksjon ΔQ i det nordiske markedet	CO ₂ -utslippsreduksjon per kWh redusert i utgangspunktet
1 TWh reduksjon	0,9 TWh reduksjon	660 g/kWh
10 TWh reduksjon	8,4 TWh reduksjon	580 g/kWh

Tabell 3 Utsleppsreduksjon av CO₂ ved redusert lastreduksjon i den nordiske marknaden.

2.5 Politiske mål for energireduksjon i bygg

Regjeringens visjon er at Norge skal være en miljøvennlig energinasjon og være ledende innenfor utviklingen av miljøvennlig energi. Satsing på energieffektivisering, varme og elektrisitet fra fornybare energikilder er sentrale elementer i denne politikken. Dette dokumenteres i Olje- og energidepartementets programkategori 18.25 Energiomlegging i St.prp. nr. 1 (2008-2009).
(Regjeringen.no, 2011)

Som eit ledd i å møte sine internasjonale forpliktingar har myndighetane ein klar ambisjon om kraftig reduksjon av energibruk i bygningar. Minimum kvart femte år skal krava i teknisk forskrift endrast. Målet er at det i framtida skal byggjast passivhus som standard. (Lavenergiprogrammet, 2011)

I Soria Moria-erklæringa skriv Regjeringa at dei skal lage ein handlingsplan for å redusere energibruk i bygningar vesentleg. Kommunal- og regionaldepartementet jobbar no med ein stortingsmelding om bygningspolitikk (Lavenergiprogrammet, 2011). Statsråd Liv Signe Navarsete har uttalt at hennar målsetjing er at ein skal halvere energibruken i bygningsmassen innan 2040 (Firdaposten, 2010).

I henhold til EUs bygningsenergidirektiv skal myndighetane revidere energikrava i teknisk forskrift minimum kvart 5. år. Denne praksisen er òg nedfelt i Klimaforliket på Stortinget. I følgje Klimaforliket

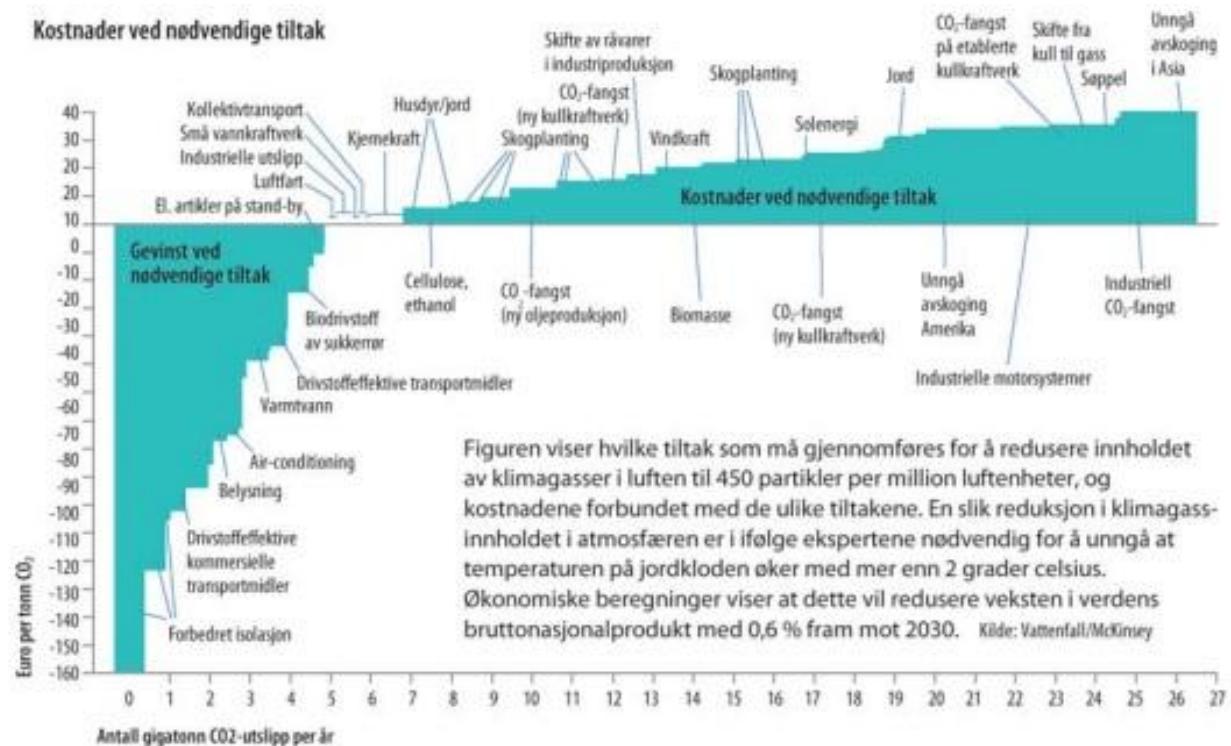
skal passivhus vurderast som standard i 2020. I *Stortingsmelding om bygningspolitikk* kjem det ei tidfesting av nye energikrav. Meldinga ventast no å bli behandla våren 2012 (Bygg.no, 2011), men meldinga kan ventast å byggje opp under konklusjonane frå tidlegare rapportar.

2.5.1 Føreliggjande rapportar

Her følgjer ei kort oppsummering av dei mest relevante rapportane for utarbeiding av Stortingsmelding for bygningspolitikk, og deira konklusjonar retta mot byggsektoren.

2.5.1.1 Lavenergiprogrammet

Lavenergiutvalet (2009) peikar på at utfordringane er store med omsyn til tida ein har til rådvelde. For å sikre størst mogeleg utsleppsreduksjon er det viktig å ha eit heilheitsperspektiv som omfattar alle sektorar. Utvalet legg kostnadseffektivitet som grunnlag for prioritering av tiltak som gjev stort mogeleg miljøgevinst per krone. Dei viser til McKinsey (2009), som har utarbeida ei anslått global marginalkostnadskurve for år 2020 for klimagassreduksjonar, sjå figur 14. Merk at fleire tiltak vert anslått som lønsame, men likevel ikkje vert gjennomført.



Figur 9 Kostnadar ved ulike klimatiltak i Europa, 2020. (McKinsey, 2009)

Som ein kan sjå av figur 9 er mange av dei lønsame tiltaka tiltak retta mot byggenæringa.

2.5.1.2 Arnstad-rapporten

Arnstad-rapporten er eit innspeil frå sentrale aktørar i byggenæringa, FOU-miljø og forvalting til Kommunal- og reginaldepartementet for energieffektivisering av bygg frå 2010. Arbeidsgruppa

konkluderer med at det er realistisk å redusere energibruk til drift av bygg med netto 10 TWh innan 2020. Gruppa tilrår òg å gjennomføre ei halvering av dagens energibruk på 80 TWh til 40 TWh innan 2040, men peikar på at dette er eit ambisiøst mål. Rapporten legg vekt på at av innsparinga innan 2020 må hovuddelen hentast i eksisterande bygningsmasse; ved rehabilitering og gjennomføring av enøkt tiltak.

2.51.3 Klimakur 2020

Klimakur 2020 (2010) er utarbeida på oppdrag frå Klima og forurensningsdirektoratet, og er eit samarbeid mellom Statistisk Sentralbyrå, Noregs vassdrags- og energidirektorat, Oljedirektoratet, Statens Vegvesen og Klima- og forureiningstilsynet. Rapporten går gjennom utviklinga i mål og verkemiddelbruk internasjonalt, og vurderer implikasjonane for verkemiddelbruk i Noreg. Rapporten vurderer òg alternative verkemiddel og tiltak for å redusere CO₂-utslipp. For byggsektoren vert det tilråda reguleringar, økonomiske incentiv og kompetanseheving som verkemiddel.

2.5.1.4 Satsing på berekraft i bustad- og byggsektoren

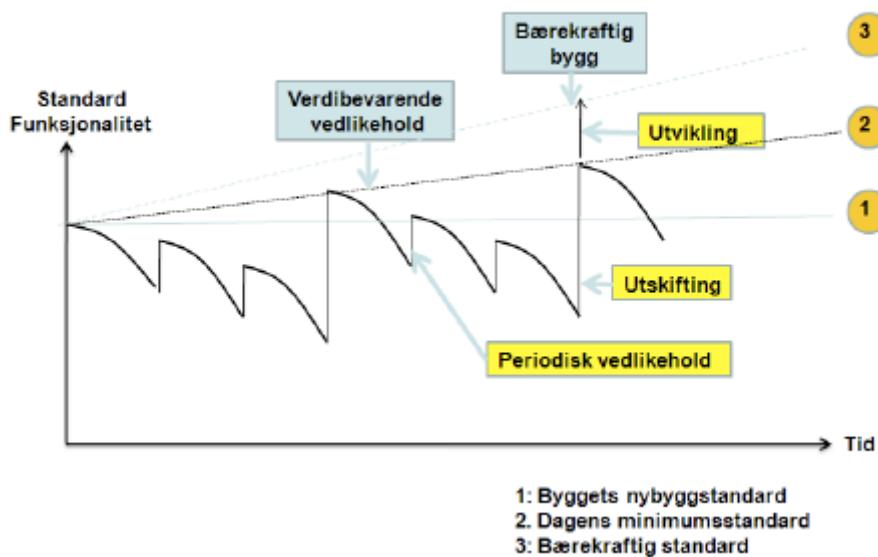
KRD (2009) la i sin rapport "Bygg for framtida – Miljøhandlingsplan for bolig- og byggsektoren 2009-2012" fram fylgjande fem hovudsatsingsområde for auka miljøinnsats i eksisterande bygningsmasse:

1. Redusere klimagassutsleppa
2. Redusere behovet for energi i bygningsmassen
3. Kartlegge og minimere bruk av helse- og miljøfarlege stoff i byggeverksemda
4. Godt inneklima i bygg
5. Hindre at avfall oppstår, og auke ombruk og materialgjenvinning av byggematerialer

Satsingsområda vitnar altså om at berekraft er satt på dagsordenen òg av regjeringa, og berekraftsatsing har fått eit aukande fokus ved oppgradering av eksisterande bygningsmasse.

2.5.2 Berekraftig heving av standard på bygg

Figur 10 illustrerer korleis ein, i samband med utvikling av eit eksisterande bygg, kan velje å heve standarden for å oppnå eit *berekraftig* bygg.



Figur 10 Berekraftig bygg. (Byggemiljø, 2009)

Figur 10 illustrerer altså korleis FDVU må utøvast for eit bygg gjennom heile bygget si levetid. Når bygget er nytt har det ein gitt standard og funksjonalitet. Denne synk likevel med tida, og vedlikehaldsarbeid må til for å heve standarden. Etter ei viss tid blir etterslepet så stort at verdibeharande vedlikehald må finna stad (det vil seie at det må gjerast oppgraderingar for å heve bygget til dagens minimumsstandard). Etter dette startar så ein ny prosess med synkande standard og vedlikehaldsetterslep, til trass for jamleg periodisk vedlikehald. Behovet for ei ny oppgradering vil så melde seg att, og ein står då mellom valet å skifte ut komponentane til dagens minimumsstandard (altså verdibeharande vedlikehald), eller å heve standarden ytterlegare gjennom utvikling. Det er nettopp ved å heve denne standarden at ein oppnår eit berekraftig bygg. (Byggemiljø, 2009)

2.5.2.1 Energieffektiv, miljøvenleg og robust oppgradering av bygningar

Fokuset er stadig aukande på å oppnå energieffektiv, miljøvenleg og robust oppgradering av bygningar (EMROB). I tabell 4 er dei ti suksesskriteria for å oppnå EMROB oppsummert, medan det følgjer ei gjennomgang av viktige fokusområde for EMROB i tabell 5.

1	Suksessen avheng av prosjektdeltakarane haldningar og motivasjon.
2	For store prosjekt bør energi-, miljø- og bygningsfysikkrådgivarar engasjerast allereie i idéfasen.
3	Ei grundig tilstandsanalyse av objektet må danna grunnlag for ei strategisk analyse over kva tiltak som skal settas i verk.
4	Det må definerast talfesta energi- og miljømål (inidikatorar) som er målbare i ettertid.
5	Det må vera sterk fokus på gjenvinning av material og bygningsdelar, miljøsanering, minimering av avfallsmengd og kjeldesortering i tidlegfase av prosjektet.
6	Passive tiltak som isolering og utskifting av vindauge bør prioriterast og gjennomførast i samanheng med øvrig oppgradering. Tettleik må viast stor merksemld både under prosjektering og utføring. Ein bør tilstrevha passivhusstandard for tiltaka.
7	Energisystemet for bygningen skal baserast på fornybare energikjelder, varmegjenvinnarar og varmepumper. Oljefyrte kjelar skiftast ut. Ventilasjonssystemet må ha varmegjenvinnar med høg temperaturverknadsgrad.
8	Nytt miljøvenlege material som har miljødeklarasjon og velg robuste konstruksjonsløysingar som er eigna for den lokale klimapåkjjenninga.
9	Tilstrev eit effektivt og rasjonelt styringssystem for tekniske system, samt eit energi- og miljøoppfølgingssystem for driftsfasen.
10	Prosjekter løysingar som er tilpassa brukarane. Innsjø at menneske har skilnadar både når det gjeld haldningar og atferd. Legg likevel opp til brukaropplæring og gjennom det ei viss form for atferdsendring.

Tabell 4 Suksesskriterier for EMROB. (Byggemiljø, 2009)

YTRE MILJØ	Det ytre miljø handlar i denne samanheng om det miljøetutanfor bygningskroppen som vert påverka av bygget og rehabiliteringa.	Utslepp til luft (frå transport, drift, energikjelde etc). Utslepp til vatn (frå overvatn/vatn frå byggegrop). Utslepp til jord (forureina grunn, akutte utslepp etc). Utemiljø (utforming, lokalisering, naturmiljø). Nærmiljø (støy, vibrasjoner).
INNEKLIMA	Inneklima handlar i denna samanheng om det miljøet innanfor bygningskroppen som vert påverka av rehabiliteringa.	Termisk klima (temperatur), atmosfærisk klima (luft), akustisk klima (lyd), aktinisk klima (stråling) og mekanisk klima (reinhald fukt).
KLIMASKJERMEN	Klimaskjermen omfattar ytre bygningsdelar, men kan òg omfatta bygningsdelar som er direkte påverka av bygningsdelane nemnd over.	Tak, yttervegg, golv mot grunn, yttervegg mot terreng, kontruksjonar under terreng (kjellar) og vindauge.
RESSURSAR, ENERGI	Byggets energisystem.	Varme og kjøling, ventilasjon, varmtvatnforbruk, lys, styringssystem og øvrig teknisk utstyr.
RESSURSAR, MATERIAL	Materialbruk.	Råvarer, produksjon av sårbarer komponentar (til dømes tropisk trevirke), helse- og miljøfarlege stoff, transport og avfall.
AVFALLSHANDTERING		Gjenbruk/gjenvinning, avfallsminimering, kjeldesortering, miljøsanering og farleg avfall (avfall med innhald av helse- og miljøfarlege stoff)
ANDRE OMSYN	Det finst òg andre tema som omhandlar energieffektivitet og	Estetisk, brann, akustikk, bygningsvern, universell utforming, byggesak og arbeidsmiljø.

Tabell 5 Fokusområde for EMROB. (Byggemiljø, 2009)

2.5.2.2 Målsetjing

Målet er at ein i framtida skal redusere behovet for levert energi til drift av bygningar, slik at behovet for energiproduksjon minkar. På denne måten vil Noreg bidra til å redusere verdas klimagassutslepp, auke forsyningssikringa av energi til landet, samt oppfylle internasjonale forpliktingar. Samstundes vil energieffektive tiltak truleg være lønsame både for samfunnet som heilskap, og for det private. (KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg, 2010)

Lavenergiutvalget har satt som mål å halvere den samla energibruken i byggsektoren innan 2040.

Dagens forbruk i byggsektoren ligger på 80 TWh/år, mens forbruket i henholdsvis 2020 og 2040 skal reduserast til 70 TWh/år og 40 TWh/år (Lavenergiutvalget, 2009). For å nå dette målet vert det krevd ein stor innsats i eksisterande bygningsmasse. Vidare er hovedgrepene og verkemidla som er tenkt nyttta på vegen til å nå målet presentert.

2.5.2.2.1 Hovudgrep

I tabell 6 er dei seks hovedgrepene som står sentralt i arbeidet med energieffektivisering av bygg i Noreg lagt fram.

1. UTVIKLING AV TRYGGE OG ROBUSTE LØYSINGAR	Kvalitet på utføring av energieffektive tiltak må sikrast, både ved bruk av dagens kunnskap, men også ved utvikling av nye løysingar.
2. TILSKUDDSORDNING FOR EKSISTERANDE BYGNINGSMASSE	Det er i eksisterande bygningsmasse det største energieffektiviseringspotensialet ligg. Ei økonomisk tilskotsordning til eigarar av bygg vil mogeleggjere utløsing av potensial.
3. STRENGE NYBYGGKRAV	EU har som mål at nygg skal vere " neste nullenergibygg" i 2020, og Noreg vil også overhalde dette målet. Det er ønskje at nybygg etter 2015 skal vere passivhus. I ein overgangsordning bør dette verte gitt særskilde tilskot til nybygg som overheld ein standard som er betydeleg betre enn forskriftsnivået tilseier.
4. NASJONALT MÅLEVERKTØY FOR Å FØLGJE UTVIKLING I ENERGIBRUK	Ein tren ein betre statistikk og eit nasjonalt måleverktøy som mogeleggjer å følgje utviklinga og effekten av energieffektive tiltak i byggsektoren.
5. SYSTEMATISK ETTER- OG VIDAREUTDANNING OG KOMPETANSE	Byggenæringa bør etterutdannast for å få tilstrekkeleg kompetanse om energieffektive løysingar. Det er føreslege å stilla lovkrav om minimumskompetanse for dei som etablerar seg i næringa.
6. SAMORDNING AV VIRKEMIDDELAPPARATET	Byggteknisk forskrift (TEK), energimerkeordninga (EMS) og passivhussatsinga til Enova og Husbanken bør samordnast, når det gjeld krav til dokumentasjon, målepunkt for ordningane/verkemiddel og kompetanse.

Tabell 6 Hovudgrep for energieffektivisering. (KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg, 2010)

Ofte vil ein finne avvik mellom eit bygg si faktiske og teoretiske/berekna energibruk. Eit bygg kan innehalde energieffektive løysingar, men feil bruk av bygget kan slå ut på bygget si verkelege energibruk. Brukaropplæring- og medvit må difor vere i fokus om ein skal lukkast, saman med økonomiske støtteordningar for å få byggeigarar til å utløyse potensialet.

2.5.2.2.2 Verkemiddel for eksisterande bygningsmasse

Det er foreslått følgjande regulatoriske og økonomiske verkemiddel for eksisterende bygningsmasse (KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg, 2010):

1. Forskriftskrav ved rehabilitering
 - Lavenerginivå i 2015 ved totalrehabilitering
 - Passivhusnivå i 2020 ved totalrehabilitering
 - Bruk av energieffektive komponentar og bygningsdelar ved alle tiltak frå 2015
 - Kompetanse hos byggføretak generelt og til energieffektiviseringskompetanse spesielt
 - Individuell energimåling og avrekning av enkeltleiligheter og leigetakar frå 2015
2. Krav om å oppnå naudsynte kostnadar for energieffektivisering til nærmere definert energinivå ved eigedomssal
3. Krav om å oppgi naudsynte kostnadar for energieffektivisering i årsberetninga for rekneskapspliktige verksemder
4. Huseigar vert gjeve rett til å endre løpende leigekontraktar i dei tilfelle det vert føreteke investeringar som medfører bedra energistandard i bygget
5. Etablere forutsigbare tilskuddsordningar til energieffektiv rehabilitering og enøk

Det er tenkt at det offentlege skal tilfredstille forskriftskrava før det private. Blant anna vil det for det offentlege, ved totalrehabilitering verte stillt krav om lavenerginivå i 2014, og passivhusnivå i 2018.

Slik vil det offentlege gå fram som eit godt døme, og ein sikrar å stille døme på byggeløysingar til disposisjon.

Med totalrehabilitering vert det her meint rehabilitering som kostar meir enn 25 % av byggets verdi (eksklusiv tom) og/eller at meir enn 25% av bygningskroppen vert rehabilert. Med passivhusnivå vert det meint eit behov for levert energi på 70-80 kWh/m². (KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg, 2010)

2.5.2.3 Energimerkeordninga

Gjennom EØS-avtalen er Noreg forplikta til å fylge Eus *bygningsenergidirektiv*, vedteke i 2002.

Formålet er å redusere bygningars energibruk, og direktivet stiller blant anna krav om innføring av energisertifikat for nye og eksisterande bygg, der energieffektiviteten til bygget vert belyst i samanheng med energikrav i gjeldande forskrift. (Europalov, 2011)

Energimerkesystemet er grunnlaget for å gjennomføre energimerking av norske bygg, og formålet med ordninga er å auke medvitet knytta til energibruk og løysingar som kan gjere bygg meir energieffektive (NVE, 2011). Energimerket vil kunne fungere som eit viktig steg på vegen mot meir

energieffektive bygningar, og set energi på dagsorden i eigedomsmarknaden. I følgje Energiloven skulle alle norske bustadar og yrkesbygg som vert sold eller utleigd, samt alle yrkesbygg over 1000 m², etter 1. juli 2010 hatt ein gyldig *energiattest* (NVE, 2011).

2.5.2.3.1 Energiattest

Ein energiattest skal synleggjera energibruken i eit bygg, og gjev ut eit *energimerke* som syner bygningens energistandard. Energimerket består av både ein *energikarakter* og ein *oppvarmingskarakter*. Energikarakteren er eit resultat av berekna levert energi til bygningen, og er skalert fra A til G. A er den beste karakteren ein kan oppnå, og blir gjerne omtala som passivhus. C tilsvrar minimumskrava i tekniske byggeforskrifter frå 2007, medan G er den dårligaste. Oppvarmingskarakteren er femdelt, og rangerer bygget etter kva for eit oppvarmingssystem som er installert. Denne karakteren skalerast med fargerangering frå raudt (dårligast) til grønt (best). Raudt betyr at det vert nytta ein høg andel elektrisitet, olje eller gass til oppvarming. (NVE, 2012)

Figur 11 illustrerer for øvrig samanhengen mellom energi- og oppvarmingskarakter.



Figur 11 Illustrasjon av dei ulike nivåa i energimerkesystemet. (NVE, 2011)

2.5.2.3.2 Tiltaksliste

Som ein del av energiattesten følgjer òg ei liste over forbetingstiltak for bygningen. Tiltakslista vil vere eit nyttig hjelpemiddel i prosessen knytta til å betre bygget sin energibruk, og gjev altså direkte forslag til energieffektiviseringstiltak. Eit dårlig energimerke speglar difor forbettingsmogelegeheter. Tiltakslista kan nyttast aktivt under utreing av energieffektiviseringspotensialet i ein eksisterende bygning. Dømer på tiltak som kan inkluderast i denne lista, avhengig av energimåla, er omtalt i kapittel 2.6 Energieffektiviseringstiltak.

2.5.2.4 Materialproduksjon, inneklima og klimaendringar

Energieffektivitet er knyttta til stort økonomisk sparepotensial, samstundes som energieffektive bygningar vil bidra til reduserte klimagassutslepp frå bygningsmassen. Likevel er det viktig å ha i bakhovudet at ein òg bør ta omsyn til den energien som nyttast ved produksjon av material, saman med dei tilhøyrande utsleppa. Om dei energieffektive materiala er lite miljøvenlege og lite energieffektive å produsere vil ein måtte ta omsyn til dette i vurderinga av

energieffektiviseringstiltak. Avfallet som vert genereret ved å rive for så å bygge nytt bør òg takast med i totalbetraktinga.

Redusert energibruk i eksisterande bygningar vil i nokon tilfelle kunne vere til kostnad for dårlegare inneklima og bruk av helse- og miljøfarlege stoff. Det er fastslege at dårleg innemiljø i bygg fører til årlege tap på mellom 8-12 milliardar kroner, grunna nedsett produktivitet og sjukdom (KRD, 2004). Dei negative sidene ved energieffektiviseringstiltak bør difor utgreiast før gjennomføring, både med omsyn til brukarar, miljø og økonomisk lønnsemd.

Ved utgreiing, planlegging og gjennomføring av energieffektiviseringstiltak i eksisterande bygningar er det i tillegg viktig å ta høgde for klimaendringane ein står ovanfor. Produkta som vert valde bør difor vere dokumentert eigna både for notida og framtida sitt norske klima.

2.6 Energieffektiviseringstiltak

For å kunne føreslå energisparande tiltak i eit bygg, bør ein vere kjend med bygget sitt tidlegare/noverande energiforbruk fordelt på energipostane oppvarming, ventilasjon, varmtvatn, vifter/pumper, lys, utstyr og kjøling (Bøhn, 2006b). Det bør vidare ligge føre ei teknisk vurdering av bygget sine energisystem. Ein strategisk analyse bør så setjast i gang, på eit tidleg stadium, der det vert utført ei overordna vurdering av energimogelegeheter og –avgrensningar for bygningsmassen. Det vil i denne fasen, særskild ved fokus på berekraftig oppgradering, vere viktig å utnytte lokale ressursar, nytte fornybare energikjelder, varmegjenvinnarar og varmepumper.

2.6.1 Typiske energieffektiviseringstiltak

I tabell 7 til tabell 12 er det gjeve ei innføring i konkrete energieffektiviseringstiltak som kan vurderast utførd på eksisterande bygningar. Tiltaka er inndelt i tiltak på *elektriske anlegg, generelle tiltak, tiltak på sanitæranlegg, bygningsmessige tiltak, tiltak på varmeanlegg, samt tiltak på luftbehandlingsanlegg*.

DØME PÅ ENERGIEFFEKTIVISERINGSTILTAK PÅ ELEKTRISKE ANLEGG		
TILTAK	DAGENS TILSTAND	BESKRIVING
LAVENERGIPÆRER	Bruk vanlege glødepærer.	Bytt til lavenergipære. Det gjev like mykje lys, men brukar berre femteparten så mykje energi, og har i tillegg ca. fire gonger så lang levetid (Bøhn, 2006)
LAVENERGIARMATURER	Energibruken i armaturene er høgt i forhold til lysutbyte.	Utskifting til nyare lysarmaturar som gjev større lysutbyte, for at total installert effekt og dermed energiforbruket skal reduserast. (Bøhn, 2006)
TERMOSTAT- OG/ELLER TIDSSTYRING AV EL.VARME	Elektriske omnar er berre utstyrt med på/av-brytar og/eller effekttrinn, utan å ta omsyn til variabelt varmebehov.	Utskifting til nye omnar med elektronisk termostat og automatikk for tidsstyring av temperatur. (Bøhn, 2006)

Tabell 7 Dømer på energieffektiviseringstiltak på elektriske anlegg.

DØME PÅ GENERELLE ENERGIEFFEKTIVISERINGSTILTAK		
TILTAK	DAGENS TILSTAND	BESKRIVING
MONTERING AV PEISINNSATS I OPEN PEIS	Open peis.	I open peis (murt peis utan støypejarnsinnssats og utan dører) monterast ein lukka, reintbrennande ildstad (peisinnsats med tette dører). På denne måten reduserast varmetap og energien i veden vert utnytta meir effektivt. I tillegg reduserast røykgassforureininga og utsleppa med inntill 90%. (Bøhn, 2006)
INSTALLERING AV NY REINTBRENNANDE VEDOMN	Gammal vedomn med dårlig verknadsgrad.	Byt ut med ny reintbrennande vedomn. Med dette utnyttast energien i veden meir effektivt, og røykgassforureining og utslepp reduserast med inntil 90%. (Bøhn, 2006)
INSTALLERING AV PELLETSKAMIN	Gammal vedomn med dårlig verknadsgrad.	Byt ut med ein pelletskamin. Denne utnyttar energien meir effektivt, i tillegg til at røykgassforureininga og utsleppa kan reduserast med ca. 90%. Pelletskaminen tilknyttast ein romtermostat med mogelegheit for tidsstyring (nattsenking). Nokon pelletskaminar kan òg leverast med integrert varmtvatnssløyfe, som kan levera varme til radiatorar eller golvvarme. (Bøhn, 2006)
INSTALLERING AV PARAFINKAMIN	Gammal parafinkamin med dårlig verknadsgrad.	Byt ut med ein ny parafinkamin med meir effektiv forbrenning. Utslepp av sot og partiklar vil på denne måten reduserast. Det påpeikast likevel at overgang til pelletskamin alltid skal anbefalast. Kundar som har tank og oljeløfter vil kunne ynskje å behalde oppvarming med parafin. (Bøhn, 2006)
INSTALLERING AV GASSPEIS/GASSOMN	Ein vurderar ved, pellets eller parafin.	Eit alternativ til ved, pellets eller parafin kan vere å installere ein gassomn/gasspeis. Den har vanlegvis fjernkontroll med termostat og tidsstyring (nattsenking). (Bøhn, 2006)
SOLAVSKJERMING	Bygget har stort kjølebehov, men manglar solavskjerming.	Montering av solavskjerming (helst utvendig) på vindauge for å minimere behovet for kjøling. (Bøhn, 2006)

Tabell 8 Dømer på generelle energieffektiviseringstiltak.

DØME PÅ ENERGIEFFEKTIVISERINGSTILTAK PÅ SANITÆRANLEGG		
TILTAK	DAGENS TILSTAND	BESKRIVING
SPAREDUSJ	Gammal dusj med ikkje naudsynt stor vatnmengde.	Byt til sparedusj, og varmtvatnforbruket kan gjerne halverast. (Bøhn, 2006)
BYTE VARMTVATNBEREDAR	Ikkje naudsynt høgt varmetap grunna gammal og dårlig isolert varmtvatnberedar.	Byt til ein ny, moderne og godt isolert varmtvatnberedar med termostatisk blandeventil. (Bøhn, 2006)
INSTallasjon AV TERmostatisk BLANDEVENTIL	Tappevatnsystem har ikkje blandeventil, og gjev ein utgåande vatntemperatur som er ikkje naudsynt høg, og stor varmetap frå røyrnettet.	Montering av termostatisk blandeventil for tappevatnet for å hindre at vatntemperaturen overstig innstilt verdi. For yrkesbygg sirkulasjons-pumpe for varmtvatnet skal styrast av ur, for berre å gå når bygget er i bruk. (Bøhn, 2006)
ISOLERING AV VARMTVATNSRØYR	Ikkje naudsynt varmetap grunna uisolerte varmtvatnrøyr.	Isolering av røyrnettet. (Bøhn, 2006)
VARMEPUMPE SANITÆRANLEGG	Betydeleg energibruk til sentral varmtvatnbereding.	Om forhaldar ligg til rette for det, kan installasjon av ei varmepumpe for sanitæranlegget skje. Til dømes kan pumpa hente varme frå avtrekksluft, uteluft, energibrønnar eller sjø. (Bøhn, 2006)

Tabell 9 Dømer på energieffektiviseringstiltak på sanitæranlegg.

DØME PÅ BYGNINGSMESSIGE ENERGIEFFEKTIVISERINGSTILTAK		
TILTAK	DAGENS TILSTAND	BESKRIVING
ETTERISOLERING AV YTTERVEGG	Ytterveggen er ikke tilfredsstillende isolert.	Framgangsmåte avheng av kvar enkelt bygg si tilstand. I dei fleste tilfelle vil det vere mest føremålstensleg å etterisolere utvendig, blant anna for å unngå fuktproblemer. Dette kan gjerne utførast i samanheng med oppussing/ utbetring av fasadar. Etterisolering kan også utførast frå innsida, eller ved innblåsing av isolasjon i hulrom. (Bøhn, 2006)
ISOLERING AV INNERVEGG MOT KALDT ROM	Innervegg er uisolert mot kaldt rom.	Etterisolering av veggen. (Bøhn, 2006)
ETTERISOLERING AV GOLV OG/ELLER RANDSONE AV GOLV	Golvet er ikke godt nok isolert, og /eller golvet er kaldt og gjev ei kjensle av trekk langs golv/ yttervegg.	Måten etterisoleringa bør skje på avheng av kvar enkelt bygg si tilstand. For å hindre at kald uteluft trekk inn i dekka bør golvet randisolera (gjerne med 1 meters breidd). (Bøhn, 2006)
ISOLERING AV YTTERTAK/ MOT KALDT LOFT	Taket er ikke godt nok isolert.	Måten etterisoleringa bør skje på avheng av kvar enkelt bygg si tilstand. Etterisoleringa kan skje ved utlegging av isolasjonsmatter eller ved innblåsing av isolasjon i hulrom. Det presiserast at tetting av loftsluke alltid må gjennomførast samstundes, for å unngå kondens i taket over loftsluka. (Bøhn, 2006)
ISOLERING MOT KALD KJELLAR	Det er ikke / ikke godt nok isolert mot kjellar.	Golv mot kald kjellar isolerast frå undersida eller ved innblåsing av isolasjon. (Bøhn, 2006)
ISOLERING AV LOFTSLUKE	Loftsluka er ikke isolert.	Loftsluka isolerast og tettast ved bruk av tettelister. Dette for å redusere varmetap og direkte luftlekkasjar. Bør gjennomførast samstundes med eller før isolering av loft. (Bøhn, 2006)
TETTING OVERGANG GOLV/VEGG ELLER TAK/VEGG	Luftlekkasjar førekjem grunna utette overgangar mellom golv/vegg eller tak/vegg.	Vindsperreutbetring ved overgang og/eller tetting med fugemasse/ inndytting av mineralullstriper bak list. (Bøhn, 2006)
ELIMINERING AV KULDEBRUER	Kuldebruer skapast av uheldige utformingar av veggane konstruksjon, tilslutning av søyler, etasjeskiljarar med mer.	Tilleggsisolering for å (tilnærma) eliminere kuldebrua. (Bøhn, 2006)
BYTE AV VINDAUGER/ DØRAR/PORTAR	Vindauger / dører / portar har ikke god nok isolasjonsevne.	Utskifting av gamle dårlig isolerte vindauge /dører / portar (anbefalt U-verdi < 1,4 W/m2K medrekna ramme og karm). Ny U-verdi skal samsvare med forskrifter. (Bøhn, 2006)
NYE TETTELISTER RUNDT VINDAUGER	Luftlekkasjar grunna glippe mellom karm og vindusramme.	Glipper kan tettast med tettelister, og evt. Oppretting av vindauge / justering av lukkehasper om luftlekkasjane er veldig store. Lister i silikon- eller EPDM-gummi gjev best resultat. (Bøhn, 2006)
NYE TETTELISTER RUNDT YTTER-/ BALKONGDØRER	Luftlekkasjar grunna glippe mellom karm og dørblad.	Glipper kan tettast med tettelister, og evt. Oppretting av dør om luftlekkasjane er veldig store. Lister i silikon- eller EPDM-gummi gir best resultat. (Bøhn, 2006)
TETTING AV OVERGANG MELLOM KARMEGG FOR VINDAUGER OG DØRER	Luftlekkasjar grunna utetthet mellom karm/vegg rundt dører/vindauger.	Utbetring av vindauge /dører ved inndytting av mineralullstriper eller annan form for tetting rundt karm bak karmlist. (Bøhn, 2006)

Tabell 10 Dømer på bygningsmessige energieffektiviseringstiltak.

DØME PÅ ENERGIEFFEKTIVISERINGSTILTAK PÅ VARMANLEGG		
TILTAK	DAGENS TILSTAND	BESKRIVING
INN-REGULERING AV VARMANLEGG	Varmeanlegget er ikkje innregulert på ei stund / har aldri vore innregulert.	Riktig vannmengde må regulerast til dei ulike kursane, og evt. innmontering av strupeventilar om dette mangalr. Om tegningsunderlag med røyrdimensjonar og effektar til radiatorar manglar, må det utarbeidast eit oppleggs- og systemskjema for varmeanlegget, og det må gjerast ein varmebehovsberekning for bygget. (Bøhn, 2006)
UTSKIFTING AV PUMPER	Pumpene er gamle, og/eller kraftig overdimensjonerte, slik at energibruken er særhøg.	Dei gamle pumpene skiftast ut til nye, og meir energieffektive pumper. (Bøhn, 2006)
MONTERING AV TERMOSTAT-STYRTE RADIATORVENTILER	Radiatorventilane er gamle og manuelle, og står ofte konstant opne, medan overtemperatur kompenserast ved lufting ut vindauge (trekk og dårligare inneklima, samt høgt energiforbruk)	Montering av nye termostatstyrte ventilar som gjev betre inneltemperaturkontroll. Vanlegvis er det naudsynt å installere trykkstyrte pumpe for å unngå trykksvingingar og støy i systemet. (Bøhn, 2006)
ISOLERING AV RØYR, PUMPAR, VENTILAR ETC.	Varmetap grunna manglende, eller for dårlig isolasjon av rør, pumpar, ventilar etc.	Isolering av røyrnett og komponentar for å redusere varmetap. (Bøhn, 2006)
UTSKIFTING AV OLJEFYRT KJEL	Oljekjelen er gammal og har ein dårlig verknadsgrad.	Gammal oljekjel erstattast av ny kjel, som dimensjonerast ut i frå ei revurdering av bygget sitt maksimale effektbehov ved dimensjonerande utetemperatur. Ofte må oljebrennaren òg skiftast. (Bøhn, 2006)
INSTALLASJON AV VARMEPUMPE	Store energikostnadar grunna energibruk til oppvarming og/eller tappevatn.	Installasjon av varmepumpe, om forholda ligg til rette for det. Pumpa hentar ut lavtemperaturenergi frå ei varmekjelde og hevar temperaturen til eit nivå som gjer det mogleg å utnytte energien. Luft-luft-varmepumpe er gjerne aktuelt i bustader. (Bøhn, 2006)
OVERGANG TIL FJERNVARME	Store energikostnadar grunna energibruk til oppvarming og/eller tappevatn, og kjelanlegget er gammal og har dårlig årsverknadsgrad.	Bygget vert tilknytta fjernvarmenett ved installasjon av varmevekslarar (dette er eit miljøvenleg tiltak då det gjerne erstattar oljekjelar med dårlig verknadsgrad). (Bøhn, 2006)
VARMANLEGG BASERT PÅ BIOBRENSEL	Store energikostnadar grunna energibruk til oppvarming og/eller tappevatn, og kjelanlegget er gammalt og har dårlig årsverknadsgrad.	Montering av ny kjel for biobrensel (som kan nytta pellets, flis eller halm) - eit miljøvenleg tiltak då det gjerne erstattar oljekjelar med dårlig verknadsgrad. (Bøhn, 2006)

Tabell 11 Dømer på energieffektiviseringstiltak på varmeanlegg.

DØME PÅ ENERGIEFFEKTIVISERINGSTILTAK PÅ LUFTBEHANDLINGSANLEGG		
TILTAK	DAGENS TILSTAND	BESKRIVING
VARMEGJENVINNING I VENTILASJONSANLEGG	Avkastlufta vert ikkje varmegjenvunne.	Installasjon av nytt ventilasjonsanelgg med varmegjenvinnar, eller om mogeleg, ettermontering av varmegjenvinnar i eksisterande aggregat. (Bøhn, 2006)
BEHOVSSTYRING AV VENTILASJONSANLEGG	Ventilasjonsanlegget si driftstid styrast manuelt, og går i praksis i lengre tid enn naudsynt.	Installasjon av ur eller følarar for automatisk start/stopp av anlegget. Det kan òg installerast system for regulering av luftmengder etter behov. (Bøhn, 2006)
VARMEPUMPE SOM HENTAR VARME FRÅ VENTILASJONSLUFT	Varm avtrekksluft kastast ut over tak.	Installasjon av varmepumpe som hentar energi frå avtrekkslufta i ventilasjonssystemet (om forholda ligg til rette for det). (Bøhn, 2006)
MONTERING AV BLAFRESPJELD PÅ KJØKKENVENTILATOR	Kjøkenventilator utan blafruspjeld.	Montering av blafruspjeld på kjøkenventilator for å redusere luftutskiftinga og dermed òg varmetapet. (Bøhn, 2006)

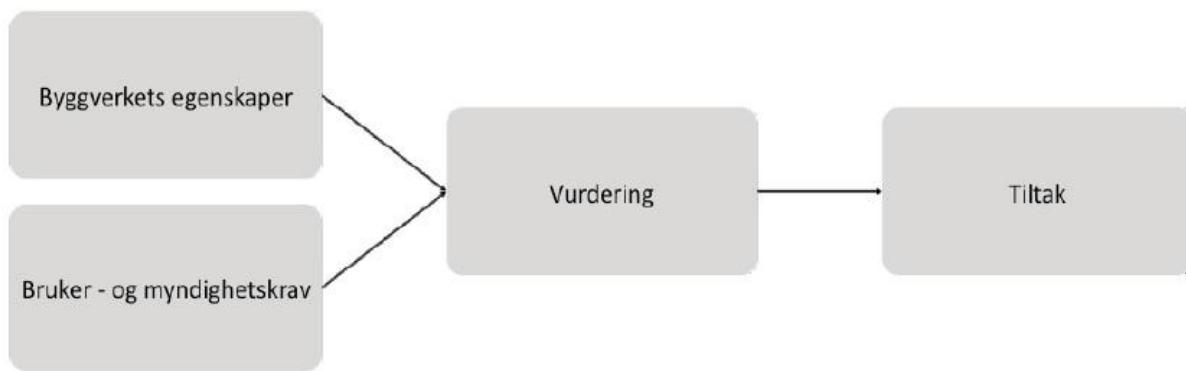
Tabell 12 Dømer på energieffektiviseringstiltak på luftbehandlingsanlegg.

Det vert påpeika at tiltaka som er presentert i tabell 7 til 12 over gjeld både for næringsbygg og forbustader, men at ikkje nødvendigvis alle tiltaka er like relevante for begge bygningskategoriar.

2.7 Teknisk tilstandsanalyse

Eit eksisterande bygg si tekniske tilstand vil i dei aller fleste tilfelle vere særslig avgjerdende for eit bygg sitt potensial. Ei kartlegging av tilstanden vil gje ei oversikt over tiltak som bør og/eller må utførast på bygget, samt om tiltaka hastar eller ikkje. Vidare kan kartlegginga danne eit grunnlag for arbeid knytta til vurdering og tiltaksplanlegging av blant anna vedlikehald, bygget sin miljø- og energiprofil, utbetring, ombygging og taksering av bygget.

Gjennomføring av ein tilstandsanalyse inneber å fastslå ein tilstand i augeblikket for så å vurdere tilstanden mot gitte krav, i tillegg til å gje ei årsaksforklaring på eventuelle avvik frå krav (Bjørberg S., 2003). Ein teknisk tilstandsanalyse er i følgje NS 3424 "Tilstandsanalyser for byggverk – Innhold og gjennomføring" definert som: "*Den samla analyse på eit gitt tidspunkt i henhold til standarden*" (Standard Norge, 1995). Sjølvre prinsippet bak NS 3424 er illustrert i Figur 12.



Figur 12 Prinsippet bak NS 3424. (Bjørberg S., 2003)

Ein teknisk tilstandsanalyse er altså eit viktig forarbeid for vurdering og tiltaksplanlegging, då den gjev ein god totaloversikt over dei moglegheiter og avgrensingar det aktuelle objektet gjev. I samband med å kunne utreie teknisk tilstand på eit bygg, er det viktig å òg ta hensynt til bygget og dei ulike bygningskomponentane si tekniske levetid. Viktige omgrep knytta til teknisk tilstandsanalyse er presentert i tabell 13.

TILSTANDSGRAD	"Uttrykk for i kva tilstand eit objekt befinn seg i forhold til eit definert referansenivå". Tilstandsgraden graderast frå 0 til 3, der 0 er ingen symptom og 3 er kraftige symptom.
KONSEKVENSGRAD	"Uttrykk for alvoret av konsekvensar i forhold til eit definert referansenivå". Konsekvensgraden graderast frå 0 til 3, der 0 er ingen konsekvens og 3 er store konsekvensar. I tillegg til å gradere konsekvensane spesifiserar ein òg kor konsekvensen vil få utslag: sikkerheit (S), helse/miljø (H), økonomi (Ø) og estetikk (E)
SYMPTOM	"Indikator for kva tilstand eit objekt befinn seg i"
SVIKT	"Negativt avvik frå det referansenivået som er lagt til grunn". Svikt kan angis som "ikke svikt", "mulig skjult svikt" eller "svikt"

Tabell 13 Omgrepsavklaring, teknisk tilstandsanalyse (Standard Norge, 1995)

Tilstanden vert angitt ved bruk av ein *tilstandsgrad* som vert vurdert ut i frå *symptom*. For å kunne tilrå tiltak, vurderast konsekvens av tilstand ved å nytte *konsekvensgradar*. Skadar som følgje av feil utføring skal framgå av tilstandsgrad, medan sjølve byggefeilen skal framgå av angivelsen om svikt (Bjørberg S. , 2003). Det vert skild mellom tre ulike registreringsnivå, som skal vere tilpassa analyseformålet, ved utføring av tilstandsanalysar. Desse nivåa er skildra i Tabell 14, medan hovudfasane i gjennomføringa av ein teknisk tilstandsanalyse er skildra i Tabell 15.

NIVÅ 1	Det grovaste nivået gjev ei generell overordna registering utført visuelt, ved bruk av enkelt utstyr, enkle målingar og oppgjev grove mengdeoverslag om kostnadar.
NIVÅ 2	Ei generell registrering, men meir djuptgåande enn nivå 1. Ein gjennomgår òg underlagsdata (teikningar og beskrivingar), og ved behov utfører ein omfattande registreringar/målingar (ved bruk av meir nøyaktig utstyr).
NIVÅ 3	Det mest detaljerte nivået vert utført på enkelte bygningsdeler, ved særskilde behov, og innber bruk av detaljert måle- og prøveutstyr, samt eventuelle laboratorietestar.

Tabell 14 Registeringsnivå, teknisk tilstandsanalyse. (Bjørberg S. , 2003)

FASE 1: DEFINERING AV OPPGÅVA	Kartlegging av formålet med tilstandsanalysen, samt omfang (kva for nokre objekt, registreringsnivå og kostnadsbereking for anbefalte tiltak) og ressursbruk, samt vurdering av førehandsbefaring for å kunne gje ei god tilbakemelding til oppdragsgiver.
FASE 2: PLANLEGGING	Innhenting og utarbeiling av grunnlagsmateriale (gjerne "as built drawings" og dokumentasjon og vedlikehald og utbetring), samt planlegging av korleis sjølve gjennomføringa av analysen og registreringa skal skje.
FASE 3: TILSTANDSREGISTRERING	Undersøking av objektet og nedteikning. Finne ut om førehandsbestemt registreringsnivå og omfang er rett. Tilstanden graderast og ein dokumenterer tilstanden i form av notatar, bilete, skisser og liknande.
FASE 4: VURDERING	Kontrollere tilstandsfunn opp mot krav frå myndighetene, vurdering av eventuell svikt, utgreiling av kva konsekvensar og risiko dei registrerte tilstandane kan leie til, samt tiltaksforslag for utbetring.
FASE 5: RAPPORTERING	Utarbeiling av ein oppsummering i form av ein rapport (med innhald: innleiing, konklusjon, hovudrapport og eventuelle tillegg).

Tabell 15 Gjennomføring av teknisk tilstandsanalyse. (Standard Norge, 1995)

Etter fullført teknisk tilstandsanalyse, når tilstandsrapporten ligg føre, kan den verte nytta til å få eit *objektivt syn* på tilstanden av eit objekt. Tilstand- og konsekvensgradane vil gje oversikt over naudsynte tiltak, og kan òg nyttast til å utrei potensialet som finst i bygningen.

2.8 Analyser av lønsemeld (LCC-analyser)

LCC er ei forkorting av det engelske omgrepene *Life Cycle Costs*, som ved oversetjing til norsk vert *livssykluskostnadar*. Livssykluskostnadar er i følgje NS 3454 "Livssykluskostnader for byggverk – Prinsipper og struktur" definert som: "Kapitalkostnadar pluss årlege kostnad til forvaltning, drift, vedlikehald og utvikling (FDVU)." (Standard Norge, 2000)

2.8.1 Livslaupsplanlegging

LCC-analyser inneber *livslaupsplanlegging*. Det er ein trend at livslaupsplanlegging i dag aktualiseras meir og meir, blant anna knytta til viktigeita av at eit bygg skal vere funksjonelt over tid (det vil seie tilpassingsdyktig).

Tidsperspektivet for bruk av bygningen bør vere definert allereie i prosjekteringsfasen, og ein bør planleggje FDVU-prosessane for heile levetida til bygget (frå "vugge til grav"). I all hovudsak vert det skild mellom teknisk-, funksjonell-, økonomisk- og estetisk levetid. Det må òg takast omsyn til at ulike bygningselement har ulik levetid.

2.8.2 Omgrepsavklaring og berekningsmetodar

I tilknyting til LCC-omgrepet dukkar òg omgrepa *levetidskostnad*, *årlege kostnad* og *årskostnad* opp. I følgje NS 3454 "Livssykluskostnader for byggverk – Prinsipper og struktur" er dei ulike omgrepa definert som (Standard Norge, 2000):

Levetidskostnad (K):

"Sum av kapitalkostnad og noverdi av alle utgifter til forvaltning, drift, vedlikehald og utvikling (FDVU) i brukstida (dvs noverdien av livssykluskostnadane)"

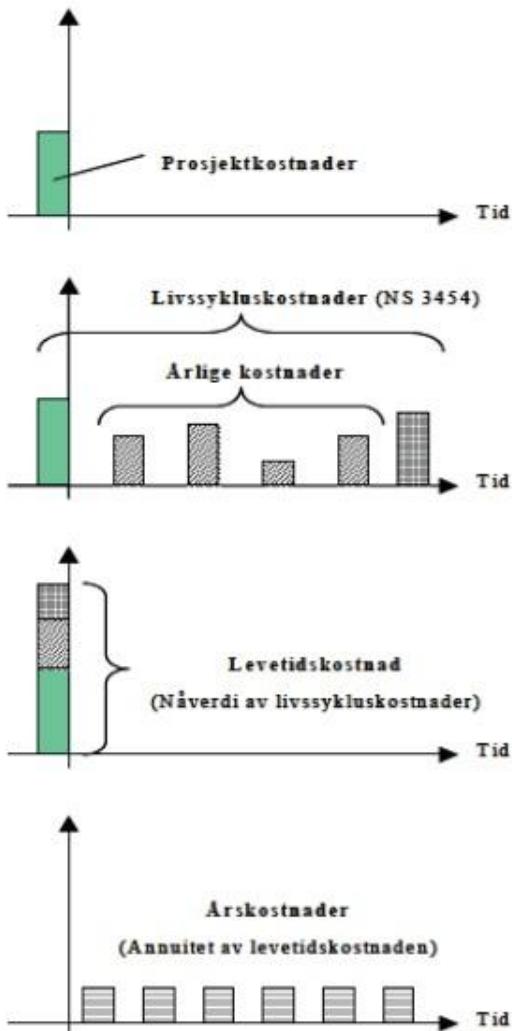
Årlege kostnadar:

"Berekna eller registrerte kostnadar for dei einskilde åra"

Årskostnad (ÅK):

"Annuitet av levetidskostnad"

Samanheng mellom dei ulike kostnadsomgrepa er illustrert i figur 13.



Figur 13 Samanheng mellom dei ulike kostnadsomgropa. (Bjørberg S. &, 2007)

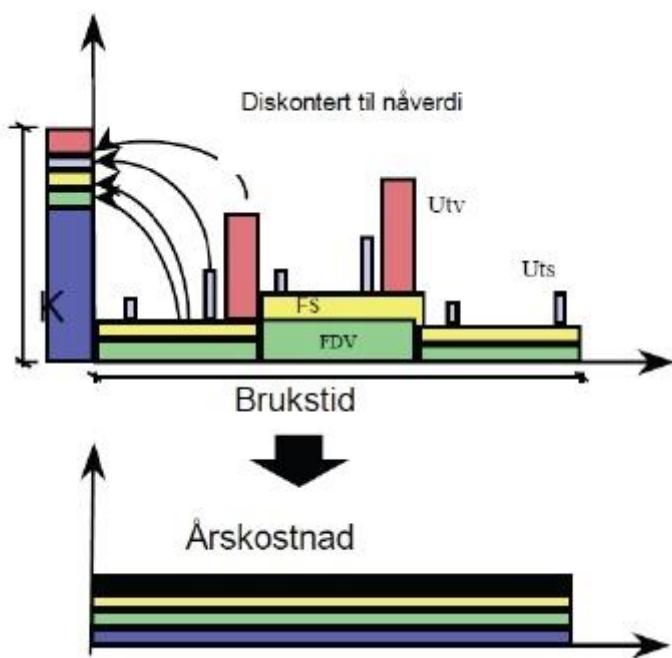
I tabell 16 under følgjer definisjonar av ytterlegare omgrep knytta til berekningar i samband med livssykluskostnadar, ut frå NS 3454.

BEGREP	DEFINISJON
Brukstid (T)	"Det antal år eit byggverk planleggast (er) nyttar til same formål"
Diskonteringsfaktor	"Noverdien av ei krone innbetalte i slutten av år n"
Faste priser	"Pengeverdien knytta til ein bestemt dato"
Prosjektkostnad (K ₀)	"Summen av samlede kostnadar ved prosjektets ferdigstilling"
Nominell rente (r.o)	"Relativ avkasting av kapital når avkastingen reknast i løpende pengeverdi, og kapitalbeløpet reknast i nominell historisk verdi"
Noverdi	"Den sum som i dag må setjast til forrenting for at ein skal på eit nærmere angitt tidspunkt ha eit beløp som forfall til betaling"
Realrente (r.)	"Relativ avkasting på kapital når avkastninga reknast i same pengeverdi som kapitalbeløpet"
Restkostnad (R _t)	"Avhendingskostnad ved utgangen av brukstida T for å rive/fjerne byggeverket"
Sumfaktor	"Noverdien av ei krone innbetalte i slutten av kvart år"
Årskostnadsfaktor	"Annuitetsfaktor (invers sumfaktor)"
Netto årleg sparing	"Netto årleg sparing, gitt i kr per år"

Tabell 16 Omgrepsdefinisjon, LCC. (Standard Norge, 2000)

NS 3454 avklarar at årskostnadsberekingar bør nyttast i fast kroneverdi, og at alle beløp som ein hovudregel skal reknast i berekningsåret sin kroneverdi. Bruk av realrente ved diskontering gjer at ein ikkje treng å anslå den generelle prisstigninga for berekningar framover i tid. Dette medfører ein forutsetnad om at ingen kostnadalar har avvik frå den generelle prisutviklinga, og at kostnadsutviklinga må takast omsyn til dersom den skjer differensielt. (Standard Norge, 2000)

Figur 14 illustrerer for øvrig korleis levetidskostnaden kan nyttast til å finne årskostnaden.



Figur 14 Levetidskostnaden nytta til å finne årskostnad. (Bjørberg S. , 2003)

Figuren viser levetidskostnaden lagt ut som annuitet over same tidsperiode som årskostnaden (dvs. den tidsperioden som vert ansett som levetida til bygget), og alle beløp er ført tilbake til berekningsåret sin kroneverdi (dvs dei er diskonterte). Den totale noverdi kan så definerast for alle framtidige kostnadalar, og vert til årskostnadalar når dei vert fordelt likt på kvart enkelte år som er att av levetida til bygget. Noverdi reknast ut ved å multiplisere framtidig beløp med diskonteringsfaktoren. I følgje NS 3454 er dei matematiske uttrykka for respektive levetidskostnad, årskostnad og diskonteringsfaktoren definert som følgjer (Standard Norge, 2000):

Formel 1 Levetidskostnad:

$$K = K_0 + \sum_{t=1}^{T} [(1+r)^{-t} * FDV_U_t] - R (1+r)^{-T}$$

$$\text{Formel 2 Årskostnad: } \text{ÅK} = K * b \quad \text{der } b = r / [1 - (1 + r)^{-T}]$$

$$\text{Formel 3 Diskonteringsfaktor: } 1 / (1 + r)^t = (1 + r)^{-t}$$

2.8.3 Kostnadsoppstilling

Ved utføring av LCC-berekningar nyttar ein gjerne en tilknytta kontoplan for føring av kostnadene. I tabell 17 er kostnadspostane definert. Kostnadspostane 1-6 er definert som hovedpostar, medan 7-9 er anbefalte tilleggspostar som ikkje er definert som livssykluskostnadene.

1. KAPITALKOSTNADAR (N)	Sum av prosjektkostnadene (Ko) og restkostnadene (Rt).
2. FORVALTINGSKOSTNADAR (F)	Kostnadene som tilskrivast byggverket i form av kommunale skattar og avgifter, forsikringar og administrasjon, uansett om det er i bruk eller ikkje.
3. DRIFTSKOSTNADAR (D)	Kostnadene til løpende drift, reinhald, vakt, sikring, energi o.a. og omfattar òg løpende vedlikehald, skade og hærverk.
4. VEDLIKEHALDSKOSTNADAR (V)	Kostnadene som er nødvendige for å oppretthalde byggverket på eit fastsatt kvalitetsnivå og med det gjere det mogeleg å bruke det til sitt tiltenkte formål innanfor ei gitt brukstid (vedlikehaldskostnadene inkluderer òg utskifting av bygningsdelar / tekniske installasjonar med kortare leetid enn resten av byggverket).
5. UTVIKLINGSKOSTNADAR (U)	Kostnadene til utvikling av byggverket for å oppretthalde bygget sin verdi over tid i forhold til nye krav frå brukarar, marknad og myndigheter.
6. LEDIG	-
7. SERVICE/STØTTEKOSTNADAR TIL KJERNEBEDRIFTA (S)	Kostnadene til service og støtte ovanfor kjerneverksemda i bygget.
8. POTENSIAL I EIGEDOM (P)	Kostnadene relatert til realisering av utviklingspotensialet for eigedommen (omfattar òg rehabilitering og større ombyggingar innanfor same funksjon)
9. LEDIG	-

Tabell 17 Postar i ein LCC-kontoplan

Konsekvent bruk av dei presenterte kostnadspostane gjer det enkelt å synliggjere kva dei forskjellige kostnadene i ei verksemd går til. Ein kan òg nytte kostnadspostane til å opparbeie seg erfaringstall og nøkkeltall for ulike bygningskategoriar, som ein vidare kan nytte i benchmarkingsprosessar. For øvrig er NS 3454 under revisjon, og forslaget til ny kontoplan inkluderer òg forsyningeskostnadene, reinhaldskostnadene, servicekostnadene – rom og infrastruktur – menneske og organisasjon (Standard Norge, 2010).

2.8.4 Analysar av LCC

I dag innsrer ein meir og meir viktigheita av å kartlegge bygningars livssykluskostnadene for å utreie konsekvensar av investeringar. Gjennom Lov om offentlege anskaffingar er ein òg pålagt å ta omsyn til livssykluskostnadene. Fokuset er ikkje kun på prosjektet si investeringeskostnad, men òg på påfølgjande kostnadene knyttta til faktisk bygningsbruk og FDVU for å oppretthalde definert kvalitetsnivå (teknisk og funksjonelt). Analysar av livssykluskostnadene har difor vorte eit viktig hjelpemiddel for å oppnå god verdi på investerte midlar, både målt i kroner og i mengde ressursar nyttar til effektiv FDVU.

Livslaupsplanlegginga og LCC- analysane kan nyttast både på nye og eksisterande bygg, og vil difor vere eit nyttig verktøy ved utreiing av potensial. LCC-analysane kan for øvrig òg anvendast til å synliggjere kostnadseffekten av investeringar gjort i brukstida, knytta til endringar i FDVU-prosessane.

2.8.5 Noverdi og innteningstid for gjennomføring av tiltak

Lønsemda ved tiltaksgjennomføring vil avhenge av investeringskostnad og mogeleg inntening. Før tiltak vert gjennomført i brukstida, bør det utførast grove kostnadsoverslag for å vurdere lønsemda knytta til investeringa. Det kan òg vere lurt å gjere overslag på forventa innteningstid ved tiltaksgjennomføring. Vidare er formlar for noverdiberekningar (Austereng, 2008) og innteningstid (Gjerstad F. H., 1996) for tiltak presentert.

Formel 4 Nåverdi av tiltak, NV:

$$NV = ((1 + r)^n - 1) / ((1 + r)^n + r)$$

Formel 5 Inntjenningstid, N₀:

$$N_0 = \ln[(1 - (I / B) \cdot r)^{-1}] / \ln(1 + r)$$

2.9 Energikonsept og energisystem

Ved energieffektivisering av eksisterande bygningsmasse bør ein, i tillegg til å utbetre tekniske løysingar, òg sjå på løysingar som kan betre bygget sin energiprofil. Dette kan blant anna verte gjort ved å endre energikjelde. Fokuset bør difor ikkje berre vere på å få energibehovet ned, men ein bør òg fokusere på å bruke fornybare energikjelder og redusere elektrisitetsforbruket. Vidare er det gjeve ei kort innføring i typiske energikonsept og energisystem ein kan ta i bruk i dag. For å synleggjere kva som trulig kjem til å vere framtidas mest nytta energikonsept, er det gjeve ei kort innføring i nullenergihus og plusshus, i tillegg til passivhus og lavenergihus. Dagens forskriftskrav er òg presentert.

2.9.1 Nullenergihus og plusshus

Eit *nullenergihus*, òg kalla eit nullutsleppshus, eller Zero Emission Building (ZEB) på engelsk, er ein bygning med sterkt redusert energibehov, slik at energibehovet kan balanserast av ein tilsvarande produksjon av elektrisitet frå fornybare energikjelder (Gustavsen, 2010). Bygget bidreg heller ikkje med klimagassutslepp. Eit *plusshus* er definert som ein bygning som gjennom driftsfasen genererer meir energi enn det som vert nytta til produksjon av byggevarer, oppføring, drift og avhending av bygget (Nordby K. , 2009). Bygget skal altså levere "overskuddsenergi" ut på el-nettet. Prinsippa for å designe nullenergihus og plusshus byggjer på passiv design, aktive system og fornybare energikjelder. I EU:s bygningsenergidirektiv vert det fastslege at alle nye bygg skal vere såkalla "nesten nullenergibygg" i 2020, medan alle offentlege nye bygg skal vere "nesten nullenergibygg" i 2018

(KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg, 2010). Det er likevel ikkje vorte gitt nokon talfesta definisjon på kva som vert meint med “nesten nullenergibygg”. KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg (2010) har likevel tolka omgrepene til å tilsvare *passivhusnivå*.

2.9.2 Passivhus og lavenergihus

Bjørberg (2007) peiker på at et *passivhus* er eit hus bygd med vesentleg lågare energiforbruk enn vanlege hus. Energibehovet er omrent 25 % av energiforbruket i tradisjonelle bustader. Ved hjelp av passive tiltak, til dømes ekstra isolasjon og ekstra god tettleik, samt varmegjennvinning frå ventilasjonsluftea, reduserast energibehovet. For å oppnå status *lavenergihus* er krava noko mindre strenge. For både passivhus og lavenergihus gjeld at varmesystemet i vesentleg grad skal nytte andre energivarar enn elektrisitet og fossile brensel.

Ved design av både passivhus og lavenergihus er det altså viktig å redusere energibehovet så mykje som mogeleg. Det energibehovet som så er minimert, bør vidare dekkast av fornybare energikjelder. I figur 15 er den såkalte Kyoto-pyramiden som representerer strategien for passiv energidesign illustrert.



Figur 15 Kyoto-pyramiden for passiv energidesign. (Andersen, 2008)

Med bakgrunn i figur 15 forklarar Andersen (2008) at varmetapet bør reduserast ved bruk av balansert ventilasjon med høgeffektiv varmegjennvinning, ein bygningskropp med tilnærma lik null luftlekkasjar, særskild god varmeisolering og bruk av superisolerte vindauge. Vidare bør ein utnytte passiv solvarme så effektivt som mogeleg. Energikjelder og oppvarmingsløysingar vert valgt til slutt, basert på tilpassingar til det lave oppvarmingsbehovet.

2.9.3 Dagens forskriftskrav

I Tabell 18 under følger energikrava gitt i dagens byggtekniske forskrift (TEK 10).

ENERGIKRAV FRA TEK 10		
	ENERGIKVALITETER	MINSTEKRAV
Samlet glass-, vindus- og dørareal	≤ 20 % av oppvarmet BRA	
U-verdi, yttervegg	≤ 0,18 W/(m ² K)	≤ 0,22 W/(m ² K)
U-verdi, tak	≤ 0,13 W/(m ² K)	≤ 0,18 W/(m ² K)
U-verdi, gulv mot grunn	≤ 0,15 W/(m ² K)	≤ 0,18 W/(m ² K)
U-verdi, glass/vindu/dør	≤ 1,2 W/(m ² K)	≤ 1,6 W/(m ² K)
Normalisert kuldebroverdi	≤ 0,06 W/(m ² K)	
Lekkasjeprøve ved 50 Pa	≤ 1,5 (1/h)	≤ 3,0 (1/h)
Årsjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner	≤ 70 %	
SFP-faktor	≤ 2,5 kW/(m ³ /s)	

Tabell 18 Energikrav frå TEK 10. (Lovdata, 2010)

Ein bygning skal altså tilfredsstille det nivået som er gitt under raden *energiqualitetar* i tabell 18.

Alternativt kan imidlertid bygget ha eit totalt netto energibehov, avhengig av bygningskategori, som er mindre enn energirammene gitt i tabell 19.

BYGNINGSKATEGORI	TOTALT NETTO ENERGIBEHOV
Småhus, samt fritidsbolig over 150 m ²	120 + 1600/m ² oppvarmet BRA
Boligblokk	115 kWh/m ² oppvarmet BRA per år
Barnehage	140 kWh/m ² oppvarmet BRA per år
Kontorbygg	150 kWh/m ² oppvarmet BRA per år
Skolebygning	120 kWh/m ² oppvarmet BRA per år
Universitet/høyskole	160 kWh/m ² oppvarmet BRA per år
Sykehus	300 kWh/m ² oppvarmet BRA per år
Sykehjem	215 kWh/m ² oppvarmet BRA per år
Hotell	220 kWh/m ² oppvarmet BRA per år
Idrettsbygg	170 kWh/m ² oppvarmet BRA per år
Forretningsbygning	210 kWh/m ² oppvarmet BRA per år
Kulturbygning	165 kWh/m ² oppvarmet BRA per år
Lett industri/verksted	175 kWh/m ² oppvarmet BRA per år

Tabell 19 Energirammer. (Lovdata, 2010)

Minstekravet gitt i tabell 18 må tilfredstilla uansett om energikvalitetane i tabell 18 eller tabell 19 vert lagt til grunn.

I tillegg gjeld (med unntak for småhus) (Lovdata, 2010):

- U-verdi for glas/vindauge/dør, inkludert karm/ramme, multiplisert med andel vindaugs- og dørareal av bygningens oppvarma BRA skal vere mindre enn 0,24.
- Total solfaktor for glas/vindauge (g_t) skal vere mindre enn 0,15 på solbelasta fasade, med mindre det kan dokumenterast at bygninga ikkje har kjølebehov.

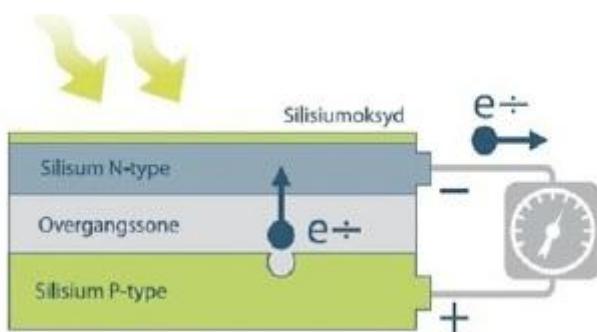
2.9.4 Fornybare energikjelder

Fornybare energikjelder er energikjelder som grunna jordas naturlege kretslaup fornyar seg sjølv. Dømer på fornybare energikjelder er *solenergi*, *vasskraft*, *vindkraft* og *bioenergi*. Ved endring av energiform på ein bygning bør ein streve etter å innføre fornybare energikjelder. Innføring av fornybare energikjelder på ein bygning kan likevel medføre visuelle inngrep, og vere kostnadsdrivande. Det er difor viktig å sjå på val av løysingar i eit heilsaksperspektiv.

2.9.4.1 Solenergi

Varme frå sola kan utnyttast både passivt og ved hjelp av aktive system. Solvarme kan utnyttast passiv til dømes ved å bidra til å auke temperaturen i bygget som ein følgje av at solstrålar skin gjennom vindauge. Varmen vil då avhenge av bygningens utforming. Minimering av vindaugsareal mot nord, saman med prioritering av sørvende vindauge er fordelaktig. Energi frå sola kan òg nyttast på ein aktiv måte, blant anna ved hjelp av mekaniske system som *solceller*, som lagar elektrisitet, og *solfangrarar*, som varmar opp vatn/luft. (Fornybar.no, 2012)

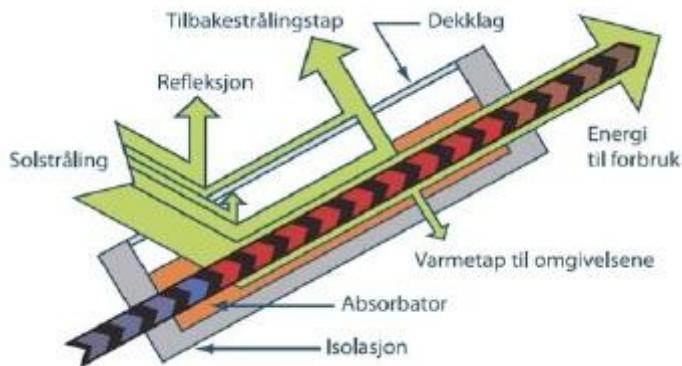
Solceller omgjer solstrålar til elektrisk energi ved å nytte seg av den fotoelektriske effekten. Solceller består av ein halvleiar (som regel silisium), der sollyset vert absorbert i så store mengder at det frigjer elektron. Dei frigjevne elektrona driv frå framsida av solcella (n-type silisium) som har eit overskot av elektron, til baksida (p-type silisium) som har eit underskot av elektron. Dersom for- og baksida vert bunde saman med ein elektrisk krets, vil denne elektronvandringa gjere at ein kan produsere elektrisk straum. (Fornybar.no, 2012)



Figur 16 Prinsippskisse, solcelle. (Fornybar.no, 2012)

Verknadsgraden til solcella vil vere avgjerande for om ein vel å anvende solceller til å produsere energi. Verknadsgraden er forhaldet mellom solinnstrålinga og den produserte straumen. Solinnstrålinga vil variere i løpet av dagen, og i løpet av året, samstundes som det nokon stader er mindre sol enn andre. Samstundes er det ei utfordring at solceller produserer mest energi i dei periodar av året der behovet for energi er minst i Noreg.

Solfangarar er eit aktivt system som absorberer energi frå sola, og varmen denne energien dannar vert transportert ved hjelp av anten luft eller vatn. På denne måten nyttast varmen til oppvarming av rom, tappevatn eller ventilasjonsluft (SINTEF Byggforsk, 2004).



Figur 17 Prinsippskisse, solfangar. (Fornybar.no, 2012)

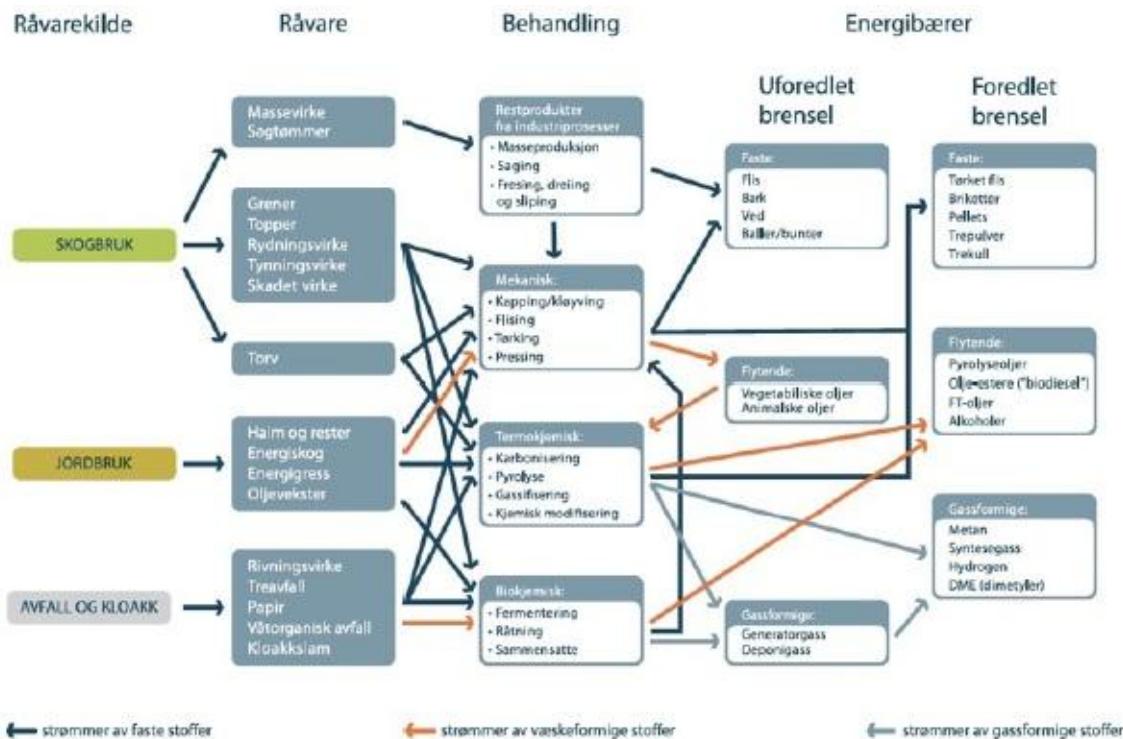
Den mest vanlege solfangaren i Europa er den plane solfangaren. Denne består av ei flat plate, med kanalar som det renn vatn gjennom, med ein absorbator av aluminium eller kopar. For at ein skal få best utbyte av varmen som vert danna, bør plata som fangar opp solstrålane kunne absorbere mest mogeleg stråling, samstundes som den har lite refleksjon. Plata bør altså vere svart. Varmen må på ein effektiv måte kunne overførast til varmemediet. Varmetap vert hindra ved at ein isolerer, både framsida og baksida, på solfangaren. (Fornybar.no, 2012)

Verknadsgraden til solfangaren er forhaldet mellom produksjon av varme som solfangaren gir frå seg og kor stor mengd solstrålar som treff plata. Solfangarar er altså, i likhet med solcella, avhengig av tid på døgnet, årstid og plassering.

Både solfangarar og solcellepanel plasserast ofte på tak, helst med sør vend hellingsvinkel for å få mest mogeleg ut av solstrålane (Fornybar.no, 2012).

2.9.4.2 Bioenergi

Bioenergi er fornybar energi som vert frigjort når ein omformar biomasse, og produksjon av varme er det viktigaste bruksområdet (Fornybar.no, 2012). Trevirke er ein form for biomasse, og når ein brenn ved eller pellets, får ein energi som kan nyttast til oppvarming. Pellets er sagflis eller høvelspon som ein fyrrer med i ein pelletsovn. Bioenergi er CO₂-nøytralt, gitt at treet veks opp att, ettersom treet då vil binde ein tilsvarende mengd CO₂ att. Har ein allereie ein eksisterande olje- eller gassovn kan ein skifte ut brennar og tilførslesanlegg, slik at det kan fungere for pellets (SINTEF Byggforsk, 2004). Dei vanlegaste foredlingsveigne for biomasse til energiberarar er for øvrig vist i figur 18, men vert ikkje gått nærmare inn på denne oppgåva.



Figur 18 Foredlingsvegar for biomasse til energiberarar. (Fornybar.no, 2012)

2.9.4.3 Vasskraft

Ressursgrunnlaget for vasskraft er vatn i regulerte vassdrag, der vatnet sin kinetiske energi vert utnytta. Når vatn strøymer nedover mot havnivå, kan ein la det renne gjennom vassturbinarar (via et inntaksmagasin og ned til ein kraftstasjon), for så å utnytte rørslesmengda vatnet har fått over fallhøgda. Det er for øvrig vasskraft som dominerer den norske elektrisitetsproduksjonen, med ein andel på opp mot 99 %. (Fornybar.no, 2012)

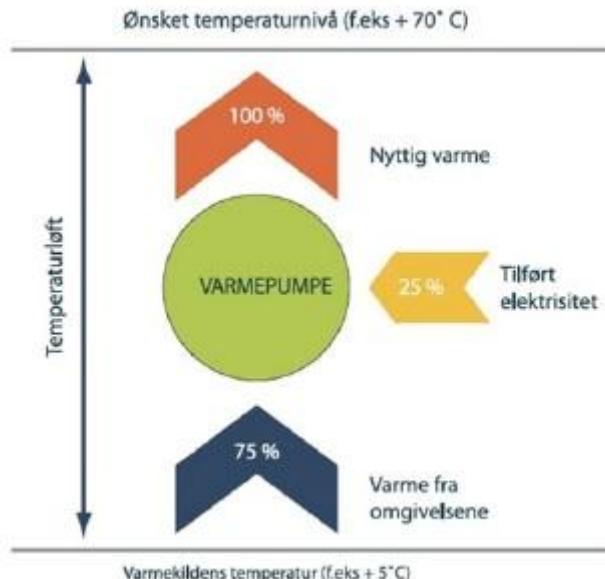
2.9.4.4 Vindenergi

Vind er også mogeleg å utnytte som energikjelde. Ved produksjon av vindkraft nyttast ein vindturbin bestående av tårn, turbinblad, maskinhus med generator, gir og kontrollsysteem. Turbinblada vil verte satt i rørsle av vinden, og turbinen vil overføre energi frå turbinen via drivakselen til ein generator inne i maskinhuset. Den kinetiske energien vil verte omdanna til elektrisk energi av generatoren, og vert overført via transformatoren ut på eit el-nett. (Fornybar.no, 2012)

2.9.4.5 Varmepumpe

Varmepumpa er også å betrakte som ei fornybar energikjelde. Varmepumpa hentar varme frå omgivnadane, frå luft, vatn eller jord, og gjer denne varmen tilgjengeleg til blant anna *romoppvarming*. Varmepumpa flyttar termisk energi frå ei kjelde med låg temperatur til ei kjelde med høg temperatur. Då denne prosessen går motsett veg av den naturlege er ein avhengig av "høg-

kvalitetsenergi”, til dømes elektrisitet, som vert tilført i prosessen. Likevel er denne tilførsla betydeleg mindre enn mengda av termisk energi som vert flytta. Det er samanhengen mellom trykk og temperatur for gassar og væsker som gjer prinsippet mogeleg, utan at dette vert gått nærmere inn på. (Fornybar.no, 2012)

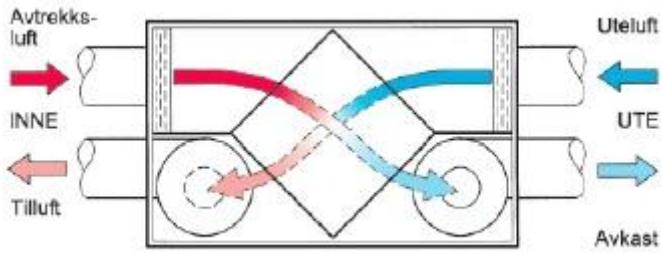


Figur 19 Prinsippskisse, varmepumpe. (Fornybar.no, 2012)

Dersom varmepumpa opererer på låg temperatur, brukar den mindre elektrisk energi enn den gir frå seg (SINTEF Byggforsk, 2004). Kva for ei type varmepumpe som bør nyttast er avhengig av fleire forhold. Ein bør imidlertid alltid nytta seg av den varmekjelda som har høgst temperatur og som er mest stabil. Det vert skild mellom luft/luft-, luft/vatn- og vatn/vatn-varmepumper. Forhold som tilgjenge, økonomi og kor bygningen er plassert må takast med i betraktinga av varmepumpeløysing. For øvrig er luft/luft-varmepumpa den mest vanlege i Noreg.

2.9.4.6 Varmegjenvinnar

Ein varmegjenvinnar er ein innretning i eit ventilasjonsanlegg som overfører varmeenergi frå avtrekksluft med høg temperatur til tilført luft med lågare temperatur (Fornybar.no, 2012). Ein varmegjenvinnar er eigna uansett kva for ein type oppvarming som finst i bygningen. For å kunne nytte ein varmegjenvinnar må det likevel vere installert eit ventilasjonsanlegg med balansert ventilasjon i bygningen.

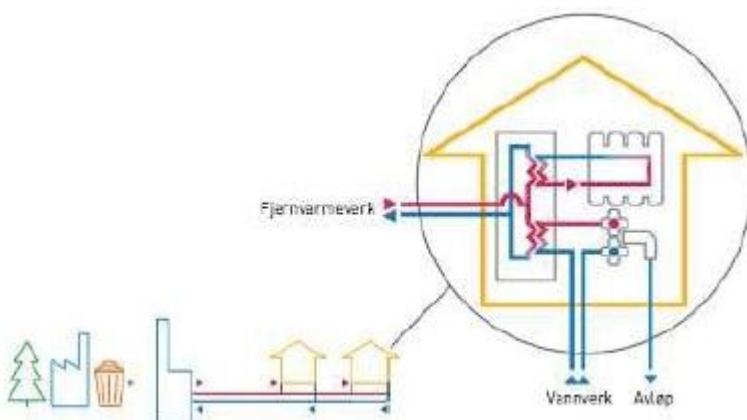


Figur 20 Prinsippskisse, varmegjenvinnar. (SINTEF Byggforsk, 2002)

Det finst ulike typar varmegjenvinnarar, nemleg regenerative (sykliske) og rekuperative (statiske). Når varmeakkumulerande flater kjem i kontakt med avtrekks- og tilluft og det vert overført varme, vert det kalla ein regenerativ varmegjenvinnar. Både roterande varmegjenvinnar og kammervarmehjelpe er av denne typen. Kva type varmegjenvinnar som bør nyttast er avhengig av bygningstype, då lønsemda for varmegjenvinnarar aukar med aukande ventilasjonsluftmengde og driftstid. (SINTEF Byggforsk, 2002)

2.9.4.7 Fjernvarme

Fjernvarme kan forsyne tettstader, delar av byar eller ein heil by frå ein eller fleire varmesentralar. Figur 21 viser varme i form av varmt vatn som vert distribuert til bygget gjennom isolerte røyr, som ligg i grøfter saman med anna infrastruktur. Varmevekslarar i bygga utnyttar det varme vatnet til å varme opp radiatorar, tappevatn og golv. Eit fjernvarmeanlegg nyttar seg av ulike typer energikjelder, som avfallsforbrenning, varmepumpe, bioenergi, spillvarme og gass. Altså nyttast energikjelder som ellers ville gått tapt, og som heller ikkje ville vorte utnytta. Fjernvarme belastar miljøet minimalt, ved at det minimerer straum- og oljeforbruk. I tillegg til at energikjeldene vert utnytta og belastar miljøet minimalt er òg fjernvarme i bygg komfortabelt, då det gjev ein god varmekomfort og ein slepp støy. (Fjernvarme.no, 2012)



Figur 21 Prinsippskisse, fjernvarmeanlegg. (Fjernvarme.no, 2012)

2 Metode

Problemstillinga for denne masteroppgåva er, som omtalt i kapittel 1.2 Formål, knytta til å svare på korleis ein eventuell energieffektivisering av casebygget kan gjennomførast på ein måte som tener dei miljømessige, politiske og økonomiske rammer som er gitt. Arbeidet med å svare på problemstillinga er basert på val av *metode*. Ein metode kan definerast som ein framgangsmåte, altså som eit middel til å løyse problem for å kome fram til ny kunnskap (Hellevik, 1991).

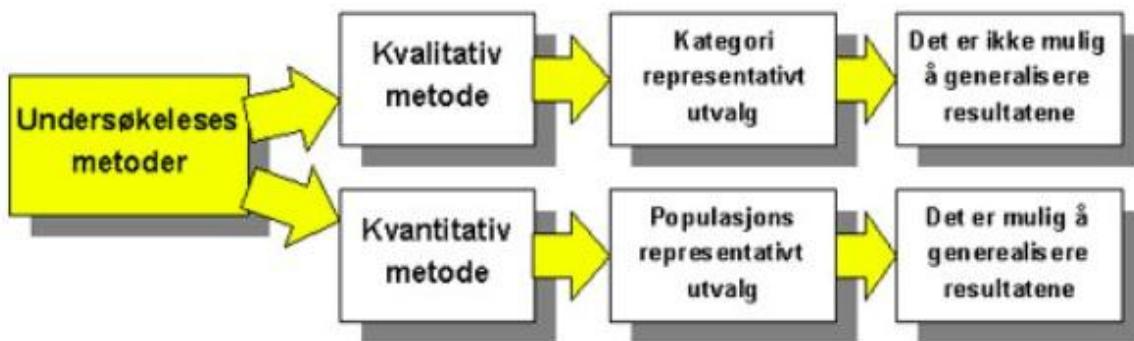
2.1 Tilnærming til metode

Vidare følgjer ei kort innføring i ulike forskningsmetodar, saman med ei utgreiing av tilnærming til metode i denne masteroppgåva.

3.1.1 Kvantitative og kvalitative metodar

Kvantitativ og kvalitative metodar kan kombinerast, men det vanlegaste er å halde dei frå kvarandre. Kvantitative metodar tar utgangspunkt i tal og det som er målbart, medan kvalitative metodar er basert på muntleg eller tekstleg informasjon. Den store skilnaden er at kvantitative metodar har høg grad av mogelegheit for etterprøving, og er dermed presis, medan kvalitative metodar legg meir vekt på varierte opplysningar og deira relevans til forskningen (Olsson N. , 2009).

Som ein kan sjå i figuren under er kvalitative metodar basert på eit kategorirepresentativt utval kor det ikkje ermogeleg å generalisere resultatata. Kvantitative resultat er derimot basert på eit populasjonsrepresentativt utval kor det er mogeleg å generalisere resultatata.



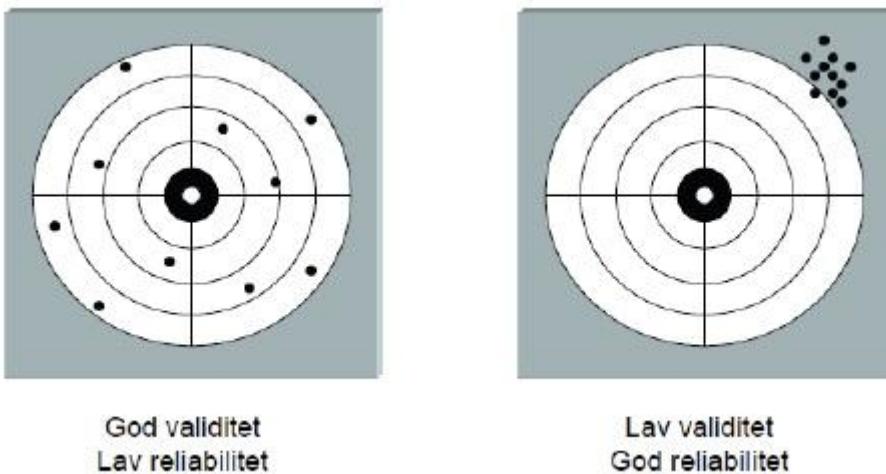
Figur 22 Forskjellen på kvantitative og kvalitative metodar (Kunnskapssenteret 2004)

3.1.2 Reliabilitet og validitet

Reliabilitet er knytta til mogelegheten for etterprøving, og vert kalla sterkt dersom ein kan reproduksjonsevnen målinga med same resultat. For å oppnå god reliabilitet må måleparameterane og målemetodane vere einstydige, slik at det kjem tydelig fram kva og kvifor noko skal målast.

Validiteten angjev i kva grad dei innsamla data samsvarar med det ein ynskjer å forske på. Om

validiteten er god betyr det at datamaterialet er eigna til å belyse dei problemstillingane studien skal belyse (Olsson N. , 2009).



Figur 23 Validitet og reliabilitet – “Fokus versus presisjon”. (Samset, Forelesning om forskningsmetoder, TBA4715, 2008)

3.1.3 Teori og empiri

Teori nyttast for å uttrykke idéar som skildrar delar av røynda i form av påstandar som vert antekre å vere allmengydige. *Empiri* inneber at ein utforskar dei faktiske opplysningane om røynda, og røynda vert difor uttrykt ved hjelp av data eller anna skildring. (Samset, Forelesning om forskningsmetoder, TBA4715, 2008)

3.1.4 Deduktiv og induktiv forskning

Innan forskningsmetode vert det skild mellom *deduktiv* og *induktiv* tilnærming. Deduktiv tilnærming tek utgangspunkt i ei problemstilling som er teoretisk forankra, og nyttast mest i dei samanhengar der målet er å underbygge teoriar eller etablere teoribasert kunnskap. Induktiv tilnærming nyttast som utgangspunkt når ein arbeiar innanfor eit lite utforska, eller heilt nytt felt. Problemstillinga ein jobbar med er i så tilfelle ikkje basert på presise oppfattingar som er underbygd av ein teori. Ved induktiv forsking nyttast som regel kvalitativ informasjon. (Samset, Forelesning om forskningsmetoder, TBA4715, 2008)

3.1.5 Val av metode og tilnærming

Metodane som er nytta for å svare på problemstillinga omfattar hovudsakeleg dei kvalitative og informasjonsinnhentingsmetodane *litteraturstudium* og *casestudium*. Arbeidet med masteroppgåva har hatt ei induktiv tilnærming, då problemstillinga er lite utforska frå før. Som det kjem fram av metodevalet, er altså ein kombinasjona av teori (frå litteraturstudiet) og empiri (frå casestudiet) nytta. Det er konkludert med at denne kombinasjonen bør gje eit godt utgangspunkt for å svare

problemstillinga. Metodane er for øvrig ytterlegare omtala i kapittel 3.2 Litteraturstudium og 3.3 Casestudium.

3.2 Litteraturstudium

For å vere i stand til å svare på problemstillinga, er det globale klima og den politiske tilstanden studert. Eit litteraturstudium er altså gjennomført.

Framgangsmåte

For å kartlegge tilstand og situasjon i det globale klima og i det politiske miljø er det blant anna studert forskingsrapportar og utgivnader som ser på utviklinga i det globale klima. Samstundes har både dei internasjonale avtalar knytta til klima, og dei nasjonale politiske konsekvensane av dette vorte sett nærmere på. Med bakgrunn i at store delar av bygningsmassen vi har i dag skal nyttast i lang tid framover, er det òg sett på kva energieffektive løysingar som kan anvendast på eksisterande bygg, med relevant lovgjeving knytta til nettopp dette.

Kvalitet og pålite i litteraturstudiet

For at litteraturstudiet skal vere relevant, har det vore viktig å finne *pålitelege kjelder*. Litteraturen som er nytta består i ei rekke skriftlege kjelder, hovudsakeleg publikasjonar frå IPCC, Enova, offentlege utgreiingar og dokument, samt anna litteratur skrive av personar med tilhørsle til blant anna NTNU og SINTEF Byggforsk. I tillegg er muntlege samtalar med Magne Westwik, eiendomsforvaltar ved Sogn og Fjordane fylkeskommune i Leikanger, gjennomført. I all hovudsak er det konkludert med at faglitteraturen som er nytta kan seiast å ha høg pålite, då den er utarbeida av kompetente og anerkjente fag- og bransjefolk. Det bør likevel nevnast at fleire uavhengige kjelder ikkje er einige med dei konklusjonar som blir trukke vedrørande utvikling av ei eventuell klimakrise. I denne oppgåva er det i slike samanhengar valt å støtte seg til konklusjonane frå IPCC.

Litteraturen som er innhenta stammar både frå internasjonale og nasjonale fagmiljø. Dette fordi klimautviklinga er påvirka av menneske på internasjonal basis, medan dei praktiske løysingane gjerne vert konkretisert på nasjonalt nivå.

Kapittel 2 i denne masteroppgåva inneheld for øvrig den relevante teorien for å svare på problemstillinga, og utgjer dermed ei samanstilling av litteraturstudiet. Ein samanstilling av benytta kjelder finst i masteroppgåva si referanseliste i kapittel 8. Ei oppsummering av masteroppgåva sine vedlegg finst i kapittel 9 Vedlegg.

3.3 Casestudium

Vidare har eg, for å svare på masteroppgåva si problemstilling, spesielt konsentrert meg om éin konkret bygning. Eit *casestudium* er altså gjennomført. Eit casestudium er av Olsson & Sörensen (2009) definert som eit inngående studium av eit kasus. Studiet/metoden nyttast gjerne for å få innsikt og oppnå forståing i ein kompleks problemstilling, der eit stort antall variablar spelar inn. Kjenneteiknet ved eit casestudie er altså at antal subjekt er lite, medan antal variablar er stort. Gjerne er det òg slik at alle tre tidsdimensjonar, fortid, notid og framtid, vert dekka. (Samset, 2008)

Framgangsmåte

I denne masteroppgåva er det valt å fokusere på *ein caseeigedom*. Val av caseeigedom er basert på ynske om å finne eit større offentleg eigmang som skal nyttast over ein lang tidshorisont framover, og der det er eit allminneleg behov for energieffektivisering for å strekke etter dei politiske mål som er gitt. For caseeigedommen er det, basert på teknisk tilstandsanalyse, energisimulering, historisk energibruk og potensialutredning, laga to ulike konsept for berekraftig energieffektivisering. I konsepta er teoretiske prinsipp forsøkt knytta opp mot praktiske løysingar. Konsepta er vidare samanlikna og diskutert. I kapittel 3.3.1-3.3.7 er det skildra korleis casestudiet er lagt opp.

Kvalitet og pålite i casestudiet

Erfaringane frå casestudiet i denne masteroppgåva er delvis basert på personlege oppfatningar og diskusjonar med Magne Westvik, og kan difor ikkje ansjåast som direkte representative for alle bygningar. Forsлага til konsept for berekraftig energieffektivisering gjeld særskild for casebygget. Teorien og prinsippa som konsepta byggjer på er likevel av generell karakter. Nettopp difor bør resultata kunne vere nyttige òg utover det einskilde casetilfelle, då det kan bidra til auka forståing for bruk av teorien.

3.3.1 Dokumentanalyse

Casestudiet er innleiingsvis basert på *dokumentanalysar*. For å synleggjera eit heilskapsbilete av situasjonen og tilstanden til casebygget, har det vore naudsynt å bruke tid på å studere ulik dokumentasjon knytta til bygget. Gjennomføring av ein dokumentanalyse inneber å analysere dei ulike dokumenta ein har til disposisjon (Blakstad S. H., 2009). I dette tilfellet har dokumenta blant anna omfatta teikningsunderlag, bilete, informasjon om eigedommens historikk, tidlegare tekniske tilstandsvurderinger og historiske data for energibruk for bygningen. Eigedomsdokumentasjonen er gjort tilgjengeleg hjå byggets eigar, Sogn og Fjordane fylkeskommune.

3.3.2 Walk-through

I samband med gjennomføring av den tekniske tilstandsanalyesen (for øvrig ytterlegare omtala i kapittel 3.3.3 Teknisk tilstandsanalyse) og kartlegging av energibruken vart det utført ein såkalla

walk-through på casebygget. Ein walk-through er ein vanleg metode for *evaluering av bygningar i bruk*. Metoden er kvalitativ, men likevel systematisk, og gjev ei god tilnærming til ulike bygningsaspekt ved å nytte ein person med tilknyting til bygget som informant. Metoden består gjerne av fleire teknikkar, og Blakstad (2008) peiker difor på at den berre kan kallast èin metode.

Areala som hovudsakeleg vart inspisert i denne samanheng, var skulebygget med tilhøyrande klassserom, samt administrasjonstilbygget. På walk-throughen hadde eg med meg Eivind Ruud, driftsteknikar og tidlegare driftsleiar på bygget. Vidare er det skildra korleis dei energibruksrelaterte komponentane vart vurdert i denne sammenheng.

Energibruksrelaterte komponentar

Vurderinga av energibruk i casebygget baserer seg på teorien presentert i kapittel 2.3 Energibruk i dagens bygningsmasse. Det er gjort ein kort vurdering av følgande for caseigedommen:

1. Arealmengd/-utforming
2. Energibehov
3. Energikjelde
4. Klimaskjold
5. Varmegjenvinning
6. Utnytting av energi

3.3.3 Teknisk tilstandsanalyse

Den tekniske tilstandsanalysen for casebygget er gjennomført med utgangspunkt i prinsippa skildra i NS 3424 "Tilstandsanalyse av byggverk". Analysen er basert på registreringsnivå 1 "Tilstandsregistrering av generell art som består av visuelle observasjonar, om naudsynt kombinert med enkle målingar". Det vert påpeika at kostnadene ikkje er estimert i tilstandsregistreringa, då det ikkje er behov for dette i dei vidare arbeida. Registreringsskjemaet som er nytta er bygd opp med utgangspunkt i NS 3451 Bygningsdelstabell (1999), og for kvar detalj er det angjeve ein tilstandsgrad etter NS 3424. Det er for visse manglar gjort henvising til vedlegg for fotodokumentasjon. Sjølv registreringsskjema og fotodokumentasjon, saman med den endelege tilstandsrapporten, er lagt i vedlegg 2 og 3.

3.3.4 Energisimulering i SIMIEN

Energisimuleringsprogrammet SIMIEN er nytta for å gjere dynamiske energisimuleringar av casebygget. SIMIEN er eit simuleringsprogram for berekning av energibehov, effektbehov og inneklima i bygningar. Simuleringar kan gjerast for einskilde rom, ei definert sone eller heile bygningar, der tilstanden vert berekna med intervallar på 15 minutt, og vert påvirka av klimaet

utanfor bygningen, eigenskapane til bygningskroppen og interne lastar. Simuleringane bygger på den dynamiske berekningsmetoden i NS 3031. Bruksområdet er blant anna evaluering mot byggeforskrifter, energimerking, berekning av energibehov og dimensjonering av oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling. (Programbyggerne, 2012)

Det er forsøkt å legge inn så nøyaktig informasjon i programmet som mogeleg. På enkelte stader har det likevel vorte naudsynt å gjere antakelsar eller overslag. Blant anna gjeld dette for nokre u-verdiar og materialeigenskapar for eksisterande bygningsdelar, SFP-faktor og lekkasjetal. Areala som er lagt inn er funne i byggetekningar. Det er likevel ikkje føreteke målingar for å kontrollere at teikningane stemmer. Mindre avvik må difor pårekna. Det må òg pårekna unøyaktige inndata som følgje av horisontfunksjonen, då horisontane ikkje er registrert presist. Det har dessutan vorte registrert reellt energiforbruk for bygningen, som kan sammenliknast med det simulerte forbruket.

Vidare er simuleringar i SIMIEN utført for å illustrere endringar frå dagens situasjon i energibruk og energi- og oppvarmingskarakter, som følgje av føreslegne energieffektiviseringstiltak og tiltak for endra energiform i dei ulike konsepta.

Ved simulering av energibruk og-behov i SIMIEN er høvevis programfunksjonane "Energimerk" og "Årssimulering" nytta. Programfunksjonen "Energimerk" er nytta for å synleggjera endring av energiform, oppvarmingsmerke og energikarakter med bakgrunn i berekna *energibruk*. Programfunksjonen "Årssimulering" er nytta for å synleggjera *energibehov*. Det vert påpeika at *berekna energibruk* ved bruk av programfunksjonen "Energimerk" vil vere noko lågare enn ved bruk av funksjonen "Årssimulering". Dette fordi det ved energimerking automatisk vert nytta normerte verdiar frå NS 3031.

3.3.5 Kostnadsoverslag

For tiltak som bedrar energieffektivitet og energiform er det utført berekningar av noverdi og innteningstid. Dette fordi lønsemda ved tiltaksgjennomføring vil avhenge av investeringskostnad og mogeleg inntening. Det er gjort eit grovt overslag av kostnaden ved å gjennomføre dei føreslegne tiltaka for dei ulike konsepta. Når det gjeld *prisar* som er nytta i berekningane, er det i denne samanheng teke utgangspunkt i erfaringstal frå Multiconsult og Sogn og Fjordane fylkeskommune, samt tal frå Holteprosjekt. For installasjon av varmepumpe er det utført konsultasjon med leverandøren Danfoss AS.

Når det gjeld berekningar gjort av noverdiane og innteningstidene på tiltaka knytta til energi, er det nytta ei kalkulasjonsrente på 6 % (Gjerstad F. H., 1996). Det er nytta to ulike energiprisar, 50 og 100 øre/kWh, då lønsemda vil variere avhengig av kva energipris som vert lagt til grunn ved

berekningane. Lønsemda avheng òg av kalkulasjonsrenta, då ei lågare rente vil gjere tiltaka meir lønsame, medan ei høgare rente vil gjere tiltaka mindre lønsame. Det vert påpeika at det ikkje er rekna med kostnadars som akkumulerast i levetida for å vedlikehalde/oppretthalde standard i noverdi – og innteningsberekingane. For formlar som er nytta ved berekning av noverdi og innteningstid, vert det synt til kapittel 2.8.5 Noverdi og innteningstid for gjennomføring av tiltak.

3.3.6 Muntlege samtalar og personlege meddelesar

Det er kome fram til å ikkje gjennomføre planlagde og strukturerte intervju i tilknyting til denne masteroppgåva. Gjennomføring av muntlege samtalar og personlege meddelingar har vorte vurdert som meir føremålstenleg. Årsaka til dette er at spørsmåla som har dukka opp undervegs ikkje har vore særskild forutsigbare.

Då denne masteroppgåva er skriven i samarbeid med Sogn og Fjordane fylkeskommune, er delar av ho utarbeida på deira hovudkontor i Leikanger. Deira bidrag med hjelp til informasjonsinnhenting, både knytta til casebygget og teori generelt, har difor vore stort i periodar. Det har difor vorte vurdert som mest føremålstenleg å ikkje lage intervjuguider, men å heller stilla enkeltpørsmål fortløpande etter kvart som dei har dukka opp. Dette fordi samtalane, og dialogane med, Sogn og Fjordane fylkeskommune har kunna utspele seg over ein lengre periode.

3.3.7 Samanliknande studiar

Etter fullført utvikling av konsepta for energieffektivisering av caseeigedommen, som vart presentert i kapittel 4, er konsepta systematisk sammenlikna i kapittel 5. Basert på denne samanlikninga er det kome fram til ei anbefaling for eigedommen.

4 Resultat

Resultatdelen i denne masteroppgåva inneheld ei presentasjon av to utvikla konsept for berekraftig energieffektivisering av eit skulebygg. Fokuset for konsepta har vore på *energieffektivisering* og *endra energiform*. I tillegg, med bakgrunn i at lønsemda ved tiltaksgjennomføring vil avhenge av investeringskostnad og mogeleg inntening, er òg noverdiberekningar og innteningstid for tiltaka knytta til energi presentert i konseptas respektive kapittel.

4.1 Presentasjon av case

Val av case er basert på ynskje om å finne eit representativt døme på ein bygning med noko vedlikehaldsetterslep, som er karakteristisk for store delar av den norske bygningsmassen. Valet fall på Sogndal vidaregåande skule avd. allmenfag, Lunnamyri 2, 6856 Sogndal. Skulen er ein del av Fosshaugane Campus som er eit område med samlokalisert idrett, forskning og utdanningsinstitusjonar. Skulen vart bygd i 1965 (3379 m^2 BTA), og vart påbygd med eit administrativt tilbygg i 1991 (561 m^2 BTA). Eigedommen er eigd og vert drifta av Sogn og Fjordane fylkeskommune.



Figur 24 Sogndal vidaregåande skule, avd. allmenfag. (Sogn og Fjordane Fylkeskommune, 2012)

Ettersom det ligg føre planar for vidare utbygging av Fosshaugane Campus med rom for bygging av nye lokale som kan husa allmenfag, har vedlikehaldet ved bygget vorte halde på eit minimum sidan planane vart kjend i 1999. Vatnet har vorte halde ute og mindre vedlikehaldsarbeid har funne stad (Ruud, 2012), men det er eit tydeleg vedlikehaldsetterslep. Oppgradering av skulen er satt på vent til planane er endeleg kartlagt. Dersom allmenfag vert flytta til eit nybygg på Fosshaugane Campus vil skulen etter alt å dømme verte sold til Høgskulen i Sogn og Fjordane, og dermed framleis innehå samme funksjon. Årsaka til at ein avventar oppgradering av skulen er at Sogn og Fjordane fylkeskommune ikkje er interessert i å ta kostnadane ei oppgradering medfører dersom dei likevel skal avhende skulen (Westwik, 2012).

Skulen er oppført i to etasjar i mur på utskifta masse, kult berelag. Etasjeskiljarar i påstøypt sement. Skulen vert varma opp med radiatorar via eit sentralstyrt SD-system som vel energikjelde frå fyrrommet. Hovudsakeleg vert elektrisitet nytta til oppvarming av bygget, men oljekjelane vert kopla inn ved særleg kaldt vær. For øvrig er plan- og fasadetekningar å finne i vedlegg 4.

4.1.1 Teknisk tilstand

Ei teknisk tilstandsanalyse basert på NS 3424 "Tilstandsanalyse av byggverk" er gjennomført på nivå 1 for både hovudbygningen og tilbygget. Hovudfokuset for tilstandsanalsysen har vore på dei delane som ville vere mest aktuelle i auge med energieffektivisering av bygningen. Tilstandsgraden til bygga som ein heilhet er vurdert til å vere TG 2. Ei oppsummering av den tekniske tilstandsanalsysen følgjer vidare.

4.1.1.1 Beresystem

Det er registrert setningar i golvet ved heis (skadar på golvfliser). Dette skuldast truleg belastningar grunna utskjering av heissjakt i ettertid. Det er vidare registrert ein del sprekker i berande betongkonstruksjonar i kjellaren. Desse er likevel ikkje av eit slikt omfang at det er nokon fare for samanbrot, og det er difor ikkje tilrådd å gjera noko særskilt med dette no. Byggherren bør likevel fylgia med på om dette utviklar seg vidare.

4.1.1.2 Vindauger

Trevindaugene i skulen er ikkje skifta sia montering i 1965. Vindaugene på tilbygget er frå tilbygget vart bygd i 1991. Tilstanden er rimeleg bra, sett i høve til alderen. Det er noko därlege pakningar (spesielt for vindauge oppunder taka i klasseromma inn mot det flate taket) samt noko därleg treverk utvendig (uttørka og oppsprukke). Dette gjeld spesielt vindauene mot nord-vest. Fastvindauger er innlista. Isolasjonsverdien på vindaugene er likevel därlegare enn dagens standard, og bør difor vurderast utskifta.

4.1.1.3 Fasadar

Utvendige teglsteinsvangar er rimeleg bra, men det er registrert nokre lause steinar i skråtopp på teglsteinsvangen i gavlveggane mot sør-vest. Vidare har eit par utvendige kledningsplater inn mot flatt tak på tilbygg løysna og sprukke. Desse platene må skiftast ut. Utvendig pussa betong på sør-vest fasaden og på tilbygg mot nord-aust har malingsavflassing. Det er òg registrert noko saltutslag på teglvegger, spesielt om våren. Dette vert normalt vaska bort iløpet av 1-2 månader, og treng ikkje å gjerast noko med. Utvendig kledning og dekkbord rundt vindauger er til dels kraftig utturka og oppsprukke, spesielt på sør-vestfasaden. Alt utvendig treverk bør difor overflatebehandlast med to strøk beis, og eventuelt treverk som er skadd bør skiftast. Det vert anteke at ytterveggane held ein U-verdi på $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4.1.1.4 Taktekking

Taktekkinga på det flate papptaket har ein del lekkasjar som har vorte tetta fortløpende. Papptaket er forøvrig dekka med singel. Resterande skråtak vart lagt nytt i ca. 1993 og består av planja takpanner. Tilstanden på dette taket er OK. U-verdien på taket vert forøvrig anteken å vere noko høg, $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4.1.1.5 Varmeanlegg og energiforsyning

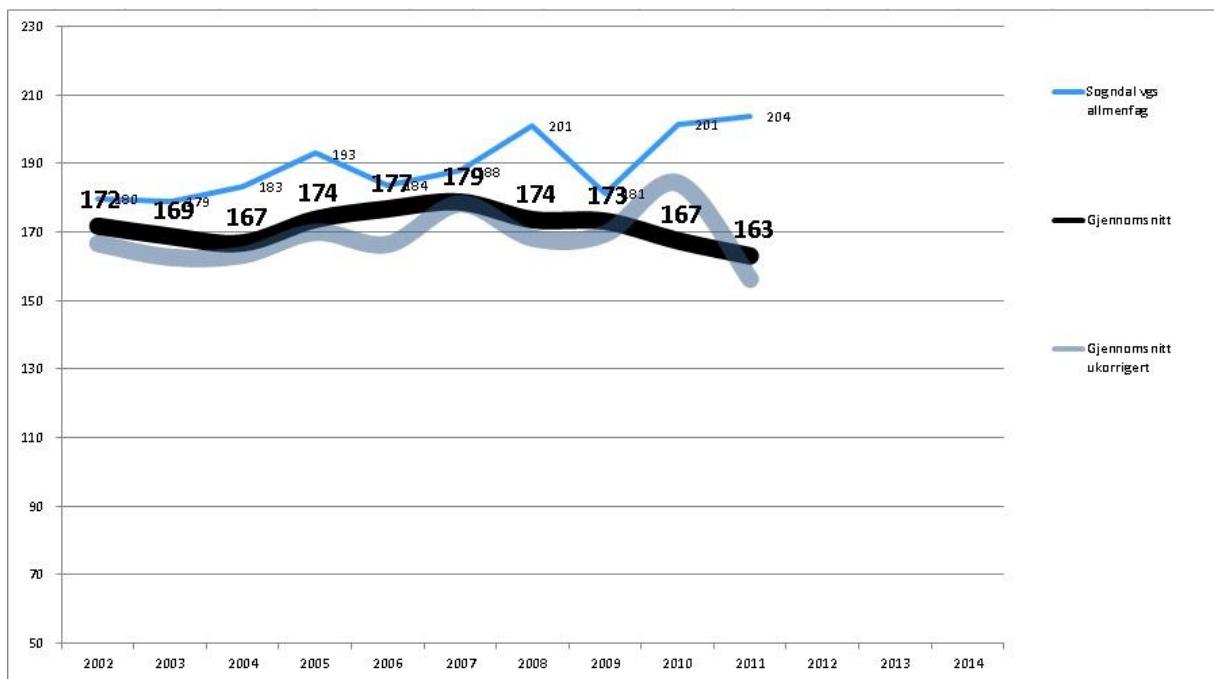
Varmeanlegget er tilknytta eit sentralt driftssystem, som driftsansvarleg på bygget styrer. Oppvarming skjer med radiatorar, som hovudsakeleg nyttar elektrisitet. To oljebrennarar frå 1964/1974 blir nytta ved behov. Eksisterande oljekjelar/brennarar treng utskifting. Radiatorsystemet fungerer godt. Bygningen står på jamn varme utan nattsenking ettersom betongbygningen er såpass langsom i oppvarming/kjøling, og dette har vist seg å vere det mest økonomiske når ein medreknar avgifter for maks uttak frå straumnettet. Overgang til meir energi- og miljøvenleg anlegg bør vurderast.

4.1.1.6 Luftbehandling

Tilluftsanlegget har ein kapasitet på ca. $25.000 \text{ m}^3/\text{t}$ og er plassert i fyrromet. Tidlegare kombinert ventilasjons-/varmeanl. og varm/kald streng med blandeboksar foran tilluft til rom (bygget fekk radiatoranlegg i 1991). Anlegget har berre hatt naudsynt vedlikehald sidan 1965. Det er lite spjeld og lydfeller ute i anlegget. Det er heller ingen varmegjenvinning på anlegget, og branncelleoppdelinga er mangelfull. Det bør vurderast nytt ventilasjonsanlegg for heile bygget, med noko høgare kapasitet og roterande varmegjenvinnar og automatikk. Anlegget kan plasserast i eit nytt teknisk rom på tak over korridor, og kanalføringar i oppbygg over korridor og direkte til rom i 1. etasje, samt ned i sjakt til underetasjen. Eksisterande korridorhimling kan slik behaldast tilnærma urøyrt.

4.1.2 Faktisk energibruk og energibehov

Det er ført statistikk på energibruket på Sogndal vidaregående skule sidan 2002. Statistikken er utarbeida av Sogn og fjordane fylkeskommune. Fylkeskommunen eig og driftar dei offentlege vidaregåande skulene i Sogn og Fjordane, og forvaltar med det 116 654 kvm vidaregående skular.



Figur 25 Energibruk per kvm BRA. Sogndal vidaregåande skule avd. allmenfag korrigert for graddagstal.
Grafen viser og gjennomsnitt for vidaregående skular i fylket, korrigert og ukorrigert for graddagstal.

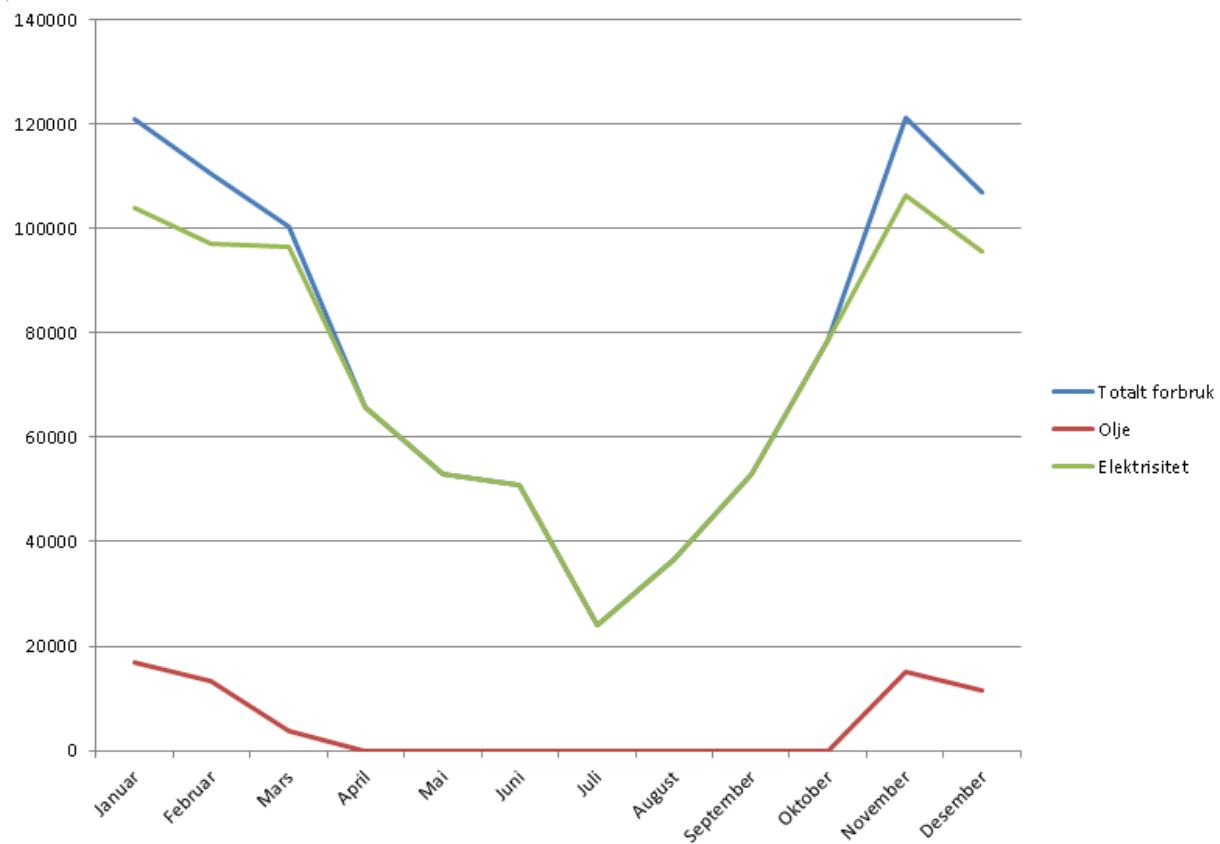
Som ein kan sjå av figur 21 har energiforbruket for skulen auka dei ti siste åra, og dagens energiforbruk ligg kring 204 kWh/kvm BRA. Data for månadleg forbruk og fordeling mellom elektrisitet og oljeforbruk sidan 2007 finst i vedlegg 6. Ei oppsummering på årleg basis ujustert for graddagstall kan sjåast i tabell 20. Merk at forbruket av olje er varierande frå år til år. Dette er eit resultat av variansen i kor kaldt det blir vinterstid. Årsaka til at ein nyttar oljekjelane i dei kaldaste periodane er at dette er føremålstenleg med hensyn på ei avgift fylkeskommunen betalar til e-verket basert på maksimalt uttak av elektrisitet frå el-nettet i dei fire månadane per år med høgast uttak (Ruud, 2012).

	Olje	Elektrisitet	Totalt	Elektrisitet %
2011	37 910	862 780	900 690	96 %
2010	106 960	909 040	1 016 000	89 %
2009	134 310	796 600	930 910	86 %
2008	39 960	857 200	897 160	96 %
2007	47 140	813 760	860 900	95 %
Gjennomsnitt	73 256	847 876	921 132	92 %

Tabell 20 Energiforbruk(kWh) per energikjelde for Sogndal vidaregåande skule sidan 2007.

I kraft av å vere eit skulebygg har Sogndal vidaregåande skule ein ujamn energiforbruksprofil etter årstid, ettersom skuleferien strekk seg frå midten av juni til midten av august. I denne perioden er det med andre ord eit særslig lågt energiforbruk. Tilsvarande er òg desember underrepresentert når

det gjeld energiforbruk grunna skuleferie. Under følgjer gjennomsnittsforbruk av energi(kWh) per månad for perioden 2007-2011.



Figur 26 Forbruksprofil i kWh/mnd fordelt på energikjelde. Gjennomsnitt for perioden 2007-2011.

4.1.3 Simulert energibruk og energibehov

For å kunne beregne framtidig energibehov etter energieffektivisering for Sogndal vidaregåande skule avd. allmennfag er det valt å nytte energisimuleringsprogrammet SIMIEN. Ved hjelp av SIMIEN er det laga ein *energiattest* for bygget. Ein energiattest inneheld eit energimerke, med éin energikarakter og éin oppvarmingskarakter. Energikarakteren syner resultatet av levert energi til bygningen. Oppvarmingskarakteren rangerer bygget etter kva type oppvarmingssystem som er installert, og baserer seg på om det er nytta fossile eller fornybare energikilder. (NVE, 2012)

Energiattest for bygningen ligg vedlagt i vedlegg 5. Ved simuleringane er det nytta verdiar/inndata basert på plan- og fasadeteikningar, erfaringstal, NS 3031 og ulike byggforskrift. For å simulere dagens energibehov i SIMIEN, er det nytta ein del estimerte verdiar, og estimatet avvik difor ein del frå reell energibruk. Det påpeikast at det i denne oppgåva der det er skilnadar på estimert og reellt energibehov er nytta estimert energibehov.

INNDATA FOR DAGENS ENERGIBRUK		KILDER
FASADER/YTTERVEGG	U-verdi = 0,5 W/m ² K	Byggforskblad 723.308
VINDUER/DØRER	U-verdi= 2,8 W/m ² K	Erfaringstall fra Multiconsult
TAK	U-verdi= 0,40 W/m ² K	Erfaringstall fra Multiconsult
GULV	U-verdi= 0,40 W/m ² K	Byggforskblad 471.011
INFILTRASJONSTAP	1,5 /h	Erfaringstall fra Multiconsult
ENERGIFORSYNING	92% elektrisitet	Erfaringstall fra fylkeskommunen
SFP-FAKTOR	2 kW/m ³ /s	Erfaringstall fra Multiconsult

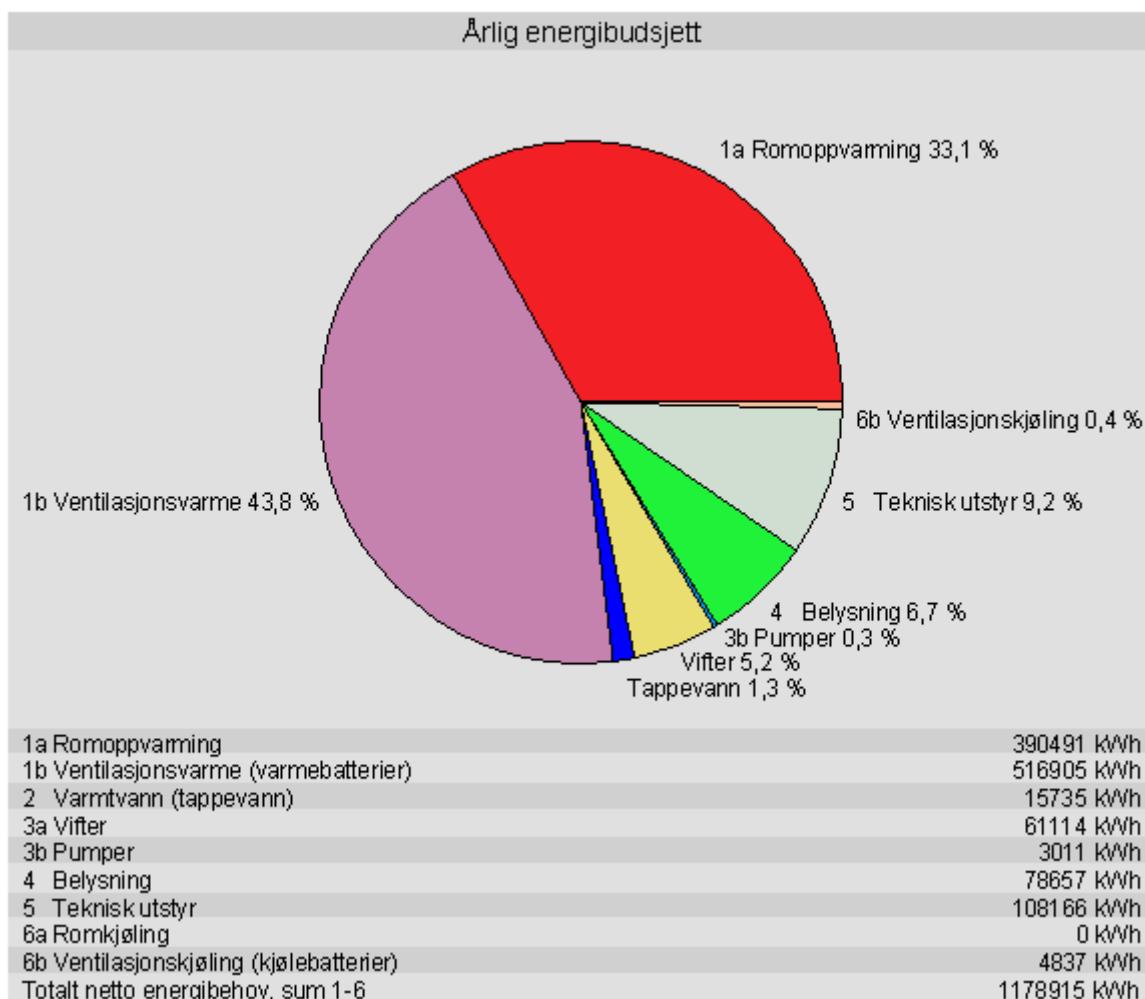
Tabell 21 Inndata for dagens energibruk til bruk ved energisimulering i SIMIEN.

Simulering av energibruken for skulen syner at skulen har eit energibehov på $345 \text{ kWh}/\text{m}^2$, og at oppvarmings/energikarakteren er ein *raud F*. Den simulerte energibruken er altså veldig høg sammenlikna med krava for nybygg i TEK 10, som ligg på $120 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Det faktum at berre elektrisitet og oljefyring nyttast til oppvarming gjev ein dårleg oppvarmings- og energikarakter.

I Tabell 22 følgjer vidare ei oversikt over *årleg energibehov* og *årleg spesifikt energibehov* på skulen. Vidare følgjer ei oversikt over det *årlege energibudsjetten* til skulen.

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	390491 kWh	107,6 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	516905 kWh	142,4 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	15735 kWh	4,3 kWh/m ²
3a Vifter	61114 kWh	16,8 kWh/m ²
3b Pumper	3011 kWh	0,8 kWh/m ²
4 Belysning	78657 kWh	21,7 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	108166 kWh	29,8 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	4837 kWh	1,3 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	1178915 kWh	324,8 kWh/m ²

Tabell 22 Årleg energibudsjett, med spesifikt energibehov (henta ut frå årssimulering i vedlegg 5)



Figur 27 Årleg energibudsjett, totalt netto energibehov (henta ut fra årssimulering, vedlegg 5).

Tabell 23 syner for øvrig *levert energi* til skulen, og gjev eit tal som er noko høgare enn energibehovet, grunna systemtap.

Levert energi til bygningen (beregnet)	
1a Direkte el.	1 217 041 kWh
1b El. Varmepumpe	0 kWh
1c El. solenergi	0 kWh
2 Olje	75874 kWh
3 Gass	0 kWh
4 Fjernvarme	0 kWh
5 Biobrensel	0 kWh
6. Annen ()	0 kWh
Totalt levert energi, sum 1-6	1 292 915 kWh

Tabell 23 Levert energi til skulen (henta ut fra årssimulering, vedlegg 5)

For øvrig ligg årssimuleringa til skulen vedlagt i vedlegg 5. Basert på opplysningane som kjem fram av Tabell 22 og Figur 27, er dei to største kjeldene til energiforbruk for skulen *ventilasjonsvarme* og *romoppvarming*. Etter dette følgjer energi nyttta til teknisk utstyr, lys og vifter.

4.2 Energieffektiviseringsmogelegheiter

I samband med kartlegging av noverande energibehov i casebygget, er det gjennomført energisimuleringar i SIMIEN. Sjølv energiattesten til skulen er vedlagt i vedlegg 5, og vart presentert i kapittel 4.1.3.

Dagens energibehov er høgt samanlikna med energikrava sett for nybygg i TEK 10. Samstundes er oppvarmings- og energikarakteren därleg. Denne problematikken er i all hovudsak knytta til høgt varmetap på veggjar og vindauge, ingen gjenvinning på ventilasjonsvarmen, samt at energibehovet vert dekka av elektrisitet og olje. Det faktum at dagens situasjon knytta til energibehov er därleg, bidreg til ein positiv innvirknad på bygningens energieffektiviseringspotensial, då det truleg er mykje som i utgangspunktet kan gjerast for å forbetra denne situasjonen.

Vidare følgjer ein presentasjon av *energieffektiviseringstiltak* og *tiltak for endring av energiform* som bør vurderast gjennomført på skulen. Berekna innsparingar i energiforbruk som følgje av kvart tiltak er synleggjort, saman med ein presentasjon av forventa reduksjon i energiforbruk dersom kombinasjonar av tiltak vert gjennomført. For alle føreslegne tiltak er det i utgangspunktet forsøkt å tilfredstille krava som er gjeldande for nybygg i TEK 10. Desse krava er for øvrig presentert i kapittel 2.9.3 Dagens forskriftskrav (TEK 10).

I tabell 24 under følgjer ei synleggjering av krav frå TEK 10 som det truleg vil vere mogeleg å gjennomføre for casebygget. Det er i tillegg gjeve ei oppsummering av kva energieffektiviseringstiltak som truleg må til for å innfri TEK 10 sine krav.

	KRAV I TEK 10	GJENNOMFØRBART?	FØRESLEGNDE ENERGIEFFEKTIVISERINGSTILTAK
U-verdi, yttervegg	0,18 W/m ² K	Ja	Utvendig etterisolering med 200mm mineralull.
U-verdi, tak	0,13 W/m ² K	Ja	Innvendig etterisolering med 100mm mineralull.
U-verdi, vindauge/dør	1,2 W/m ² K	Ja	Utskifting av vindauge/dører, til tilfrestillande U-verdi
Lekkasjetal ved 50 Pa	1,5 / h	Ja	Allerede oppnådd.
Varmegjenvinnar	>80%	Ja	Installasjon av varmegjenvinnar med års gjennomsnittleg temperaturverknadsgrad >80%

Tabell 24 Synleggjering av mogelegheiter som truleg tilfredstiller krav gjeve i TEK 10.

Tiltaka er presentert innanfor kategoriane *etterisolering av alle fasadar, utskifting av vindauge og dører, endra lekkasjetal som følgje av etterisolering og utskifting av vindauge og dører, etterisolering av tak, energieffektiviseringstiltak på brukar- og driftssida, og endra energiform*. Tiltak for endra energiform er vidare splitta opp i *installasjon av varmepumpe, installasjon av pelletsomn og installasjon av solfangarar*. Når det gjeld overslag gjort på lønsemada ved energieffektivisering, vil den avhenge av investeringskostnad og mogeleg inntening. Difor er òg noverdiberekningar og innteningstid for tiltaka som vert føreslegne presentert.

4.2.1 Etterisolering av alle fasadar

Av bygningstekniske årsaker vil ikkje innvendig etterisolering vere tilrådeleg. Det mest aktuelle vil vere å etterisolere fasaden utvendig i samband med oppussing av fasaden. Ein annan fordel vil vere at utvendig etterisolering ikkje medfører reduksjon av innvendig bruksareal. U-verdien på bygninen sine fasadar er i dag anteke å liggje på omkring $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dersom krav i TEK 10 skal tilfredstilla, gjeld likevel at u-verdien på fasadane skal liggje på $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$.

For å tilfredstille krava i TEK 10 kan ein anten isolere med mineralull på 200 mm og $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$ eller ein kan isolere med ekspandert polystyren på 200 mm og $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$ (SINTEF Byggforsk, 2003).

ETTERISOLERING AV FASADER	
INGEN ETTERISOLERING	
U-verdi	$0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
Energiforbruk	345 kWh/m^2
Energikarakter	F
Oppvarmingskarakter	Rød
200 MM ETTERISOLERING	
U-verdi	$0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
Energiforbruk	330 kWh/m^2
Energikarakter	F
Oppvarmingskarakter	Rød

Tabell 25 Forventa energisparring som følge av etterisolering.

Ved å etterisolere alle ytterveggane på skulen, kan det altså ved at det etterisolerast med 200 mm isolasjon forventast ein reduksjon i energiforbruket frå 345 kWh/m^2 til 330 kWh/m^2 . Simuleringane som er gjort synleggjer altså at etterisolering ikkje gjev veldig store utslag i energisparring.

4.2.2 Utskifting av vindauger og dører

Det er anteke at eksisterande vindauger har ein u-verdi på omkring $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, medan nye vindauger bør tilfredstille TEK 10s krav til u-verdi på $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. I samanheng med eventuell utskifting, bør det òg verte føreteke tetting av luftlekkasjar i overgangar, skøytar og gjennomføringar. I tabell 26 følgjer ei oppsummering av innverknad på energiforbruk og – karakter for dette tiltaket, samt oppvarmingskarakter. Merk at det likevel òg kan vurderast å setje inn vindauger med ein enda betre u-verdi enn det TEK 10 krev, til dømes ein u-verdi på $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ein u-verdi som ser ut til å vere den beste på marknaden).

UTSKIFTING AV VINDUER OG DØRER	
EKSISTERENDE VINDUER OG DØRER	
U-verdi	2,8 W/m ² K
Energiforbruk	345 kWh/m ²
Energikarakter	F
Oppvarmingskarakter	Rød
NYE VINDUER OG DØRER	
U-verdi	1,2 W/m ² K
Energiforbruk	323 kWh/m ²
Energikarakter	F
Oppvarmingskarakter	Rød

Tabell 26 Forventa energisparing som følgje av utskifting av vindauger og dører.

Simuleringane presentert i tabell 26 viser altså at ein ved å byte ut alle vindauge og dørene i skulen, kan forvente ein reduksjon i energiforbruket frå 345 kWh/m² til 323 kWh/m².

4.2.3 Endra lekkasjetall etter utskifting av vindauger og dører

Endra lekkasjetall vart, for enkelheits skuld, ikkje lagt inn i simuleringa av energiforbruk i tilknyting til ein (eventuell) etterisolering og utskifting av vindauger over. Denne beslutninga er teke med bakgrunn i at dei to presenterte tiltaka ovanfor truleg ville skjedd i samanheng med kvarandre. I tillegg er det heile vegen forsøkt å vere noko konservative i simuleringane. Konsekvensen av endra lekkasjetall er difor teke med i betraktingane vidare.

Dersom ein gjennomfører ei utskifting av, og tetting rundt, vindauge og dører, vil ein kunne forvente at lekkasjetalet betrast. Eit betra lekkasjetall er særstakt fordelaktig for å spare energi, samstundes som det fører til førebygging av fuktksadar og unngåing av trekkproblem (SINTEF Byggforsk, 2011). Det er anteke at tiltaka som er skildra over vil kunne føre til meir enn ei tilfredstilling av TEK 10s krav til lekkasjetall som er på 1,5 /h, og at det vil ligge på omkring 1,35 /h. I tabell 27 følgjer ei oppsummering av kva det betra lekkasjetalet som følgje av tiltaka knytta til utskifting av vindauge/dører vil ha å seie for energiforbruk og –karakter, samt oppvarmingskarakter.

BEDRET LEKKASJETALL SOM FØLGE AV UTSKIFTING AV, OG TETTING RUNDT, VINDUER OG DØRER		
	FØR	ETTER
Lekkasjetall	1,5 /h	1,35 /h
U-verdi, vinduer og dører	2,8 W/m ² K	1,2 W/m ² K
U-verdi, yttervegg	0,5 W/m ² K	0,5 W/m ² K
Energiforbruk	345 kWh/m ²	318 kWh/m ²
Energikarakter	F	F
Oppvarmingskarakter	Rød	Rød

Tabell 27 Forventa energisparing som følge av betra lekkasjetal.

Simuleringane presentert i tabell 27 syner at forbetringa av lekkasjetalet, i samanheng med tiltaka knytta til utskifting av alle vindauger/dører, vil gje ei forventa reduksjon i energiforbruket frå 345 kWh/m² til 318 kWh/m².

4.2.4 Etterisolering av tak

Det eksisterande taket har ein u-verdi som vert anteken å vere 0,4 W/m²K (Larsen, 2012). U-verdien etter eit eventuelt inngrep i taket må likevel ligge på 0,13 W/m²K dersom TEK 10 skal tilfredstilla. Det vert føreslege innvendig etterisolering med 100 mm mineralull. Det vert påpeika at etterisolering av tak fører med seg stor risiko knytta til endra lastar og fukt ved etterisolering av etasjeskiljar mot kaldt loft og tak over varmt loft. Det er difor særsviktig at dette arbeidet blir utført på ein grundig og nøyaktig måte. For å unngå denne problematikken er det viktig at det blir utført statisk kontroll av taket, med tanke på endra snølast, i tillegg til bygningsfysiske kontollar/analysar og simuleringar. I tabell 28 følgjer ei oppsummering av etterisoleringa av talet si innvirkning på energiforbruk og – karakter, samt oppvarmingskarakter.

ETTERISOLERING AV TAK		
	FØR	ETTER
U-verdi, tak	0,40 W/m ² K	0,13 W/m ² K
Energiforbruk	345 kWh/m ²	326 kWh/m ²
Energikarakter	F	F
Oppvarmingskarakter	Rød	Rød

Tabell 28 Forventa energisparing som følge av etterisolering av tak.

Ved å etterisolere taket vil ein altså kunne vente ei reduksjon i energiforbruket frå 345 kWh/m² til 326 kWh/m².

4.2.5 Installasjon av varmegjenvinnar

Mangel på varmegjenvinnar vert påpeikt som den største mangelen ved Sogndal vidaregåande skule (Westwik, 2012). I følgje dagens krav i TEK 10 skal ein varmegjenvinnar ha ein årsgjennomsnittleg temperaturverknadsgrad på minimum 80 %. Det mest realistiske vil då vere ein roterende varmegjenvinnar (Vidnes, 2011). Installasjon av varmegjenvinnar har vorte vurdert tidligare, men vart den gang (1990) ikkje kjøpt (Ruud, 2012). Under følgjer ei oversikt over forventa energisparing frå installasjon av varmegjenvinnar.

INSTALLASJON AV VARMEGJENVINNER		
	FØR	ETTER
Varmegjenvinning	0.0%	80.0%
Energiforbruk	345 kWh/m ²	165 kWh/m ²
Energikarakter	F	D
Oppvarmingskarakter	Rød	Rød

Tabell 29 Forventa energisparing som følgje av installasjon av varmegjenvinnar.

Ved å installere varmegjenvinnar vil ein altså kunne vente ein betydeleg reduksjon i energiforbruket frå 345 kWh/m² til 165 kWh/m².

4.2.6 Energieffektiviseringstiltak på brukar- og driftssida

I tillegg til dei nemnde energieffektiviseringstiltaka ovanfor, vil det òg vere naudsynt å gjere tiltak på brukar- og driftssida. *Varmtvatnsberedarar* kan skiftast ut, med nye som har termostatiske blandeventil og som er godt isolerte, slik at ein unngår høgt varmetap. Det kan òg vere naudsynt å skifte ut *lysarmatur/lyspærer*, slik at ein får betre lysutbytte og redusert energibruk. I tillegg er tilrådast det òg å *følgje opp drift og bruk* i ettertid av innførte energieffektiviseringstiltak. Det vert påpeika at det ikkje er utført energiberekningar, kostnadsberekingar eller overslag på noverdi og innteningstid for desse tiltaka, då masteroppgåva er avgrensa til å ikkje inkludere dette (sjå kapittel 1.4 Avgrensingar).

4.3 Endra energiform

I eit berekraftig perspektiv bør ein, ved energieffektivisering av eit eksisterande bygg, òg vurdere overgang frå fossile til fornybare energikjelder. Under følgjer ein gjennomgang av ulike måtar ein kan endre energiform på ved Sogndal vidaregåande skule. Understreker at fjernvarme ikkje er eit alternativ i Sogndal kommune.

4.3.1 Installasjon av varmepumpe

Radiatorsystemet ved Sogndal vidaregåande skule kan koplast til ei varmepumpe. Men radiatorar krev normalt høgare vatntemperatur enn kva golv- eller takvarmeanlegg krev. Radiatorsystem eignar seg difor ikkje så godt saman med lavenergikjelder som solvarme eller varmepumper (Energieveilederen, 2012). Skulle ein likevel velje å installere ei varmepumpe, vil ei bergvarmepumpe vere mest aktuell. Dette kan eventuelt utførast i samanheng med ei større renovering av skulen der det kan verte lagt vannbåren varme i golva, eventuelt må det truleg installerast fleire radiatorar. Bergvarmepumper har ei verknadsgrad som er omkring den same heile året, lite følsom for klimavariasjonar. I tillegg til oppvarming av rom, kan varmepumpa koplast til oppvarmingsanlegget for tappevatn. Oppsummering for energieffektivisering følgjer i tabell 30. Resultat av ytterlegare berekningar utført av Danfoss AS finst i vedlegg 7.

INSTALLASJON AV VARMEPUMPE		
	FØR	ETTER
Varmepumpe	Nei	Ja
Effekt	0 kW	120 kW
Energiforbruk	345 kWh/m ²	160 kWh/m ²
Energikarakter	F	D
Oppvarmingskarakter	Rød	Gul

Tabell 30 Forventa konsekvens av endra energiform etter installasjon av varmepumpe.

Som ein kan sjå av tabell 30 synk behovet for levert energi markant frå 345 kWh/m² til 160 kWh/m².

4.3.2 Installasjon av pelletsomn

Installasjon av pelletsomn er ei stor investering som er forholdsvis kostbar. Ein pelletsomn kan enkelt erstatte ein av dei eksisterande fyrkjelane på casebygget. Pelletsomnar krev mykje plass, og i tillegg vil behovet for oppbevaring av brensel verte betydeleg. Bruk av pelletsomnar krev òg meir oppfølging og vedlikehald enn eksisterande fyrkjelar. Men energibruk ved bruk av pelletsomnar er vurdert til å vere klimanøytralt, og tilgangen på pellets lokalt er god. Det er difor føreslege å endre energiform for romoppvarming til 60 % og oppvarming av tappevatn til 75% basert på pellets. Fordelinga av andel energiform er basert på tal frå SIMIEN.

INSTALLASJON AV PELLETSKJEL		
	FØR	ETTER
Pelletskjel	Nei	Ja
Energiforbruk	345 kWh/m ²	363 kWh/m ²
Energikarakter	F	F
Oppvarmingskarakter	Rød	Gul

Tabell 31 Forventa konsekvens av endra energiform ved installasjon av pelletskjel.

Som ein kan sjå av figur 31 går energiforbruket opp frå 345 kWh/m² til 363 kWh/m². Dette skuldast at energiutnyttinga i ein pelletskjel er lågare enn i ein elektroksjel ettersom noko varme forsvinn opp pipa. For øvrig endrast oppvarmingskarakter frå raud til gul.

4.3.3 Installasjon av solfangarar

Installasjon av solfangarar for oppvarming av varmtvatn, og eventuelt romoppvarming, vil òg kunne vere eit mogeleg tiltak, men lønsemda avheng for ein stor del av varmtvatnbehovet på sumarstid (Energieveilederen, 2012). Ettersom dette er ein skulebygning, med ein forbruksprofil av energi gitt i kapittel 4.1.2 Faktisk energibruk, samt eit særskilt begrensa behov for energi til oppvarming av tappevatn (figur 27, kapittel 4.1.3 Simulert energibruk og energibehov) vil nok installasjon av solfangarar vere lite føremålstenleg for skulen. Ytterlegare berekningar for energisparingspotensial ved installasjon av solfangarar er difor ikkje utført.

4.4 Kostnadsberekingar

Vidare, i tabell 32 under, følgjer resultata av eit overslag gjort på investeringskostnad for alle dei presenterte tiltak. Sjølvé berekningane er vedlagt i vedlegg 8.

KOSTNADSBEREGNINGER			
	Mengde	Per kvm / per enhet	Kostnad [Kr]
Etterisolering av fasade	1636	1 500	2 454 000
Utskifting av vinduer og dører	582	4 200	2 444 400
Tetting i sammneheng med etterisolering av fasade og utskifting av vinduer og dører	600	118	70 800
Etterisolering av tak	2247	150	337 050
Installasjon av varmegjenvinner	1	2 350 000	2 350 000
Installasjon av varmepumpe	1	2 750 000	2 750 000
Installasjon av pelletsovn	1	975 000	975 000
Sum energieffektivisering			11 381 250

Tabell 32 Kostnadsbereking ved energieffektiviseringstiltak.

Tala er basert på erfaringstal frå Holteprosjekt, samt konsultasjon med byggeigar angåande stadsspesifikke eigenskapar. Pris på installasjon av varmepumpe er funne i samråd med Leif Wiig/Danfoss AS.

4.5 Noverdiberekningar og innteningstid

Vidare, i tabell 33, følgjer resultata av eit overslag gjort på noverdi og innteningstid for dei presenterte energieffektiviseringstiltaka, samt tiltaka for endra energiform. Berekningane er for øvrig lagt ved i sin heilheit i vedlegg 8. Merk at berekningane gjeld for første tiltak som vert utført, ettersom suksessive tiltak påverkar kvarandres energisparingspotensial og lønsemrd.

Det er valgt to scenario for energipris, på respektive 50 øre/kWh og 100 øre/kWh. Kalkulasjonsrenta er satt til 6 %.

ENERGIEFFEKTIVISERING							
	Kostnad [Kr]	Besparelse [kWh/år/m ²]	Avskrivingstid [år]	50 øre /kWh		100 øre /kWh	
				Nåverdi [kr]	Inntjeningstid [år]	Nåverdi [kr]	Inntjeningstid [år]
Etterisolering av fasade	2 454 000	15	40	-1 890 599	-	-1 327 198	-
Utskifting av vinduer og dører	2 444 400	22	30	-1 688 455	-	-932 509	-
Tetting i sammenheng med etterisolering av fasade og utskifting av vinduer og dører	70 800	27	30	856 951	2	1 784 702	< 1
Etterisolering av tak	337 050	19	40	376 591	10	1 090 233	5
Installasjon av varmegjenvinner	2 350 000	180	15	2 014 044	7	6 378 087	3
Installasjon av varmepumpe	2 750 000	185	20	2 546 987	8	7 843 975	4
Installasjon av pelletsovn	975 000	-18	25	-1 549 400	-	-2 123 799	-
Sum energieffektivisering	11 381 250						

Tabell 33 Forventa økonomisk konsekvens av ulike presenterte tiltak.

Som ein kan sjå av tabell 33 er etterisolering av tak, installasjon av varmegjenvinnar og installasjon av varmepumpe lønsamt isolert sett. Samstundes ser ein at tetting i samanheng med etterisolering og utskifting av vindauge og dører òg har ein positiv noverdi, men desse tiltaka heng saman, og netto er tiltaka ikkje lønsame gjeve satte betingelsar for energipris og kalkulasjonsrente.

For tiltaka med negativ noverdi finst det ingen innteningstid for tiltaka, ettersom tiltaka aldri vil verte tent inn att. Raskast tilbakebetalingstid finn ein for installasjon av varmegjenvinnar, noko som er i tråd med byggeigars ytringar om at dette er det mest prekære tiltaket for energieffektivisering av bygget. Merk at installasjon av varmepumpe har ein høgare noverdi, men òg høgare investeringskostnad. Forrentinga på investert kapital blir for dette tiltaket lågare.

Vidare vil det difor verte teke utgangspunkt i at installasjon av varmegjenvinnar vert gjennomført.

4.6 Kombinasjonar av presenterte tiltak

Ettersom kvart enkelt tiltak ikkje kan sjåast på som eit isolert tilfelle grunna tiltaka si påverknad på kvarandre, vert det under presentert eit knippe kombinasjonar av tiltak, og den heilskaplege effekten av desse tiltaka.

4.6.1 Gitt varmegjenvinnar

Installasjon av varmegjenvinnar er valgt for alle kombinasjonar, ettersom det er plausibelt at dette er eit tiltak som uansett vil vere fornuftig å gjennomføre.

I tabell 34 er det gjeve ei oppsummering av ulike kombinasjonar av dei presenterte energieffektiviseringstiltaka sine innvirknadar på henholdsvis energiforbruk og – karakter, samt oppvarmingskarakter.

KOMBINASJONER AV PRESENTERTE TILTAK			
KUN VARMEGJENVINNER	FØR	ETTER	BESPARELSE
Energiforbruk	345 kWh/m ²	165 kWh/m ²	180 kWh/m ²
Energikarakter	F	D	
Oppvarmingskarakter	Rød	Rød	
VARMEGJENVINNER; ETTERISOLERING AV FASADER	FØR	ETTER	BESPARELSE
Energiforbruk	165 kWh/m ²	155 kWh/m ²	10 kWh/m ²
Energikarakter	F	D	
Oppvarmingskarakter	Rød	Rød	
VARMEGJENVINNER; UTSKIFTING AV VINDUER OG DØRER	FØR	ETTER	BESPARELSE
Energiforbruk	165 kWh/m ²	139 kWh/m ²	26 kWh/m ²
Energikarakter	F	C	
Oppvarmingskarakter	Rød	Rød	
VARMEGJENVINNER; ETTERISOLERING AV TAK	FØR	ETTER	BESPARELSE
Energiforbruk	165 kWh/m ²	145 kWh/m ²	20 kWh/m ²
Energikarakter	F	C	
Oppvarmingskarakter	Rød	Rød	
VARMEGJENVINNER; INSTALLASJON AV VARMEPUMPE	FØR	ETTER	BESPARELSE
Energiforbruk	165 kWh/m ²	137 kWh/m ²	28 kWh/m ²
Energikarakter	F	C	
Oppvarmingskarakter	Rød	Gul	
VARMEGJENVINNER; INSTALLASJON AV PELLETSOVN	FØR	ETTER	BESPARELSE
Energiforbruk	165 kWh/m ²	176 kWh/m ²	(11 kWh/m ²)
Energikarakter	F	D	
Oppvarmingskarakter	Rød	Gul	

Tabell 34 Effekt av tiltak med utgangspunkt i varmegjenvinnar allereie installert.

Som ein kan sjå av tabell 34 reduserast effekten av varmepumpe monaleg dersom varmegjenvinnar allereie er installert. Dette ser ein òg av tabell 35 under som viser at installasjon av varmepumpe er vorte ei investering med negativ noverdi.

NÅVERDI OG INNTJENINGSTID FOR TILTAK, GITT VARMEGJENVINNER							
	Kostnad [Kr]	Besparelse [kWh/år/m ²]	Avskrivingstid [år]	50 øre /kWh	100 øre /kWh	Nåverdi [kr]	Inntjeningstid [år]
Etterisolering av fasade	2 454 000	10	40	-2 078 400	-	-1 702 800	-
Utskifting av vinduer og dører	2 444 400	26	30	-1 551 010	-	-657 620	-
Etterisolering av tak	337 050	20	40	413 950	9	1 164 956	4
Installasjon av varmepumpe	2 750 000	28	20	-1 948 294		-1 145 500	
Installasjon av pelletsovn	975 000	-11	25	-1 326 000	-	-1 677 000	-
Sum energieffektivisering	8 960 450						

Tabell 35 Forventa økonomisk konsekvens av presenterte tiltak, gjeve varmegjenvinnar installert.

Av tabell 35 ser ein òg at det berre er eit ytterlegare tiltak som har ein positiv noverdi; etterisolering av tak, som har ei innteningstid mellom 4 og 9 år alt etter energipris. Det er difor rimeleg å anta at òg etterisolering av tak vil være eit tiltak ein vil velje å gjennomføre ut i frå bedriftsøkonomiske betraktnigar.

4.6.2 Gitt varmegjenvinnar og etterisolert tak

Dersom begge dei bedriftsøkonomisk lønsame tiltaka vert valgt gjennomført, står ein att med ei rekke ikkje lønsame tiltak.

I tabell 36 er det gjeve ei oppsummering av energisparingspotensialet ved resterande presenterte energieffektiviseringstiltaka gjeve instalasjonav varmegjennvinnar og etterisolering av tak allereie er valgt, og deira innverknadar på henholdsvis energiforbruk og – karakter, samt oppvarmingskarakter.

KOMBINASJONER AV PREENTERTE TILTAK			
	FØR	ETTER	BESPARELSE
VARMEGJENVINNER OG ETTERISOLERING AV TAK			
Energiforbruk	345 kWh/m ²	145 kWh/m ²	200kWh/m ²
Energikarakter	F	C	
Oppvarmingskarakter	Rød	Rød	
VARMEGJENVINNER, ETTERISOLERING AV TAK; ETTERISOLERING AV FASADER			
Energiforbruk	145 kWh/m ²	134kWh/m ²	11 kWh/m ²
Energikarakter	C	C	
Oppvarmingskarakter	Rød	Rød	
VARMEGJENVINNER, ETTERISOLERING AV TAK; UTSKIFTING AV VINDUER OG DØRER			
Energiforbruk	145 kWh/m ²	120kWh/m ²	25kWh/m ²
Energikarakter	C	C	
Oppvarmingskarakter	Rød	Rød	
VARMEGJENVINNER, ETTERISOLERING AV TAK; INSTALLASJON AV VARMEPUMPE			
Energiforbruk	145 kWh/m ²	119 kWh/m ²	26 kWh/m ²
Energikarakter	C	C	
Oppvarmingskarakter	Rød	Gul	
VARMEGJENVINNER, ETTERISOLERING AV TAK; INSTALLASJON AV PELLETSOVN			
Energiforbruk	145 kWh/m ²	155 kWh/m ²	(10 kWh/m ²)
Energikarakter	C	D	
Oppvarmingskarakter	Rød	Gul	

Tabell 36 Effekt av tiltak gjeve at installasjon av varmegjenvinnar og etterisolering av tak allereie er valgt.

Vidare er det i tabell 37 vist noverdi og innteningstid for dette tilfellet.

NÅVERDI OG INNTENINGSTID, GITT VARMEGJENVINNER OG ETTERISOLERT TAK							
	Kostnad [Kr]	Sparing [kWh/år/m ²]	Avskrivingstid [år]	50 øre /kWh	100 øre /kwh	Noverdi [kr]	Innteningstid [år]
Etterisolering av fasade	2 454 000	11	40	-2 049 340	-	-1 645 000	-
Utskifting av vindauge og dører	2 444 400	25	30	-1 585 400	-	-733 543	-
Installasjon av varmepumpe	2 750 000	26	20	-2 006 000	-	-1 261 200	-
Installasjon av pelletsovn	975 000	-10	25	-1 294 000	-	-1 613 222	-
Sum energieffektivisering	8 623 400						

Tabell 37 Forventa økonomisk konsekvens av presenterte tiltak, gjeve varmegjenvinnar og etterisolert tak.

Det er altså ikkje fleire lønsame tiltak att, etter at installasjon av varmegjenvinnar og etterisolering av tak er utført. Det mest nærliggande tiltaket vil i så fall vere utskifting av vindauge og dører. Dette vert eit sentralt tema vidare i masteroppgåva, ettersom det vert sett nærmere på kva som må til for at grensetilfellet for lønsemd òg skal verte gjennomført.

For å lette ordbruken framover vil dette verte omtala som to ulike *konsept*.

4.6.4 Maksimal energieffektivisering

Ettersom det ikkje nødvendigvis er gjeve at byggherre energieffektiviserer basert på lønsemd, vil vidare energieffektiviseringsresultatet for implementering av samlede tiltak presenterast. Dette vert vist for å syne det totale energieffektiviseringspotensialet som ligg i skulen, uavhengig av kostnad ved gjennomføring.

GJENNOMFØRING AV ALLE PRESENTERTE TILTAK			
	FØR	ETTER	BESPARELSE
Energiforbruk	345 kWh/m ²	110 kWh/m ²	235 kWh/m ²
Energikarakter	F	B	
Oppvarmingskarakter	Rød	Grønn	

Tabell 38 Energieffektiviseringspotensial ved gjennomføring av alle føreslegne tiltak.

Dette tilsvrar ei innsparing på årskostnad på 0,55-1,10 millioner kroner per år(energipris 50-100 øre/kWh) på ei investeringskostnad på 11,4 millionar kroner. Ved gjennomføring av alle tiltak kjem skulen i møte krava i TEK 10 til energibruk i nye skulebygg (120 kWh/m²).

4.7 Konsept til vurdering

Under følgjer ei kort oppsummering av nøkkeltala for dei to konsepta som vert anbefalt vurdert.

Oversikt: Investeringsalternativ			
	Nosituasjon	Konsept 1	Konsept 2
Energiforbruk	345 kWh/m ²	145 kWh/m ²	120 kWh/m ²
Årleg energibehov	1 178 915 kWh	529 154 kWh	437 920 kWh
Investeringskostnad	-	2,69 mill. kr	5,13 mill. kr
Noverdi 50 øre/kWh	0	2,43 mill. kr	0,84 mill. kr
Noverdi 100 øre/kWh	0	7,54 mill. kr	6,81 mill. kr
Andel elektrisitet/ fosille brensel	100 %	100 %	100 %

Tabell 39 Oppsummering av nøkkeltal for konsept 1 og konsept 2

- Konsept 1: Installasjon av varmegjenvinnar og etterisolering av tak
- Konsept 2: Installasjon av varmegjenvinnar, etterisolering av tak, samt utskifting av vindauge og dører

Som ein kan sjå er lønsemda ved gjennomføring sterkt avhengig av pris på tilført energi. Merk at det ikkje er føreslege tiltak for endring av energiform for nokon av konsepta, ettersom dette ikkje synar seg å vere innan rekkevidde når det gjeld lønsemnd på bygget.

For øvrig er energiattest for begge konsepta utført i SIMIEN vedlagt i vedlegg 5.

4.8 Analyse av sårbarheit

Analyse av lønsemrd ved gjennomføring av energieffektiviseringstiltak er bygd på ei rekke gjetningar eller spådommar om framtida, som ein i større eller mindre grad kan vere sikre på vil slå til.

Usikkerheit og risiko angåande lønsemrd ved gjennomføring av tiltak er eit mogeleg hinder for å investere i energieffektiviseringstiltak. Nokre av dei viktigaste usikkerheitsmomenta for framtida er tekne med i oversynet nedanfor:

- Pårekna investeringskostnad samsvarar ikkje med faktisk investeringskostnad.
- Tiltaket si avskrivingstid er ei antaking om framtida. Anten tiltaket eller bygget si restlevetid kan vere kortare / lengre enn pårekna.
- Bruksområdet til bygget kan endrast, noko som kan få følgjer for byggets behov for tilført energi.
- Det kan vere ein skilnad mellom teoretisk utrekna og reell energisparingseffekt ved tiltak.
- Kalkulasjonsrenta er basert på dei krav ein i dag har til avkastning, men er avhengig av til dømes prisutvikling og investeringsklima langt fram i tid.
- Energiprisar har ein historikk for store svingingar, både på kort og lang sikt.
- Teknologisk utvikling av energieffektiviseringstiltak er usikker. Opsjonsverdien ved å avvente utskifting i påvente av ny teknologi og betre løysingar er vanskeleg å verdsetje.

Vidare vert dei usikkerheitsmomenta som er drøfta i oppgåva, også drøfta med tanke på sårbarheit ved estimering av lønsemrd. Det er for alle momenta vurdert ein variasjon i realisert verdi på +/- 20%, sjølv om det kan argumenterast for at variansen for dei ulike momenta er ulik. Som utgangspunkt for energipris er det valgt ein energipris på 75 øre/kWh. Berekingar har vorte gjort for både konsept 1 og konsept 2 som heilskap, utskifting av vindauger og dører spesielt. Sistnemnde er teke med for å identifisere om òg dette tiltaket kan verte lønsamt, dersom føresetnadane vert endra.

4.8.1 Investeringskostnad

I tabell 40 under følger resultata av eit overslag gjort på noverdi, gitt usikkerheit i investeringeskostnad.

Usikkerheitsanalyse: Investeringskostnad						
	Investeringskostnad (-20%)	Investeringskostnad	Investeringskostnad (+20%)	Noverdi (-20%)	Noverdi	Noverdi (+20%)
Konsept 1	2,15 mill. kr	2,69 mill. kr	3,23 mill. kr	5,53 mill. kr	4,99 mill. kr	4,45 mill. kr
Konsept 2	4,10 mill. kr	5,13 mill. kr	6,16 mill. kr	4,86 mill. kr	3,83 mill. kr	2,80 mill. kr
Utskifiting av vindauge og dører	1,95 mill. kr	2,44 mill. kr	2,93 mill. kr	(0,67 mill. kr)	(1,16 mill. kr)	(1,65 mill. kr)

Tabell 40 Sårbarheitsanalyse av investeringeskostnad.

Som ein kan sjå av tabell 40 vil eit 20% utslag i investeringeskostnad ikkje slå ut som avgjerande for om tiltak er lønsame eller ikkje for nokon av tiltaka.

4.8.2 Avskrivingstid

I tabell 41 under følger resultata av eit overslag gjort på noverdi, gitt usikkerheit for avskrivingstid.

Usikkerheitsanalyse: Avskrivingstid						
	Avskrivingstid (-20%)	Avskrivingstid	Avskrivingstid (+20%)	Noverdi (-20%)	Noverdi	Noverdi (+20%)
Konsept 1	12,32	15,40	18,48	4,02 mill. kr	4,99 mill. kr	5,78 mill. kr
Konsept 2	12,32,24	15,40,30	18,48,36	2,75 mill. kr	3,83 mill. kr	4,71 mill. kr
Utskifiting av vindauge og dører	24	30	36	(1,27 mill. kr)	(1,16 mill. kr)	(1,08 mill. kr)

Tabell 41 Sårbarheitsanalyse av avskrivingstid

Som ein kan sjå av tabell 41 vil eit 20% utslag i avskrivingstid ikkje slå ut som avgjerande for om tiltak er lønsame eller ikkje for nokon av tiltaka.

4.8.3 Energisparing

I tabell 42 under følger resultata av eit overslag gjort på noverdi, gitt usikkerheit for realisert energisparing.

Usikkerheitsanalyse: Energisparingseffekt						
	Energisparing(-20%)	Energisparing	Energisparing (-20%)	Noverdi (-20%)	Noverdi	Noverdi (+20%)
Konsept 1	160 kWh/m ²	200 kWh/m ²	240 kWh/m ²	3,45 mill. kr	4,99 mill. kr	6,52 mill. kr
Konsept 2	128 kWh/m ²	225 kWh/m ²	270 kWh/m ²	2,04 mill. kr	3,83 mill. kr	5,62 mill. kr
Utskifiting av vindauge og dører	20 kWh/m ²	25 kWh/m ²	30 kWh/m ²	(1,41 mill. kr)	(1,16 mill. kr)	(0,90 mill. kr)

Tabell 42 Sårbarheitsanalyse av energisparing

Som ein kan sjå av tabell 42 vil eit 20% utslag i realisert energisparing ikkje slå ut som avgjerande for om tiltak er lønsame eller ikkje for nokon av tiltaka.

4.8.4 Kalkulasjonsrente

I tabell 43 under følger resultata av eit overslag gjort på noverdi, gitt usikkerheit ved kalkulasjonsrenta.

Usikkerheitsanalyse: Kalkulasjonsrente						
	Kalkulasjonsrente (-20%)	Kalkulasjonsrente	Kalkulasjonsrente (+20%)	Noverdi (-20%)	Noverdi	Noverdi (+20%)
Konsept 1	4,80 %	6,00 %	7,20 %	5,63 mill. kr	4,99 mill. kr	4,43 mill. kr
Konsept 2	4,80 %	6,00 %	7,20 %	4,64 mill. kr	3,83 mill. kr	3,14 mill. kr
Utskifiting av vindauge og dører	4,80 %	6,00 %	7,20 %	(0,99 mill. kr)	(1,16 mill. kr)	(1,29 mill. kr)

Tabell 43 Sårbarheitsanalyse av kalkulasjonsrente

Som ein kan sjå av tabell 43 vil eit 20% utslag ved kalkulasjonsrenta ikkje slå ut som avgjerande for om tiltak er lønsame eller ikkje for nokon av tiltaka.

4.8.5 Energipris

I tabell 44 under følger resultata av eit overslag gjort på noverdi, gitt usikkerheit for realisert energipris.

Usikkerheitsanalyse: Energipris						
	Energipris (-20%)	Energipris	Energipris (+20%)	Noverdi (-20%)	Noverdi	Noverdi (+20%)
Konsept 1	60 øre/kWh	75 øre/kWh	90 øre/kWh	3,45 mill. kr	4,99 mill. kr	6,52 mill. kr
Konsept 2	60 øre/kWh	75 øre/kWh	90 øre/kWh	2,04 mill. kr	3,83 mill. kr	5,62 mill. kr
Utskifiting av vindauge og dører	60 øre/kWh	75 øre/kWh	90 øre/kWh	(1,41 mill. kr)	(1,16 mill. kr)	(0,90 mill. kr)

Tabell 44 Sårbarheitsanalyse av energipris

Som ein kan sjå av tabell 44 vil eit 20% utslag i realisert energipris ikkje slå ut som avgjerande for om tiltak er lønsame eller ikkje for nokon av tiltaka.

4.9 Reduksjon av CO₂-utslepp

Dei føreslegne konsepta vil medføre ei reduksjon i CO₂-utslepp til atmosfæren, som omhandla i kapittel 2.4.4 Klimagassutslepp frå forbruk av CO₂ i Noreg. Under følgjer berekningar for omfanget av reduksjonen av CO₂-utslepp som følgje av dei to føreslegne konsepta, samt for grensetilfellet for lønsemeld mellom dei to konsepta, utskifting av vindauge og dører.

CO ₂ - sparing ved energieffektivisering				
	Nosituasjon	Konsept 1	Konsept 2	Utskifting av vindauge og dører
Årleg energibehov	1 178 915 kWh	529 154 kWh	437 920 kWh	-
derav elektrisitet	1 103 290 kWh	497 392 kWh	411 652 kWh	-
derav olje	74 795 kWh	31 762 kWh	26 267 kWh	-
Årleg energisparing	-	649 761 kWh	740 995 kWh	91 234 kWh
derav elektrisitet	-	605 898 kWh	691 638 kWh	85 740 kWh
derav olje	-	43 033 kWh	48 528 kWh	5 495 kWh
Årlege utslepp av CO ₂	502 279 kg	218 795 kg	185 472 kg	-
derav frå elektrisitet	480 731 kg	210 272 kg	179 352 kg	-
derav frå olje	21 548 kg	8 523 kg	6 120 kg	-
Årleg redusert utslepp av CO ₂	-	283 484 kg	316 807 kg	33 323 kg
derav frå elektrisitet	-	270 459 kg	301 379 kg	30 920 kg
derav frå olje	-	13 025 kg	15 428 kg	2 403 kg

Tabell 45 Estimert reduksjon i utslepp av CO₂ som følgje av energieffektivisering. Reduksjon i CO₂-utslepp er estimert ved bruk av årssimulering i SIMIEN. Datagrunnlag kan finnast i Vedlegg 5 Energisimulering i SIMIEN.

Som ein kan sjå av tabell 45 kan utslepp av CO₂ reduserast med 283 484 kg for konsept 1, og med 316 807 kg for konsept 2.

Merk at for desse berekningane er auka CO₂-utslepp som følgje av framstilling av energieffektive material, transport og installasjon neglisjert, og reell reduksjon i årleg utslepp av CO₂ er difor noko lågare.

5 Diskusjon

Ei vurdering av funna gjort i kapittel 4: *Resultat* er grunnlaget for denne oppgåva sin diskusjonsdel.

Vurderingane har synleggjort problemstillingar som krev ein diskusjon av kva for tiltak ein bør velje å gjennomføre. Vidare følgjer i kapittel 5.1 kriteria for val av løysing ved caseeigendommen, og deretter, i kapittel 5.2, ei samanlikning av dei to føreslegne konsepta frå kapittel 4. Til slutt verdt det anbefalt eit konsept i kapittel 5.3.

5.1 Kriteriar for val av løysing

I kapittel 4 låg det med ei utgreiing for berekraftig energieffektivisering av caseeigendommen. Her vart det synt kva for energisparingspotensiale som ligg i bygningen, med tilhøyrande kostnadars. Det er relativt enkelt å illustrere skilnadane i energisparing og investeringskostand, noverdi og/eller innteningstid for ulike tiltak som er føreslegne. Likevel er det vanskelegare å gjennomføre ei vurdering av kva tiltak som er *best eigna*. Generelt må det vere målet med gjennomføringa av potensialrealiseringen som skal vera avgjera for kva for løysingar som vert valde. Målet ser ofte ut til å vere å få ned energibehovet, samstundes som tiltaka skal lønne seg økonomisk. Men andre delmål kan ofte vere av avgjerande karakter. Dette kan vere delmål som betre inneklima og komfort, estetikk og behov for vedlikehald og oppfølging. I tillegg spelar usikkerheit og risiko ved investeringane også inn på val av løysing.

I denne masteroppgåva vert det lagt til grunn at målet er å gjennomføre ei *berekraftig* potensialrealisering. Det er difor underforstått at konseptet som vert føreslege skal tilfredsstille både økonomiske-, miljømessige- og sosiale krav. Det vil likevel vere vanskeleg å vurdere og vekte desse tre krava mot kvarandre for å kunne avgjere kva for enkeltløysing som vil gje størst utteljing ved val av løysing. Hovudfokuset i denne masteroppgåva har imidlertid vore på energieffektivisering. Det er difor dette fokusområdet som er lagt til grunn som kriterie for potensialrealiseringa, då dei inngår både i det miljømessige og økonomiske aspektet ved berekraft.

5.2 Samanlikning av konsept

Vidare følgjer ei systematisk samanlikning av skilnadane i energisparing som følgje av energieffektivisering føreslege i høvevis konsept 1 og konsept 2. Tilhøyrande noverdiberekningar, berekningar av innteningstid og reduksjon i CO₂-utslepp er òg presentert.

5.2.1 Totalt netto energibehov

Dagens simulerte energibehov for skulen er ansett som *for høgt*, då det ligg nokså mykje over TEK 10s krav (sjå kapittel 4.1.3 Simulert energibruk og energibehov). I tabell 46 følgjer ei samanlikning av simulert totalt netto energibehov i dag, saman med simulert netto energibehov for konsept 1 og 2.

Samanlikning av netto energibehov			
	Dagens tilstand	Konsept 1	Konsept 2
Totalt netto energibehov	345 kWh/m ²	145 kWh/m ²	120 kWh/m ²
Sparing frå dagens tilstand	-	200 kWh/m ²	225 kWh/m ²

Tabell 46 Samanlikning av netto energibehov, dagens tilstand, konsept 1 og konsept 2.

Tabell 46 syner altså at gjennomføring av konsept 2 gir større energisparing enn konsept 2. Begge konsepta gjev forøvrig ei betydeleg innsparing i energibehov. For konsept 2 vil innsparingen forventast å vere på heile 225 kWh/m².

5.2.2 Energi- og oppvarmingskarakter

Dagens simulerte energi- og oppvarmingskarakter for skulen (sjå kapittel 4.1.3 Simulert energibruk og energibehov) vert vurdert som dårlig. Dette fordi energibruken ligg nokså mykje over TEK 10s krav, og det i tillegg berre vert nytta elektrisitet som energikjelde.

I tabell 47 følgjer ei samanlikning av simulert energi- og oppvarmingskarakter i dag, saman med simulert energi- og oppvarmingskarakter for konsept 1 og konsept 2.

Samanlikning av energi- og oppvarmingskarakter			
	Dagens tilstand	Konsept 1	Konsept 2
Energi- og oppvarmingskarakter	Raud F	Raud C	Raud C

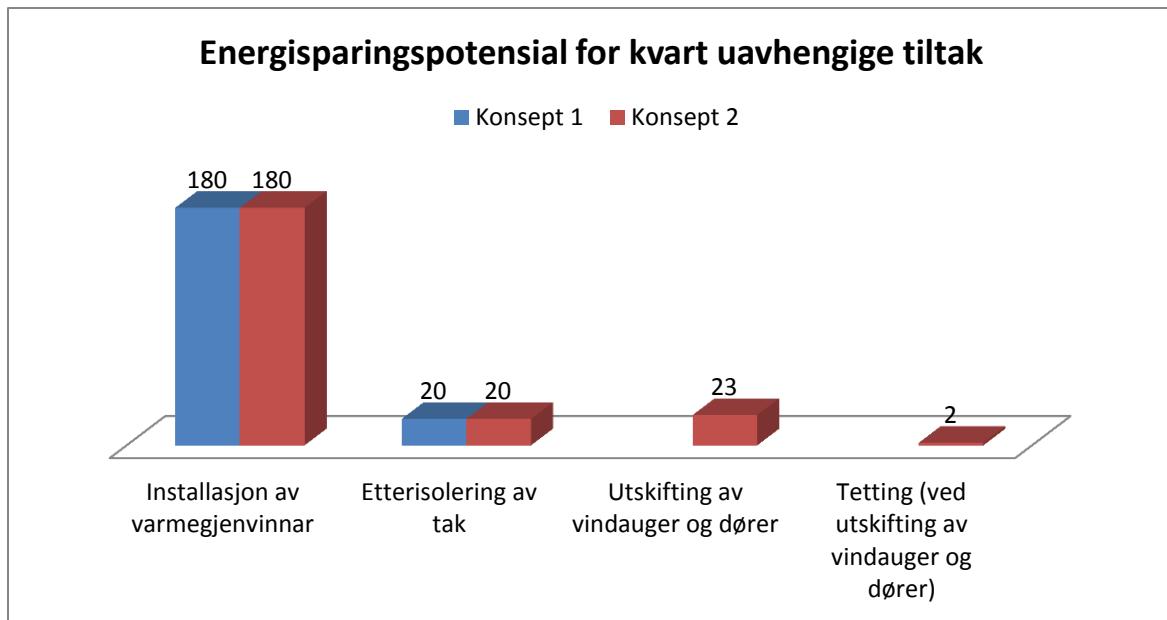
Tabell 47 Samanlikning av energi- og oppvarmingskarakter, dagens tilstand, konsept 1 og konsept 2.

Det vert påpeika at konsept 2 er 2 kWh/m² i frå endring av karakter til raud B.

Av tabell 47 kjem det fram at det kan forventast ein betydeleg betring i energikarakter uansett konsept, medan oppvarmingskarakter forblir uendra.

5.2.3 Energisparingspotensial

I figur 28, under, er det vist korleis energisparepotensialet, knytta til forventa energibruk, fordeler seg på kvart enkelt tiltak uavhengig av kvarandre for konsept 1 og konsept 2. Tiltaka er fordelt på *installasjon av varmegjenvinnar, etterisolering av tak, utskifting av vindauge og dører og tetting (i samanheng med utskifting av vindauge og dører)*.



Figur 28 Sparepotensial knytta til forventa energibruk, ved gjennomføring av ulike tiltak.

Av figur 28 kjem det altså fram at det er *installasjon av varmegjenvinnar* som er det energieffektiviseringstiltaket som vil gje størst energiinnsparing. Skilnaden i energisparing mellom konsept 1 og konsept 2 gjer seg synleg i effekten ved utskifting av vindauger og dører (eit tiltak med tetting / bedra lekkasjetal som følge). Tettinga påverkar lekkasjetalet, og i konsept 2 er det difor anteke eit lekkasjetal på 1,4 /h, medan det for konsept 1 er satt til 1,5 /h.

5.2.4 Noverdiberekningar

Tabell 48 syner ei samanlikning av investeringskostnaden og noverdien for kvart av dei føreslegne energieffektiviseringstiltaka, i både konsept 1 og konsept 2, og er vidare kommentert.

Kva	Konsept 1 - investeringskostnad	Konsept 2 - investeringskostnad	Konsept 1 - noverdi, 50 øre/kWh	Konsept 2 - noverdi, 50 øre/kWh	Konsept 1 - noverdi, 100 øre/kWh	Konsept 2 - noverdi, 100 øre/kWh
Installasjon av varmegjenvinnar	2 750 000 kr	2 750 000 kr	2 014 044 kr	2 014 044 kr	6 378 087 kr	6 378 087 kr
Etterisolering av tak	337 050 kr	337 050 kr	413 950 kr	413 950 kr	1 164 956 kr	1 164 956 kr
Utskifting av vindauger og dører, samt tetting	-	2 444 400 kr	-	(1 585 400 kr)	-	(733 543 kr)
Sum energieffektiviseringstiltak	3 087 050 kr	5 531 450 kr	2 427 994 kr	842 594 kr	7 543 043 kr	6 809 500 kr

Tabell 48 Investeringskostnad og noverdi, energieffektiviseringstiltak, konsept 1 og konsept 2.

Tabell 48 er utforma etter eit prinsipp om suksessiv energisparing frå første til siste tiltak.

Skilnaden på konsepta er ei investering i utskifting av vindauger og dører som er betydeleg, og samstundes har ein negativ noverdi, men det var dette tiltaket som etter gjennomføring av

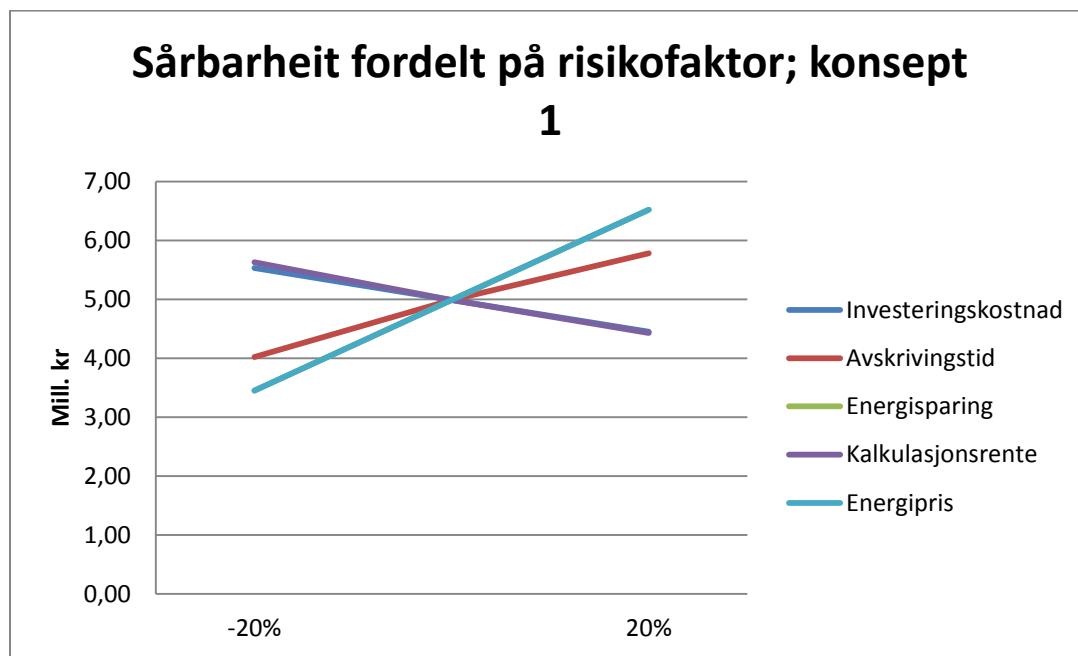
installasjon av varmegjenvinnar og etterisolering av tak var det tiltaket som var nærmast å vera lønsamt.

Totalt sett vil det altså kunne ventast ein lågare investeringskostnad for konsept 1(omkring 3,1 mill. Kr) enn for konsept 2(omkring 5,5 mill. Kr), men konsept 2 er venta å gje størst energisparing. Grunna den negative noverdien for tiltaket som skiljer konsepta, vil konsept 1 gje ein større noverdi enn konsept 2. Begge konsepta syner likevel ein positiv noverdi som heilskap.

5.2.5 Vurdering av sårbarheit

Som nemnt i kapittel 4.8 Analyse av sårbarheit er det fleire faktorar som kan medføre at skisserte løysingar kan variere i lønsemrd. Dei analyserte faktorane frå kapittel 4.8 Analyse av sårbarheit vert vidare presentert fordelt på konsept.

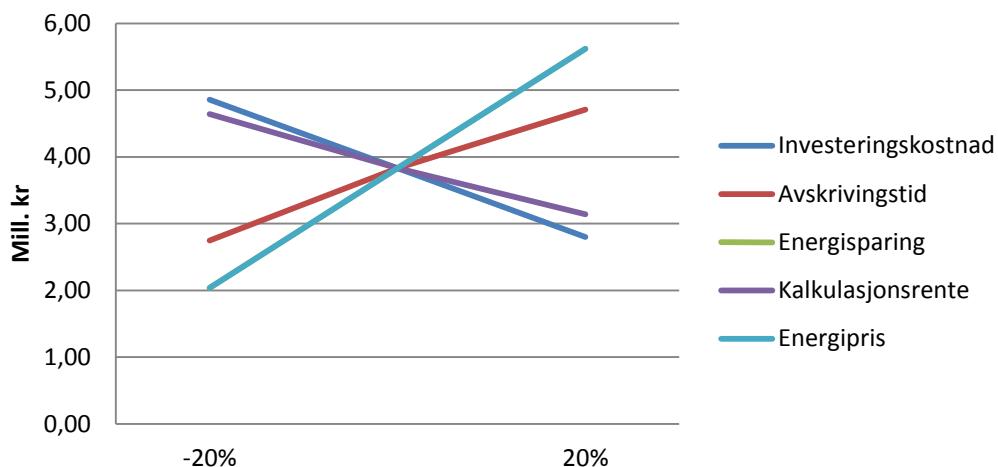
Som ein kan sjå av tabell 40 til tabell 44 i kapittel 4.8 Analyse av sårbarheit vil ikkje ei endring i ein einskild faktor på 20% verte avgjerande for verken om eit konsept eller om tiltaket som skiljer konsepta vert lønsamt. Det kan likevel tenkast at estimata som er gjort har ein feilmargin som er større enn 20%. Uansett er dei mest kritiske faktorane vorte identifisert for kvart tiltak. I figur 29 til figur 31 vert eit oversiktsbilete av kva faktor som gjev størst utslag på noverdi skissert.



Figur 29 Oversikt sårbarheit konsept 1, fordelt på risikofaktor. Merk at linja for energisparing er fullstendig dekkja av linja for energipris, ettersom ei prosentvis endring i av desse faktorane gjev same utslag på noverdi.

Som ein kan sjå av figur 29, vil det for konsept 1 vere endring i energipris og realisert energisparing som vil gje størst utslag på lønsemrd, og ein svikt i ein av desse faktorane på 20% vil redusere lønsemda med omlag 30%, men konseptet som heilheit vil framleis vere lønsamt.

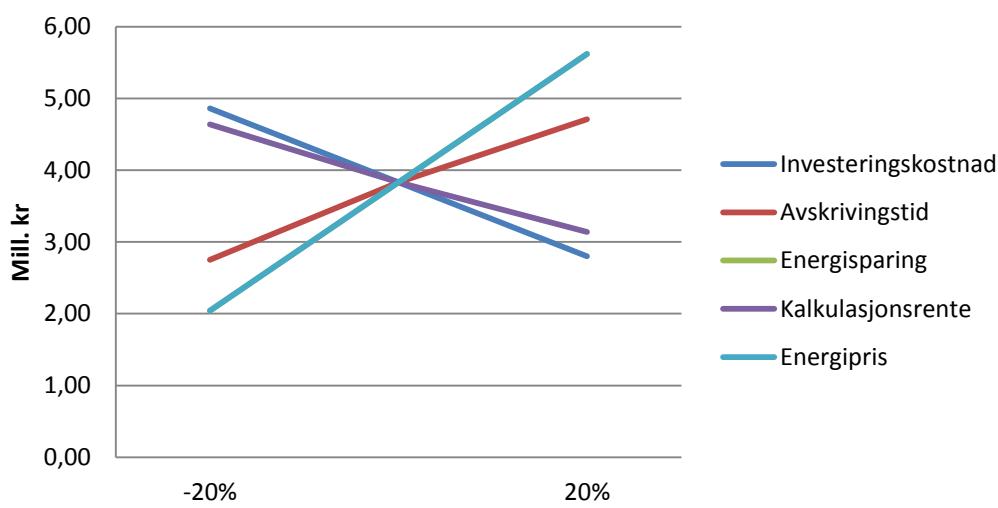
Sårbarheit fordelt på risikofaktor; konsept 2



Figur 30 Oversikt over sårbarheit konsept 1, fordelt på risikofaktor. Merk at linja for energisparing er fullstendig dekket av linja for energipris, ettersom ei prosentvis endring i av desse faktorane gjev same utslag på noverdi.

Som ein kan sjå av figur 30, vil det for konsept 2 også her vere endring i energipris og realistert energisparing som vil gje størst utslag på lønsemdu i gjennomføring. Lønsemdu svekkast med 47% ved ein 20% svikt i ein av desse faktorane, men konseptet vil framleis vere lønsamt.

Sårbarheit fordelt på risikofaktor; utskifting av vindauge og dører



Figur 31 Oversikt sårbarhet for utskifting av vindauge og dører, fordelt på risikofaktor. Merk at linja for energisparing er fullstendig dekket av linja for energipris, ettersom ei prosentvis endring i av desse faktorane gjev same utslag på noverdi.

Som ein kan sjå av figur 31, vil det for utskifting av vindauge og dører vere endring i energipris og realisert energisparing som vil gje størst utslag på lønsemd ved gjennomføring. Estimert tap ved gjennomføring vert redusert med 23% ved ein 20% betring i ein av desse faktorane.

Som fellesnemnar for både konsept 1, konsept 2 og for utskifting av vindauger og dører er altså at den mest kritiske faktoren for endring vil vere realisert energipris og energsparing i forhold til estimat. Utslaga i forhold til lønsemd viser seg å vere minst relativt sett for konsept 1. Samstundes syner analysen at eit utslag på 20% i forhold til estimert verdi for éin av faktorane ikkje vil vere avgjerande for lønsemd, men det kan likevel framleis tenkast både eit utslag som er *større enn 20%*, og at *ein kombinasjon av utslag* kan endre på dette. Dette vert ikkje gått nærmare inn på i denne oppgåva, men det bør likevel nemnast at faktorane *energipris* og *kalkulasjonsrente* gjerne har ein ikkje ubetydeleg *negativ kovarians*. Dette bidreg til at endring av ein av desse faktorane ofte samstundes medfører at òg den andre faktoren gjev utslag i same retning for noverdien (Frankel, 2012).

5.2.6 Utsleppsreduksjon av CO₂

Tabell 49 syner ei samanstilling av venta CO₂ reduksjon per år ved konsept 1 og konsept 2, samt for tiltaket som skiljer konsepta, utskifting av vindauger og dører. Tabellen syner òg total reduksjon i utslepp av CO₂ for konsepta/tiltaket over levetida.

Reduksjon i utslepp av CO ₂			
	Konsept 1	Konsept 2	Utskifting av vindauger og dører
Årleg redusert utslepp av CO ₂	283 484 kg	316 807 kg	33 323 kg
Total reduksjon i utslepp av CO ₂ over tiltaka si levetid	5 386 196 kg	6 336 140 kg	999 690 kg

Tabell 49 Årleg redusert utslepp av CO₂ og total reduksjon i utslepp av CO₂ over tiltaka si levetid.

Ved val av konsept vil det vere avgjerande å finne ein fornuftig balanse mellom økonomi og miljø. Den mest lønsame løysinga er konsept 1, som ein òg ser at sparar miljøet for ein betydeleg mengde CO₂-utslepp over tiltakas levetid.

Det ein vidare må finne ut, er om det av omsyn til miljø bør gjerast ytterlegare tiltak, altså at ein går over på konsept 2. Skilnaden på konsepta er utskiftinga av vindauger og dører, som ein kan sjå av tabell 49 sparar miljøet for 999 690 kg utslepp av CO₂ over tiltaket si levetid. Ein måte å verdsetje reduserte utslepp av CO₂, er å benytte prisen for CO₂-kvotar(EUA-kvotar) i den nordiske marknaden,

som omhandla i kapittel 2.3.2 EU:s kvotesystem. Tabell 50 syner verdien av reduksjon av CO₂ utslepp, gitt ein kvotepris på 81,78 kr/tonn.

Verdsetjing av reduserte CO ₂ -utslepp			
	Konsept 1	Konsept 2	Utskifting av vindauge og dører
Verdsetjing av redusert CO ₂ -utslepp over konsept/tiltaket si levetid	486 849 kr	569 986 kr	87 204 kr

Tabell 50 Verdsetjing av reduserte CO₂-utslepp ved anvending av kvotepris for EUA-kvotar.

Merk at dette ikkje er beløp eigar av bygget, Sogn og Fjordane fylkeskommune, kan inntektsføre. Berekningane er berre utført for å danne ei forståing av korleis systemet prisar CO₂-utslepp for kvotepliktige bedrifter.

Ein ser av tabell 50 at verdsetjinga av utsleppsreduksjon av CO₂ slår ut som ein betydeleg positiv faktor både for konsept 1 og for konsept 2. Likevel ser ein at beløpet ikkje er stort nok til å løfte utskifting av vindauge og dører til eit lønsamt tiltak, ettersom 87 204 kr er eit betydeleg mindre beløp enn den forventa negative noverdien ved tiltaket som ligg i intervallet -0,7 til -1,5 millionar kroner. Dersom EUA-kvotepris skal leggjast til grunn for valet, måtte EUA-kvotepris ha vore i intervallet 700-1600 kr/tonn for at tiltaket skulle ha kunne vorte vurdert som lønsamt.

5.4 Tilrådd løysing

Avklaringa i kapittel 5.1 Kriteriar for val av konsept og samanlikninga i kapittel 5.2 Samanlikning av konsept, har resultert i eit breidt beslutningsgrunnlag for val av løysing. Ei oppsummering av dei positive faktorane ved kvart konsept følgjer i tabell 51 under.

Oppsummering av positive faktorar ved samanlikning av konsept 1 og konsept 2	
Konsept 1	Konsept 2
Høgare noverdi og kortare tilbakebetalingstid på investering.	Meir energisparing.
Lågare investeringskostnad.	Større reduksjon i utslepp av CO ₂ frå drift av bygget.
Lønsemrd mindre sårbar for endringar i forutsetningar.	Betre inneklima grunna mindre trekk ved vindauge.
Beheld opsjonsverdien som ligg i å avvente utskifting av vindauge og dører til det vert lønsamt å etterisolera fasaden, noko som vil vera kostnadssparande å utføra samstundes.	Kjem politiske ambisjonsnivå for energireduksjon i bygg lenger i møte.
Beheld opsjonsverdien som ligg i å avvente utskifting av vindauge og dører til det vert avgjort at fasaden må takast att av andre årsakar enn energisparing.	

Tabell 51 Oppsummering av positive faktorar ved kvart konsept.

Det vert på bakgrunn av desse faktorane vurdert at konsept 1 vil vere det mest hensiktsmessige val av løysing for energieffektivisering av Sogndal vidaregåande skule avd. allmenfag.

Som bakgrunn for dette valet har det økonomiske berekraftaspektet vegd tyngst. Energisparing frå investering i varmegjenvinnar og etterisolering av tak er lønsam. Den energisparinga ein oppnår med å gjennomføre utskifting av vindauge og dører er ikkje lønsam. Det vert argumentert med at ein ytterlegare reduksjon i CO₂-forbruk som konsept 2 medfører har ein for høg kostnad per CO₂-ekvivalent til å kunne forsvarast. Ytterlegare innsparing i forbruk av CO₂ bør difor heller skje i ein annan del av den norske bygningsmassen, der dette kan gjerast til ein lågare kostnad per CO₂-ekvivalent.

6 Konklusjon og tilråding

Etter ein gjennomgang av underliggende teori, samt ei fordjuping i teorien sine applikasjonar for casebygget, og ei diskusjon av dette, følgjer her ei framstilling av denne masteroppgåvas hovudkonklusjon.

6.1 Hovudkonklusjon

Gjennomgangen av potensialutgreiinga for Sogndal vidaregåande skule avd. allmennfag har synt at det finst eit betydeleg potensial for reduksjon i energiforbruk i eksisterande bygningsmasse, og at omfanget av dette er betydeleg, dersom ein set til side kostnadene ved energieffektiviseringa. Skulens maksimale energieffektiviseringspotensial vart funne til å vere 235 kWh/m^2 , ein reduksjon frå 345 kWh/m^2 til 110 kWh/m^2 som tilfredstiller dagens krav til nybygg av skule i henhold til TEK10.

Kostnaden ved ei så omfattande energieffektivisering syner seg likevel å vere betydeleg, og medfører kostnadene per CO₂-ekvivalent spart som er betydeleg høgare enn til dømes prisen på EUA-kvotar i den nordiske marknaden. Det same kunne for casebygget allereie seiast om grensetiltaket, det tiltaket som var nærmest å kunne verte lønsamt.

Studien av casebygget syner at det for dette bygget vil vere installering av varmegjenvinnar og etterisolering av tak som vil vere dei mest hensiktsmessige tiltaka for å oppnå ei berekraftig energieffektivisering. Det må likevel påpeikast at dette i stor grad kan vere eit resultat av bygget sine forutsetnadane. Særskild nemnast bygget si noko spesielle energibruksprofil tatt i betrakning at det er eit skulebygg. Bygget er svært lite eigna for utnytting av solfangarar og solcellepanel grunna bygget si begrensa bruk i sommarmånadane. Ein generell konklusjon for desse to energieffektiviseringsløysingane er difor ikkje mogeleg å vurdere her.

6.2 Fokus for energisatsing

Det har, basert på gjennomføring av casestudiet, vist seg at energieffektivisering og endring av energiform på eksisterande bygningsmasse, i aller høgaste grad let seg gjennomføre med energievinst.

I det store biletet verkar det ikkje å vere eit mål i seg sjølv at caseeigendommen etter potensialrealiseringa skal tilfredsstille alle dei energikrav som gjeld for nybygg i TEK 10. Full gjennomføring av TEK 10, og aller helst enda betre løysingar, bør heller sjåast på som tiltak i rett retning for framtida å kunne føre opp bygningar med lågt energibehov. Når det gjeld energiforbruk bør det viktigaste vere å fokusere på å arbeide for reduksjon av netto energiforbruk, samt å innføre passive og aktive løysingar som er baserte på fornybare energikjelder.

Med utgangspunkt i myndighetene sine høge ambisjonar, vil ein slik strategi likevel kunne verte veldig dyrt, dersom ein i tillegg til dei bedriftsøkonomiske lønsame tiltaka også skal gjennomføre dei som ikkje er lønsame.

Enten må då byggeigar akseptere å ta det økonomiske tapet, eller så må myndighetene gå inn med økonomiske støtteordningar som kan løfte desse tiltaka til eit tilnærma lønsamt nivå. I så fall vil det vere skattebetalarane, uavhengig om dei er byggeigarar eller ikkje, som må betale rekninga. Dagens ordning, med høg grad av regulering for tiltak på eksisterande bygg, har resultert i at byggeigarar i høg grad ser ut til å ha valt å setje seg på sidelinja til så lenge. Dette får konsekvensar både for gjennomføring av lønsame og ulønsame energieffektiviseringstiltak, ettersom barriera for gjennomføring vert heva.

Det argumenterast for at energisatsinga i eksisterande bygningsmasse til ei viss grad bør tillatast å kunne gå på bekostning av lønsemrd. Dette for å sikre at Noreg overheld sine internasjonale forpliktingar knytta til berekraftsatsing i eksisterande bygg. Ein føresetnad bør likevel vere at tiltaka som vert sett i verk gjev betydeleg energisparing.

6.3 Anbefaling til Sogndal vidaregåande skule avd. allmennfag

Med bakgrunn i arbeidet som er gjort i denne masteroppgåva vert følgande anbefalingar gitt for Sogndal vidaregåande skule avd. allmennfag.

- Det bør installera varmegjenvinnar på skulen. Varmegjenvinnaren kan plasserast i rom på det flate taket på bygget. Det vert argumentert med at dette tiltaket er så lønsamt, at det bør kunne verte gjennomført allereie før eit eventuelt sal av skulen til Høgskulen i Sogn og Fjordane, ettersom salet syner seg å trekka ut i tid. Ny varmegjenvinnar bør ha ein varmeattvinningsfaktor på minimum 0,8 (TEK10).
- Taket bør etterisolerast innvendig med 100mm mineralull. Det vert påpeika at etterisolering av tak fører med seg stor risiko knytta til endra lastar og fukt ved etterisolering av etasjeskiljar mot kaldt loft og tak over varmt loft. Det er difor særskilt viktig at dette arbeidet blir utført på ein grundig og nøyaktig måte. For å unngå denne problematikken er det viktig at det blir utført statisk kontroll av taket, med tanke på endra snølast, i tillegg til bygningsfysiske kontollar/analysar og simuleringar.
- Det bør fokuserast på løysingar for energieffektivisering og brukaropplæring på brukar- og driftssida, blant anna ved å innføre LED-belysning, innføring av energioppfølgingsprogram og oppfølging av drift og bruk i etterkant av innførte tiltak.

- Dersom fasaden likevel om nokon år må takast att, grunna andre årsaker enn energieffektivisering, bør energieffektive tiltak som etterisolering av fasadar og utskifting av vindauger og dører vurderast på nytt. I denne samanheng bør det også utførast tetting av luftlekkasjar i overgangar, skøyter og gjennomføringar.

Utover dei konkrete tiltaksanbefalingane, vert det anbefalt at det vidare bør koblast inn fagfolk for gjennomføring av ein grundig teknisk tilstandsanalyse og utbetringsskildringar.

7 Vidare arbeid

Arbeidet med denne masteroppgåva har vist seg å vere meir omfattande og ein meir tidkrevjande prosess enn det ein først rekna med. Framleis står det att eit viktig arbeid før det kan konkluderast endeleg med korleis ein skal gå fram for å sikre ein berekraftig energibruk for Sogndal vidaregåande skule avd. allmennfag. Grunnen til det er at denne masteroppgåva si problemstilling avgrensar seg til *delar* av kartlegginga og vurderinga som må gjerast før ein kan gjere framlegg om ei *endeleg* og *heiskapleg* løysing for berekraftig energieffektivisering.

Mange av dei områda som må utgreiast og kartleggast i dei vidare arbeida er openbare og direkte knytta til masteroppgåva sine avgrensingar, omtala i kapittel 1.4 Avgrensingar. Det er likevel også avdekk nokre *nye problemstillingar* innanfor rammene for denne oppgåva-som også bør inkluderast i dei vidare arbeida. Eit framlegg til vidare arbeid vert presentert i det følgande.

7.1 Utarbeiding av ei fullstendig løysing på berekraftig energieffektivisering

Med tilvising til masteroppgåva sine avgrensingar har altså ikkje alle kriteria for berekraftig energieffektivisering vorte like mykje tekne hensyn til i sjølve utarbeitinga av løysingar. Hovudfokuset for den berekraftige potensialrealiseringa i denne masteroppgåva har berre vore på energieffektivisering og endring av energiform. Dette må det arbeidast vidare med. Ytterlegare indikatorar må inkluderast i dei vidare arbeida knytta til å lage ei fullstendig løysing på berekraftig energieffektivisering av skulen. Indikatorane som må kartleggjast og vurderast vidare er av både sosial-, miljømessig- og økonomisk art.

Når det gjeld det *sosiale berekraftaspektet* bør det i dei vidare arbeida fokuserast meir på blant anna dei effektane nosituasjon kontra tiltak har på element som brukskvalitet, inneklima, estetikk, arealeffektivitet, planløysing, funksjonalitet og universell utforming.

Innanfor det *miljømessige berekraftaspektet* bør det rettast større merksemd mot avfallshandtering, bruk av miljøvennlege material og skåning av det ytre miljø, i form av reduserte utslepp og lang materiallevetid. Det bør også inkluderast ei vurdering av heile eigedommen og materialet sin miljøpåverknad gjennom den resterande levetida (såkalla LCA-analyse).

Når det gjeld det *økonomiske berekrafaspektet* bør det i det vidare arbeidet sjåast nærmare på dei totale LCC-kostnadane for caseeigedommen si resterande levetid. Endra bygningsfysikk som følge av potensialrealisering bør også viast større merksemd, blant anna ved å simulere fukt- og varmetransport og berekning av kuldebruer.

7.2 Etterstudium knytta til caseeigedommen

Dersom det faktisk skulle syna seg å verte gjennomført oppgraderings- og rehabiliteringsarbeid med energieffektiviseringstiltak på caseeigedommen, slk det er føreslege i denne masteroppgåva, bør det vurderast å gjennomføre eit etterstudium. Eit etterstudium vil truleg kunne vere til stor nytte for liknande arbeid med berekraftig energieffektivisering som fokus også i framtida. Dette fordi eit etterstudium blant anna vil kunne avdekke særskilde utfordringar i samanheng med sjølve planleggings- og utføringsfasen.

7.3 Behov for diskusjon knytta til omfang av energieffektivisering av eksisterande bygg

I denne masteroppgåva er det synleggjort eit behov for å få utgreidd i kor stor grad ein skal energieffektivisere eksisterande bygningsmasse i Noreg, og korleis myndighetene skal kunne stimulere til å gjennomføre tiltak i det omfang som vert vedteke. Det politiske ambisjonsnivået er høgt, og det verkar for denne studenten å kanskje vere *for* høgt. Som eit bidrag til denne diskusjonen har eg, som student utan mykje erfaring, lagt fram nokre argument som eg vonar kan nyttast i denne samanheng. Mest truleg finst det mange fleir argument som bør kome fram. Difor er det i aller høgaste grad behov for at øg andre personar, gjerne med meir erfaring, heng seg på i diskusjonen. På denne måten vil ein truleg kunne skape ein fruktbar debatt om tema og utfordringar som ser ut til å verte særskilt aktuelle å diskutere dei kommande åra.

8 Referanseliste

Aftenposten. (2011, March 15). *Norsk kraftpris på Europatoppen*. Henta December 19, 2011 frå

Aftenposten: <http://www.aftenbladet.no/energi/Norsk-kraftpris-p-Europatoppen-1841659.html>

Andersen, I. (2008). *Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus. En introduksjon*. Oslo: SINTEF Byggforsk, Enova og Husbanken.

AP, H, KrF, SP, SV, V. (2008). Klimameldingen. Oslo.

Austereng, K. (2008). *Del 3: Byggeøkonomi, eksempel (Kompendium TBA 4135 Organisasjon og økonomi i BA-prosjekt)*. Trondheim: NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport, faggruppe prosjektleidelse og anleggsteknikk.

Bastianoni, S. P. (2007). Energy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Embuilding indices to evaluate housing sustainability.

Bayley, A. &. (2008). *Sustainable development, linking economy, society, environment*. Paris: OECD.

Bjørberg, S. &. (2007). *Livsløpsplanlegging og tilpasningsdyktighet i bygninger*. Henta 5 27, 2012 frå http://www.metamorfose.ntnu.no/dok/rapporter/LivsloepsplanSept07_MC_Bjoerberg_LArsen.pdf.

Bjørberg, S. (2003). *Tilstandsanalyse, innføring og prinsipper*. Oslo: Norges forskningsråd, Norges bygg- og eiendomsforening, RIF og Multiconsult.

Bjørberg, S. M. (2008). *Ord og uttrykk innen Eiendomsforvaltning - Fasilitetstyring*. Henta 12 1, 2011 frå <http://www.nbef.no/fileadmin/Dokumenter/orduttrykk.pdf>

Blakstad, S. H. (2008). *Methods and tools for evalutation of usability in buildings*. Trondheim: NTNU/SINTEF Byggforsk.

Blakstad, S. H. (2009). *USEtool Evaluering av brukskvalitet - METODEHÅNDDBOK*. Trondheim: NTNU/SINTEF Byggforsk.

Bohne, R. A. (2011). Miljøprestasjonen må være bedre over tid. *Konsekvenser av klimaendringer for bygde miljø*. Trondheim: NTNU.

BP. (2011). *Statistical energy review*. London.

Bygg for framtida. (2009). *Miljøhandlingsplan for bolig- og byggsektoren 2009-2012*. Oslo: Kommunal og regionaldepartementet.

Bygg.no. (2011, August 21). *Stortingsmelding om bygningspolitikk forsinket*. Henta November 2, 2011 fra Bygg.no: <http://www.bygg.no/2011/08/stortingsmelding-om-bygningspolitikk-forsinket>

Byggmiljø. (2009). Veileder: Innføring i energieffektiv, miljøvennlig og robust oppgradering av bygninger. Oslo: Byggmiljø.

Bøhn, T. U. (2006a). *Energiattestens tiltaksliste, Veiledning til næringsbyggrådgivere*. Oslo: Multiconsult.

Bøhn, T. U. (2006b). *Energiattestens tiltaksliste, Veiledning til boligrådgivere*. Oslo: Multiconsult.

CEJournal. (2010, January 16). *Whither global cooling?* Henta November 24, 2011 fra CEJournal: <http://www.cejournal.net/?p=2740>

Dalehaug, A. (2011, December 14). Amanuensis ved institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU.

ECB. (2011). *Monetary Policy*. Henta December 18, 2011 fra ECB: <http://www.ecb.int/mopo/html/index.en.html>

Energieilederen. (2012). *Varmeoverføringsprinsipper*. Henta 4 15, 2012 fra <http://www.energiveilederen.no/index.php?group=732&art=3135>

Enova. (2010, September 29). *Bytt til 3-lags lavenergivindu*. Henta October 4, 2011 fra Enova: <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3199>

Enova. (2010, March 3). *Etterisoler*. Henta October 20, 2011 fra Enova HJEMME: <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3200>

Enova. (2011). *STØTTE TIL EKSISTERENDE BYGG OG ANLEGG*. Henta December 10, 2011 fra Enova: <http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3945>

Enova. (2011). *STØTTE TIL EKSISTERENDE BYGG OG ANLEGG*. Henta December 10, 2011 fra Enova: <http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3945>

Enova. (2011). *STØTTE TIL PASSIVHUS OG LAVENERGIBYGG*. Henta December 10, 2011 fra Enova: <http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3949>

Enova. (2011). *Tilskuddsordningen for husholdninger*. Henta December 18, 2011 fra Enova: <https://tilskudd2006.enova.no/default.aspx>

Europalov. (2011). *Bygningsenergidirektivet (til 1.2.2012): Energieffektivitet i bygninger*. Henta 12 8, 2011 fra <http://europalov.no/rettsakt/bygningsenergidirektivet>

European Environment Agency. (2011, April 13). *Climate change targets: 350 ppm and the EU two-degree target*. Henta November 14, 2011 fra European Environment Agency: <http://www.eea.europa.eu/highlights/climate-change-targets-350-ppm-and-the-eu-2-degree-target>

Finansdepartementet. (2008). *Norges strategi for bærekraftig utvikling*. Oslo: Finansdepartementet.

Firdaposten. (2010, August 23). *Energibruken kan halveres*. Henta November 20, 2011 fra Firda.no: <http://www.firdaposten.no/bolig/article5234997.ece>

Fjernvarme.no. (2012). *Fjernvarme.no*. Henta 5 3, 2012 fra Fjernvarme et miljøvennlig alternativ: http://www.fjernvarme.no/uploads/Brosjyrer/nf_brosjyre_standard.pdf

FN. (1998). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto: FN.

FN. (2004). *Johannesburg Declaration on Sustainable Development*. Henta 2 14, 2012 fra http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POI_PD.htm

FN. (2007). *Climate change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries*. Bonn, Germany: United Nations Framework Convention on Climate Change.

FN. (2011). Framework Convention on Climate Change. *Compilation of economy-wide emission reduction targets to be implemented by Parties included in Annex I to the Convention*. Bonn.

Fornybar.no. (2012). *Fornybar.no*. Henta 5 3, 2012 fra Solenergi: <http://fornybar.no/>

Frankel, J. (2012). *The Effect of Interest Rates on Commodity Prices*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University.

Gjerstad, F. H. (1996). *Enøk i bygninger, effektivt energibruk*. Oslo: Universitetsforlaget.

Gjerstad, F. H. (1996). *Enøk i bygninger, effektivt energibruk*. Oslo: Universitetsforlaget.

Gustavsen, A. (2010). Forelesning om byggsektorens energi- og klimautfordringer, Zero Emission Buildings. Trondheim: NTNU.

- Haugen, T. (2008). *Temahefte 1 Facility Management - Forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling av bygninger*. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag og NTNU Fakultet for arkitektur og billedkunst.
- Hellevik, O. (1991). *Forskningsmetode i sosiologi og statsvitenskap*. Oslo: Universitetsforlaget, s. 14.
- IEA. (2008). *World Energy Outlook*. Paris.
- IEA. (2011). *International Energy Outlook*. International Energy Agency.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis report. Summary for Policymakers*. Geneve: IPCC.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Kasotia, P. (2007, June 1). *The Health Effects Of Global Warming: Developing Countries Are The Most Vulnerable*. Henta November 5, 2011 frå UN Chronicle:
http://www.un.org/wcm/content/site/chronicle/cache/bypass/home/archive/issues2007/pid/5015?ctnscroll_articleContainerList=1_0&ctnlistpagination_articleContainerList=true
- Klima og Forurensningsdirektoratet. (2012). *Kjøp et bestemt antall kvoter*. Henta 6 6, 2012 frå Klimakovter: <http://co2.klif.no/en/-HANDEL-/Kjop-et-bestemt-antall-kvoter/>
- Klimakur 2020. (2010). *Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020*. Oslo: Klima- og forurensningsdirektoratet.
- KRD. (2004). *Velholdte bygninger gir mer til alle - Om eiendomsforvaltningen i kommunesektoren (NOU2204:22)*. Oslo: Statens forvaltningstjeneste, Informasjonsforvaltning.
- KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg. (2010). *Sluttrapport*. Oslo: Kommunal og Regionaldepartementet.
- Larsen, G. (2012, 05 25). (T. M. Tokvam, Intervjuar)
- Lavenergiprogrammet. (2011, March 28). *Politiske mål*. Henta December 7, 2011 frå Lavenergiprogrammet: <http://lavenergiprogrammet.no/politiske-maal/category140.html>
- Lavenergiutvalget. (2009). *Energieffektivisering*. Oslo.
- Lovdata. (2010). *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*. Oslo: Justisdepartementet.

McKinsey. (2009). *Pathways to a low-carbon economy*. New York: McKinsey.

Miljøstatus i Norge. (2012). *Bygningsarven*. Henta 4 1, 2012 frå

<http://www.miljostatus.no/Tema/Kulturminner/Bygningsarven/>

Miljøverndepartementet. (2011). *Oftre stilte spørsmål om klima*. Henta December 15, 2011 frå Klima:

<http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/tema/klima/Sporsmal-om-klimaendringene.html?id=449643#klimakovter>

Multiconsult. (2011). *Konsekvensanalyse av å innføre nye forskriftskrav til energieffektivisering av bygg*. Oslo: Multiconsult.

Nasdaq OMX. (2012, 6 10). *Commodities - Nordic electricity*. Henta 6 10, 2012 frå

http://www.nasdaqomxcommodities.com/trading/marketprices/market_summary/

NHO. (2003). *Corporate Social Responsibility*. Henta 2 14, 2012 frå

http://www.nho.no/getfile.php/filer%20og%20vedlegg/18032corporate_social_responsibility.pdf

NHO. (2012). *Samfunnsansvar*. Henta 2 14, 2012 frå <http://www.nho.no/samfunnsansvar/>

Nordby, K. (2009). *Plusshus, ZERO-rapport*. Oslo: ZERO og Tekna.

Nordby, K. (2009). *Plusshus, ZERO-rapport*. Oslo: ZERO og Tekna.

Norsk Klimasenter. (2009). *Klima i Norge 2010*. Norsk Klimasenter.

Norsk Teknologi. (2008, Juni). Energibruk i bygg. *Hefte nr. 8*, s. 4.

NVE. (2008, October 17). *Hvor klimaskadelig er norsk elforbruk?* Henta December 10, 2011 frå

<http://www.nve.no/Global/Seminar%20og%20foredrag/Energidagene%202008/Sesjon%201/CO2-utslipp%20fra%20norsk%20elforbruk,%20kli%2015.10.2008.pdf>

NVE. (2011). *Energimerking av bygg*. Henta 2 7, 2012 frå <http://energimerking.no/no/Energimerking-%C2%AD%E2%80%90Bygg/>

NVE. (2012). *Karakterskalaen*. Henta 3 1, 2012 frå <http://energimerking.no/no/Energimerking-Bygg/Energimerking-av-bygg/Om-energiattesten/>

Olsson, H. &. (2003). *Forskningsprosessen, Kvalitative og kvantitative perspektiver*. Oslo: Gyldendal.

Olsson, N. (2009). *Praktisk rapportskriving*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.

Programbyggerne. (2012). Henta 04 15, 2012 frå www.programbyggerne.no

Regjeringen. (2008). *Klimatilpasning i Norge*. Henta November 14, 2011 frå Regjeringen.no:

http://www.regjeringen.no/upload/MD/Vedlegg/Klima/Klimatilpasning/Klimatilpasning_red_egrjorelse150508.pdf

Regjeringen.no. (2011, 2 5). *Energiomlegging*. Henta 11 8, 2011 frå Regjeringen.no:

<http://www.regjeringen.no/nb/sub/framtidensbyer/Fagstoff-og-regelverk/Fagstoff-og-regelverk---Energi-i-bygg/-2/nasjonal-politikk/energiomlegging-.html?id=548175>

Rockwool. (2011). *Hvor mye kan jeg spare ved å etterisolere mitt hus?* Henta December 16, 2011 frå Rockwool:

<http://www.rockwool.no/r%C3%A5d+og+veiledning/beregningssprogrammer/spar+pengar>

Ruud, E. (2012, 4 12). Driftstekniker, Sogndal vidergående skole. (T. M. Tokvam, Intervjuar)

Samset, K. (2008). *Forelesning om forskningsmetoder, TBA4715*. Trondheim: NTNU, s. 8, 11, 36, 49-50.

Samset, K. (2008). Prosjekt i tidligfasen, valg av konsept. (ss. 171-172, 174). Trondheim: Tapir akademiske forlag.

SINTEF Byggforsk. (2002). Varmegjenvinnere i ventilasjonanlegg. 552.340.

SINTEF Byggforsk. (2003). *Etterisolering av betong- og murvegger*. Oslo: SINTEF Byggforsk.

SINTEF Byggforsk. (2003). *Etterisolering av betong- og murvegger*. Oslo: SINTEF Byggforsk.

SINTEF Byggforsk. (2004). *Fiin gammel aargang - Energisparing i verneverdige hus*. Trondheim: SINTEF Byggforsk.

SINTEF Byggforsk. (2009). *Etterisolering*. Trondheim: SINTEF Byggforsk.

SINTEF Byggforsk. (2010). *Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpassing*. Oslo, Trondheim.

SINTEF Byggforsk. (2011). *Hold tett! Hvorfor, hvordan og hvor tett?* Henta 1 24, 2012 frå <http://www.sintef.no/home/404/?aspxerrorpath=/upload/Byggeindustrien%2008-%C2%AD%E2%80%902010>

Sogn og Fjordane Fylkeskommune. (2012). *Sogndal vidaregåande skule*. Henta 5 1, 2012 frå [http://www.sogndal.vgs.no/cms/sogndal/cms.nsf/\\$all/7F200A106E689F88C125735C0039B626?open&qm=wcm_1,3,2,0](http://www.sogndal.vgs.no/cms/sogndal/cms.nsf/$all/7F200A106E689F88C125735C0039B626?open&qm=wcm_1,3,2,0)

SSB. (2011, May 25). *Utslipp av klimagasser. 1990-2010. Foreløpige tall*. Henta December 2, 2011 frå SSB.no: <http://www.ssb.no/klimagassn/>

SSB. (2011, October 3). *Vått vær ga billigere strøm*. Henta November 26, 2011 frå SSB.no: <http://www.ssb.no/elkraftpris/>

SSB. (2011). *Økende befolkningsvekst noen år til*. Henta December 19, 2011 frå SSB: <http://www.ssb.no/emner/02/03/folkfram/>

Standard Norge. (1995). *NS 3424 Tilstandsanalyser for byggverk*. Oslo: Standard Norge.

Standard Norge. (2000). *Norsk Standard NS 3454, Livssykluskostnader for byggverk - Prinsipper og struktur*. Oslo: Standard Norge.

Standard Norge. (2010). *Byggekostnadsprogrammet, Standarder for fasilitetsstyring, Prosjektrapport 2005-2009*. Oslo: Standard Norge.

Statens Forurensningstilsyn. (2005). *Reduksjon av klimagassutslipp i Norge. En tiltaksanalyse for 2010*. Oslo: Statens Forurensningstilsyn.

Stien, H. (2011). *Bærekraftig realisering av potensialet i 1800-tallets murgårder. På bekostning av bevaringstanken?* Trondheim: NTNU.

Sundolitt. (2011). *Sundolitt byggisolasjon - Etterisolering av bygg - lønnsomt og miljøvennlig - rask inntjening av investering*. Ålesund: Brødr. Sunde AS.

The Energy Collective. (2010, December 13). *What Happened (and Why): An Assessment of Cancun Agreements*. Henta October 24, 2011 frå The Energy Collective: <http://theenergycollective.com/robertstavins/48545/successful-outcome-climate-negotiations-cancun>

Tokvam, T. M. (2011). *Tekniske løsninger og offentlige virkemidler for bærekraftig oppgradering av eksisterende bygningsmasse*. Trondheim: NTNU.

VG. (2011, November 7). *Finansdepartementet vil bryte klimaavtale*. Henta December 7, 2011 frå <http://www.vg.no/nyheter/utenriks/klimatrusselen/artikkel.php?artid=10031461>

VG. (2011, November 11). *SV truer med å rømme regjeringen*. Henta December 14, 2011 frå <http://www.vg.no/nyheter/innenriks/norsk-politikk/artikkel.php?artid=10015581>

Vidnes, H. (2011). *Norsk VVS*. Henta 05 10, 2012 frå Roterende mest realisitsk: <http://www.norsk-vvs.no/article/20110830/NYHETER/110829982/1026/ventilasjon&ExpNodes=1026>

Westvik, M. (2012, 04 12). Sivilingeniør, Sogn og Fjordane fylkeskommune. (T. M. Tokvam, Intervjuar)

World Commision on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. London: United Nations.

9 Vedlegg

Det er 8 vedlegg til denne masteroppgåva:

- Vedlegg 1: Masteroppgåvetekst
- Vedlegg 2: Teknisk tilstandsanalyse
- Vedlegg 3: Bilete
- Vedlegg 4: Teikningar
- Vedlegg 5: Energisimulering Simien
 - Årssimulering av nosituasjon
 - Årssimulering av konsept 1
 - Årssimulering av konsept 2
- Vedlegg 6: Energibruksprofil 2007-2011
- Vedlegg 7: Systemforslag varmepumpe
- Vedlegg 8: Kostnadsberekingar og forventa energisparing

I tillegg er SIMIEN-fila for energisimuleringane vedlagt som eit digitalt vedlegg.

MASTEROPPGAVE
TBA4930 Eiendomsutvikling og forvaltning, masteroppgave

VÅREN 2012
for
Tor Mikkel Tokvam

Bærekraftig energieffektivisering av eksisterende bygninger
- Energieffektivisering av Sogndal vidaregåande skule

BAKGRUNN

I et samfunn med økt fokus på bærekraftig utvikling og redusert energiforbruk er bygningsmassen et viktig moment å ta hensyn til. Store bygningsmasser med ulike kvaliteter og tilstander representerer muligheter og utfordringer for å ta viktige steg mot en mer bærekraftig utvikling. Det finnes mange kriterier som må vurderes for hver enkelt bygning, enten det er snakk om nybygg eller eksisterende bygningsmasse. Krevende mål og en offensiv bygningspolitikk fra statens side representerer på mange måter et startskudd for nødvendig kompetanseheving i bransjen. Flere passivhusprosjekter er allerede gjennomført med hell, men fortsatt er det mange utfordringer og tiltak med denne bygningsstanden som må løses eller forbedres.

Myndighetene har varslet at de ønsker å innføre lavenergistanndard fra 2015 og passivhusstandard fra 2020 på totalrenovering av eksisterende bygg. Hensikten med denne offensive holdningen er at frem til år 2040 skal energiforbruket i den norske bygningsmassen halveres fra 80 TWh/år til 40 TWh/år. Ser man dette i sammenheng med at 80 prosent av dagens eksisterende bygningsmasse kommer til å stå i år 2050, forstår man viktigheten av å utnytte muligheter som passivhusstandarden introduserer, samt løse eventuelle utfordringer på en god måte.

OPPGAVE

Beskrivelse av oppgaven

Oppgavetekst:

Med basis i samfunnets behov for reduksjon i energiforbruk, hvordan kan bygningsmassen optimaliseres for å redusere energiforbruket - og hva vil det koste? Hvilke tiltak vil være mest hensiktsmessige for å oppnå bærekraftig energieffektivisering av eksisterende bygninger?

Målsetting og hensikt

Hensikten med denne oppgaven er å kartlegge hvilke muligheter som finnes for bærekraftig energieffektivisering av eksisterende bygg, med energieffektivisering av Sogndal vidaregåande skule som case.

Målsetningen er å finne ut hvordan nåværende og fremtidig politikk påvirker energieffektivisering av eksisterende bygninger mht valg av tekniske løsninger og lønnsomhet.

Deloppgaver og forskningsspørsmål

- Teoretisk del
 - *Det skal gjennomføres et litteraturstudium innen emnet, og ulike tekniske løsningene skal kartlegges med hensyn på miljøgevinst og kostnad.*
 - *Mulige tekniske løsninger skal kartlegges med hensyn til effekt og kostnad.*
 - *Offentlige virkemidler skal belyses og drøftes opp mot de mulige tekniske løsningen, i en lokal og regional kontekst.*
- *Det skal utføres et case-studium.*
 - *Mulige tekniske løsninger skal kartlegges med hensyn til effekt og kostnad.*
 - *Det skal drøftes hvilken effekt offentlige virkemidler vil ha for caset*
- Konklusjon

GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidingen og selvstendighet i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelseide med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- forord
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- innholdsfortegnelse inklusive oversikt over figurer, tabeller og vedlegg
- om nødvendig en liste med beskrivelse av viktige betegnelser og forkortelser benyttet
- hovedteksten
- referanser til kildemateriale som ikke er av generell karakter, dette gjelder også for muntlig informasjon og opplysninger.
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.
- besvarelsen skal ha komplett paginering (sidenummerering).

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel. Arbeidet leveres da også med rapportforside og tittelseide og om nødvendig med vedlegg som dokumenterer arbeid utført i prosessen med utforming av artikkelen.

Se forøvrig «Råd og retningslinjer for rapportskriving ved prosjektarbeid og masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport». Finnes på <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>

Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjennelse fra NTNU (og eksterne samarbeidspartnere der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om

det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.
Beskrives her når dette er aktuelt. Se <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befaring, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>.

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Innleveringsfrist:

Arbeidet med oppgaven starter 16. januar 2012.

Besvarelsen leveres senest ved registrering i DAIM innen 11. juni 2012 kl 1500.

Faglærer ved instituttet: Rolf André Bohne

Kontaktperson hos ekstern samarbeidspartner: Magne Westvik, Sogn og Fjordane Fylkeskommune.

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Revidert, dato: 10.06.2012

Underskrift



Faglærer

Tilstandsrapport, Sogndal vidaregåande skule, avd. allmennfag.

1. Egedoms- og bygningsinformasjon

Sentral objektsinformasjon:

Lokalitet: Lunnamyri 2, 6856 Sogndal

Bruksnamn på eideom: Sogndal vidaregåande skule avdeling allmennfag

Bygningsart: Skule

Kommunenummer: 1107

Kommune: Sogndal

Fylke: Sogn og Fjordane

Gards og bruksnummer: 19/52 f7

Adresse: Lunnamyri 2, 6856 Sogndal

Namn og adresse på eigar: Sogn og Fjordane fylkeskommune. Askedalen 2, 6863 Leikanger.

Byggeår: Allmennfag ferdigstilt 1965. Tilbygg ferdigstilt 1991. Tilfluktsrom 1 og 2 ferdigstilt 1992.

Funksjon: Allmenfag er eit undervisingsbygg, medan tilbygget er eit administrasjonsbygg (kontor).

Antal etasjar: 2

Bebygde areal: 4710 m²

Bygningsmessig skildring: Bygningen er ein del av Sogndal vidaregåande skule som er ein del av Fosshaugane campus.

FDV-informasjon/grunnlagsmaterial:

Planteikningar og tidligare rapportar er gjennomgått før befering (dokumentanalyse).

Befaring

Befaringsdato: 23.4.2012

Befaringsdeltakarar: Eivind Ruud (Driftsteknikar, tidl. Driftsleiar Sogndal vidaregåande skule), Tor Mikkel Tokvam

2. Resultat frå analysen

Bygningen er i OK stand med tanke på byggeår.

Bygningen har merkbar slitasje etter lang brukstid, og ettersom vedlikehaldet dei siste ti åra har vore minimalt, vert tilstandsgraden for bygningen satt som heilskap satt til 2.

Utstyr:

Utstyret som har vorte nytte under tilstandsregistreringa er: Måleband/tommestokk, kamera, skrivesaker, registreringsskjema og kopi av teikningar.

Omfang av analysen:

Tilstandsanalysen er utført i tråd med NS 3434 Tilstandsanalyse av byggverk. Tilstandsanalysen er gjennomført på nivå 1, og består av visuelle observasjonar og enkle målingar, samstudnes som relevant FDV-dokumentasjon er innhenta.

Registreringar:

Fundament (inkl. grunnmur)

Basert på teikningar, og utan nærmere undersøking, er det funne at bygget er fundamentert på utskifta masse, kult berelag. Det er registrert mindre setninger mellom hovudbygget og tilfluktsrommet. Dette har gjeve lekkasjar inn i bygget tidlegare, men er no tetta med silikon. Laus puss (bom) kan fjernast og det kan pussast att, eventuelt foreta innsprøyting av ekspansjonsmasse for fjerning av vassinnsg.

Drenering

Utvendig drenering. Ikkje teikn til fuktinntrenging i kjellarkontstruksjon. Drenering er difor anteke å vere god.

Beresystem

Berande betongstøpte søyler. Det er registrert nokre setninger i golvet ved heis, etter at heis vart installert i etterkant. Det er og registrert nokre setninger i berande betongkonstruksjonar i kjellaren, men desse er likevel ikkje av eit slikt omfang at det er nokon fare for samanbrot, og det er difor ikkje tilrådd å gjera noko særskild med dette no. Byggherren bør likevel fylgja med på om dette utviklar seg vidare.

Yttervegger primærkonstr.

Teglsteinsveggar med mineralull og bindingsverk. Utvendige teglsteinssvangar er rimeleg bra, men det er registrert nokre lause steinar i skråtopp på teglsteinssvanga i gavlveggane mot sør-vest. Lause steinar bør festast. Det er anteke ein U-verdi i ytterveggane på $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Vindauger

Trevindauge i skulen er ikkje skifta sidan montering i 1965. Vindauge frå 1991 på tilbygget er heller ikkje skifta. For øvrig er nokre vindauger skifta som følgje av knusing, i så tilfelle har vindauge med standard frå tidspunkt for utskifiting vorte sett inn. Vindauga er anteke å ha ein dårlig varmeisolasjon (høg U-verdi) og følgeleg høgt varmetap. Vindauga syner teikn til alderdom, og vindaugskarmar er dårlig isolerte. Det trekk frå vindauga. Vindaugar bør skiftast med nye energieffektive vindauger.

Innvendige dører

Dei fleste innvendige dører er ståldører. Nokre få av desse dørene har fått omfattande skader i hengsler. (dette er delvis reparert). Klasseromsdørene held ikkje dagens forskriftskrav for branncelledeling. Bør difor skiftast ut med nye ståldører som tilfredstiller krav til branncelleinndeling, og som kan tåle den høge slitasjen hengsler får på skulebygg.

Utvendige dører

Glasdører med glasveggar i stålutføring, samt nokre tredører. Dørene har truleg høg U-verdi, ettersom dei ikkje har vorte skifta sidan bygget vart oppført.

Ytterveggar – utv. Kledning

Eit par utvendige kledningsplater inn mot flatt tak på tilbygg har løysna og sprukke. Skada plater bør før skiftast og ein sjekk bør takast på resten av platene for festing.

Utvendig pussa betong på sør-vest fasaden og på tilbygg mot nord-aust har malingsavflassing. Laus maling bør fjernast og det bør utførast ny overflatebehandling.

Det er òg registrert noko saltutslag på teglvegger, spesielt om våren. Dette vert normalt vaska bort iløpet av 1-2 månader, og treng ikkje å gjerast noko med.

Utvendig kledning og dekkbord rundt vindauger er til dels kraftig utturka og oppsprukke, spesielt på sør-vestfasaden. Alt utvendig treverk bør overflatebehandlast med 2 strøk beis, og eventuelt treverk som er skadd bør skiftast.

Innerveggar

Lettveggar i tre mot betong skiljer klasseromma i andre etasje. Betongveggar i første etasje. Det er registrert noko laus puss på betongveggar i underetasjen i gang ved toaletta. Laus puss bør fjernast, og ny puss og ny maling bør påførast.

Dekke, primærkonstr.

Det er lagt linoleumsbelegg i store delar av skulen. Dette har halde bra heilt fram til no. På ein del rom begynner det likevel å bli behov for utskifting av golvfliser av linoleum. Det bør skiftast ut omtrent 2000 m² med belegg på heile skulen.

Ein del golv/golvbelegg i kjellaren har synlege riss/setningar i golvet. Ved legging av nye golv må desse rissa utbetrast og golva avrettast med avrettingsmasse.

Takkonstruksjonar

Det er registrert ein del lause beslag i underkant vegg ned mot flatt tak av papp. Det bør gjerast ein sjekk av og festing av lause beslag, evt. utskifting av øydelagte beslag.

Takvindauge

Takvindaugen i tilbygget har truleg därleg U-verdi, ettersom det er bygd etter krav i gammal teknisk forskrift.

Taktekking

Eksisterande flatt papptak over korridor har ein del lekkasjar som har vorte tetta fortløpende. Papptaket er dekka med singel. Taktekkinga må truleg snart skiftast. Resterande skråtak vart lagt nytt i ca 1993, og består av plana takpanner. Tilstanden på skråtaket er OK.

Takrenner og nedløp

Det er problem med takrennene om vinteren, fordi snøen som sig av taket (mangler snøfangarar) delvis frys til is og samlar då opp store mengder snø og is som bryt ned takrennene og takrennenedløpa. Det bør monterast snøfangarar, reparasjon av takrenner samt montering av beslag frå takrenne og opp på taket for å forsterka takrennene, samt reparasjon av takrennenedløp.

Trapper og rampar

Det er riss i golv ved to av trapperomma, som følgje av røyrslle i grunnen over tid. Rissa bør følgjast med på , for å dokumentere eventuell utvikling av setningar. Driftsteknikar ved bygget har ikkje sett endring i denne tilstanden på mange år.

VVS-installasjonar

Det er ikkje observert/erfart særskilde problem med ledningsnett. Det meste av sanitærutstyret er 45 år gammalt og mange av armaturar/utstyr bør skiftast

Luftbehandling

Tilluftsanlegg med kapasitet på ca. 25.000 m³/t som er plassert i fyrrom. Tidlegare kombinert ventilasjons-/varmeanl. og varm/kald streng med blandeboksar foran tilluft til rom (Bygget fekk i 1991 radiatoranlegg) Anlegget har berre hatt naudsynt vedlikehald sidan 1965. Det er lite spjeld og lydfeller ute i anlegget . Ingen varmegjenvinning og mangefull branncelleoppdeling! Nytt ventilasjonsanlegg for heile gymnasbygget bør installera, med ein kapasitet på ca. 30.000 m³/t, komplett med roterande varmgjenvinnar og automatikk. Anlegget anbefalast plassert i nytt teknisk rom på tak(over korridor) og kanalføringar i oppbygg over korridor og direkte til rom i 1. etg. Ned i sjakt(er) til u.etg. Eksisterande korridormølling kan behaldast tilnærma urøyrd.

Elkraftanlegg

Varmeanlegget er tilknytta SD-anlegg, og oppvarming skjer med radiatorar. To oljebrennarar frå 1964/1974 blir nytta ved behov vinterstid. Eksisterande oljekjelar/brennarar treng utskifting. Radiatorsystemet fungerer godt. Bygningen står på jamn varme utan nattsenking ettersom betongbygningen er såpass langsom i oppvarming/kjøling, og dette har vist seg å vere det mest økonomiske når ein medrekner avgifter for maks uttak frå straumnettet. Overgang til meir energi- og miljøvenleg elkraftanlegg bør vurderast.

Vedlegg 1 - Tilstandsregistrering Sogndal vidaregående skule

Kontaktperson for omsynig: Eivind Ruud

Deltakarar: Eivind Ruud (driftsteknikar Sogndal vidaregående skule), Tor Mikkel Tokvam.

Registreringsdato: 23.04.2012

Værforhold under registrering: Lettskya, 15 oC

Registrert av: Tor Mikkel Tokvam

Referansenivå i følge NS3423: Nivå 1

Bygningsdel	Konstruksjon, materiale, overflate	Bildetilvising	Tilstand		KG	Vurdering		
			Tilstandsbeskriving	TG		Årsak/konsekvens	Tilrådde tiltak	
Fundament (inkl. grunnmur)	På utskifta masse, kult berelag. Andre etasje: Barkett under vegg og søylefundament.		Det er registrert mindre setningar mellom hovudbygget og tilfuktsrommet. Dette har gjeve lekkasjer inn i bygget, men er no tetta med silikon.	1		Skuldast truleg mindre rørslar i grunnen over tid.	Tiltak: Fjerning av laus puss (bunn) og lattspussing, evt. innspøyting av ekspansjonsmasse for fjerning av vatninnsg.	
Drenering	Utvendig drenering.		Ikkje teikn til fuktintrentenging i kjellarkonstruksjon.	1	-	-	-	
Beresystem	Betonstøpt. Berande betongstøpte søyler.	7	Det er registrert setningar i golvet ved heis (skadar på golflisen).	1 1 (Ø, S, E)		Dette skuldast truleg belastninga grunna utskjering av heissjakt i ettertid. Det er vidare registrert ein del sprekker i berande betongkonstruksjonar i kjellaren. Desse er likevel ikkje av eit slikt omfang at det er nokon fare for samanbrot, og det er difor ikkje tilrådd å gjera noko særskilt med dette no. Byggherren bør likevel fylgia med på om dette utviklar seg vidare.	-	
Yttervegger primærkonstruksjon	Teglestein, 100mm minull, bindingsverk-/betongkonstruksjon. Leca, 100mm mineralull, bindingsverk-/betongkonstruksjon.	10	Utvendige teglesteinsvanger er rimeleg bra, men det er registrert nokre lause steinar i skrattopps på teglesteinsvangen i gawweggane mot sør-vest.	1 1 (Ø)			Festing av lause steinar/laus topp av vange påny.	
Vindauga	Trevindaugene i skulen er ikkje skifta sia montering i 1965. Vindauga frå 1991 på tilbygget. 2lags isolerglas.	1	Tilstanden er rimeleg bra, sett i heve til alderen. Det er noko dålede pakningar (spesielt for vindauge oppunder taket i klasseromma inn mot det feste taket) samt noko dålede treverk utvendig (utterka og oppsprukke). Dette gjeld spesielt vindauane mot nord-vest. Fastvindaugene er innlista. Isolasjonsverdien på vindauane er likevel dålegrare enn dagens standard.	2 2 (H, Ø)		Alderdom på vindauga (frå 1965 og 1991), dåleg isolerte vindaugskarmar. Trekk frå vindauga, saman med dåleg U-verdi (lav isolasjon) gjev høgt energiforbruk og dålegrare innemiljø.	Utskifting av alle vindauge i gamle delen av skulen.	
Innvendige dører	Innvendige stål dører	2	Dei fleste innvendige dører er stål dører. Nokre få av desse dørene har fått omfattande skader i hengsler. (dette er delvis reparert). Klasseromsdørene held ikkje dagens forskriftskrav for branncelledeling.	3 3 (S, H)		Slitasje, og auka krav til branncelleinndeling i teknisk forskrift.	Bør difor skiftast ut med nye stål dører som tilfredsstiller krav til branncelleinndeling, og som kan tåle den høge slitasjen hengsler får på skulebygg.	
Utvendige dører	Glasdører m/glasvegg i stålutføring og tredører.		Truleg høg U-verdi på dørene. Noko slitasje.	2 1 (Ø)		Alderdom på dørene (frå 1965 og 1991).	Utskifting av alle dører med dører som tilfredsstiller dagens krav til U-verdi.	
Ytterveggar - utv kledning			Eit par utvendige kledningsplater inn mot flatt tak på tilbygg har løysna og sprukke.	3 3 (Ø, E)			utskifting av skada plater, sjekk og evt. ny festing av resterande plater.	

		8,9	Utvendig pussa betong på sør-vest fasaden og på tilbygg mot nord-aust har malingsavfallsmassing.	2 2 (Ø, E)			fjerning av laus maling og ny overflatebehandling.	
			Det er også registrert noko saltutslag på teglvegger, spesielt om våren. Dette vert normalt vaska bort løpet av 1-2 månader, og treng ikkje så gjerast noko med.	1 1 (E, E)	-		-	
			Utvendig kleddning og dekkbord rundt vindaua er til dels kraftig uturka og oppsprukke, spesielt på sør-vestfasaden.				Alt utvendig treverk bør overflatebehandlast med 2 strok beis, og eventuelt treverk som er skadd bør skiftast.	
Innerveggar	Trevegg mot betong, slemmet tegl, sprekksplate på 3" bindingsverk, vegglis, betong i tegl, skilelveveggar i 2"x4".		Det er registrert noko laus puss på betongveggar i underetasjen i gang ved toaletta.	2 2 (E, E)	Slitasje.		fjerning av laus puss, ny puss og ny maling.	
Dekke, primærkonstr.	Linoelium.	6	Det er lagt linoleumsbelegg i store delar av skulen. Dette har halde bra heilt fram til no. På ein del rom begynner det likevel å bli behov for utskifting av golfliser av linoleum.	2 2 (E, E)	Både pga slitasje, litt lause fliser samt sprekker/riss/setningar under belegget.		Tiltak: utskifting av ca. 2000m ² belegg i heile skulen.	
			Ein del gol/golvbelegg i kjellaren har synlege riss/setningar i golvet.	2 2 (E, Ø)			Ved legging av nye golv må desse rissa utbetraast og golva avrettast med avrettningmasse.	
Takkonstruksjoner	Profilerte plater Combonitt B6, lekter 23*48, 1 lag icopal papp, 12mm kryssfiner, 48*73mm lekte, papp, 200mm minull/73*198 bjelkar, plast, 36*48 lekter, 12mm gips.		Det er registrert ein del lause beslag i underkant vegg ned mot flatt tak av papp.	1 1 (S, Ø)			Sjekk av og festing av lause beslag, evt. utskifting av øydelagte beslag.	
Takvindauga, overlys, luker	8 m ² takvindauga i tilbygg,		Bygd i 1991. Truleg dåreg U-verdi.	2 1 (Ø)	Bygd etter krav i gammal Teknisk forskrift.		Utskifting av takvindauga med vindauge med lågare U-verdi	
Taktekking	Eksisterande flatt papptak over korridore		Har ein del lekkasjer som har vorte tetta fortspande. Papptaket er dekkja med singel.	3 3 (Ø, H)	Utføring og alderdom.		Taktekking bør skiftast.	
	Resterande skratak	11	Resterande skratak vart lagt nytt ca 1993 og består av planja takpanner. Tilstand OK.	1				
Takrenner og nedløp		5	Det er problem med takrennene om vinteren	2 2 (E, Ø)	Fordi snøen som sig av taket (mangler snøfangarar) delvis frys til is og samlar då opp store mengder snø og is som bryt ned takrennene og opp på taket for å forsterke takrennene + reparasjon av takrennenedløp.		Tiltak: montering av snøfangarar, reparasjon av takrenner samt montering av beslag frå takrenne og opp på taket for å forsterke takrennene + reparasjon av takrennenedløp.	

Trapper og rampar	Trapperom, innvendig.	4 Riss i golv ved to av trapperomma.	2 1 (E, S)	Rørsle i grunnen over tid har medført teikn på setninger.	Følg med på eventuell utvikling av setninger, sjølv om vaktmestar ikkje har registrert utvikling på lenge.
VVS - installasjonar	Sanitæranlegg, vannledningar. Kopar med varierande alder.	Det er ikkje observert/erfarst særskilde problem med ledningsnett. Det meste av sanitærutstyret er 45 år gammalt og mange av armaturar/utstyr bør skiftas.	2 1 (Ø, E)	-	-
Luftbehandling	System 36-01. Tilluftsanlegg. Kap. ca. 25.000 m ³ /t. Plassert i fyrom. Tidlegare kombinert ventilasjons-/varmeanl. og varm/kald steng med blandeboxar foran tilluft til rom (Bygget fekk i 1991 radiatoranlegg)	Anlegget har berre hatt naudsynt vedlikehald sidan 1965. Det er lite spjeld og lydfeller ute i anlegget . Ingen varmegjenvinning! Mangelfull branncelleoppdeling!	3 3 (Ø)	Auka krav.	Tiltak : Nytt ventilasjonsanlegg for heile gymnasbygget. Kapasitet ca. 30.000 m ³ /t. Komplett med roterande varmgienvinnar og automatikk. Anlegget anbefalast plassert i nytt teknisk rom på tak(over korridor) og kanalferinger i oppbygg over korridor og direkte til rom i 1. etg. Ned i sjakt(er) til u.etg. Eksisterande korridormaling kan behaldast til nærmåla uregnet.
Elkraftanlegg	Varmeanlegget er tilknyttet SD-anlegg. Oppvarming med radiatorar. To oljebrennarar frå 1964/1974 blir nytta ved behov.	3 Eksisterande oljekjelar/brennarar treng utskifting. Radiatorsystemet fungerer godt. Bygningen står på jamn varme utan nattsenking ettersom betongbygningen er såpass langsom i oppvarming/kjøling, og dette har vist seg å vere det mest økonomiske når ein medreknar avgifter for maks uttak frå straumnettet.	2 3 (Ø)	Auka krav.	Overgang til meir energi- og miljøvenleg elkraftanlegg.

Vedlegg 3: Bilete

Fotodokumentasjon, tilstandsregistrering – teknisk tilstandsanalyse

	<p>Bilde 1: Uttørka og oppsukke treverk i vindaugekarm.</p>
	<p>Bilde 2: Innvendige ståldører som ikke held dagens krav til brannklasse.</p>



Bilde 3:
Ein av dei to eksisterande
oljebrennarane.



Bilde 4:
Oppsprekking i golv ved
trapperom. Same tilstand ved to
trapperom.



Bilde 5:
Deformerte takrenner som følge
av store mengder oppsamla is og
snø vinterstid.



Bilde 6:
Tydeleg slitt linoleumsgolv i store
delar av skulen.



Bilde 7:
Betongstøpte berande søyler.



Bilde 8:
Målingsavflassing på pussa
betong.



Bilde 9:
Målingsavflassing på pussa
betong.



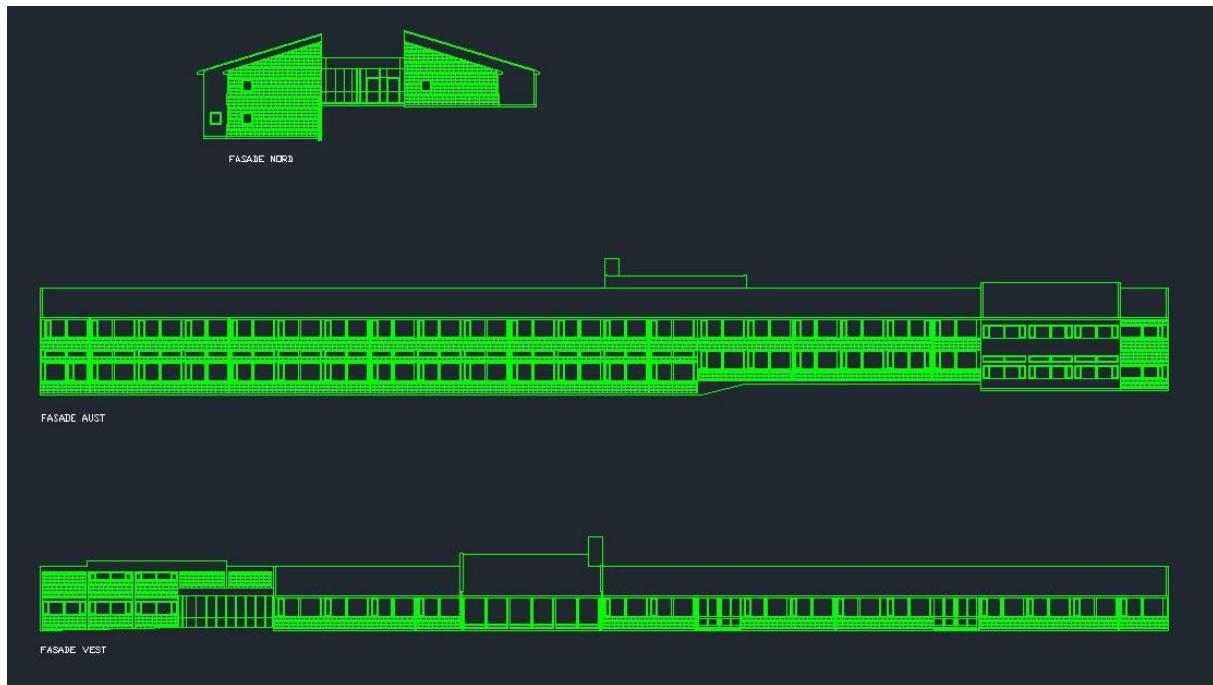
Bilde 10:
Oversikt over teglsteinverket i
yttervegg.



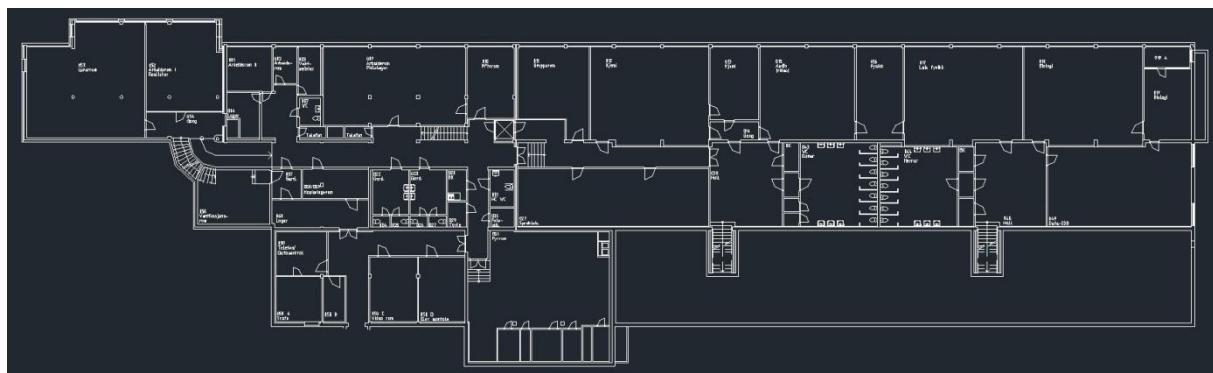
Bilde 11:
Skråtak frå 1993 i OK tilstand.

Vedlegg 4: Teikningar

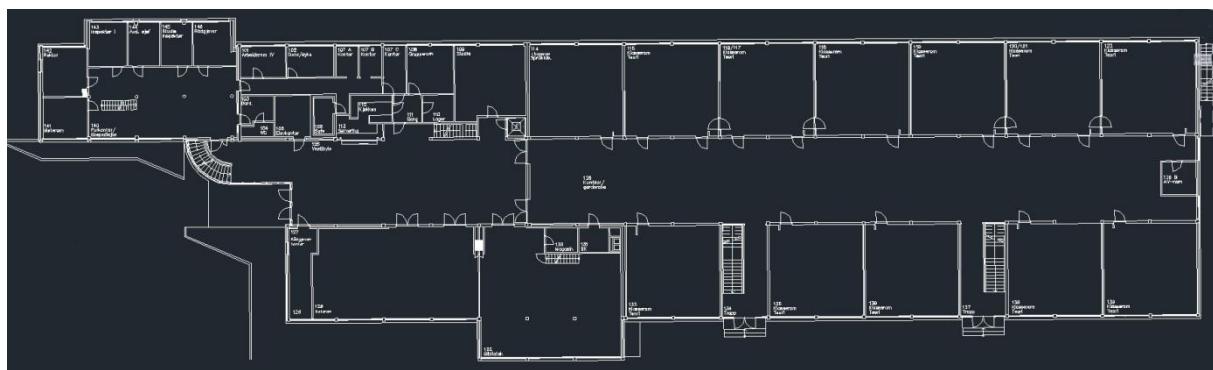
Fasade:



Første etasje:



Andre etasje:



Vedlegg 5: Energisimulering i SIMIEN

- Før tiltak:



Simuleringsnavn: Energimerke 19_52 Sogndal VGS

Tid/dato simulering: 00:49 31/5-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

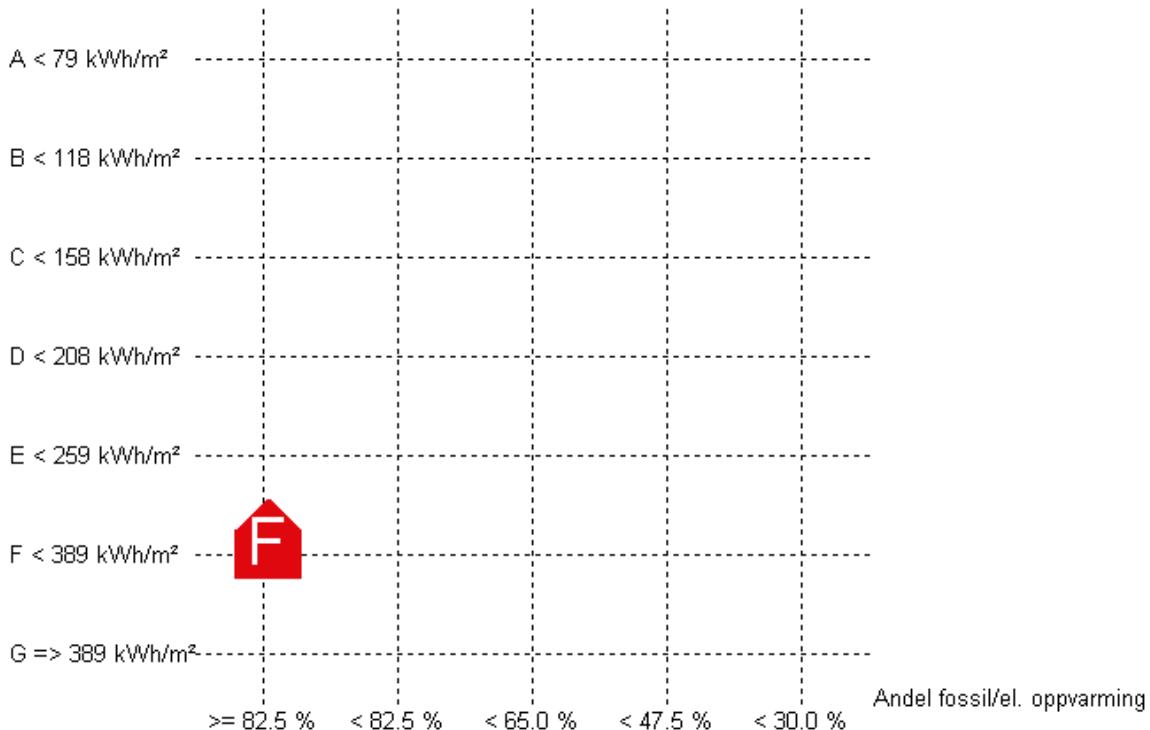
Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Energikarakter

ENERGIMERKE



Beskrivelse	Beregnet levert energi	Verdi
Energibruk normalisert klima		346 kWh/m ²
Energibruk lokalt klima		344 kWh/m ²



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke 19_52 Sogndal VGS

Tid/dato simulering: 00:49 31/5-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\..\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Forventet levert energi		
Beskrivelse	Verdi	
Elektrisitet	1179990 kWh	
Olje	76992 kWh	
Gass	0 kWh	
Fjernvarme	0 kWh	
Biobrensel	0 kWh	
Annен energivare	0 kWh	
Total energibruk	1256982 kWh	

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	916	
Areal tak [m ²]:	2340	
Areal gulv [m ²]:	3392	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	582	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	3630	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	10604	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,50	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,42	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,16	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	2,70	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	16,0	
Normalisert kuldebøverdi [W/m ² K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	114	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	

Simuleringsnavn: Energimerke 19_52 Sogndal VGS

Tid/dato simulering: 00:49 31/5-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisen

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m³/s]:	2,00	
Luftmengde i driftstiden [m³/hm²]	11,0	
Luftmengde utenfor driftstiden [m³/hm²]	3,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,89	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m²]:	110	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	19,8	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m²]:	30	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	10,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	10,0	
Driftstid belysning (timer)	10,0	
Driftstid utstyr (timer)	10,0	
Oppholdstid personer (timer)	10,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m²]	10,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m²]	10,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m²]	6,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m²]	6,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m²]	1,90	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m²]	12,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,55	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,19	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	1,00	



SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke 19_52 Sogndal VGS

Tid/dato simulering: 00:49 31/5-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Inndata bygning			
Beskrivelse	Verdi		
Bygningskategori	Skolebygg		
Simuleringsansvarlig	Geir Larsen		
Kommentar	NR.NAMN BYGGNINGSNR: Gymnasbygg 22.011966337919 / 52 f 13171653	SIDE	BYGGEÅR BTO.AREA GNR./BNR.

Årssimulering før tiltak



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 03:21 31/5-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Energibudsjet		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	390491 kWh	107,6 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	516905 kWh	142,4 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappenvann)	15735 kWh	4,3 kWh/m ²
3a Vifter	61114 kWh	16,8 kWh/m ²
3b Pumper	3011 kWh	0,8 kWh/m ²
4 Belysning	78657 kWh	21,7 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	108166 kWh	29,8 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	4837 kWh	1,3 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	1178915 kWh	324,8 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	1217041 kWh	335,3 kWh/m ²
1b El. Varmepumpe	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. solenergi	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	75874 kWh	20,9 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen ()	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-6	1292915 kWh	356,2 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 03:21 31/5-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Årlige utslipp av CO2		
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte el.	480731 kg	132,4 kg/m ²
1b El. Varmepumpe	0 kg	0,0 kg/m ²
1c El. solenergi	0 kg	0,0 kg/m ²
2 Olje	21548 kg	5,9 kg/m ²
3 Gass	0 kg	0,0 kg/m ²
4 Fjernvarme	0 kg	0,0 kg/m ²
5 Biobrensel	0 kg	0,0 kg/m ²
6. Annen ()	0 kg	0,0 kg/m ²
Totalt utslipp, sum 1-6	502279 kg	138,4 kg/m ²

Kostnad kjøpt energi		
Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte el.	973633 kr	268,2 kr/m ²
1b El. Varmepumpe	0 kr	0,0 kr/m ²
1c El. solenergi	0 kr	0,0 kr/m ²
2 Olje	64493 kr	17,8 kr/m ²
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m ²
4 Fjernvarme	0 kr	0,0 kr/m ²
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m ²
6. Annen ()	0 kr	0,0 kr/m ²
Årlige energikostnader, sum 1-6	1038125 kr	286,0 kr/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 03:21 31/5-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

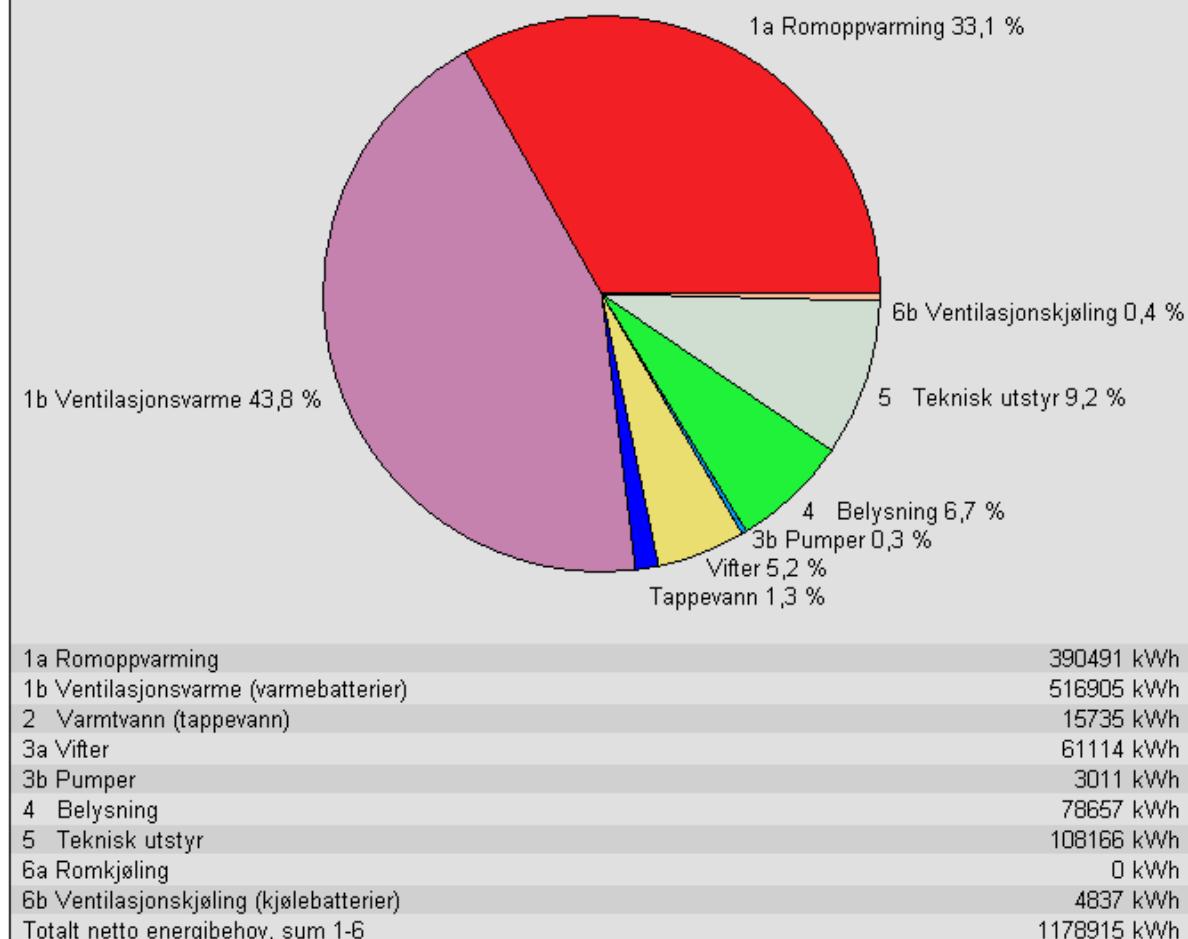
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Årlig energibudsjet





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 03:21 31/5-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

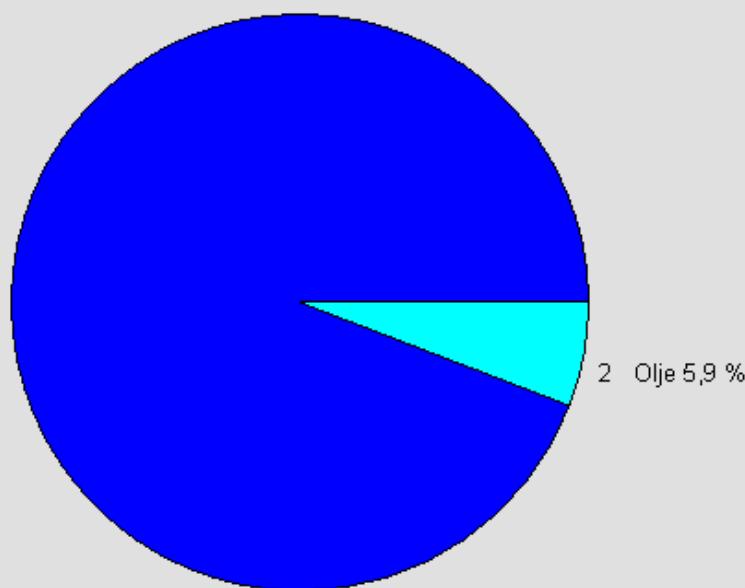
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Levert energi til bygningen (beregnet)



1a Direkte el.	1217041 kWh
1b El. Varmepumpe	0 kWh
1c El. solenergi	0 kWh
2 Olje	75874 kWh
3 Gass	0 kWh
4 Fjernvarme	0 kWh
5 Biobrensel	0 kWh
6. Annen ()	0 kWh
Totalt levert energi, sum 1-6	1292915 kWh



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 03:21 31/5-2012

Programversjon: 5.007

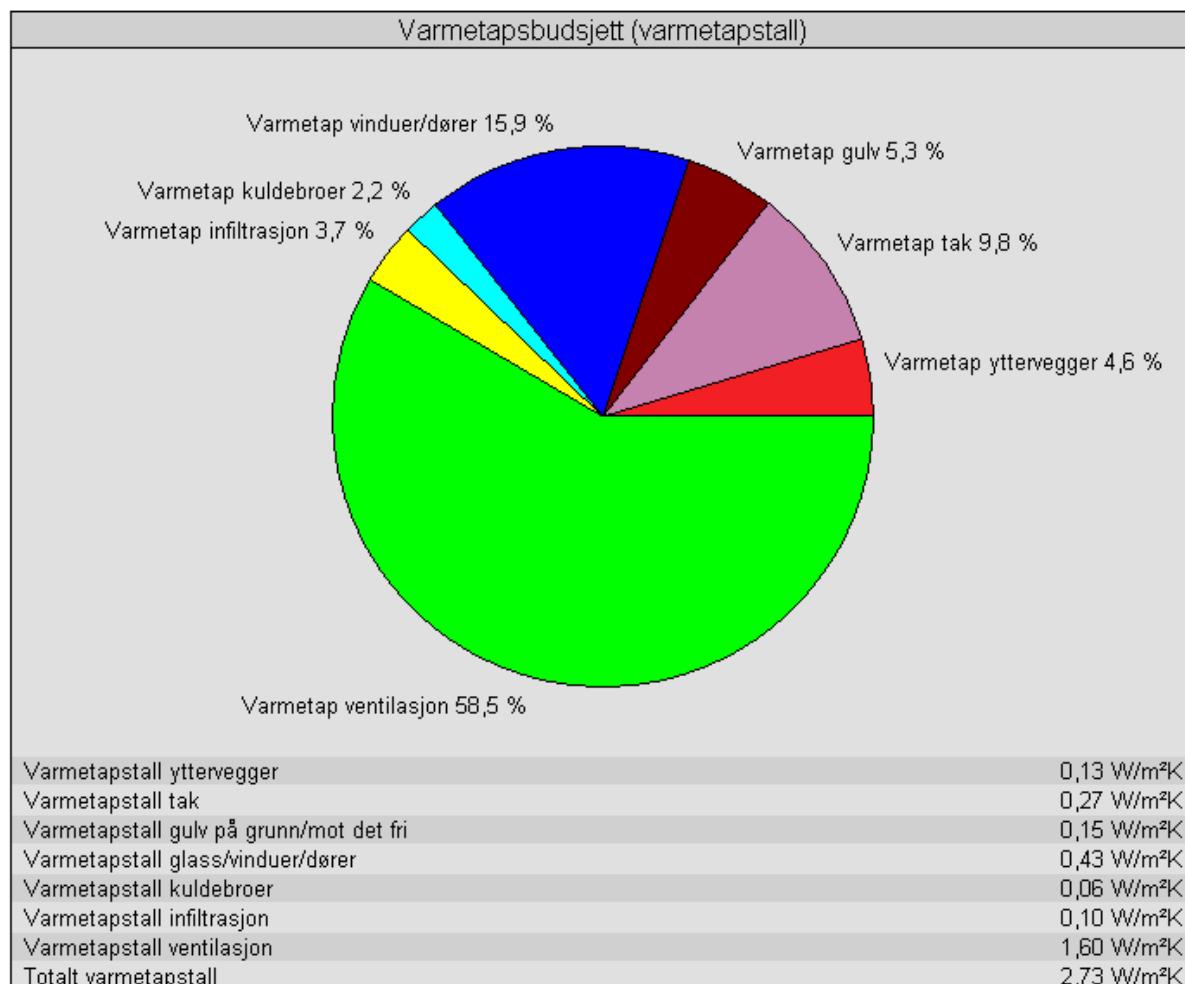
Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 03:21 31/5-2012

Programversjon: 5.007

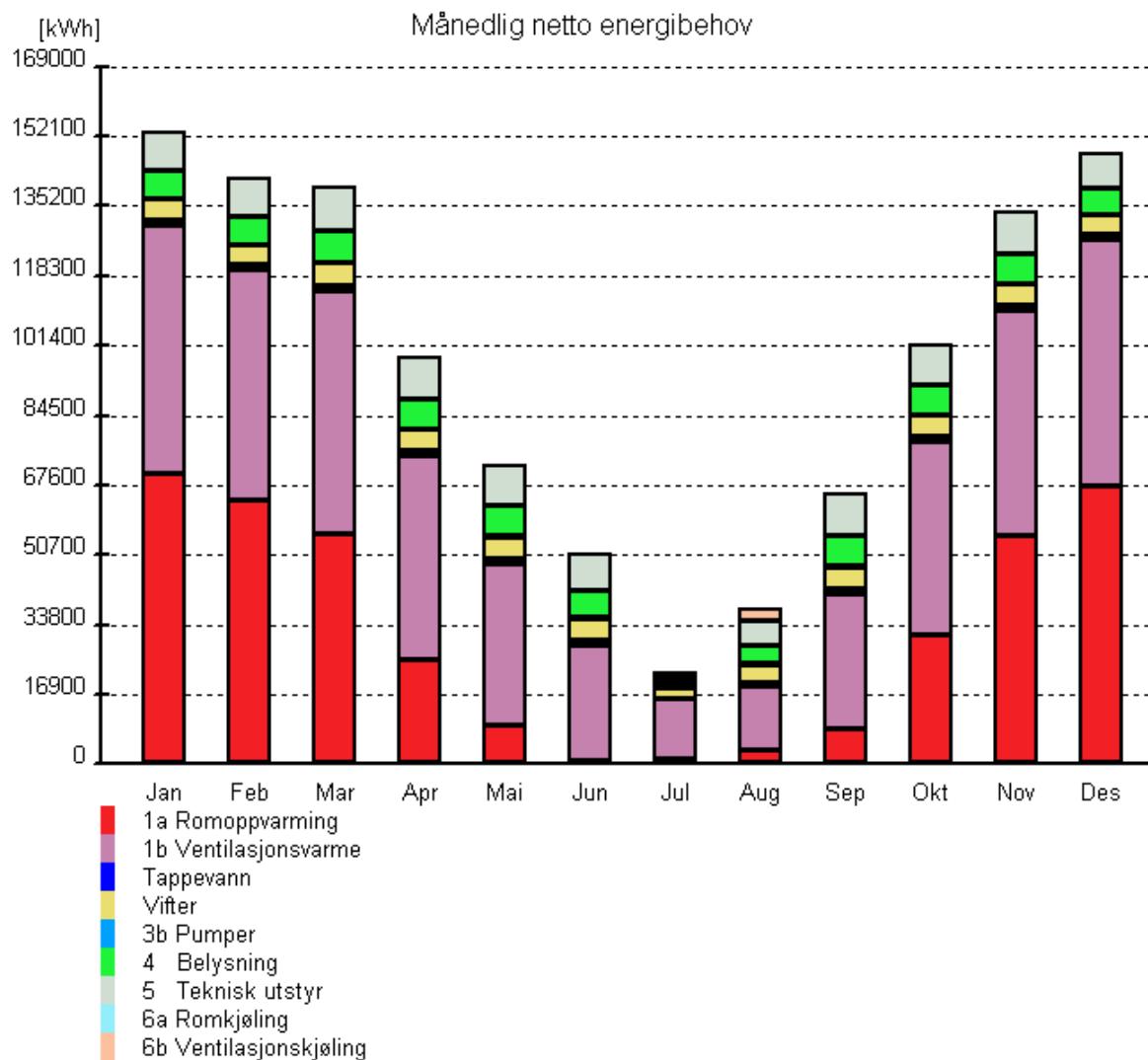
Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\M19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 03:21 31/5-2012

Programversjon: 5.007

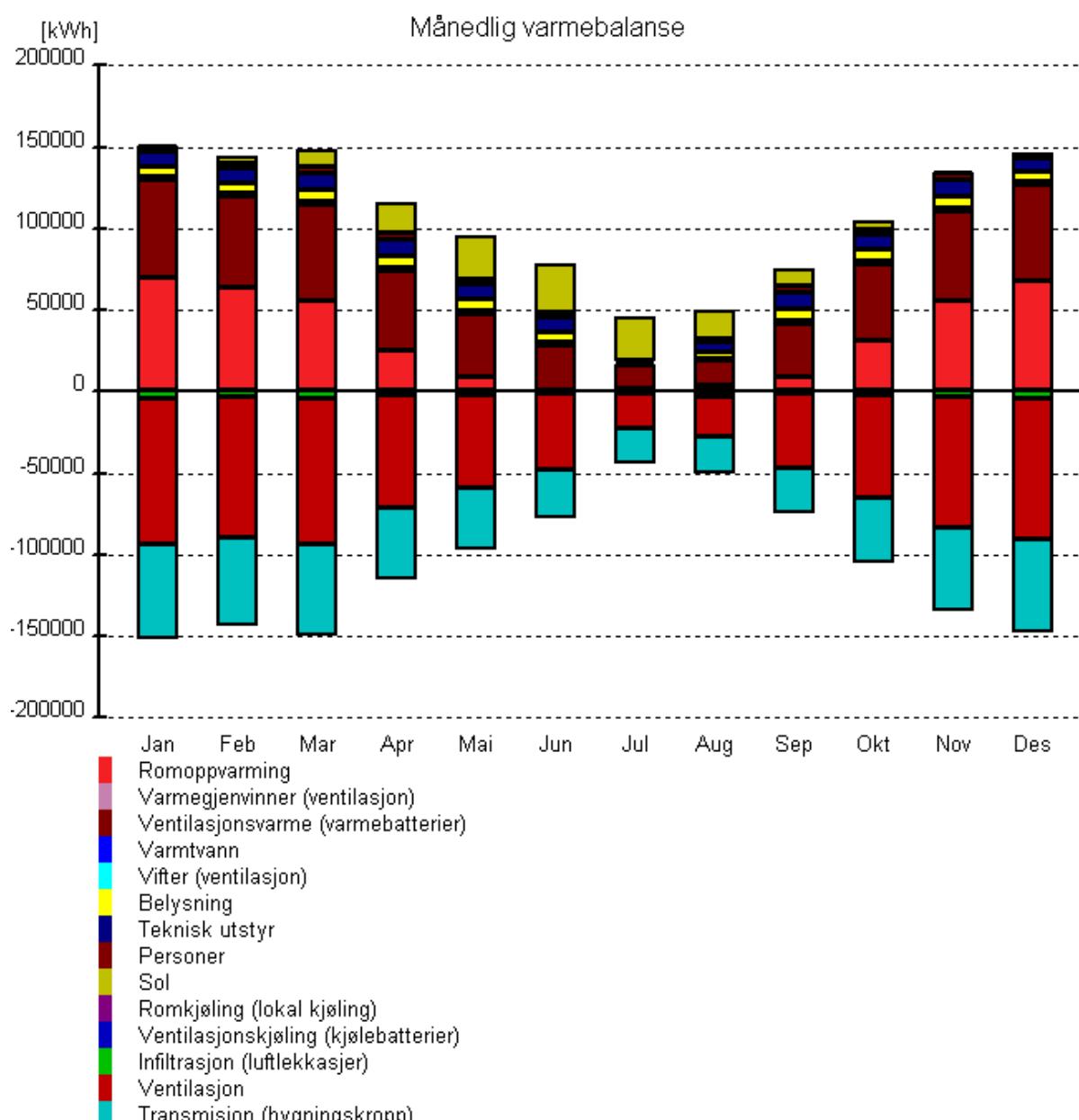
Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\M19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 03:21 31/5-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)

Måned	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Maks. sone	Min. sone
Jan	-0,4 °C	7,4 °C	-11,5 °C	21,9 °C (Gymnasbygg)	12,3 °C (Skulebygget Tilbygg)
Feb	-0,8 °C	6,5 °C	-10,6 °C	21,9 °C (Gymnasbygg)	13,5 °C (Skulebygget Tilbygg)
Mar	1,0 °C	9,2 °C	-6,4 °C	23,2 °C (Gymnasbygg)	14,9 °C (Skulebygget Tilbygg)
Apr	5,0 °C	14,5 °C	-2,6 °C	24,3 °C (Gymnasbygg)	18,0 °C (Skulebygget Tilbygg)
Mai	8,5 °C	19,6 °C	0,1 °C	26,5 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Jun	11,8 °C	22,1 °C	3,6 °C	27,6 °C (Skulebygget Tilbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Jul	14,1 °C	24,4 °C	6,4 °C	28,7 °C (Skulebygget Tilbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Aug	14,4 °C	23,7 °C	5,6 °C	27,6 °C (Skulebygget Tilbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Sep	10,7 °C	19,6 °C	3,7 °C	25,1 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Okt	6,1 °C	14,8 °C	-1,1 °C	23,5 °C (Gymnasbygg)	18,1 °C (Skulebygget Tilbygg)
Nov	2,2 °C	10,4 °C	-6,4 °C	21,9 °C (Gymnasbygg)	15,1 °C (Skulebygget Tilbygg)
Des	-0,2 °C	8,0 °C	-8,5 °C	21,9 °C (Gymnasbygg)	14,5 °C (Skulebygget Tilbygg)



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 03:21 31/5-2012

Programversjon: 5.007

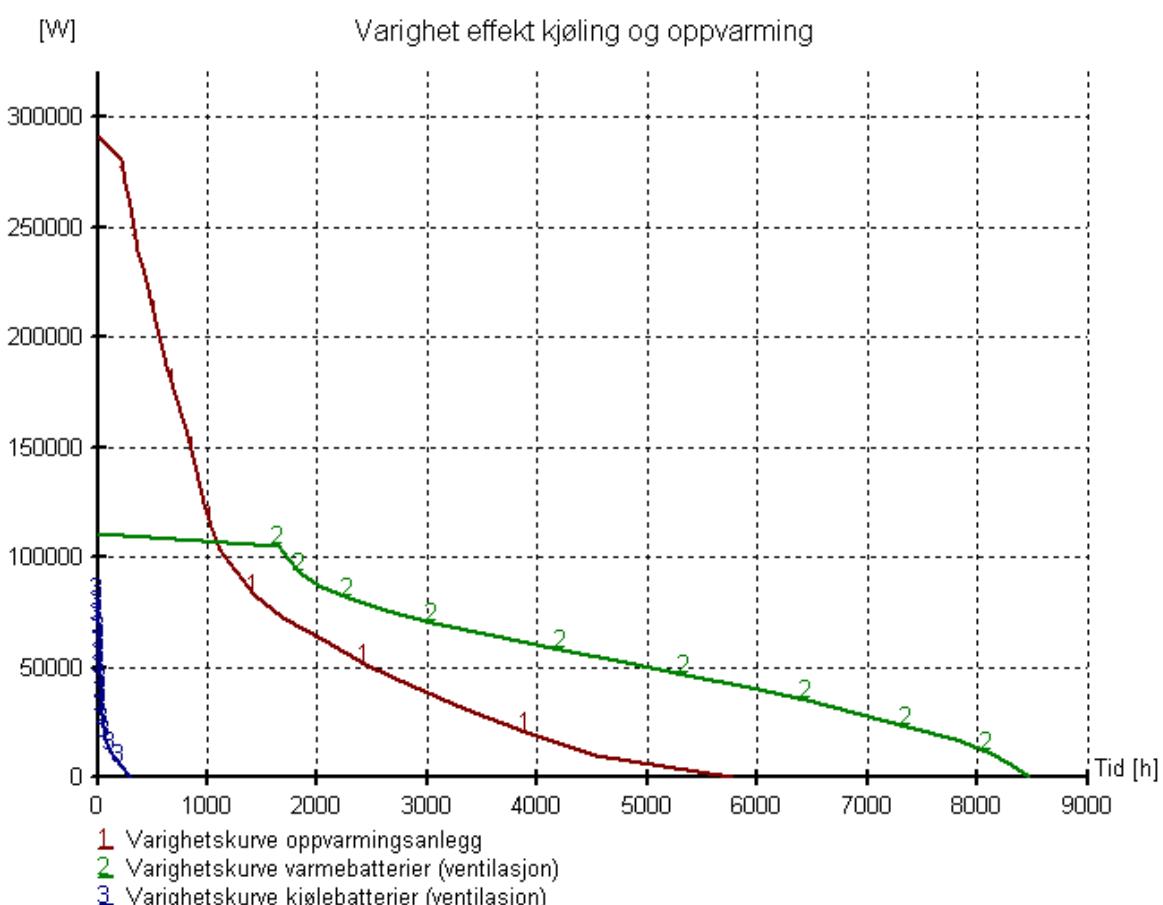
Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 03:21 31/5-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Effekt (dekning)	Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	Dekningsgrad energibruk
360 kW (90 %)		99 %
320 kW (80 %)		97 %
280 kW (70 %)		94 %
240 kW (60 %)		91 %
200 kW (50 %)		86 %
160 kW (40 %)		80 %
120 kW (30 %)		71 %
80 kW (20 %)		56 %
40 kW (10 %)		33 %

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	916	
Areal tak [m ²]:	2340	
Areal gulv [m ²]:	3392	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	582	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	3630	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	10604	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,50	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,42	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,16	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	2,70	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	16,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	114	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 03:21 31/5-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningsliseens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smj

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinne i justert for frostskriving [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ² /s]:	2,00	
Luftmenge i driftstiden [m ³ /hm ²]	11,0	
Luftmenge utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	3,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingssanlegg:	0,89	
Instalert effekt rom oppv. og varmebatt. [W/m ²]:	110	
Settpunkttemperatur for rom oppvarming [°C]:	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for rom kjøling [°C]:	0,0	
Instalert effekt rom kjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	30	
Spesifikk pumpe effekt rom oppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpe effekt rom kjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpe effekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpe effekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	10,0	
Driftstid belvsninng (timer)	12,0	
Driftstid utsyr (timer)	12,0	
Opholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	8,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	8,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	4,28	
Total solfaktor for vind under solskierminn:	0,55	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,19	
Solskierminningsfaktor horisont/bygningssutspunkt:	1,00	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 03:21 31/5-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smj

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Inndata bygning

Beskrivelse	Verdi
Bygning skategori	Skolebygg
Simuleringsansvar	Tor Mikkel Tokvam
Kommentar	NR.NAMN SIDE BYGGEÅR BTO.AREA GNR./BNR. BYGGNINGSNR:
Gummershus 22 011085337010 / 52 67 12171663	

Inndata klima

Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Førde
Breddegrad	61° 27'
Lengdegrad	5° 52'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	85 W/m²
Midlere vindhastighet	2,8 m/s



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 03:21 31/5-2012
 Programversjon: 5.007
 Brukernavn: Student
 Firma: Undervisningslisen
 Inndatafil: C:\...\M9_52 Sogndal VGS.smj
 Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS
 Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad: 0,90 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 94,0% Andel oppv, tappevann: 94,0%
2 Olje	Andel varmetilskudd: 0,0 % Systemvirkningsgrad: 0,73 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,85 kr/kWh CO2-utslipp: 284 g/kWh Andel romoppvarming: 6,0% Andel oppv, tappevann: 6,0%
	Andel varmetilskudd: 0,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m ² K]:	20,00

Årssimulering – konsept 1



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:14 9/6-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	193292 kWh	53,2 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	64816 kWh	17,9 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	15735 kWh	4,3 kWh/m ²
3a Vifter	61241 kWh	16,9 kWh/m ²
3b Pumper	2406 kWh	0,7 kWh/m ²
4 Belysning	78657 kWh	21,7 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	108166 kWh	29,8 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	4842 kWh	1,3 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	529154 kWh	145,8 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	532334 kWh	146,6 kWh/m ²
1b El. Varmepumpe	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. solenergi	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	30010 kWh	8,3 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen ()	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-6	562344 kWh	154,9 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:14 9/6-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Årlige utslipp av CO₂

Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte el.	210272 kg	57,9 kg/m ²
1b El. Varmepumpe	0 kg	0,0 kg/m ²
1c El. solenergi	0 kg	0,0 kg/m ²
2 Olje	8523 kg	2,3 kg/m ²
3 Gass	0 kg	0,0 kg/m ²
4 Fjernvarme	0 kg	0,0 kg/m ²
5 Biobrensel	0 kg	0,0 kg/m ²
6. Annen ()	0 kg	0,0 kg/m ²
Totalt utslipp, sum 1-6	218795 kg	60,3 kg/m ²

Kostnad kjøpt energi

Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte el.	425867 kr	117,3 kr/m ²
1b El. Varmepumpe	0 kr	0,0 kr/m ²
1c El. solenergi	0 kr	0,0 kr/m ²
2 Olje	25509 kr	7,0 kr/m ²
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m ²
4 Fjernvarme	0 kr	0,0 kr/m ²
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m ²
6. Annen ()	0 kr	0,0 kr/m ²
Årlige energikostnader, sum 1-6	451376 kr	124,3 kr/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:14 9/6-2012

Programversjon: 5.007

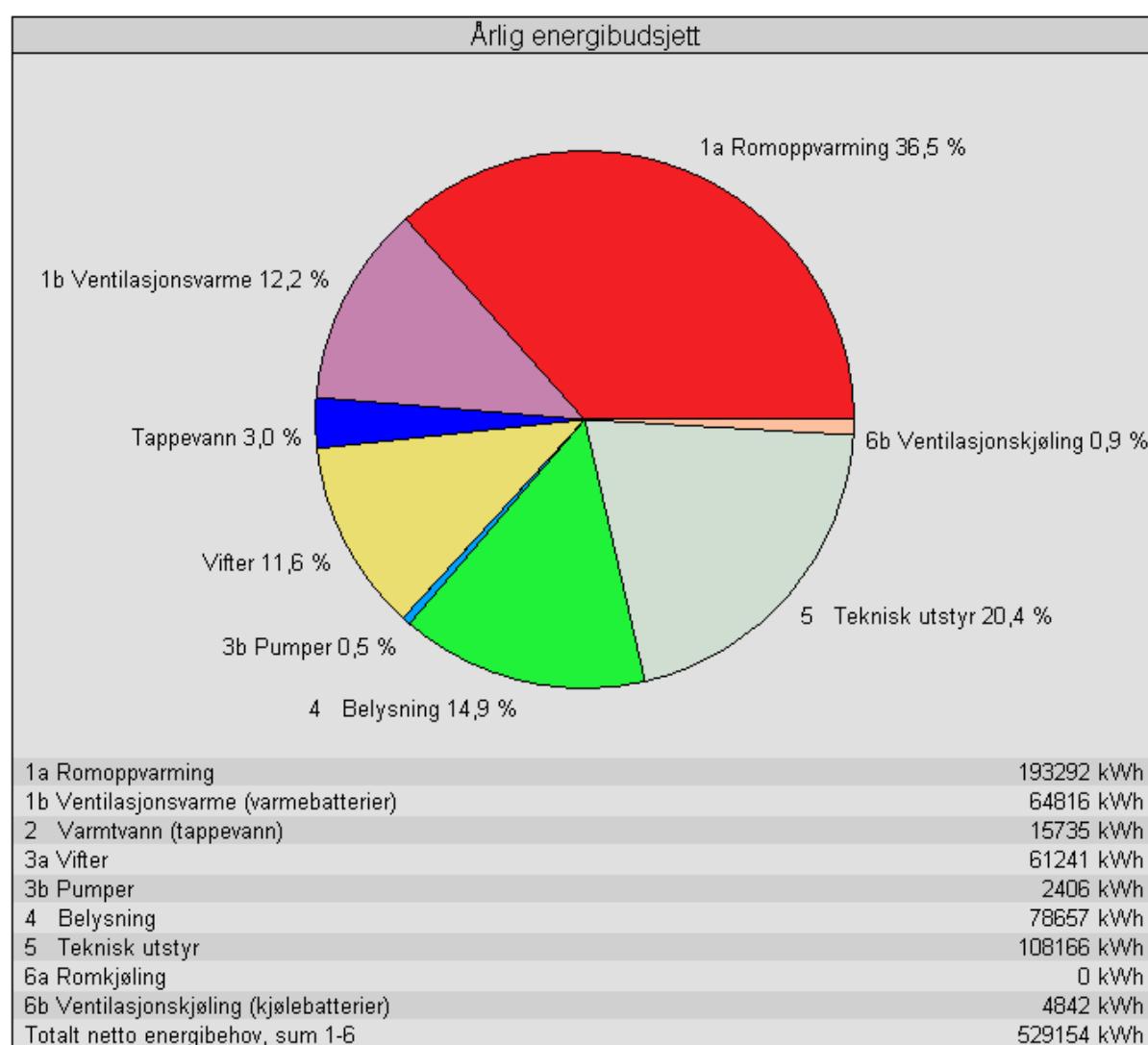
Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:14 9/6-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

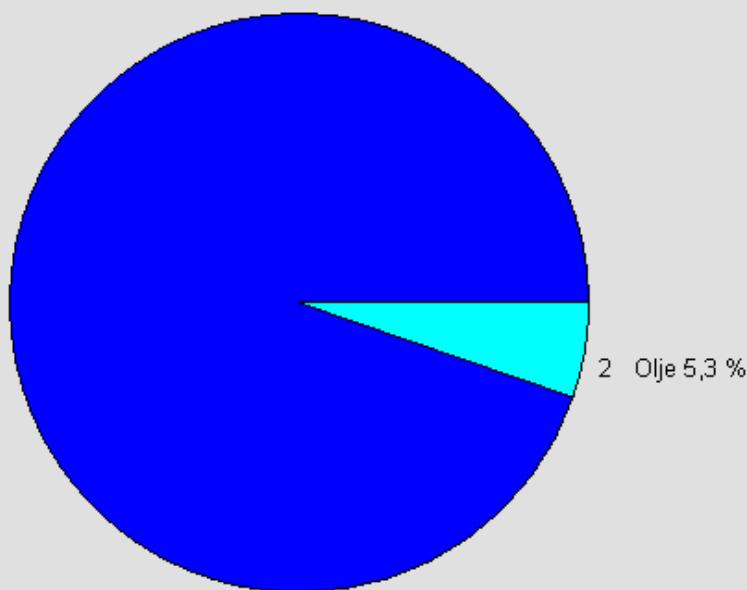
Firma: Undervisningslissens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Levert energi til bygningen (beregnet)



1a Direkte el.	532334 kWh
1b El. Varmepumpe	0 kWh
1c El. solenergi	0 kWh
2 Olje	30010 kWh
3 Gass	0 kWh
4 Fjernvarme	0 kWh
5 Biobrensel	0 kWh
6. Annen ()	0 kWh
Totalt levert energi, sum 1-6	562344 kWh



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:14 9/6-2012

Programversjon: 5.007

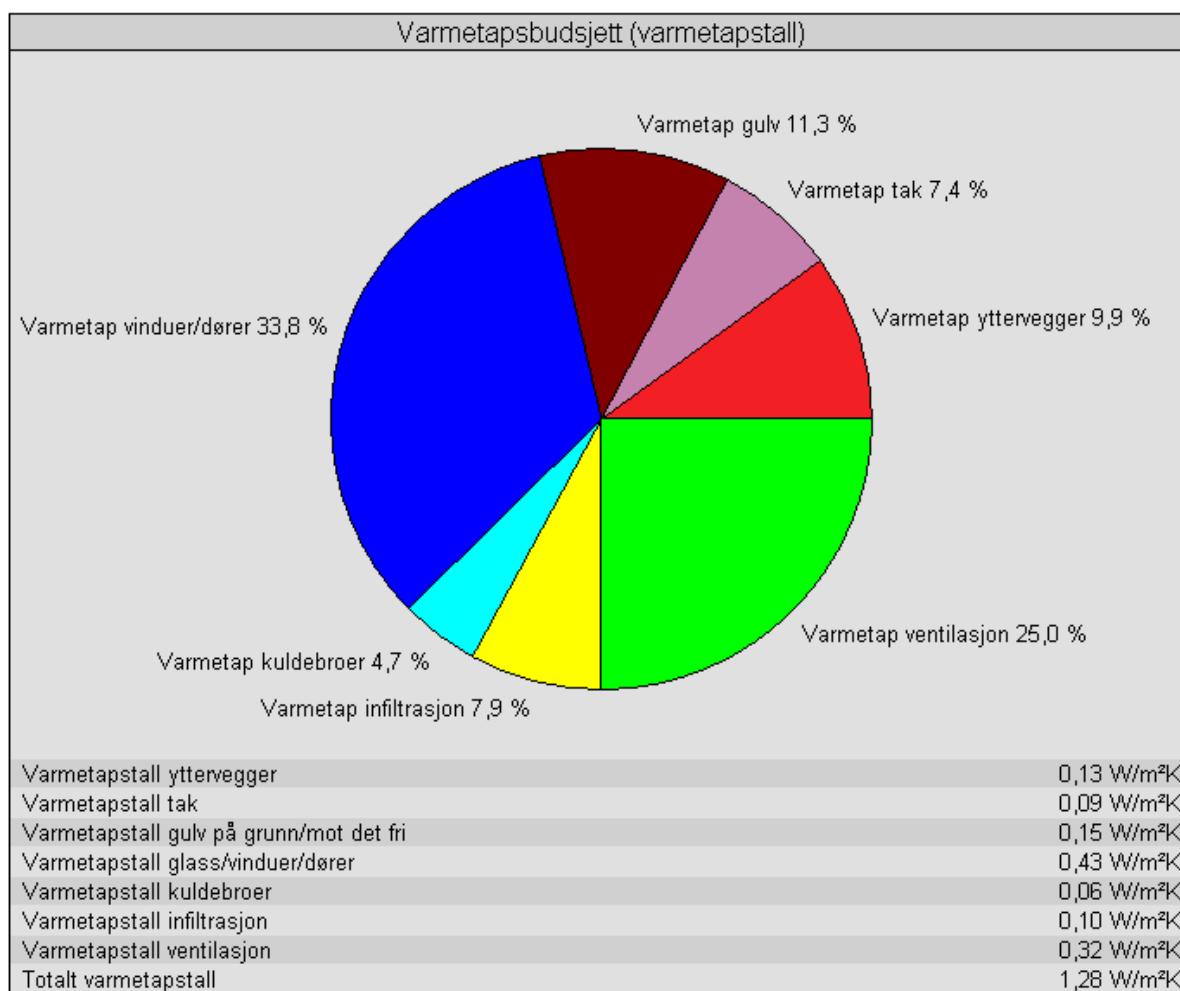
Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:14 9/6-2012

Programversjon: 5.007

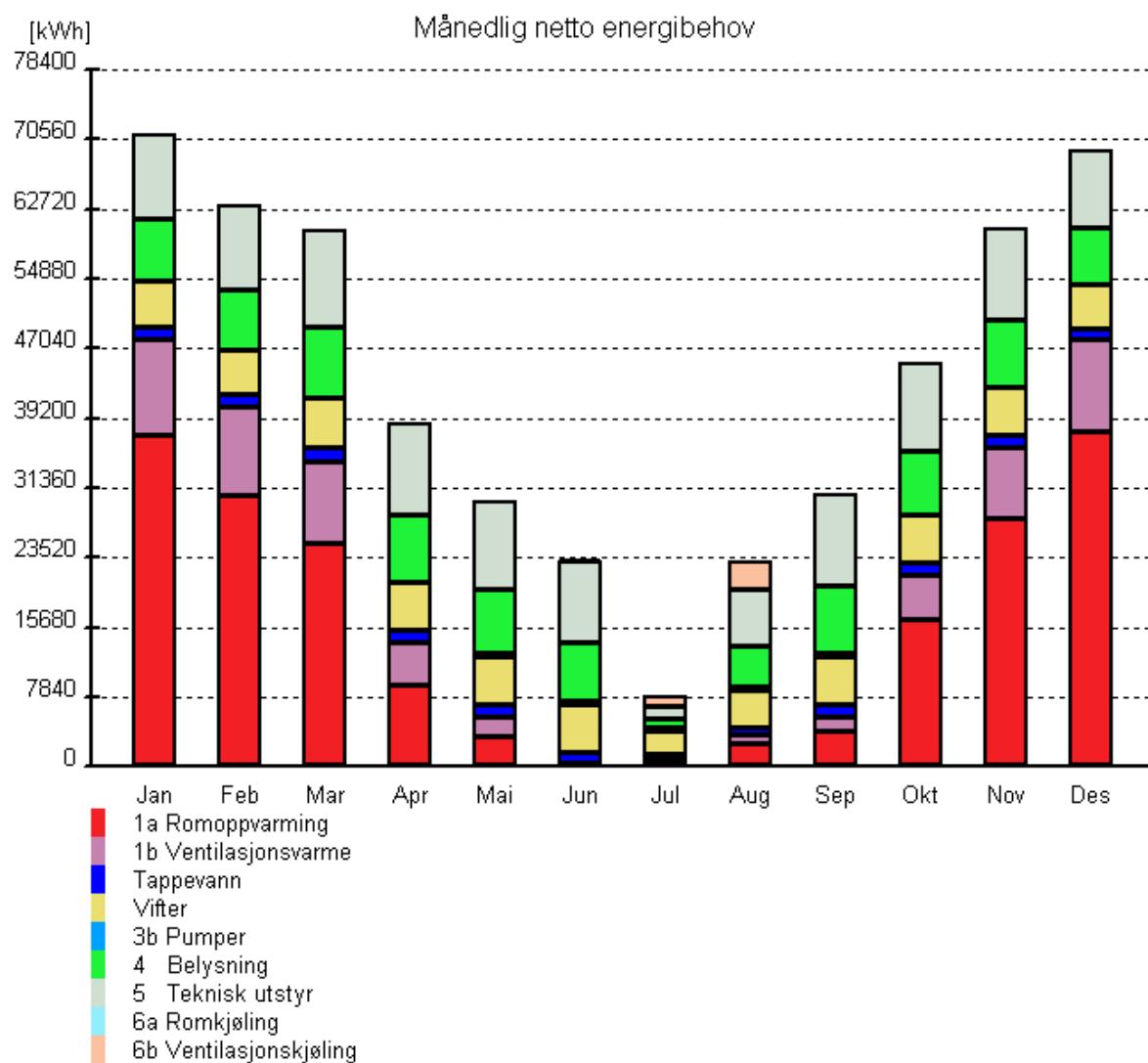
Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:14 9/6-2012

Programversjon: 5.007

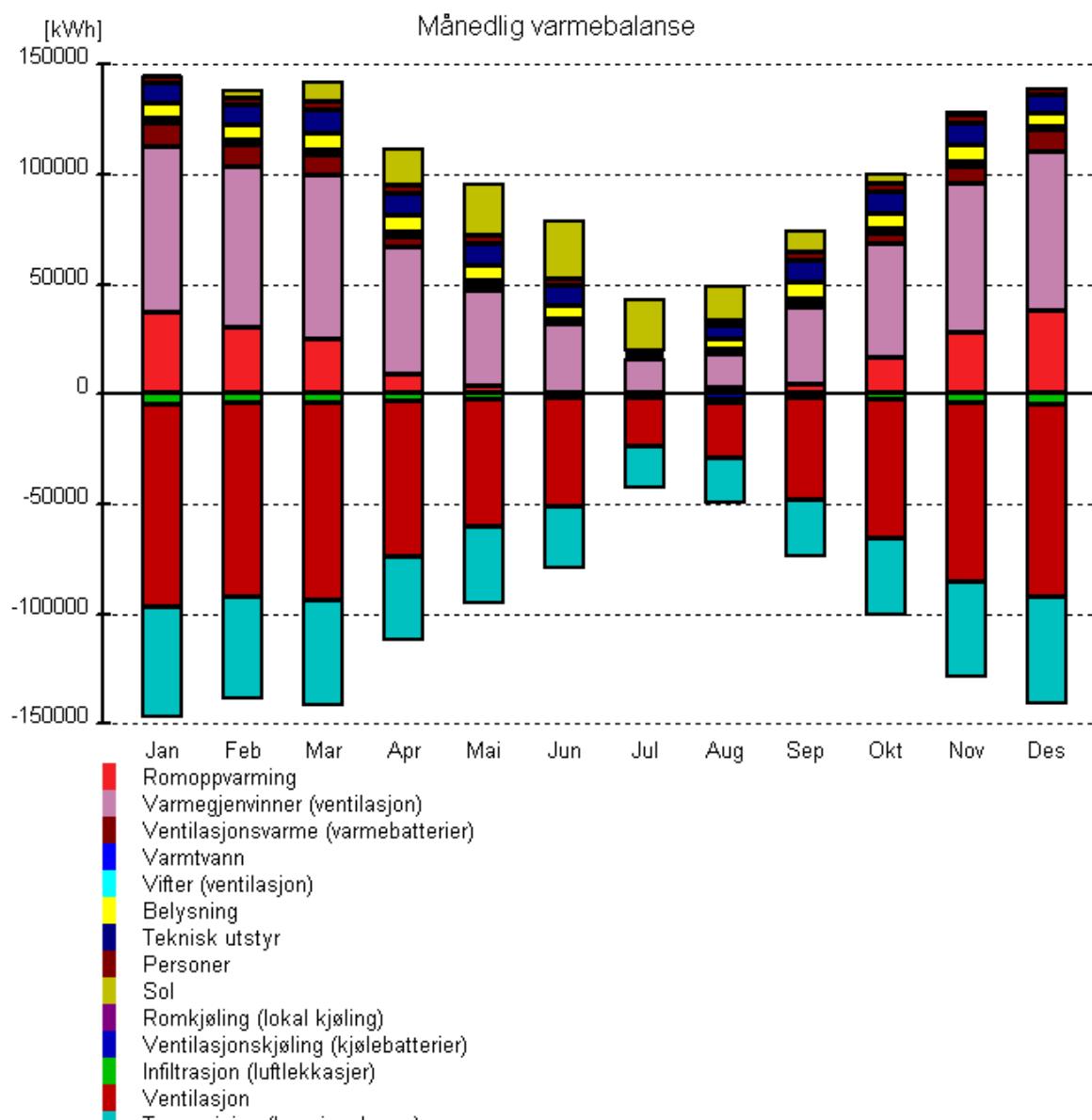
Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\..\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:14 9/6-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\M9_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Måned	Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)				
	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Maks. sone	Min. sone
Jan	-0,4 °C	7,4 °C	-11,5 °C	21,2 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Feb	-0,8 °C	6,5 °C	-10,6 °C	21,5 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Mar	1,0 °C	9,2 °C	-6,4 °C	23,4 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Apr	5,0 °C	14,5 °C	-2,6 °C	24,5 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Mai	8,5 °C	19,6 °C	0,1 °C	26,7 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Jun	11,8 °C	22,1 °C	3,6 °C	27,7 °C (Skulebygget Tilbygg)	19,0 °C (Skulebygget Tilbygg)
Jul	14,1 °C	24,4 °C	6,4 °C	28,7 °C (Skulebygget Tilbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Aug	14,4 °C	23,7 °C	5,6 °C	27,6 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Sep	10,7 °C	19,6 °C	3,7 °C	25,4 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Okt	6,1 °C	14,8 °C	-1,1 °C	23,7 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Nov	2,2 °C	10,4 °C	-6,4 °C	21,6 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Des	-0,2 °C	8,0 °C	-8,5 °C	21,5 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:14 9/6-2012

Programversjon: 5.007

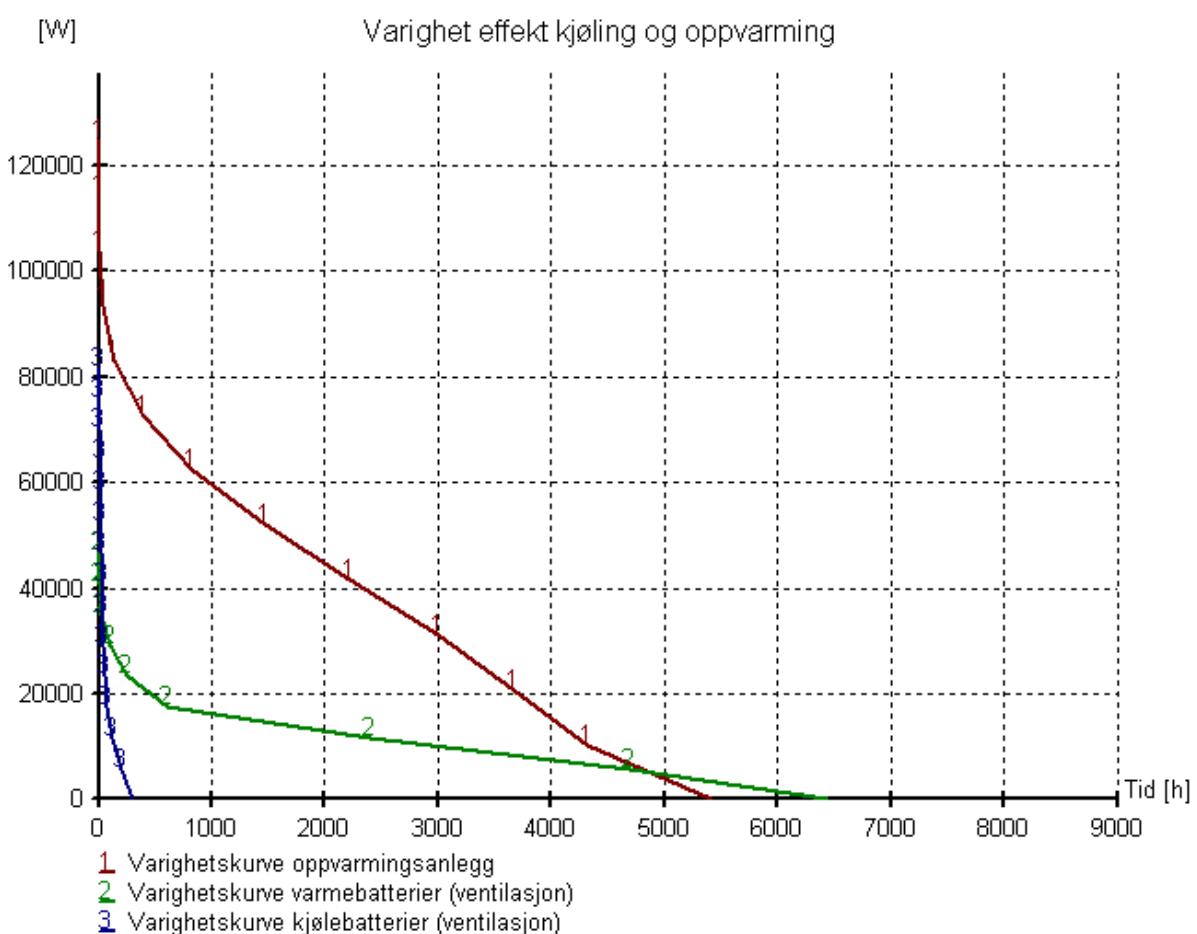
Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner



Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 05:14 9/6-2012
 Programversjon: 5.007
 Brukernavn: Student
 Firma: Undervisningslissens
 Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi
 Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS
 Sone: Alle soner

Effekt (dekning)	Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	Dekningsgrad energibruk
146 kW (90 %)		100 %
130 kW (80 %)		100 %
113 kW (70 %)		100 %
97 kW (60 %)		99 %
81 kW (50 %)		96 %
65 kW (40 %)		89 %
49 kW (30 %)		77 %
32 kW (20 %)		57 %
16 kW (10 %)		32 %

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	916	
Areal tak [m ²]:	2340	
Areal gulv [m ²]:	3392	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	582	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	3630	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	10604	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,50	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,15	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,16	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	2,70	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	16,0	
Normalisert kuldebøverdi [W/m ² K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	114	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	80	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:14 9/6-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad qienvinner justert for frostsikring [%]:	80,0	
Spesifikk vitteeffekt (SFP) [kW/m ² /s]:	2,00	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	11,0	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	3,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,88	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	110	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	30	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	10,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	8,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	8,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Effektbehov varmvann på driftsdager [W/m ²]	0,80	
Varmetilskudd varmvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	4,28	
Total solfaktor for vindu og solskjermind:	0,55	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,19	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	1,00	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:14 9/6-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Inndata bygning

Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Skolebygg
Simuleringsansvarlig	Geir Larsen
Kommentar	NR.NAMN SIDE BYGGEÅR BT.O.AREA GNR./BNR. BYGGNINGSNR: Gymnashvng 22 011965337919 / 52 f7 13171653

Inndata klima

Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Førde
Breddegrad	61° 27'
Lengdegrad	5° 52'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	85 W/m ²
Midlere vindhastighet	2,8 m/s



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 05:14 9/6-2012
 Programversjon: 5.007
 Brukernavn: Student
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi
 Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS
 Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning

Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad: 0,90 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utsipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 92,0% Andel oppv, tappevann: 92,0% Andel varmebatteri: 92,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 %
2 Olje	Systemvirkningsgrad: 0,73 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,85 kr/kWh CO2-utsipp: 284 g/kWh Andel romoppvarming: 8,0% Andel oppv, tappevann: 8,0% Andel varmebatteri: 8,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 %

Inndata ekspertverdier

Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m ² K]:	20,00

Årssimulering –Konsept 2



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 05:30 9/6-2012
Programversjon: 5.007
Brukernavn: Student
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi
Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS
Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	119939 kWh	33,0 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	60967 kWh	16,8 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	15735 kWh	4,3 kWh/m ²
3a Vifter	61868 kWh	17,0 kWh/m ²
3b Pumper	2406 kWh	0,7 kWh/m ²
4 Belysning	78657 kWh	21,7 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	108166 kWh	29,8 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	4872 kWh	1,3 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	452608 kWh	124,7 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	454055 kWh	125,1 kWh/m ²
1b El. Varmepumpe	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. solenergi	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	21550 kWh	5,9 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen ()	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-6	475605 kWh	131,0 kWh/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:30 9/6-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Årlige utslipp av CO₂

Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte el.	179352 kg	49,4 kg/m ²
1b El. Varmepumpe	0 kg	0,0 kg/m ²
1c El. solenergi	0 kg	0,0 kg/m ²
2 Olje	6120 kg	1,7 kg/m ²
3 Gass	0 kg	0,0 kg/m ²
4 Fjernvarme	0 kg	0,0 kg/m ²
5 Biobrensel	0 kg	0,0 kg/m ²
6. Annen 0	0 kg	0,0 kg/m ²
Totalt utslipp, sum 1-6	185472 kg	51,1 kg/m ²

Kostnad kjøpt energi

Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte el.	363244 kr	100,1 kr/m ²
1b El. Varmepumpe	0 kr	0,0 kr/m ²
1c El. solenergi	0 kr	0,0 kr/m ²
2 Olje	18317 kr	5,0 kr/m ²
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m ²
4 Fjernvarme	0 kr	0,0 kr/m ²
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m ²
6. Annen 0	0 kr	0,0 kr/m ²
Årlige energikostnader, sum 1-6	381561 kr	105,1 kr/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:30 9/6-2012

Programversjon: 5.007

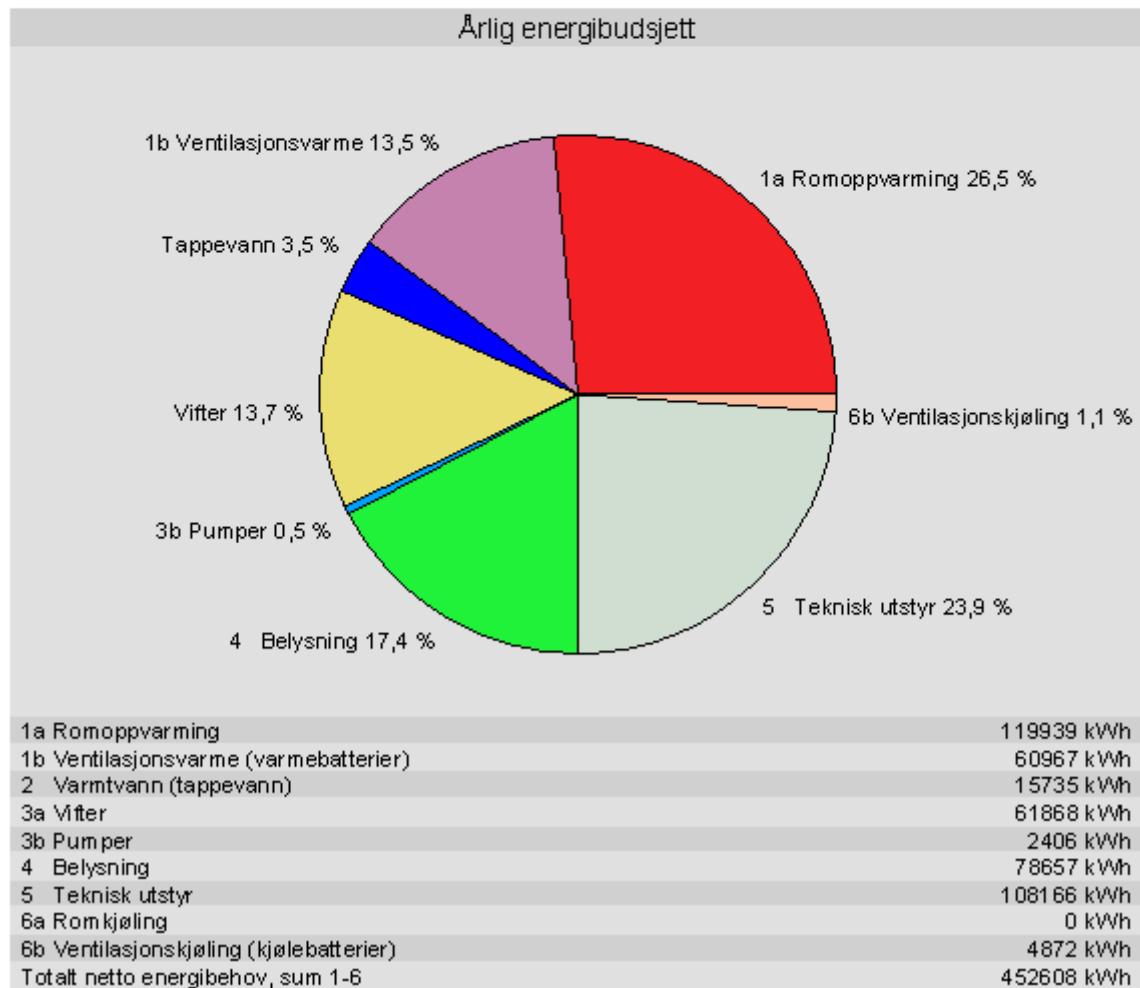
Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner



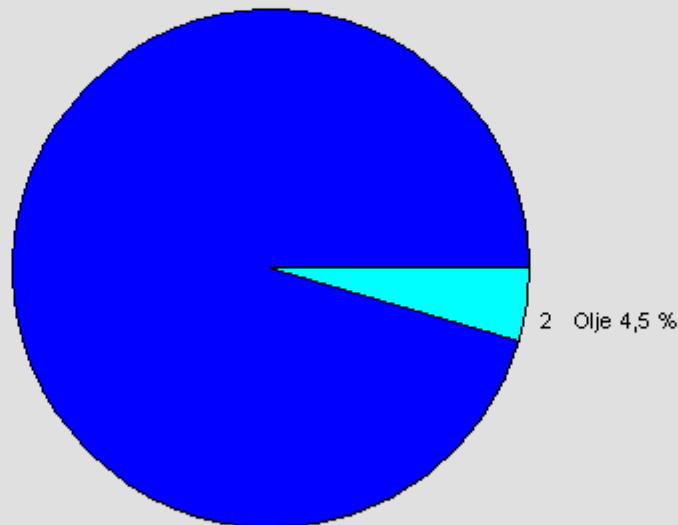


SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 05:30 9/6-2012
Programversjon: 5.007
Brukernavn: Student
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi
Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS
Sone: Alle soner

Levert energi til bygningen (beregnet)



1a Direkte el.	454055 kWh
1b El. Varmepumpe	0 kWh
1c El. solenergi	0 kWh
2 Olje	21550 kWh
3 Gass	0 kWh
4 Fjernvarme	0 kWh
5 Biobrensel	0 kWh
6. Annen 0	0 kWh
Totalt levert energi, sum 1-6	475605 kWh



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:30 9/6-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

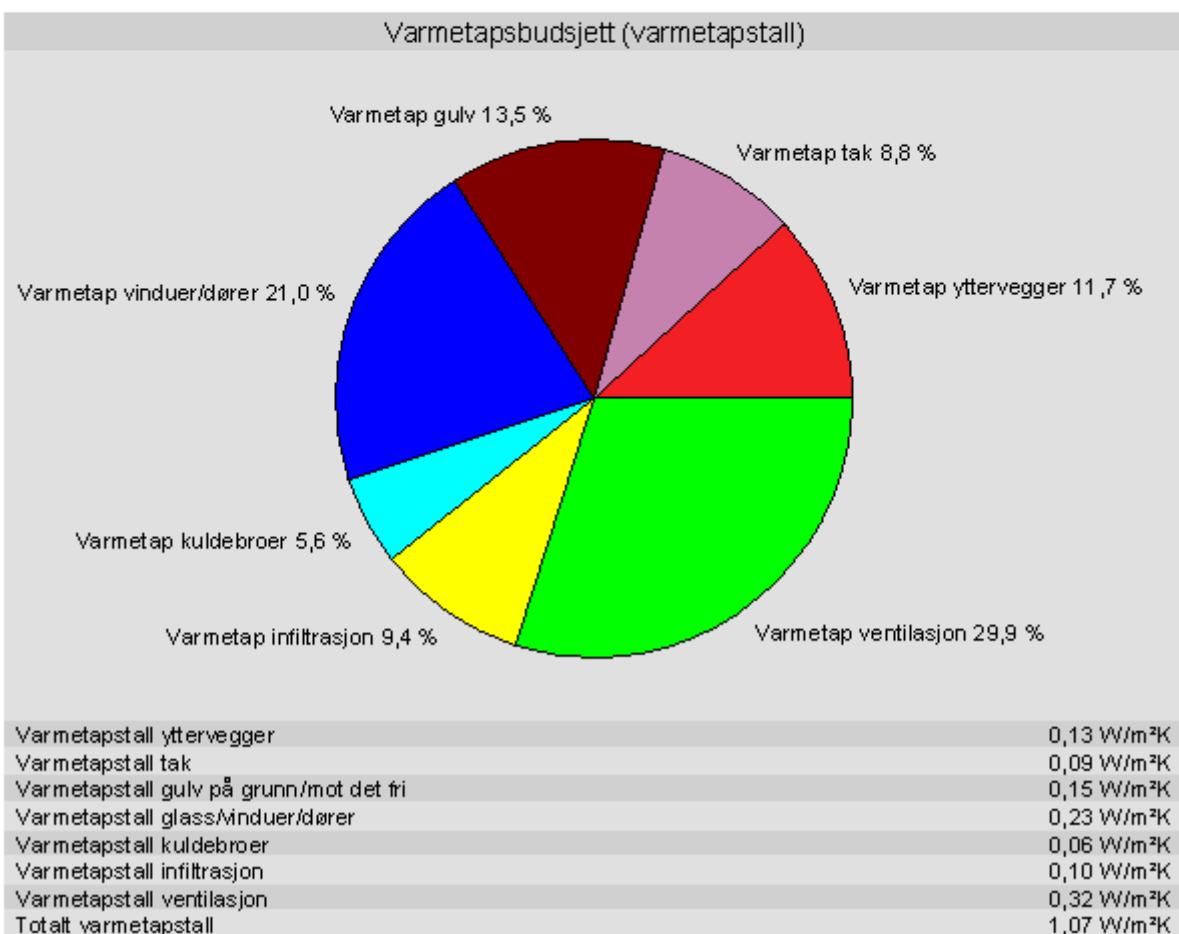
Firma: Undervisningslisen

Inndatafil: C:\...\M9_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Varmetapsbudsjett (varmetapstall)





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:30 9/6-2012

Programversjon: 5.007

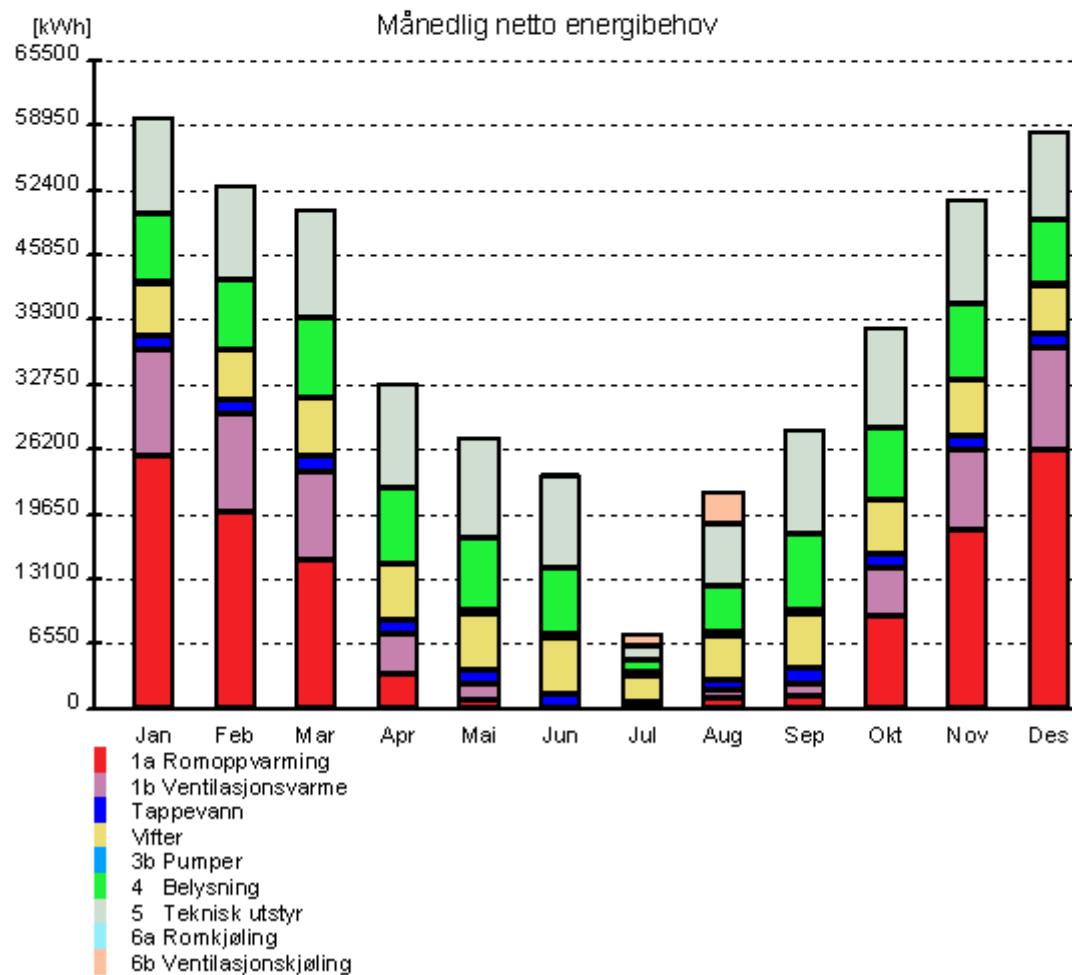
Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:30 9/6-2012

Programversjon: 5.007

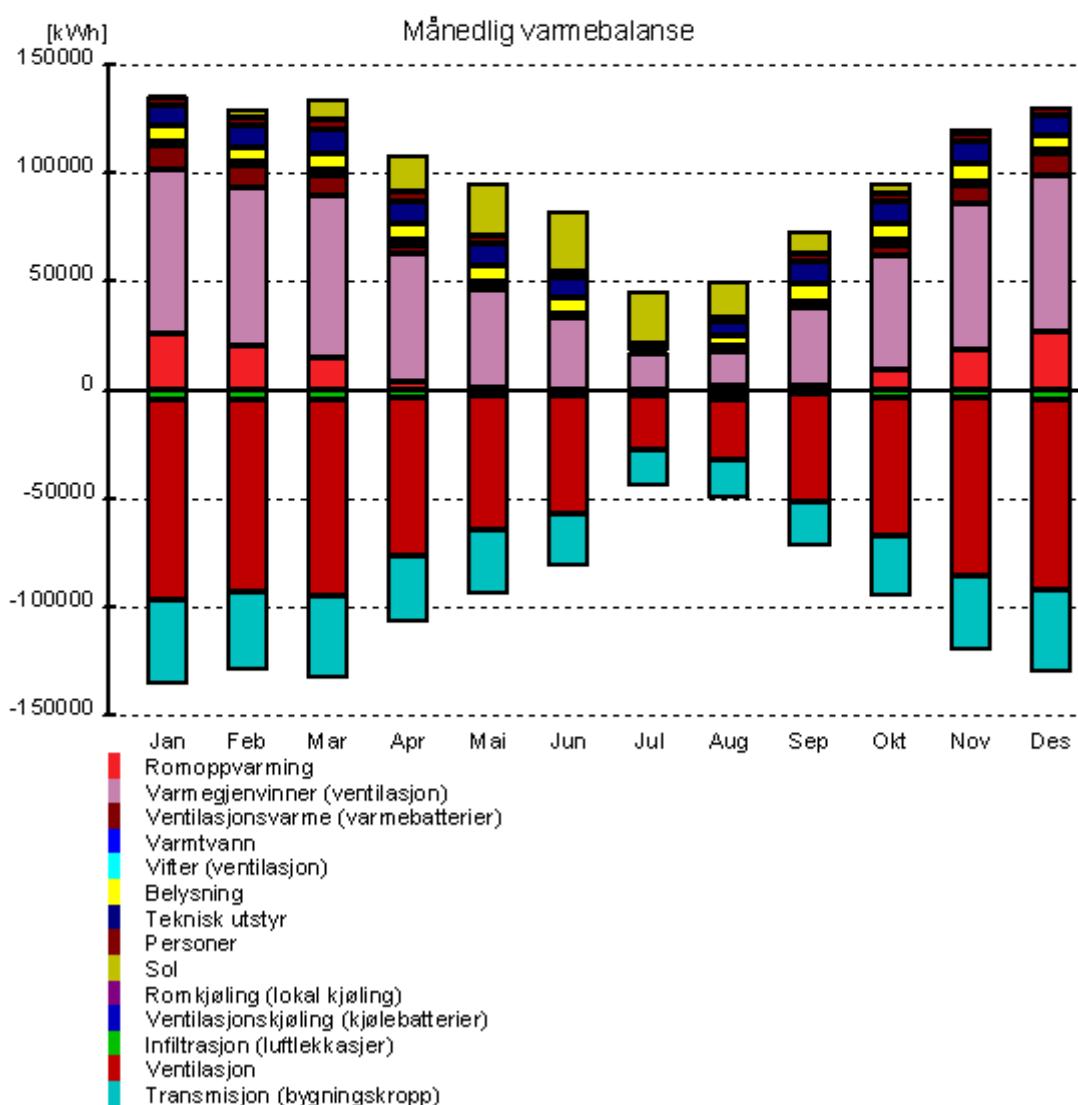
Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\M9_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:30 9/6-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Måned	Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)				
	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Maks. sone	Min. sone
Jan	-0,4 °C	7,4 °C	-11,5 °C	21,6 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Feb	-0,8 °C	6,5 °C	-10,6 °C	21,9 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Mar	1,0 °C	9,2 °C	-6,4 °C	24,0 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Apr	5,0 °C	14,5 °C	-2,6 °C	25,4 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Mai	8,5 °C	19,6 °C	0,1 °C	27,9 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Jun	11,8 °C	22,1 °C	3,6 °C	28,9 °C (Skulebygget Tilbygg)	19,6 °C (Skulebygget Tilbygg)
Jul	14,1 °C	24,4 °C	6,4 °C	29,4 °C (Skulebygget Tilbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Aug	14,4 °C	23,7 °C	5,6 °C	28,2 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Sep	10,7 °C	19,6 °C	3,7 °C	26,1 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Okt	6,1 °C	14,8 °C	-1,1 °C	24,3 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Nov	2,2 °C	10,4 °C	-6,4 °C	21,9 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)
Des	-0,2 °C	8,0 °C	-8,5 °C	21,8 °C (Gymnasbygg)	19,0 °C (Gymnasbygg)



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:30 9/6-2012

Programversjon: 5.007

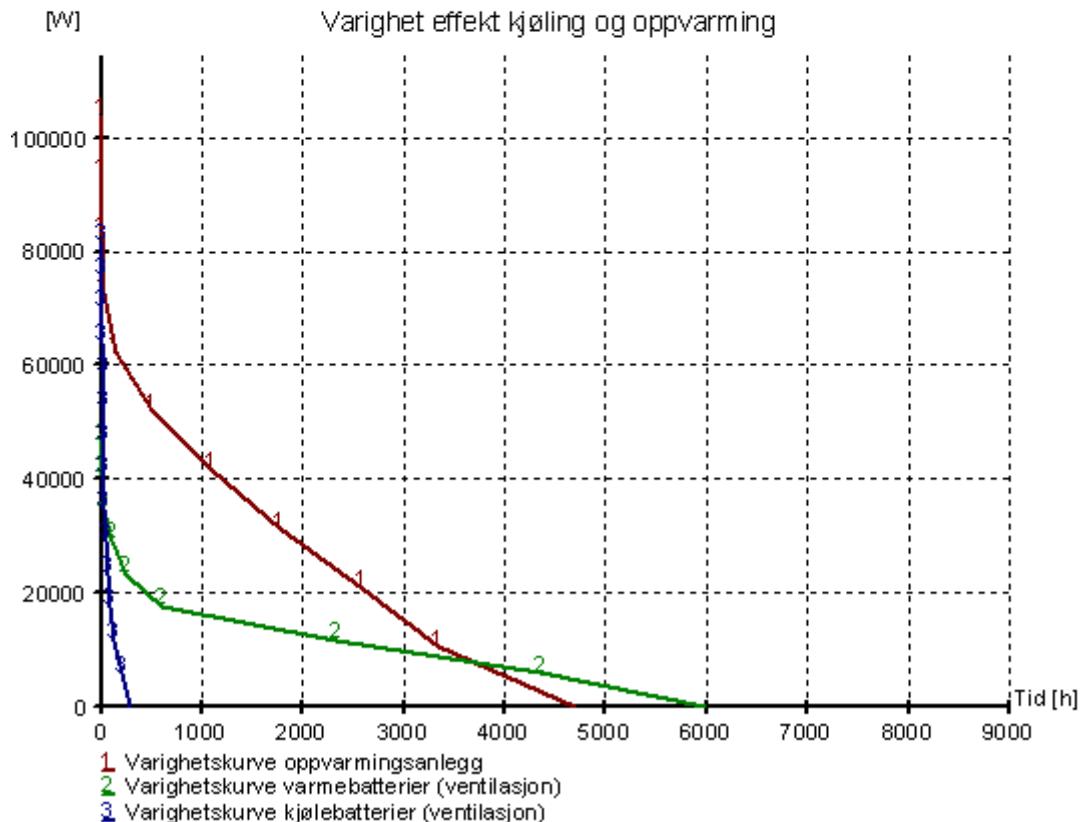
Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:30 9/6-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming

Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
123 kW (90 %)	100 %
110 kW (80 %)	100 %
96 kW (70 %)	100 %
82 kW (60 %)	99 %
68 kW (50 %)	97 %
55 kW (40 %)	90 %
41 kW (30 %)	79 %
27 kW (20 %)	60 %
14 kW (10 %)	35 %

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	916	
Areal tak [m ²]:	2340	
Areal gulv [m ²]:	3392	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	582	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	3630	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	10604	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,50	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,15	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,16	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	1,40	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	16,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	114	
Lekkasjeftall (n50) [1/h]:	1,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	80	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:30 9/6-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\M9_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	80,0	
Spesifikk vitteeffekt (SFP) [kW/m ² /s]:	2,00	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hh]	11,0	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hh]	3,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingasanlegg:	0,88	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	110	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	30	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	10,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	8,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	8,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	11,00	
Effektbehov varmvann på driftsdager [W/m ²]	0,80	
Varmetilskudd varmvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	4,28	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,55	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,19	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	1,00	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 05:30 9/6-2012

Programversjon: 5.007

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi

Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS

Sone: Alle soner

Inndata bygning

Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Skolebygg
Simuleringsansvarlig	Geir Larsen
Kommentar	NR.NAMN SIDE BYGGEÅR BTO.AREA GNR./BNR. BYGGNINGSNR: Gymnashallen 22.011965337919 / 52_f7_13171653

Inndata klima

Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Førde
Breddegrad	61° 27'
Lengdegrad	5° 52'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,1 °C
Midlere solstråling horisontal flate	85 W/m²
Midlere vindhastighet	2,8 m/s



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 05:30 9/6-2012
 Programversjon: 5.007
 Brukernavn: Student
 Firma: Undervisningslisens
 Innadatafil: C:\...\19_52 Sogndal VGS.smi
 Prosjekt: 19_52 Sogndal VGS
 Sone: Alle soner

Inndata energiforsyning

Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad: 0,90 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 92,0% Andel oppv., tappevann: 92,0% Andel varmebatteri: 92,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 %
2 Olje	Systemvirkningsgrad: 0,73 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,85 kr/kWh CO2-utslipp: 284 g/kWh Andel romoppvarming: 8,0% Andel oppv., tappevann: 8,0% Andel varmebatteri: 8,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 %

Inndata ekspertverdier

Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilsikudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilsikudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m ² K]:	20,00

Sogn og Fjordane fylkeskommune: Energiregistrering 2011
S.V.S. akt. Gymnast

nsv.	Driftsl.: <i>Livinud Ruud</i>	Totalt oljeforbruk	Vassforbruk	Ute-temp. midl. pr. mnd.	Max KW pr. mnd.	Andre energikilder Fjernvarme varme pumpa, eller bøssforbrem. Målar nr: Målefaktor: KWh/mnd:	Merknader
ato eg. iste ag Mål.nr T3m/max Målefakt: KWh/mnd:	El-energitariff: Mål.nr Tillf.kraft Målefakt: KWh/mnd:	Olje- forbruk 1 liter pr. mnd.	Olje- forbruk i kwh pr. mnd:	Mnd. kjel. virkn. grd.			
AN	41200	82440	1561	15610	0,75	106 m ³	-0,7 108,6 v
EB	30500	70320	865	8650	0,25	66 m ³	-3,4 100,3 x
ARS	30800	56340	561	5610	0,75	73 m ³	0,7 109,3 x
PR	26400	42460	-	-	-	64 m ³	6,7 97,3
AI	25600	29760	-	-	-	75 m ³	10,5 98,5
JNI	28500	25920	-	-	-	83 m ³	151 91,2
JLI	10700	12480	-	-	-	30 m ³	16,- 21,5
UG	17300	14400	-	-	-	3269 m ³	13,9 65,3
EPT	19400	26040	-	-	-	6944 m ³	9,5 78,4
KT	22700	46680	-	-	-	44 m ³	7,6 58,6
CV	34200	70320	110	1100	0,75	86 m ³	5 97,9
ES	24900	62620	694	6940	0,75	36 m ³	3 102,3 x
JM	312100	550680	3791	37910	764 m ³	7	110,1 → snitt 4 høststid 2011

900690

33

Sogn og Fjordane fylkeskommune: Energiregistrering 2010
Gymnas

nsv. Driftsl:	Totalt oljeforbruk			Vassforbruk			Ute-temp.			Max		Andre energikilder		Merknader
ato eg. iste ag nd:	El-energitariff: Mål.nr T3m/max Målefakt: KWh/mnd:	Olje- forbruk i liter pr. mnd.	Olie- forbruk i kwh pr. mnd.	Mnd. kjel. virkn. grd.			midd. verdi pr. mnd:	midd. verdi pr. mnd:	KW pr. mnd.	Fjernvarme eller bosstorbrenn. Målar nr: Målefaktor: KWh/mnd:				
AN	34600	68160	3274	32740	0,75	84	m ³	-5,7	111,1	x				
EB	30800	70440	1874	18740	0,75	68	m ³	-4,9	106,8	x				
ARS	37900	64920	970	9700	0,75	76	m ³	4,3	106,3					
PR	29100	40080	0	0	0	83	m ³	7,4	98,7					
AJ	25500	28560	0	0	0	76	m ³	12,2	89,2					
JNT	29400	23280	0	0	0	108	m ³	17	85,2					
JLI	16000	12600	0	0	0	15	m ³	18,1	28,2					
JG	21500	17520	0	0	0	81	m ³	15,7	86,4					
EPT	25900	30360	0	0	0	99	m ³	11,8	99,5					
KT	34400	65640	0	0	0	114	m ³	4,6	105,1					
DV	32400	66000	3320	33200	0,75	99	m ³	-3,5	112,3	x				
ES	28300	76680	1258	12580	0,75	50	m ³	-7,3	115	x				
JM	344800	564240	10696	952	3	5,8		111,3	smitt 4 høgde: 2010					

106 000

Sogn og Fjordane fylkeskommune: Energiregistrering 19
2009

ISV.	Driftsl:	Totalt oljeforbruk			Vassforbruk			Ute-temp.	Max	Andre energikilder	Merknader
ato	El-energitariff:	Olje-forbruk i liter	Olje-forbruk kwh pr. mnd.	Mnd. kjel. virkn. grd.				KW pr. mnd.	KW pr. mnd.	Fjernvarme varme pumpe, eller bossforbrenn.	
ig:	Mål.nr	M&l.nr	Tilf.kraft	Målefakt:						Målar nr:	Målefaktor:
Iste	T3m/max										
ig	Målefakt:										
Id:	KWh/mnd:										
N	39100	68040	2051	20510	0,75	79 m ³	0,2	105,3	v		
JB	30900	18240	5882	58820	0,8	56 m ³	0,3	103			
RS	32600	29280	3268	32680	0,75	71 m ³	4,2	103,4	v		
BR	27200	32640	0	0	0	57 m ³	9,8	93,9			
II	26700	27360	0	0	0	69 m ³	13,2	94,6			
NI	31200	24480	0	0	0	93 m ³	18,4	87,8			
JL	18600	14880	0	0	0	15 m ³	19,5	47,3			
JG	19200	15120	0	0	0	43 m ³	15,3	85,6			
JPT	26500	20880	0	0	0	72 m ³	12,1	94,8			
JT	35700	66000	0	0	0	70 m ³	51,6	98,2			
JW	32400	45720	1437	14370	0,75	80 m ³	4,4	103,3	v		
JS	36700	71160	793	7930	0,75	65 m ³	-2,1	107,1	v		
M	356800	439800	13431			770	836	104,8	Snitt 4 høstse i 2009		

134310
930910

Sogn og Fjordane fylkeskommune: Energiregistrering 1-9
2008

nsv.	Driftsl:	Totalt oljeforbruk	Vassforbruk	Ute-temp. midd. verdi	Max KW pr. mnd.	Andre energikilder	Merknader
ato eg. iste ag nd: ato eg. Mål.nr Tilf.kraft pr. mnd:	El-energitariff: Mål.nr Tilf.kraft pr. mnd:	Olje- forbruk i liter pr. mnd.	Olje- forbruk i kwh pr. mnd:	Mnd. kjel. virkn. grd.			
AN	30800	62400	1278	12780	0,75	78 m ³	1,6 107,7 x
EB	30400	57720	1173	11730	0,75	57 m ³	2,3 112,6 x
ARS	39500	83520	1123	11230	0,75	73 m ³	2,5 112,3 x
PR	30600	44280	153	1530	0,75	82 m ³	8,2 105,4
AI	26760	28440	—	—	—	72 m ³	12,9 92,9
JNI	27900	18960	—	—	—	64 m ³	16,8 78,8
JLI	15200	11040	—	—	—	24 m ³	21,- 25,9
JG	21100	11880	—	—	—	51 m ³	17,7 82,6
EPT	24400	20880	—	—	—	81 m ³	10,4 93,4
KT	23600	39600	—	—	—	62 m ³	7,8 91,9
DV	39300	74880	55	550	0,75	118 m ³	2,1 105,9
ES	30500	63600	214	2140	0,75	55 m ³	0,5 102 x
JW	340000	517200	3996	—	—	817 m ³	8,65 110,7 Smitt, 4 høst 2008

39960

861196

Ogn og Fjordane fylkeskommune: Energiregistrering 2007

V.	Driftsl:	Totalt oljeforbruk			Vassforbruk			Ute-temp.	Max	Andre energikilder	Merknader
	El-energitariff:	Olje-forbruk i liter	Olje-forbruk i kwh pr. mnd.	Mnd. kjel. virkn. grd.				KW pr. mnd.	Fjernvarme eller varme pumpes målsnr:		
o	Mål.nr	Mål.nr									
te	T3m/max	Tilf.kraft									
i	Målefakt:	Målefakt:									
:	KWh/mnd:	KWh/mnd:									
	28300	57120	267	2670		71	3	0,55	109,6		
	31300	57840	1290	12900		76	3	-0,5	113,4		
S	37000	52320	579	5790		82	3	5,1	108,3		
	25700	33600	0	0		56	3	8,0	101,1		
	25800	23880	0	0		66	3	11,7	95,8		
I	28400	17640	0	0		79	3	19,6	83,6		
I	11100	10560	0	0		7	3	15,9	36		
I	21600	17520	0	0		75	3	15	86,8		
T	25800	31680	0	0		77	3	10,3	98,4		
	24100	42720	0	0		65	3	8,2	102		
	40200	75480	1122	11220	0,75	98	3	2,3	111,4		
	29100	65400	1456	14560	0,75	73	3	0,3	114,7		
	328000	485760	4714			825	3	8,04			
										47140	
											860900

Vedlegg 7: Systemforslag varmepumpe

Energisparingskalkyle		 Dato 2012-05-31 Prosjekt: Skolebygg Leikanger
FORHANDLER Danfoss AS (Leif Wiig) Boks 5325 7430 Trondheim	KUNDE	
KONTAKTPERSON Telefon mobil Telefon arbeid Faks E-post	KONTAKTPERSON Telefon mobil Telefon hjem Faks E-post	
Med 3 stk Robust 42 og 1 stk kan du spare 475769 kWh per år!		
Beregningsresultat		
Bygningens energisparing	475769 kWh/år	
Totalt energiforbruk (inkl. tilskuddsvarme, interne og eksterne sirk.pumper)	410232 kWh/år	
Bygningens totale energibehov (inkl. varmtvann)	886001 kWh/år	
Avgitt energi fra varmepumpe	693630 kWh/år	
Tilført energi til varmepumpe (hvorav sirk.pumper 24959 kWh/år)	217861 kWh/år	
Tilført energi tilskuddsvarme el (100% virkningsgrad)	192371 kWh/år	
Arsvarmefaktor varmepumpe (eks. sirk.pumper og tilskuddsvarme)	3,6	
Årsvarmefaktor totalt (inkl. tilskuddsvarme, interne og eksterne sirk.pumper)	2,16	
Energidekningsgrad	78,3 %	
Nødvendig tilskuddseffekt	219,1 kW	
Bygningens maksimale effektbehov (inkl. varmtvann)	325,5 kW	
Hvorav varmtvann står for	0 kW	
Forutsetninger: Valgt varmepumpe 3 Robust 42 & 1		
Varmesystem: Normalt radiatorsystem (55°C/47°C tur/retur ved DUT)		
Tidligere energiforbruk, eksl. husholdsel (830001 kWh/år 100% virkningsgrad)	830001 kWh/år	
Tidligere oljeforbruk (7 m³/år 80% årvirkningsgrad)	56000 kWh/år	
Totalt energibehov (inkl. varmtvann)	886001 kWh/år	
Hvorav varmtvann står for	0 kWh/år	
Varmtvann produseres med VP til	100 %	
Innemperatur	21 °C	
Arlig gjenomsnittstemperatur (6863 Leikanger 0 Meter over havet (moh.))	6,9 °C	
DUT (Dimensjonerende utetemperatur)	-14 °C	
Tilgjengelighet varmepumpe	100 %	
Dimensjoneringsdata varmekilde: Fjell		
Kuldbærertemp. ved års gj. snitt	0 °C	
Kuldbærertemperatur ved DUT	-4 °C	
Lambdaverdi fjell	3,2 W/m K	
Borehullsdiameter	115 mm	
Borehullsavstand (ved mer enn ett borehull)	20 m	
Dybde fra mark till fast fjell	5 m	
Antall borehull	23 stk	
Aktiv borehullsdybde(regnes fra stabilt grunnvannsnivå)	93 m	
Beregningen baseres på innhentet informasjon og gjelder for normalår ifølge METEONORM. Anlegget antas å være riktig innstilt. Beregningen er ikke en garanti for at de beregnede resultatene vil oppnås.		



FORHANDLER
Danfoss AS (Leif Wiig)
Boks 5325
7430 Trondheim

KUNDE

KONTAKTPERSON
Telefon mobil
Telefon arbeid
Faks
E-post

KONTAKTPERSON
Telefon mobil
Telefon hjem
Faks
E-post

Med 3 stk Robust 42 og 1 stk kan du spare 489769 per år!

Besparingskalkyle år 1

Økonomisk sparing	489769	(900001 - 410232 = 489769)
Energikostnad før installering av varmepumpe	900001 /år	
Fordelt på:		
El 830001 kWh/år * 1 = 830001		
Olje 7 m³/år * 10000 = 70000		
Energikostnad etter inst. av varmepumpe	410232 /år	
Fordelt på:		
El 410232 kWh/år * 1 = 410232		

Sparing

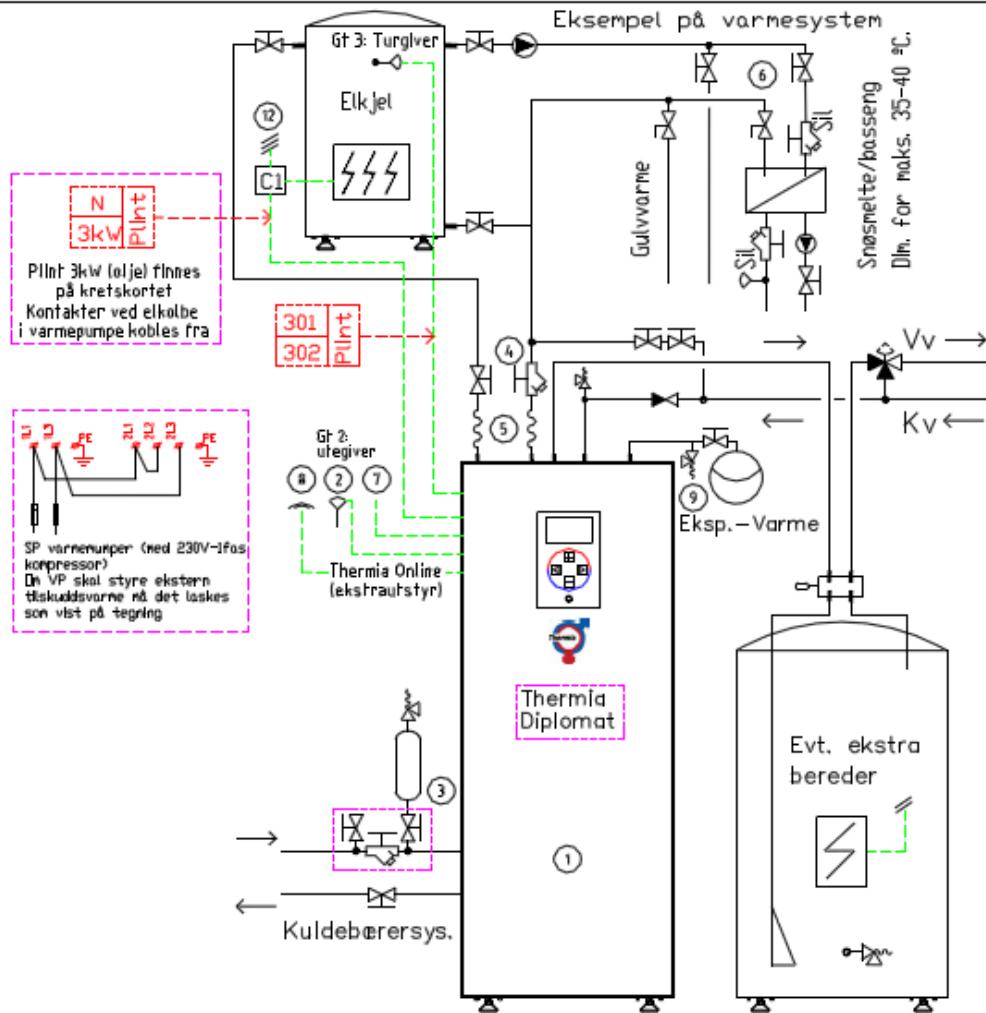
Betingelser økonomi		Sparing	Uten lån
Beregningstid for økonomisk kalkyle	10 År	År 1	489769
Skattefordel	30 %	År 2	499564
Investeringskostnad	0	År 3	509556
		År 4	519747
Betingelser energipris		År 5	530142
Elpris før tiltak	1 /kWh	År 6	540744
Elpris etter tiltak	1 /kWh	År 7	551560
Årlig energiprisøkning	2 %	År 8	562591
Oljepris	10000 /m³	År 9	573842
	2	År 10	585319
		Sum besparelser	5362834

Beregningen baseres på innhentet informasjon og gjelder for normalår ifølge METEONORM. Anlegget antas å være riktig innstilt. Beregningen er ikke en garanti for at de beregnede resultatene vil oppnås.

SYSTEMFORSLAG

Diplomat

Rev: 2009.10.16/tbo
SYSTEM: 1211103



Komponentspesifikasjon		Thermia Diplomat	
Pos	Benevnelse	Type	Lev. av:
1	Varmepumpe	Thermia Diplomat	Normann Etek
2	Temperaturglverei GT		Inkl. i VP
3	Aavluftingskar og påfyllingskit /med sil		Inkl. i VP
4	Filter m/stengeventil	Retur varmeanlegg	Inkl. i VP
5	Fleksibelt rør, 2 stk	Tur/retur varmeanlegg	Inkl. i VP
6	Fordeler varmesystem		VVS-inst.
7	El. tilførsel, se Installasjonsvelledring		El-inst.
8	Thermia Online	GPRS-WEB-basert overvåkning	Normann Etek
9	Ekspansjon og lufting		VVS-inst.
12	Kontaktor for el. kjel	Dim. etter effekt	El-inst.

FUNKSJON:

Varmepumpen lager varme og varmtvann. Prioritert varmtvannsdrift. Turtemperaturen styres med hensyn til utetemperaturen, etter innstilt varmekurve.
 Diplomat 6 – 8 – 10 – 12 leveres i 1-fas 230v utførende.
 Diplomat 6 – 8 – 10 – 12 – 16 leveres i 3-fas 400v utførende.

Vedlegg 8: Kostnadsberekingarr og forventa energisparing	
Energi pris, kr/kWh:	0,50/1,00
Kalkulasjonsrente:	6,00 %
Avskrivningstid, år:	(Gjerstad, F.O.m Hanssen, S.O., Novacovic, V., Skarstein, Ø. & Thue, J.V., 1996)
Isolasjon	40
Vindauge	30
Varmegjeninnar	15
Varmepumpe	20 (energibrønn; "evig")
Pelletsovn	25
Sol	20

ENERGIEFFEKTIVISERING									
	Mengd	Kostnad per mengdeeining [kr]	Kostnad [Kr]	Sparing [kWh/år/m ²]	Åvskrivningstid [år]	50 øre /kWh	100 øre /kWh		
						Noverdi [kr]	Innteningstid [år]	Noverdi [kr]	Innteningstid [år]
Etterisolering av fasade	1636 m ²	1 500	2 454 000	15	40	-1 890 599	-	-1 327 198	-
Utskifting av vindauge og dører	582 m ²	4 200	2 444 400	22	30	-1 688 455	-	-932 509	-
Tetting i samanheng med etterisolering av fasade og utskifting av vindauge og dører	600 m ²	118	70 800	27	30	856 951	2	1 784 702	<1
Etterisolering av tak	600 m ²	150	337 050	19	40	376 591	10	1 090 233	5
Installasjon av varmegjeninnar	1	2 350 000	2 350 000	180	15	2 014 044	7	6 378 087	3
Installasjon av varmepumpe	1	2 750 000	2 750 000	185	20	2 546 987	8	7 843 975	4
Installasjon av pelletsovn	1	975 000	975 000	-18	25	-1 549 400	-	-2 123 799	-
Sum energieffektivisering			11 381 250						

- Utrekning av energisparingspotensial gjeld for første tiltak.