

OPPVARMING AV BOLIGER MED PASSIVHUSSTANDARD

HEATING OF HOUSES WITH PASSIVE HOUSE STANDARD

KRISTIAN BJØRKLUND

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP

INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI (IMT)
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2012



FORORD

Denne masteroppgaven er gjennomført som en del av masterstudiet ved Institutt for matematiske realfag og teknologi (IMT), våren 2012.

Energibruk i boliger er et tema som blir mer og mer aktuelt, og noe jeg lenge har hatt et ønske om å lære mer om. Boliger planlagt med fokus på miljø og energi er fortsatt en ung idé noe som gjør temaet mer spennende og relevant. Jeg ser derfor på denne oppgaven som en flott mulighet for meg til å lære mer om temaet, samtidig som jeg kan gjøre det lettere for andre planleggere å velge rett miljøvennlig oppvarming.

I denne oppgaven har jeg fått stor hjelp av mine veiledere, Professor Torgeir Lyngtveit ved IMT og Ola Ø. Thorsnes fra Selvaag Gruppen. Jeg takker for både stor faglig input og for mye motivasjon. Jeg ønsker også å takke Selvaag Gruppen som har inkludert meg på en rekke områder på en profesjonell måte.

Jeg ønsker også å takke representantene fra følgende firmaer og organisasjonen jeg har kontaktet som har gitt meg verdifull informasjon:

Nina Aastorp Blindheimsvik, Prosjektingeniør, Selvaagbygg Prosjektering

Christian Othman Arnesen, Avdelingsleder prosjekt, ABK AS

Niels Christian Moen, Daglig leder, Bygg Control AS

Morten Solsem, Produktsjef, ABK AS

Arne Saugstad, Aventa AS

Svein Torgersen, Daglig leder, Alpha.InnoTec Norge AS

Svenke Folkestad, Produktsjef, MultiEnergi

Karl-Johan Arnesen, Teknisk Salgsingeniør, OSO AS

Johan Schiøtz Wibye, Ingeniør, Miljødusj

SAMMENDRAG

Hovedmålet med denne masteroppgaven har vært å gjøre en overordnet analyse av forskjellige oppvarmingskilder med ulike energikilder i passivhus. Dette er boliger med strenge krav til energibruk og bygningsdeler og komponenter. Det karakteristiske med disse boligene er at behovet for varmtvann utgjør en stor andel av det totale årlige energibehovet.

Energibehovet til romoppvarming er en liten del av det totale energibehovet. Dette betyr at oppvarmingssystemet som benyttes bør ha lave installasjonskostnader. For passivhus vil oppvarmingssystemer som pelletskamin med vannkappe, luft/vann varmepumpe, vann/vann varmepumpe, solfanger, kompaktaggregat og avtrekksvarmepumpe være aktuelle. Felles for alle er at de varmer opp vann og at de regnes som fornybare.

For å sammenligne de forskjellige oppvarmingssystemene benytter jeg et eksempelbygg. Eksempelbygget er et rekkehusprosjekt levert i moduler som skal bygges på Utsikten i Buskerud. Bygget er planlagt av TAG Arkitekter, og bygget skal oppføres som passivhus.

Beregninger og analyser viser at det er avtrekksvarmepumpe som er mest fornuftig å benytte i passivhus. Dette er et system som trekker luft inn gjennom spalter i klimaskjermen og varmer denne kalde luften i rommet ved for eksempel vannbåren varme. Luften suges ut fra våtrom, bad og kjøkken. Den varme luften går gjennom en varmepumpe som senker lufttemperaturen og leverer varmen til en varmtvannstank. Dette er et enkelt og rimelig system sammenlignet med hva konkurrentenes systemer. En av ulempene er at det er svært vanskelig å regulere lufttilførselen i de forskjellige rommene. Både møblering og åpning/lukking av dører vil påvirke luftstrømmingene, dermed også tilførselen av frisk luft. Det har også vist seg vanskelig å dokumentere at avtrekksvarmepumpene tilfredsstiller myndighetenes krav.

Oppgaven omhandler også andre energibesparende tiltak hvor det kommer klart frem at varmegjenvinnere for gråvann er en fornuftig investering med kort inntjeningstid. Ulempen er at rengjøringen kan være vanskelig å utføre samt at de må planlegges tidlig fordi de krever spesiell tilrettelegging.

ABSTRACT

The main objective for this thesis has been to make an overall analysis of different heat sources with diverse energy sources in passive houses. Passive houses are houses with strict requirements for energy use, building elements and building components. The characteristic of these houses is that the need for hot water accounts for a large proportion of the total annual energy requirements.

Energy demand for room heating is a small part of the total energy demand. This means that the heating system used should have low installation costs. For passive houses heating systems like woodburned boiler, pellets stove with a water jacket, air/water heat pumps, solar collectors, compact units and exhaust air heat pumps are relevant. These technologies have in common that they heat up water and are defined as renewable.

I have used an example from Utsikten in Buskerud municipality to compare the different heating systems. The building is planned by TAG Arkitekter, and is going to be built as a passive house.

By my calculations and analyzes, I concluded that the exhaust air heatpump is the most reasonable choice in passive houses. This is a system that draws cold air in through gaps in the climate shell and heats up the air in the room. Air is drawn from bathrooms and kitchen. The hot air passes through a heat pump that lowers the air temperature and delivers this heat to the water heater. This is a simple and inexpensive system compared to other competing systems. One drawback is that it is very difficult to regulate the air supply in the different rooms. Both furnishing and opening/closing of doors will affect the air flow, and therefore also the supply of fresh air. It has also proven difficult to document that exhaust air heat pumps reaches governmental acquirements.

The thesis also deals with other energy saving measures which clearly states that the heat recovery units for gray water is a good investment with shortpay-off time. Disadvantages are that cleaning can be difficult to perform, and they must be planned early because they require special provisions.

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	1
Sammendrag	2
Abstract	3
Innholdsfortegnelse	4
Figurliste	7
Tabelliste	9
Formelliste	10
Innledning og problemstilling	11
Problemstilling	11
Avgrensinger	11
Bakgrunn	11
Litteratur/teori	13
Definisjoner	13
Beregning av lønnsomhet	17
Tilbakebetalingstid (TT)	17
Nåverditid (NV)	18
Nåverdikvote (NVK)	18
Inntjeningstid (IT)	18
Internrente (IR)	19
Største lønnsomme investering (I_{Maks})	19
Passivhus	19
Energisimulering	22
Romoppvarming	23
Vannbårne varmeanlegg	26

Ventilasjon	28
Avtreksventilasjon	29
Balansert ventilasjon.....	29
Materialer og Metode	30
Ulike typer oppvarminssystemer.....	30
Oppvarming med bioenergi	32
Oppvarming med varmepumpe.....	36
Oppvarming med solvarme	44
Oppvarming med gass	51
Oppvarming med fjernvarme	53
oppvarming med elektrisitet	55
Andre energibesparende tiltak	58
Varmegjenvinner for avløpsvann.....	58
Isolerende gardin	60
Solskjerming	60
Prosjektet «Utsikten»	63
Resultater	67
Vannbårne varmeanlegg.....	67
Varmelist	67
Ulike typer oppvarmingssystemer.....	70
Oppvarming med biobrensel	70
Oppvarming med varmepumper	73
Oppvarming med solenergi	78
Oppvarming med gass	80
Oppvarming med fjernvarme	81
Oppvarming med elektrisitet.....	81

Andre energibesparende tiltak	82
Kombinasjon av teknologier	86
Solfanger og pelletskamin med vannkappe	86
Solfanger og luft-luft varmepumpe	87
Diskusjon	89
Vannbårne varmeanlegg	89
Ulike typer oppvarmingssystemer	90
Oppvarming med bioenergi	90
Oppvarming med varmepumper	92
Oppvarming med solvarme	96
Oppvarming med gass	97
Oppvarming med fjernvarme	97
Oppvarming med elektrisitet	97
Andre energibesparende tiltak	98
Varmegjenvinner for avløpsvann	98
Solskjerming	99
Isolerende gardin	99
Aktuelle Varmesystemer	100
Kombinasjoner av varmesystemer	100
Feilkilder	104
Konklusjon	106
Litteraturliste	108
Personlige opplysninger	114
Vedlegg	115
Prosjektbeskrivelse for Utsikten M1 - Passivhus	115
Beregninger fra enorm – f750	123

.Pristilbud solfanger for utsikten	128
.3-D illustrasjon av Utsikten	131
.Beregning av fornybarandel – avtrekksvarmepumpe	132

FIGURLISTE

.Figur 1: Varmebehov	15
.Figur 2: Årlig energibehov til boliger	23
Figur 3: Termisk komfort ved forskjellige temperaturer (Isover Saint-Gobain, u.å.).....	25
Figur 4: Termisk komfort ved forskjellige lufthastigheter (Isover Saint-Gobain, u.å.).....	25
.Figur 5: Romoppvarming (SINTEF Byggforsk, 2010)	24
.Figur 6: Metoder for varmeoverføring (SINTEF Byggforsk, 2010)	25
.Figur 7: Vannbårne varmeanlegg (Stene, 2008)	26
.Figur 8: Varmelister (BestBoard, u.å.)	28
.Figur 9: Klassifisering av oppvarmingssystemer	30
.Figur 10: Vedovn uten varmekappe (Woodheat, u.å.)	33
.Figur 11: Pelletskamin uten vannkappe (National Pellet Stoves, u.å.)	35
.Figur 12: Prosessen til en varmepumpe (Oljefri, u.å.)	37
.Figur 13: Avtrekksvarmepumpe – ventilasjonsløsninger. (NIBE Frånluft, 2011)	39
.Figur 14: Skjematisk systemtegning av avtrekksvarmepumpe (NIBE Frånluft, 2011)	40
.Figur 15: Systemmfårståelse av avtrekksvarmepumpe (NIBE Frånluft, 2011)	41
.Figur 16: Systemfigur for kompaktaggregat (Figur: Kristian Bjørklund)	42
.Figur 17: Varmetransport gjennom et kompaktaggregat (Stene, 2008)	43
.Figur 18: Kart over solinnstråling (Fornybar, u.å.)	44
.Figur 19: Prinsipiell tegning av hvordan solceller fungerer (Chasteen, u.å.)	45
.Figur 20: Prinsipiell tegning for varmelager (SINTEF Byggforsk, 2011)	47
.Figur 21: Kombinasjonsmetoder for solfangersystemer (Stene, 2008)	48

Figur 22: Prinsipiell oppbygning av en plan solfangermodul (SINTEF Byggforsk, 2011)	49
Figur 23: Prinsipiell tegning av plane solfangere (Fornybar, u.å.)	49
Figur 24: Snitt gjennom en vakuumsolfanger med direkte gjennomstrømning (SINTEF Byggforsk, 2011)	50
Figur 25: Typiske virkningsgradkurver for ulike solfangere og hvilke temperaturnivåer som er typiske for ulike bruksområder (SINTEF Byggforsk & KanEnergi, 2011)	50
Figur 26: Utslipp av forskjellige brensler	51
Figur 27: Prinsipiell tegning av gasspeis (Peisselskabet, u.å.)	52
Figur 28: Prinsippskisse for gasskjel (Central Heating and Cooling now, 2010)	53
Figur 29: Prinsippskisse av et fjernvarmeanlegg (Brantenberg, 2010)	54
Figur 30: Prinsippskisse av en enkeltmantled varmtvannstank (Stene, 2008)	56
Figur 31: Prinsippskisse av en dobbelmantled varmtvannstank (Stene 2008)	57
Figur 32: Varmegjenvinner for gråvann (OSO Hotwater u.å.)	58
Figur 33: Prinsippskisse av varmegjenvinner for dusjvann	59
Figur 34: Varmegjenvinner for dusjvann (HeatSnagger, 2011)	59
Figur 35: Kart over Norge og Buskerud (Wikipedia, 2007)	63
Figur 36: Situasjonkart (TAG, 2012)	63
Figur 37: Plantegning Utsikten 1. etg (TAG, 2012)	64
Figur 38: Plantegning Utsikten 2. etg. (TAG, 2012)	64
Figur 39: Plantegning Utsikten underetg. (TAG, 2012)	65
Figur 40: Snittegning Utsikten (TAG, 2012)	66
Figur 41: Graf over Varmebehov, tilgjengelig solenergi og kjøpt energi	80
Figur 42: Effekt for dusjvannvarmegjenvinner	83
Figur 43: Effekt av solavskjerming hvor den øverste figuren er Utsikten med screensolskjerming og den nederste er Utsikten uten solskjerming	84
Figur 44: Varme fra radiator (Ener, u.å.)	89
Figur 45: Sammenligning av Investeringstkostnader og energikostnader	103

TABELLISTE

Tabell 1: Krav til høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming hentet fra NS 3700 20	
Tabell 2: Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall	21
Tabell 3: Minste tillatte, gjennomsnittlige luftmengde brukt ved energiberegninger hentet fra NS 3700	21
Tabell 4: Effekt- og energibehov og varmetilskudd fra belysning, utstyr, varmtvann og personer hentet fra NS 3700	22
Tabell 5: Solavskjerming virkningsgrad (SINTEF Byggforsk, 2000)	62
Tabell 6: Valgt konstruksjon for Utsikten	66
Tabell 7: Kostnader for bygningsdeler (Norconsult Informasjonssystemer AS, 2011)	67
Tabell 8: Ventilasjonsmengde og temperaturheving	68
Tabell 9: Energibehov og økonomisk analyse for varmelister	68
Tabell 10: Energibehov og økonomisk analyse for biobrensel	70
Tabell 11: Energibehov og økonomisk analyse for vanlige varmepumper	73
Tabell 12: Energibehov for avtrekksvarmepumpe	76
Tabell 13: Økonomisk analyse for avtrekksvarmepumpe	76
Tabell 14: Energibehov og økonomisk analyse for kompaktaggregat	77
Tabell 15: Inndata for solfangeranlegg	79
Tabell 16: Solinnstråling, varmebehov og høstet solenergi fordelt over året (Aventasolar, 2012)	79
Tabell 17: Energibehov og økonomisk analyse for solfanger	79
Tabell 18: Energibehov og økonomisk analyse for fjernvarme	81
Tabell 19: Energibehov og økonomisk analyse for varmegjenvinnere for gråvann	82
Tabell 20: Energiberegning for isolerende gardin (Thorsnes, 2011)	85
Tabell 21: Energibesparelse for isolerende gardin	86
Tabell 22: Økonomisk analyse for isolerende gardin	86

Tabell 23: Energibehov og økonomisk analyse for solfanger og pelletskamin med vannkappe	86
Tabell 24: Energibehov og økonomisk analyse for solfanger og luft-luft varmpumpe	87
Tabell 25: Fordeler og ulemper ved de forskjellige teknologiene	100
Tabell 26: Investeringskostnad og energikostnader for "den tradisjonelle"	101
Tabell 27: Investeringskostnad og energikostnader for "for entusiasten"	101
Tabell 28: Investeringskostnad og driftskostnader for "den svenske"	102
Tabell 29: Investeringskostnad og driftskostnader for "den enkle"	102
Tabell 30: Investeringskostnad og driftskostnader for "den vedlikeholdsfrie"	103
Tabell 31: Oversikt over årlige kostnader for de forskjellige kombinasjonene av oppvarmingsteknologier	104
Tabell 32: Rangert oversikt over årlige kostnader for de forskjellige kombinasjonene av oppvarmingsteknologier	106
Tabell 33: Fordeler og ulemper ved de forskjellige kombinasjonene av oppvarmingsteknologier	106

FORMELLISTE

Formel 1: Kalkulasjonsrente	17
Formel 2: Tilbakebetalingstid	17
Formel 3: Nåverditid	18
Formel 4: Nåverdikvote	18
Formel 5: Inntjeningstid	18
Formel 6: Internrente	19
Formel 7: Største lønnsomme investering	19
Formel 8: Fornybar energiforsyning	20

INNLEDNING OG PROBLEMSTILLING

PROBLEMSTILLING

I denne oppgaven ønsker jeg å se nærmere på forskjellige energisystemer for boliger med passivhusstandard. Jeg vil lage en oversikt over oppvarmingsystemer med både krav fra myndigheter, økonomi og til komfort. Jeg kommer også til å se på teknologiene bak oppvarmingssystemene. Målet er å skape en rapport slik at boligeiere, utbyggere og planleggere lettere skal kunne få en oversikt over muligheter og begrensninger når det kommer til oppvarming av passivhus.

AVGRENSINGER

Jeg har valgt å sette fokus på teknologiene jeg mener er aktuelle og som er for montering i hver enkelt bolig. Dette vil si at jeg ikke har sett på fellessystemer hvor flere boliger benytter ett felles energisystem. Jeg har videre valgt å se bort ifra kostnadene på teknologier som ikke vil klare dagens krav til fornybarandelen. Det har også vært behov for å gjøre visse forutsetninger for å kunne skape en så universell beregning som mulig.

BAKGRUNN

Bygninger står for nær 40 % av den landbaserte energibruken i Norge. Energien brukes til drift av byggene og de behovene som byggene har. For boliger går en stor del med til oppvarming og varmtvann (SINTEF, 2012). Erfaringer og statistikk viser at norske bygg bruker langt mer energi enn nødvendig. For å løse dagens miljøproblemer er energieffektivisering av bygg et svært viktig tiltak. Å bygge passivhus er et av disse energieffektiviseringstiltakene.

Passivhus er meget godt isolerte og tette hus med et mer energieffektivt ventilasjonsanlegg. Oppvarmingsbehovet i passivhus skal ligge under $15 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$, mens totalt kjøpt energi vil ligge rundt $60 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$. Passivhus har et meget lavt behov for romoppvarming. Samtidig utgjør behovet for varmtvann opp til 80 % av totalt årlig oppvarmingsbehov. Dette gjør at vi må tenke annerledes og kanskje benytte andre teknologier for oppvarming av boliger. Oppvarmingssystemet må være billig, enkelt, samtidig som det er tilpasset den nye

fordelingen av oppvarmingsbehovet, hvor behovet for varmtvann er større enn behovet for romoppvarming.

LITTERATUR/TEORI

DEFINISJONER

Akkumulere: Å samle opp, lagre eller bevare (Aastorp Tangen, 2011).

Arbeidsmedium: Et arbeidsmedium/væske sirkulerer rundt i et lukket rørnett.

Arbeidsmediet har ofte et meget lavt kokepunkt og gode egenskaper til å oppta og frigi varme.

Bolig: Bolig er definert av NS 3031 som en bygning eller den del av en bygning, som har egen inngang, eget kjøkken, toalett og oppholdsrom, og er bygd eller ombygd som helårsbolig og registrert som bolig i nasjonalt register for landets grunneiendommer, eiere, adresser og bygninger (GAB).

BRA: Bruksarealet etter NS 3940, det vil si arealet som ligger innenfor omsluttende vegger i et hus.

Driftstid: Driftstid er i følge NS 3031 den andelen av en tidsperiode bygningen har normal personbelastning med tilhørende behov for ventilasjon og innetemperatur.

Energi: Energi er et produkt av effekt og tid. Kilowatttime er en måleenhet $[(W \cdot h)/1000]$.
 $2,77 \cdot 10^{-7} \text{ kWh} = 1 \text{ J}$ og $1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal}$ (Wikipedia, 2012) (convert-to, u.å).

Fordamper og kondensator: En fordamper og kondensator gjør at arbeidsmediet henholdsvis tilføres og avgir energi ved at arbeidsmediet fordamper eller kondenserer.


Gråvann: Gråvann er avløpsvann fra vask, dusj og vaskemaskin.

Halvleder: En halvleder er et stoff som ikke leder elektrisitet godt i en ren form, men under visse omstendigheter kan lede strøm. Atomene i en halvleder låner bort elektronene i ytterste skall til naboelektronene, slik fyller de hverandres ytterste skall. Alle ytterskallelektronene er med i bindinger mellom atomer, og ingen av atomene kan bevege seg fritt. Dette betyr at det ikke ledes strøm. Halvlederen vil lede strøm hvis den får en liten andel med et annet grunnstoff som enten har et overskudd eller et underskudd av elektroner.

Infiltrasjon: Utilsiktet luftveksling gjennom utettheter i klimaskjermen utenom ventilasjonssystemet.

Kaldras: Luftstrømningseffekt i rom, som skyldes avkjøling av romluft ved flater med lav overflatetemperatur, so for eksempel vinduer. Den avkjølte luften er tyngre enn romluften og vil synke ned til gulvet og innover i rommet. Kaldras oppleves som ubehagelig trekk (Thue, u.å.).

Klimaskjerm: Primære bygningsdeler etter NS 3451 som beskytter oppvarmet del av BRA mot utvendig klima.

Kontrollventil: Kontrollventiler er gjengitt ved symbolet .

Kuldebro: Kuldebro er i følge NS 3031et felt i konstruksjonen som har svakere isolasjonseffekt enn ellers i bygget.

Lekkasjetall: Lekkasjetall er definert i TEK 10 som antall luftutskiftninger per time med en trykkforskjell på 50 Pa mellom innvendig og utvendig side av klimaskjermen.

Netto energibehov: Bygningens energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden.

NS 3031: Norsk Standard 3031:2007+A1:2011. Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data.

NS 3451: NS-EN ISO 3451. Plast – Bestemmelse av aske.

NS 3700: NS 3700:2010. Kriterier for passivhus og lavenergihus – Boligbygninger.

NS 3940: NS 3940. Bruk av arealbetegnelser ved omsetning av boliger. En veileder basert på NS 3940:2007 – P648.

NS 4414: NS 4414.1997. ved til brensel i husholdninger.


Operativ lufttemperatur: Operativ temperatur er den temperatur som brukes som mål for menneskers opplevde temperatur. Denne skal helst være mellom 20 og 23 °C (Inneklima, u.å.).

Oppvarming: Er en felles energipost for romoppvarming og ventilasjonsvarme etter NS 3031.



PPM: Part per million, 0,001 %, enhet for angivelse av konsentrasjon i gasser.

SFP-faktor: SFP står for «specific fan power», denne faktoren beskriver viftens effektforbruk i forhold til levert luftmengde [$\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$] (Stene, 2008).

Reduksjonsventil: Se strupeventil.

Sirkulasjonspumpe: Sirkulasjonspumper er gjengitt ved symbolet .

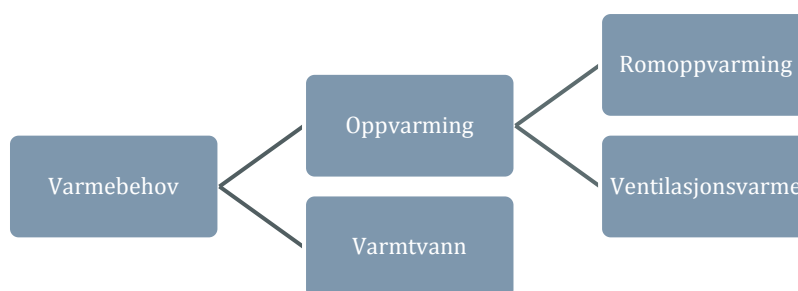
Spisslast: Belastningstopp, for eksempel i elektrisitetsforsyningen (Bekkevold, 2009).

Strupeventil: Strupeventiler, også kalt reduksjonsventiler, er gjengitt ved symbolet  eller . Gjennom strupeventilen synker trykket og dermed temperaturen til arbeidsmediet, slik at det kan ta opp varme i fordampere. Tilføres det for mye arbeidsmedium vil man ikke få 100 % fordampning av mediet, og man risikerer væske i kompressoren, som igjen vil skade kompressoren.

TEK 10: FOR 2012-03-26 nr 489: Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) (lovdata, 2012).

U-verdi: U-verdi er en betegnelse for varmegjennomgangstallet for en bygningsdel. Tallet angir varmegjennomgangen per m^2 ved en temperaturforskjell på 1 Kelvin fra luft til luft over bygningsdelen. U-verdien karakteriserer bygningsdelens varmeisolasjonsevne og angis i $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (Thue, 2009).

Varmebehov: Brutto energibehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvann.



Figur 1: Varmebehov

Varmegjenvinning: Varme fra avluft som overføres til tilluft for å redusere varmetap på grunn av ventilasjon.

Varmetransmisjon: Varmetransport som skyldes varmegjennomgang i bygningsdeler.

Årsmiddelfaktor: Årsmiddelfaktoren angir hvor mye varme man får igjen i forhold til tilført elektrisitet gjennom fyringssesongen. Det vil si totalt oppvarmingsbehov dividert på summen av elektrisitet til pumpen og den tilleggsenergi en trenger til oppvarming de dagene pumpen ikke klarer å levere nok varme.

BEREGNING AV LØNNSOMMHET

For å beregne lønnsomheten for de forskjellige teknologiene følger jeg brukerveiledningen for enøk prosjekter fra Enova (2003).

Følgende lønnsomhetskriterier er beregnet:

- Tilbakebetalingstid (TT)
- Nåverdi (NV)
- Nåverdikvote (NVK)
- Inntjeningstid (IT)
- Internrente (IR)
- Største lønnsomme investering (I_{maks})

Kalkulasjonsrenten beregnes etter følgende formel:

Formel 1:
Kalkulasjonsrente

$$r = \frac{n_r - b}{1 + b}$$

r = Kalkulasjonsrente

n_r = Nominell rente

b = Inflasjon

Denne oppgaven benytter en nominell rente, n_r , på 7 % og en inflasjon på 3 %, i og med at dette er standard tall for slike beregninger. Dette resulterer i en kalkulasjonsrente på 3,9 %.

TILBAKEBETALINGSTID (TT)

Tilbakebetalingstid er den tiden det tar for å tjene inn investeringen basert på årlige besparelse

Formel 2:
Tilbakebetalingstid

$$TT = \frac{I_0}{B}$$

TT = tilbakebetalingstid

I_0 = Investering

B = Årlig netto besparelse

Tilbakebetalingstid benyttes kun til svært lønnsomme tiltak, fordi det ikke er tatt hensyn til kalkulasjonsrenten i beregningene.

NÅVERDITID (NV)

Nåverdi er dagens verdi av framtidig besparelser i tiltakets økonomiske levetid minus investeringen:

<p>Formel 3: Nåverditid</p> $NV = B \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_0$	<p>$NV =$ Nåverdi</p> <p>$B =$ Årlig netto besparelse</p> <p>$n =$ Økonomisk levetid</p> <p>$r =$ Kalkulasjonsrente</p> <p>$I_0 =$ Investering</p>
--	---

Tiltaket er lønnsomt hvis $NV > 0$

NÅVERDIKVOTE (NVK)

Nåverdikvote er nåverdien dividert på investeringen:

<p>Formel 4: Nåverdikvote</p> $NVK = \frac{NV}{I_0}$	<p>$NKV =$ Nåverdikvote</p> <p>$NV =$ Nåverdi</p> <p>$I_0 =$ Investering</p>
---	---

Høyest nåverdikvote indikerer det mest lønnsomme tiltaket.

INNTJENINGSTID (IT)

Inntjeningstiden er tiden (n) som gir nåverdi = 0:

<p>Formel 5: Inntjeningstid</p> $B \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_0 = 0$	<p>$B =$ Årlig netto besparelse</p> <p>$r =$ Kalkulasjonsrente</p> <p>$n =$ Økonomisk levetid</p> <p>$I_0 =$ Investering</p>
---	--

Tiltaket er lønnsomt dersom inntjeningstiden er kortere enn tiltakets økonomiske levetid.

INTERNRENTE (IR)

Internrente er den renten som gir nåverdi = 0:

	$B = \text{Årlig netto besparelse}$
Formel 6: Internrente	$r = \text{Kalkulasjonsrente}$
$B \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - I_0 = 0$	$n = \text{Økonomisk levetid}$
	$I_0 = \text{Investering}$

Tiltaket er lønnsomt dersom internrenten er høyere enn kalkulasjonsrenten.

STØRSTE LØNNSOMME INVESTERING (I_{MAKS})

Den investeringen for tiltaket som kan aksepteres uten at inntjeningstiden overstiger maksimumskravet byggherren har satt til inntjeningstid. Dette tilsvarer den investeringen som gir nåverdi = 0 ved økonomisk levetid = maksimalt tillat inntjeningstid:

	$B = \text{Årlig netto besparelse}$
Formel 7: Største lønnsomme investering	$r = \text{Kalkulasjonsrente}$
$B \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} = I_{maks}$	$n = \text{Økonomisk levetid}$
	$I_{maks} = \text{Største lønnsomme investering}$

Hvis største lønnsomme investering er mindre enn null betyr dette at referansealternativet har lavere årlige kostnader. Hvis det fortsatt ønskes bruk av den aktuelle teknologien må det legges andre kriterier til grunn enn lønnsomhet, for eksempel effektiv energibruk, bruk av fornybar varme, redusert miljøbelastning eller bedre innemiljø.

PASSIVHUS

Boliger av passivhusstandard har betydelig lavere behov for oppvarming enn boliger bygget i henhold til tidligere eller gjeldende forskrifter. Norsk standard gir klare krav til hva som kan defineres som passivhus. NS 3700 og NS 3031 som er norske standarder som definerer passivhus gir følgende krav:

Bygninger skal maksimalt benytte følgende netto energi til oppvarming (tabell 1).

Tabell 1: Krav til høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming hentet fra NS 3700

Årsmiddel- temperatur θ_{ym}	Høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming (kWh/m ² ·år)	
	Boligbygninger der $A_{fl} < 250 \text{ m}^2$	Boligbygninger der $A_{fl} \geq 250 \text{ m}^2$
$\geq 6,3 \text{ }^\circ\text{C}$	$12,1 + 0,59 \cdot \frac{(250 - A_{fl})}{100}$	15
$< 6,3 \text{ }^\circ\text{C}$	$15 + 5,4 \cdot \frac{(250 - A_{fl})}{100} + \left(2,1 + 0,59 \cdot \frac{(250 - A_{fl})}{100} \right) \cdot (6,3 - \theta_{ym})$	$15 + 2,1 \cdot (6,3 - \theta_{ym})$

θ_{ym} årsmiddeltemperatur ($^\circ\text{C}$)

A_{fl} oppvarmet del av BRA (m^2)

Maksimalt tillatte beregnede bruk av energi til oppvarming av tappevann er 30 kWh/m² for småhus. Dette er det samme som for lavenergihus og standard hus.

Det stilles krav om at bygninger inntil 500 m² oppvarmet BRA skal prosjekteres og utføres slik at minimum 40 % av netto varmebehov dekkes av annet enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brensler. I bygninger over 500 m² oppvarmet BRA må minimum 60 % av netto varmebehov dekkes av annet enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brensler. Dette kravet kan frafalle hvis det kan beregnes at netto varmebehov er under 15 000 kWh/år eller at kravet fører til merkostnader over bygningens livsløp. Dette vil si at passivhus vanligvis slipper dette kravet.

Passivhusstandarden stiller likevel krav til at varmesystemet i vesentlig grad kan benytte andre energivarer enn elektrisitet og fossile brensler. Beregnet mengde elektrisk og fossil energi skal være mindre enn totalt netto energibehov fratrukket 50 % av netto energibehov for varmtvann, slik som vist i formelen nedenfor.

Formel 8: Fornybar energiforsyning

$$E_{del,el} + E_{del,oil} + E_{del,gas} < E_t - 0,5 \cdot Q_{W,nd}$$

$E_{del,el}$ er energi fra årlig levert elektrisitet, i kWh/år

$E_{del,oil}$ er energi fra årlig levert fossil olje, i kWh/år

$E_{del,gas}$ er energi fra årlig levert fossil gass, i kWh/år

E_t er total årlig netto energibehov, i kWh/år

$Q_{W,nd}$ er årlig netto energibehov for oppvarming av tappevann, i kWh/år

Dette betyr at energi tilsvarende halvparten av årlig netto energibehov for tappevann skal komme fra en fornybar energikilde. Det vil si $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$ eller 34 % av det totale oppvarmingsbehovet.

Bygninger skal utformes slik at termisk komfort oppnås uten bruk av mekanisk kjøling.

Bygninger skal benytte minimum følgende minstekrav til bygningsdeler og komponenter samt lekkasjetall for passivhus (tabell 2).

Tabell 2: Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall

Egenskap	Passivhus (NS 3031)	Standard hus TEK10
U-verdi yttervegg	$\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
U-verdi tak	$\leq 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
U-verdi gulv	$\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
U-verdi vindu	$\leq 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\leq 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
U-verdi dør	$\leq 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\leq 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Normalisert kuldebroverdi	$\leq 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\leq 0,06 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Årsgjennomsnittlig temperraturvirkningsgrad for varmegjenvinner	$\geq 80 \%$	$\geq 80 \%$
SFP-faktor for ventilasjonsanlegg	$\leq 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$	$\leq 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$
Lekasjetall ved 50 Pa, n_{50}	$\leq 0,60 \text{ h}^{-1}$	$\leq 3,0 \text{ h}^{-1}$

U-verdi regnes som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdelene.

Minste tillatte gjennomsnittlige luftmengde brukt ved energiberegninger skal være som vist i tabell 3.

Tabell 3: Minste tillatte, gjennomsnittlige luftmengde brukt ved energiberegninger hentet fra NS 3700

Boligtype	Minste spesifikke luftmengde $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$
Leiligheter der $A_{\text{fi}} < 110 \text{ m}^2$	$\geq 1,6 - 0,007 \cdot (A_{\text{fi}} - 50)$
Leiligheter der $A_{\text{fi}} \geq 110 \text{ m}^2$	$\geq 1,2$
Småhus	$\geq 1,2$

Det skal leveres en rapport fra energiberegningene som sammen med dokumentasjon på valgte komponenter og løsninger skal gi et endelig grunnlag for å vurdere om bygningen tilfredsstillende kriteriene til å klassifiseres som passivhus etter NS 3700.

For å oppnå mest mulig energieffektive boliger skal forholdet mellom ytterarealet og volumet være så lite som mulig. I følge TEK 10 bør vindusarealet ikke overstige 20 % av oppvarmet BRA.

ENERGISIMULERING

Energisimulering benyttes for å få en oversikt over energibruket i bygningen. En energisimulering gir informasjon om hvor mye energi bygningen vil bruke ved gitte forutsetninger. Ved hjelp av energisimuleringer er det mulig å optimalisere bygningen for å oppnå minst mulig energiutgifter, minst mulig varmetap og størst mulig termisk komfort.

I denne oppgaven er energiberegningsprogrammet SIMIEN benyttet. Programmet gir muligheter for å simulere energibruken i bygningen og å sammenligne bygget mot aktuelle standarder eller forskrifter. Både spesielle soner eller hele bygg kan simuleres. Programmet benytter statistisk klimadata som er basert på klimastatistikk fra virkelige værstasjoner. I denne oppgaven benyttes klimastatistikk fra Blindern i Oslo.

Ved oppbygning av bygget i SIMIEN legger brukeren inn egne inndata som beskriver bygningskroppen. Det legges inn hva slags fasade, gulv, tak, skillekonstruksjoner som er valgt. Deretter legges det inn hva slags energisystem og ventilasjonssystem som er valgt. Alle disse valgene kan enten legges inn med forhåndsklargjorte valg, eller så kan brukeren selv velge hvilke verdier som skal benyttes. NS 3700 setter standardverdier for enkelte internlast som benyttes under energisimuleringer (tabell 4).

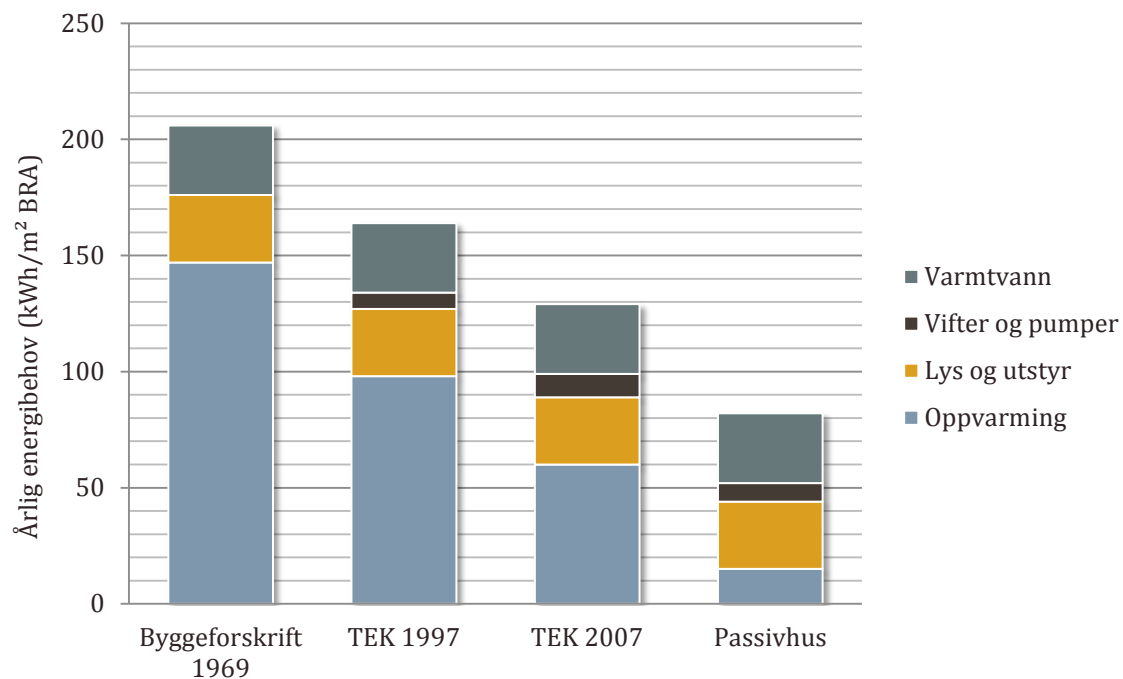
Tabell 4: Effekt- og energibehov og varmetilskudd fra belysning, utstyr, varmtvann og personer hentet fra NS 3700

Internlast	Driftstid (timer/døgn/uker)	Årlig netto energibehov (kWh/m ² ·år)	Varmetilskudd i driftstiden (W/m ²)
Belysning	16/7/52	11,4	1,95
Utstyr	16/7/52	17,5	1,80
Varmtvann	16/7/52	29,8	0,00
Personer	24/7/52		1,50

ROMOPPVARMING

Netto energibehov til oppvarming bestemmes av klimaskjermens transmisjons-, infiltrasjons- og ventilasjonstap fratrukket internlaster og solinnstråling. Eksempler på internlaster er personer, belysning, utstyr og varmtvann. Boligens oppvarmingssystem skal dimensjoneres for å opprettholde ønsket innelufts temperatur ved dimensjonerende utelufttemperatur, DUT. DUT er definert som laveste tredøgnsmiddel for utelufttemperaturen for perioden 1971-2000. I Buskerud er denne $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

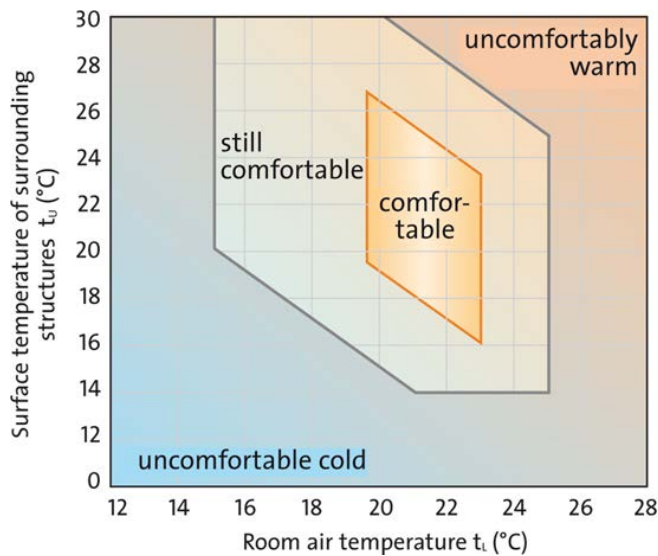
Energibruken til romoppvarming har tidligere vært en stor andel av det totale energibehovet, men med nye forskrifter har dette endret seg (figur 2).



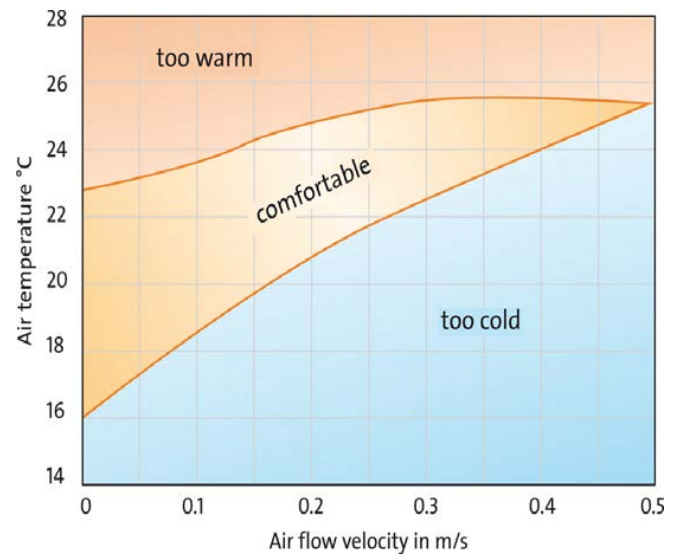
Figur 2: Årlig energibehov til boliger

Luftkvaliteten skal ikke påvirkes negativt av boligens varmesystem. Det være seg av spredning av støv, forurensing eller uttørking av inneluften. God luftkvalitet i fyringssesongen krever at lufttemperaturen ikke overstiger $24\text{ }^{\circ}\text{C}$. For høy lufttemperatur gir redusert luftkvalitet ved at luften føles tørr og kan føre til irritasjon av luftveiene, spesielt hos allergikere. Ideelt skal oppvarmingssystemet opprettholde ønsket temperatur i alle rom og kompensere for kalde luftstrømmer i form av kaldras og trekk. I passivhus vil det normalt

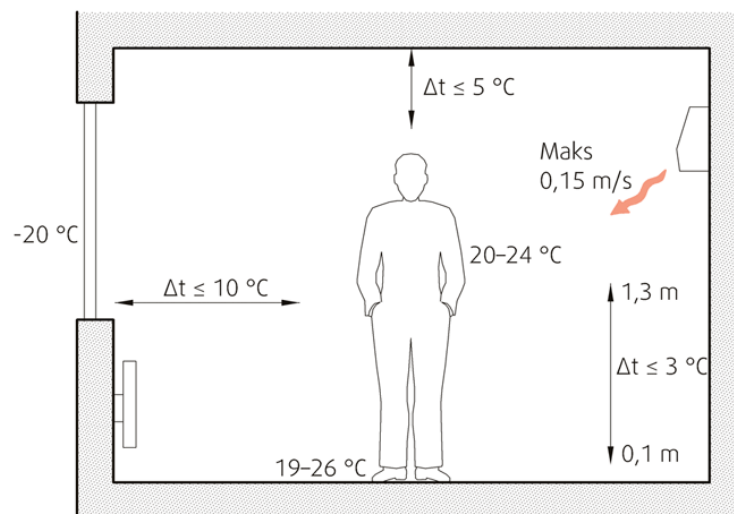
ikke oppstå kaldras før vindushøyden overstiger 1,5-2 meter. Figur 3, 4 og 5 illustrerer termisk komfort ved forskjellige temperaturer og lufthastigheter.



Figur 3: Termisk komfort ved forskjellig temperatur (Isover Saint-Gobain, u.å.)



Figur 4: Termisk komfort ved forskjellig lufthastighet (Isover Saint-Gobain, u.å.)

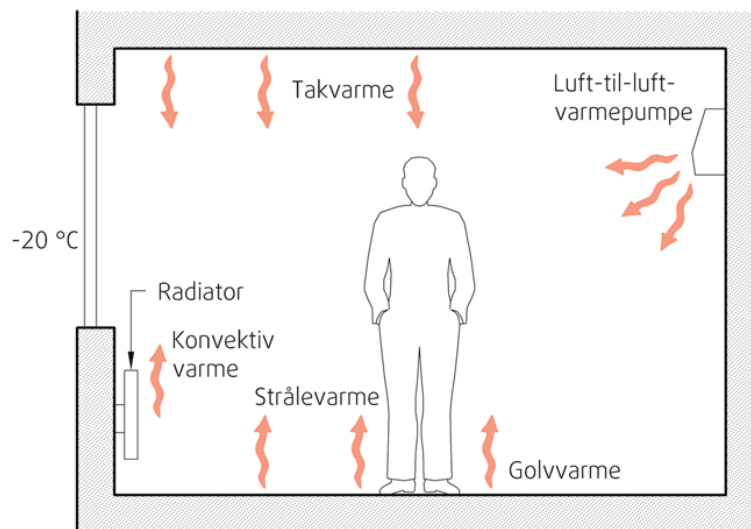


Figur 5: Kriterier for termisk komfort (SINTEF Byggforsk, 2010)

For å kunne oppnå best mulig termisk komfort med lavest mulig energibruk bør boligen kunne regulere temperaturen på en effektiv måte. Det anbefales derfor at hvert enkelt rom har uavhengig oppvarming. Automatisk regulering av romtemperaturen med mulighet for å senke temperaturen om natten, om dagen eller lengre perioder kan gi store energibesparelser. Det vil være en fordel om det er liten termisk treghet. Det vil si at

varmeelementene i rommet raskt kommer opp i ønsket temperatur og at de kan avkjøles tilsvarende raskt. Høy energieffektivitet for den varmeproduserende enheten og varmedistribusjonssystemet vil redusere energiforbruket. Lav nok minste varmeeffekt gir også ofte et forbedret energiforbruk.

Det finnes hovedsakelig tre prinsipper for romoppvarming, strålevarme, konveksjonsvarme og kombinert strålevarme og konveksjonsvarme (figur 6).



Figur 6: Metoder for varmeoverføring (SINTEF Byggforsk, 2010)

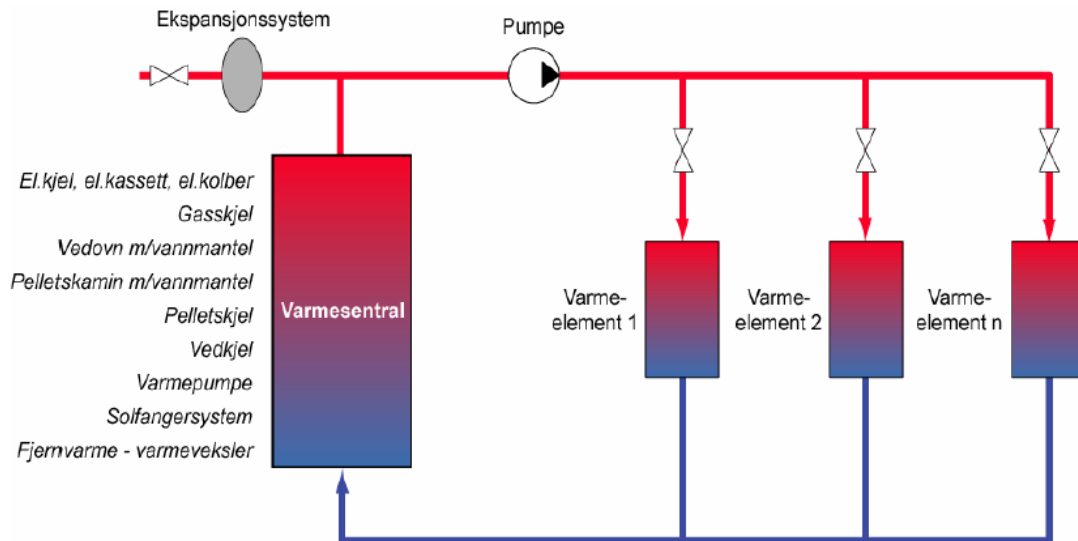
Strålevarme overføres fra overflaten til varmeelementet til kaldere deler av rommet. For strålevarme varmes ikke romluften opp, kun det varmestrålene treffer. Varmeelementene kan raskt varmes opp til operativ temperatur.

Konveksjonsvarme er oppvarming av luften. Ved naturlig konveksjon varmes luften nær varmekilden opp, noe som fører til at luften stiger grunnet redusert tetthet. Når luften stiger vil den blande seg med kald luft slik at en oppnår ønsket lufttemperatur. Ved tvungen konveksjon økes hastigheten på luften ved for eksempel en vifte. Begge metoder fører til en temperaturforskjell mellom gulv og tak på grunn av den oppdrettede luftstrømmen av varm luft mens den kalde luften vil forbli ved gulvet.

Kombinert strålevarme og konveksjonsvarme vil gi en kombinasjon av oppvarmingsprinsippene.

VANNBÅRNE VARMEANLEGG

Et vannbårent varmeanlegg består av en varmeproducerende enhet, et lukket rørsystem med ekspansjonssystem og sirkulasjonspumper for distribusjon av varmtvann samt varmeavgivende elementer for romoppvarming, beredning av varmt tappevann og eventuelt ettervarming av ventilasjonsluft (figur 7) (Stene, 2008).



Figur 7: Vannbårne varmeanlegg (Stene, 2008)

Når det skal benyttes vannbårne varmeanlegg det viktig å velge enkle og billige løsninger slik at investerings- og installasjonskostnadene blir lavest mulig. For å klare dette bør det fokuseres på å oppnå kortest mulig avstand mellom varmesentral og varmeelementer. Bruk av billige prefabrikkerte enheter i varmedistribusjonssystemet, samt bruk av effektive og billige elementer for varmeoverføring til rommet som benytter lavtemperatur varmedistribusjon på maks 35 °C gir som regel lave kostnader og god effektivitet.

Det finnes en rekke forskjellige teknologier for å avgi varme til rom. De vanligste er radiatorer, konvektorer, viftekonvektorer, gulvvarme og varmelister.

RADIATORER

En radiator er et enkelt system bestående av sveisede stålplater med gjennomstrømning av varmt vann. Ca. 40 % av varmen avgis som konveksjonsvarme, mens resten avgis som strålevarme. Temperaturen vil typisk ligge i området 40 til 60 °C. I passivhus vil plassering av

radiatorer være fleksibel ettersom vinduene har en lav U-verdi. Radiatorer har også en rask temperaturrespons på grunn av lav termisk masse.

For passivhus er det blitt utviklet et forenklet radiatorsystem. Her er det brukt et ett-rørsystem. Løsningen er rimelig fordi rørføringene blir kortere, men det varme vannet vil miste varme underveis og avgi mindre effekt ved den siste radiatoren enn ved den første. Det er samme temperatur på tappevann, radiator og baderomsgulv som typisk ligger på 60 °C ved tur og 40 °C ved retur. For å oppnå tilfredsstillende romtemperatur er rørene på baderommet isolert for å avgi mindre varme og radiatorene har en automatisk shuntventil, det vil si at det er mulig å kjøre det varme vannet utenfor radiatoren når romtemperaturen er tilfredsstillende.

VIFTEKONVEKTORER

Viftekonvektorer består av vannrør i kobber med aluminiumslameller som varmer opp luften. Under er det en vifte som sirkulerer luften, og på den måten produserer viftekonvektorer tilnærmet 100 % konveksjonsvarme. Temperaturen på sirkulasjonsvannet ligger typisk på 35 til 50 °C. Viftekonvektorene kan plasseres fritt, men det kreves en relativt åpen planløsning for å oppnå en god varmedistribusjon. Det må også tas hensyn til at viftene kan produsere støy i området 28 til 54 dBA avhengig av kapasitetsutnyttelse (Stene, 2008).

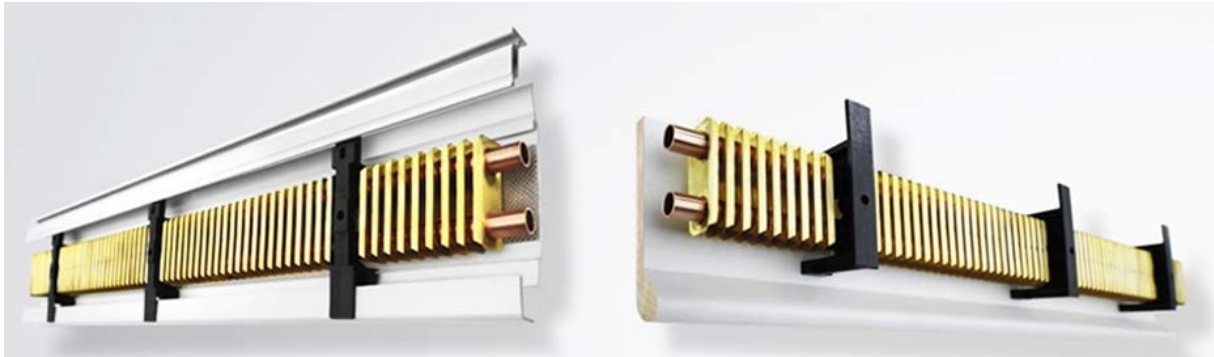
GULVVARME

Gulvvarme består av vannrør i plast som støpes inn i betong, eller monteres i prefabrikkerte isolasjonsplater med utfreste spor og varmefordelingsplater i aluminium. Varmeavgivelsen for gulvvarme skjer nesten utelukkede av strålingsvarme. Gulvarmesystemer benytter hele eller deler av gulvflaten som varmeveksler. Vanntemperaturen ligger typisk mellom 35 til 40 °C (Stene, 2008).

VARMELISTER

Varmelister er et system som består av kobberrør med aluminiumslameller med en utvendig dekklist som ser ut som en vanlig bred gulvlist (figur 8). Listene monteres på veggen helt nede langs gulvet, fortrinnsvis på innervegger eller indre bygningslementer for å redusere

transmisjonstapet. Ved vannbåren varme benyttes utetemperaturer mellom 35-60 °C. Varmelister avgir mellom 60 og 90 % varmen som strålevarme, resten som konveksjonsvarme (Ener, 2012).



Figur 8: Varmelister (BestBoard, u.å.)

Dette er et varmesystem som hindrer kaldras fra vinduene samtidig som den danner et skille mellom varm og kald luft inne ved vegg. I følge Ener (2012) gir dette en meget positiv effekt som kan øke veggens U-verdi med opp til 30 %. Fordelen ved bruk av strålevarme er at varmestralene varmer det de treffer. Det vil si gulvet, møbler, mennesker i rommet og motstående vegg. Følgelig gjør at man kan ha en lavere temperatur i rommet, opp til 4 °C, uten at en merker dette (Ener, 2012). Dette sparer energi, samtidig som luften føles lettere å puste. Siden varmelister ikke varmer opp luften, blir det heller ingen varmluft ved taket, men en jevn temperatur i hele rommet. Varmestralene varmer kun overflaten av gulvet og ikke hele konstruksjonen, dette gjør at en kan benytte nattsenkning.

VENTILASJON

Passivhus er meget lufttette boliger med svært små luftlekkasjer gjennom bygningskroppen. For å oppnå en tilfredsstillende kvalitet på inn klima er det nødvendig med et ventilasjonsanlegg. Ventilasjonsanlegget må fjerne fuktighet slik at kondens og fuktskader på overflater og i bygningskonstruksjoner ikke oppstår. Ventilasjonsanlegget må også fjerne forurensinger og tilføre frisk for å tilfredsstille luftkvaliteten med hensyn til komfort og helse. I følge TEK10 skal boligen minst skifte ut $1,2 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$, det vil si at luften skal skiftes ut ca. tolv ganger per døgn. Det finnes to hovedsystemer for ventilasjon som blir installert i Norge i dag, avtrekksventilasjon og balansert ventilasjon.

AVTREKKSVENTILASJON

I boliger med avtrekksventilasjon suger en vifte ut forurenset og fuktig luft ut gjennom avtrekkskanaler på badetrom, kjøkken og våtrom. Avtrekket på kjøkken går vanligvis direkte ut på grunn av det høye fettinnholdet. Frisk luft tilføres gjennom klimaskjermen, enten ved spalter over vinduer eller ventiler i veggene.

En ulempe ved avtrekksventilasjon er at det ikke er noen forvarming av tilluften. Ventilene må derfor utformes og plasseres på en gunstig måte for å unngå trekk. Det vil også være en stor utfordring å kontrollere tilført luftmengde til de ulike rom i boligen.

BALANSERT VENTILASJON

I passivhus blir det vanligvis benyttet balansert ventilasjon. Vifter sørger for både tilførsel og avtrekk av ventilasjonsluften gjennom egne innvendig kanaler. Friskluften tilføres rommene gjennom ventiler.

Når uteluften kommer inn i boligen må den varmes opp til innetemperatur. For å minimere energibruken til oppvarming brukes det som regel en varmegjenvinner. Kravet til varmegjenvinnere i passivhuset er at årsvirkningsgraden skal være minimum 80 %.

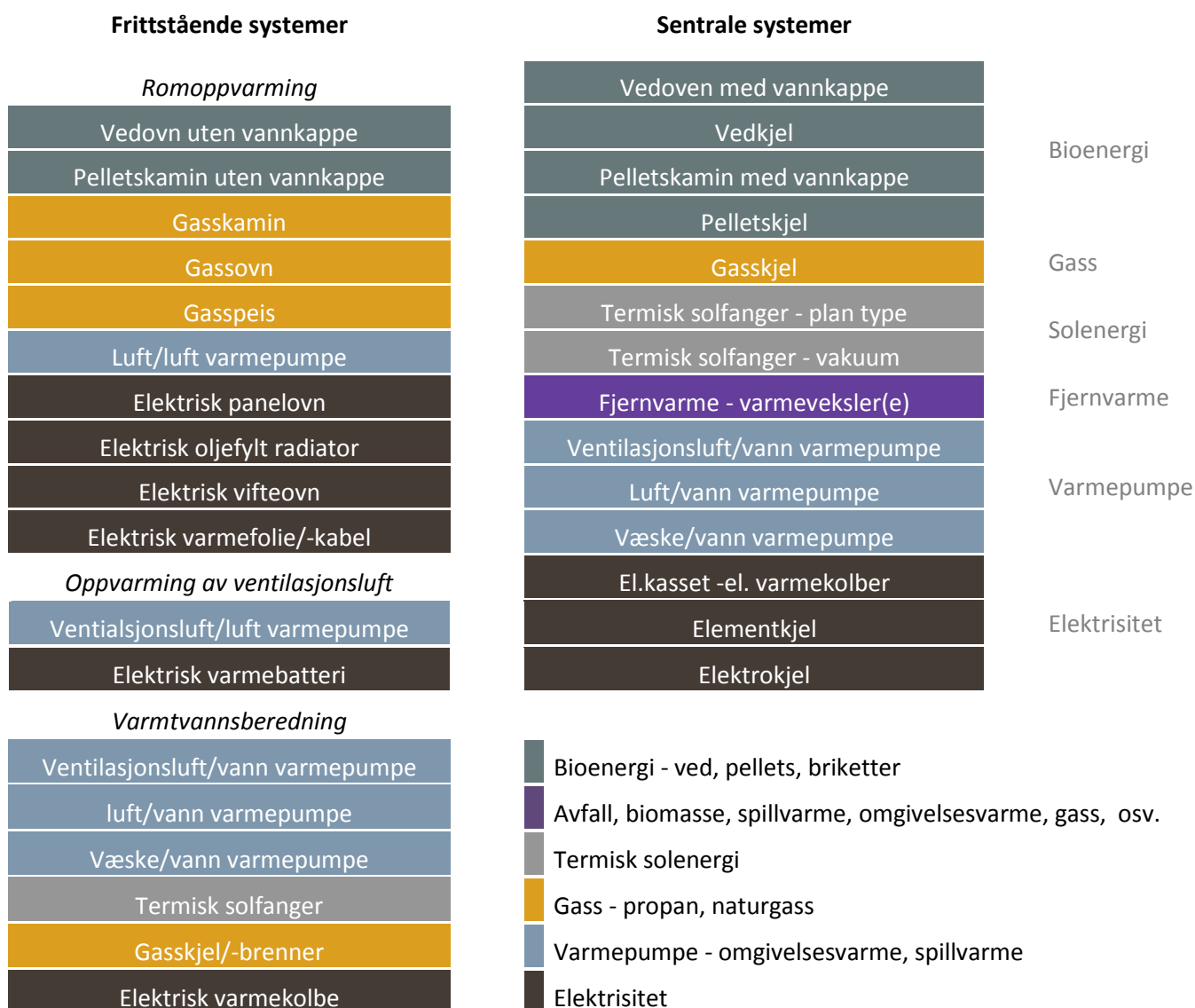
Årsvirkningsgraden angir gjenvunnet energi per år i forhold til oppvarming av ventilasjonsluften uten varmegjenvinning.

Balansert ventilasjon krever et komplisert rørsystem. Anlegget må lyddempes og ofte må himlingen nedfores for å få plass til alle kanalene, hvilket øker den totale byggehøyden og dermed også kostnadene. Energibruk til vifter vil også øke med mellom 2,5 til 6 ganger i forhold til avtrekksventilasjon (Stene, 2008).

MATERIALER OG METODE

ULIKE TYPER OPPVARMINSSYSTEMER

Nedenfor er en klassifisering av boligvarmesystemer basert på bioenergi, varmepumpe, solvarme, fjernvarme/nærværme, gass og elektrisitet. Sentrale systemer kobles til et vannbårent varmedistribusjonssystem med varmtvannstank og varmeavgivere i aktuelle rom (figur 9).



Figur 9: Klassifisering av oppvarmingssystemer

KUN VARMTVANNSSBEREDNING

Når det skal velges varmesystem må det sees i sammenheng med valg av boligtype. I noen tilfeller kan det være aktuelt å installere et sentralt varmvannssystem, som forsyner flere boliger med varmtvann. I slike fellesløsninger er det viktig at avregningene alltid beregnes på grunnlag av individuelle målinger hos hver enkelt bolig, slik at energibruken blir mer effektiv.

I enfamilieboliger hvor det ikke blir valgt et fellessystem er disse teknologiene aktuelle:

- Pelletskjel
- Varmepumpe – flere aktuelle varmekilder
- Fjernvarme
- Gaskjel
- Elektrokjel – elektrisk varmekolbe
- Termisk solfanger + elektrisk varmekolbe

KUN ROMOPPVARMING

Følgende frittstående varmekilder kan benyttes til å dekke oppvarmingsbehovet i et passivhus:

- Vedovn, pellets-kamin
- Luft/luft varmpumpe
- Gassovn, gasspeis
- Elektriske panelovner, elektrisk oljefyrt radiator

Det vil være viktig å finne et oppvarmingssystem som har lav nok varmeeffekt og gode reguleringssegenskaper i forhold til effektbehovet for oppvarming i boligen. Et godt distribusjonssystem er også viktig for større boliger, eller i boliger med mer lukkede planløsninger.

KOMBINERT VARMTVANNBEREDNING OG ROMOPPVARMING

Følgende kombinerte oppvarmingssystemer kan benyttes for å dekke varmtvannsberedning og romoppvarmingsbehovet i et passivhus:

- Pelletskamin/vedovn med vannkappe
- Pelletskjel
- Varmepumpe – flere aktuelle varmekilder
- Fjernvarme
- Gasskjel
- Elektrokjel – elektrisk varmekolbe
- Termisk solfanger + elektrisk varmekolbe

I passivhus er romoppvarmingsbehovet svært lite så det kan dekkes av distribusjon av overtemperert luft fra ventilasjonsanlegget, eller et svært enkelt vannbårent varmesystem. Det er viktig at det vannbårne varmedistribusjonssystemet er enkelt og billig nok til å kunne la seg forsvare økonomisk.

OPPVARMING MED BIOENERGI

Bioenergi omfatter alle typer trebaserte brensler – bark, flis, kvist, tynningsvirke, hel ved og bearbeidede utgaver av tre, briketter og pellets, samt avfall fra landbruket, husdyrgjødsel og halm (Stene, 2008). Aktuelle biobrensler til oppvarming i passivhus er ved, briketter og pellets.

Ved er trevirke fra løvtrær og bartrær, og skal etter NS 4414 inneholde under 20 % fuktighet og gi en brennverdi på ca. 4,3 kWh per kilo ved 20 % fuktighet. Briketter er stavformede kubber med en diameter på ca. 60 mm. Lengden varierer fra 100 til 300 mm. Disse lages av sagflis, spon og annet treavfall som presses sammen under høyt trykk. Fuktigheten i brikettene ligger i området 5 til 20 %. Briketter kan benyttes i vanlige vedovner, eller i vedkjeler. Pellets er små sylindriske enheter med en diameter på ca. 8 mm. Pellets kommer fra enten rent treavfall, treavfall fra trearbeidene industri eller rent tømmer som presses sammen. Fuktinnholdet ligger på under 10 %, noe som gjør at det er godt egnet til lagring. Brennverdien for pellets skal ligge på rundt 4,8 kWh per kilo pellets.

Fyring med trevirke er CO₂ nøytralt; det vil si at CO₂ mengden som dannes ved forbrenning er lik den CO₂ mengden som dannes når plantene råtner i naturen (Boligvarme, u.å.).

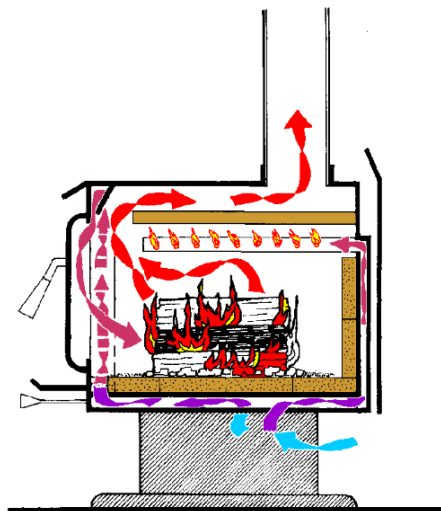
Biobrenselfyrte anlegg krever en del egeninnsats fra beboere eller vaktmester. Anlegget må stadig etterfylles med brensel, og det må fjernes aske fra ovnen eller kjelen. I større byer kan fyring med biobrensel være en belastning for lokalmiljøet.

«Undersøkelser viser at vedfyring står for hele 50 % av partikkelutslipp i de større byene om vinteren» (Boligvarme, u.å.).

I følge Boligvarme (u.å.) er dette en av grunnene til forbudet mot fyring av bioenergi innenfor Ring 1 i Oslo.

VEDOVN UTEN VANNKAPPE

Dagens vedovner er utstyrt med dobbelt hvelv hvor veden brenner ved høy temperatur i et primærbrennkammer (figur 10). I sekundærbrennkammeret over vedinnlegget tilføres sekundærluft slik at uforbrent gass og partikler fra primærforbrenningen utnyttes. Dette gir en varmeytelse fra 3 kW og oppover. Utformingen med sekundærkammer gir også små utslipp av svevestøv og ubrente gasser. En god vedovn kan oppnå en virkningsgrad på rundt 80 % selv når det fyres med lav effekt (Stene, 2008). En tradisjonell vedovn vil ha en virkningsgrad på ca. 50 % (Fyringskalkulator, 2009). Det er svært avgjørende å fyre med riktig lufttilførsel. Dersom ovnen får for lite oksygen blir ikke forbrenningstemperaturen høy nok til å oppnå en effektiv forbrenning. Er trekken for kraftig vil ikke de brennbare gassene som frigjøres fra veden få tid nok til å brenne ut.



Figur 10: Vedovn uten varmekappe (Woodheat, u.å.)

Det er viktig at vedovnen står i et større rom, gjerne i en bolig med åpen planløsning. Dette gir en jevnere varmfordeling og en slipper overoppheting av rom.

VEDOVN MED VANNKAPPE

Systemet fungerer slik at en vedovn med varmekappe kobles til en akkumulatortank som fungerer som et varmebatteri. Når det fyres i ovnen blir opp til 80 % av varmen flyttet fra ovnen til en felles akkumulatortank for oppvarming og varmtvannsbereding. Den resterende varmen avgis til luften i det rommet kaminen er plassert. Det monteres en elektrisk kolbe som starter når det ikke fyres i ovnen og temperaturen i tanken er blitt for lav. Vedovn med vannkappe er et system som kan varme vann både til oppvarming og tappevann.

Vedovn med vannkappe kan enkelt kombineres med varmepumpe eller solfanger.

VEDKJEL

Vedkjeler leveres i effektområdet 15 til 50kW, med en forbrenningsvirkningsgrad på rundt 75 % (Stene, 2008). Vedkjeler må plasseres i et eget fyrrom og er tilkoblet skorstein.

Vedkjeler har ikke eksternt brenselager, noe som fører til at de må mates med brensel på samme måte som en vedovn. Fordelen med vedkjeler er at de har en turtallsregulert vifte som styrer tilførselen av luft og på den måten kan vedkjelene reguleres.

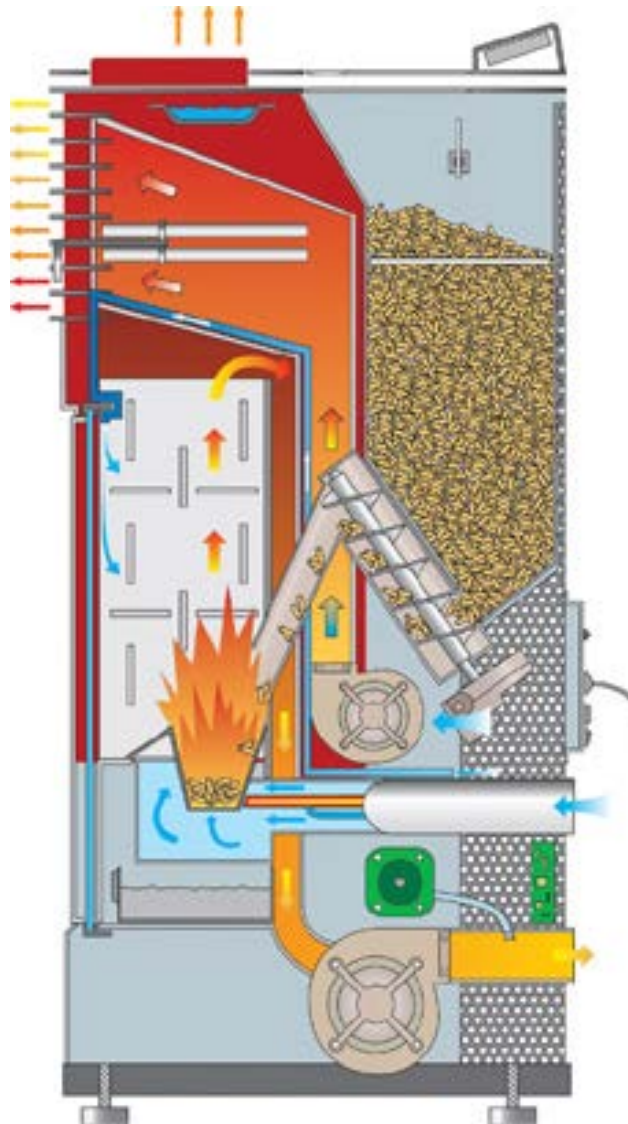
PELLETSKAMIN UTEN VANNKAPPE

Utforming og utvendig dimensjoner for pelletskaminer er relativt like tradisjonelle vedovner. Kaminene er utstyrt med lagertank for pellets, automatisk mating av pellets og styrt forbrenning (figur 11). Slike ovner brenner svært rent med lave verdier av sot og partikler (Biopellets, u.å.).

Et elektrisk glødeelement tenner pelletskaminen. En skrue som reguleres automatisk fører deretter kaminen med brensel. Det er også en vifte som sørger for tilførsel av frisk luft som styres automatisk for å oppnå ønsket temperatur.

Pelletskaminer har doble vegger hvor luften strømmer gjennom og blir varmet opp mellom veggene. Dette fører til at mesteparten av varmen fra pelletskaminer overføres i form av konveksjonsvarme og ikke strålevarme ettersom overflaten ikke blir så varm. I følge Stene

(2008) ligger varmeutnyttelsen fra pelletskaminer på mellom 1,5 til 13 kW avgitt varmeeffekt. Lagervolumet tilsvarer en brennverdi på mellom 85 – 140 kWh. Ytelsen reguleres i trinn eller trinnløst ved hjelp av en termostat. De kan også tilpasses med nattsinking og ukeprogram. Årsvirkningsgraden ligger på 85-92 % (Stene 2008).



Figur 11: Pellets-kamin uten vannkappe (National Pellet Stoves, u.å.)

PELLETSKAMIN MED VANNKAPPE

Pellets-kaminer med vannkappe benyttes til både romoppvarming og varmtvannsberedning, og opp til 80 % av varmen blir overført til det vannbårne systemet. Hovedforskjellen mellom en vedovn med vannkappe og pellets-kamin med vannkappe, bortsett fra teknisk oppbygning, er at pellets-kaminer benytter en ekstra ekstern temperaturføler i

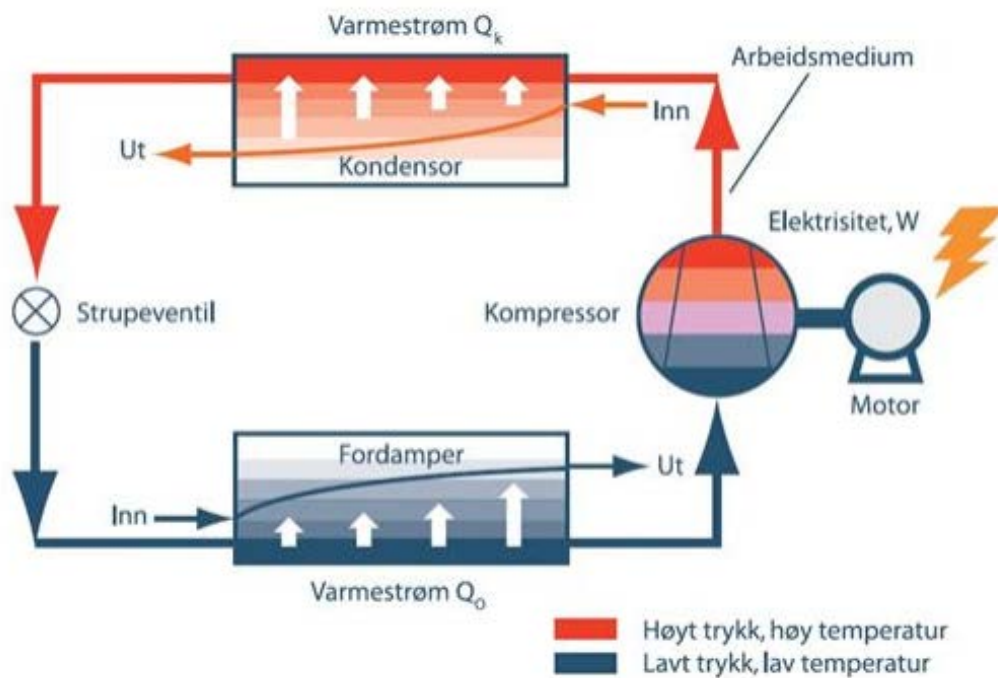
akkumulatortanken. Dette gjør at kaminen leverer varme så lenge det er behov for oppvarming av vann, for deretter å slås av. Kaminen avgir derfor ikke direkte varme i det rommet den står når vanntemperaturen i akkumulatortanken har nådd et ønsket nivå. Avgitt varmeeffekten er på samme nivå som ordinære pelletskaminer (Stene, 2008).

PELLETSKJEL

Prinsippet for en pelletskjel er likt prinsippet for olje- eller gassfyrte kjeler, men olje- eller gassbrenneren er byttet ut med en pelletsbrenner. Kjelen må på samme måte som vedkjeler plasseres i et eget fyrrom og er tilkoblet skorstein. Energitettheten for pellets er tre ganger lavere enn olje, og det kreves derfor et stort lagringsvolum. For 10 000 kWh kreves det et lagringsvolum på 2,9 m³. I følge Stene (2008) har pelletskjeler en effekt på mellom 10 til 80 kW, og ettersom anlegget er tilkoblet et vannbårent varmedistribusjonssystem kan det dekke hele boligens varmebehov. Målt virkningsgrad på halv og maksimal ytelse ligger på henholdsvis 81-92 % og 89-95 %, dette gir en årsvirkningsgrad på 81-89 % (Stene, 2008).

OPPVARMING MED VARMEPUMPE

Varmepumper finnes i mange ulike varianter, luft/luft, luft/vann, væske/vann og avtrekksvarmepumper, men alle bygger på samme prinsipp. Varmepumper baserer seg på at gasser reagerer på variasjoner i trykk, slik at temperaturer heves eller senkes. Arbeidsmediet fordampes fordi væsken har veldig lavt kokepunkt. Det kreves energi for å oppnå fordamping som opptrer ved koking. Denne energien vil arbeidsmediet ta fra utemiljøet. arbeidsmediet, som nå er i gassform, kjøres gjennom en kompressor som øker trykket og dermed også temperaturen. Når arbeidsmediet ankommer varm side vil det kondensere på grunn av kontakt med den kaldere kondensatoren. Arbeidsmediet vil på denne måten kunne avgi varme til den varme siden. Arbeidsmediet går så gjennom en strupeventil og arbeidsmediet får lavt trykk igjen (figur 12) (Oljefri, u.å.).



Figur 12: Prosessen til en varmepumpe (Oljefri, u.å.)

Elektrisk drevende varmepumper kan benyttes til romoppvarming, varmtvannberedning og eventuell kjøling. Kjøling er imidlertid ikke tillat i passivhus. Det spesielle med varmepumper er at de benytter seg av energi fra en fri tilgjengelig ekstern varmekilde. Det vil si varme som normalt ikke har noen verdi, ettersom den normalt er for kald til at den kan benyttes til direkte oppvarming. Aktuelle varmekilder for varmepumper og norske passivhus er uteluft, avtrekksluft, grunnvann, sjøvann, ferskvann og gråvann.

LUFT/LUFT VARMEPUMPER

Luft/luft varmepumper er det vanligste i Norge. I denne prosessen hentes varmeenergien fra uteluften via en del som sitter på utsiden av huset. En vifte suger luften inn og gjør at den kommer i kontakt med fordamperen. Deretter hever varmepumpen temperaturen og avgir varme inne i huset (Stene, 2008). Aggregatene kan ikke benyttes til oppvarming av ventilasjonsluft eller varmtvannsberedning. Anleggene egner seg best for boliger med en åpen planløsning i og med at det kun er én varmekilde som må spre varmen ut i hele boligen. Luft/luft varmepumper kan levere kjøling ved at innedelen resirkulerer og kjøler inneluften, mens overskuddsvarmen avgis til uteluften via utedelen.

Luft/luft varmepumper kommer med varmeytelse mellom 4 til 7 kW, oppgitt ved +7 °C (Enova hjemme, u.å.). For denne typen varmepumper vil varmeeffekten avta ved lavere temperaturer, typisk -35 % ved -7 °C og -50 % ved -15 °C (Stene, 2008).

Inne- og utedelen avgir støy. I tester av varmepumper i nordisk klima hevder Ebne (2004 s. 15) at støynivået varierer, men ligger vanligvis mellom 58 og 63,5 dBA for utedelen og mellom 49 og 58,5 dBA for innedelen.

LUFT/VANN VARMEPUMPER

Luft/vann varmepumper henter også energien fra uteluften i en utedel, men her avgis varmen til et vannbasert oppvarmingssystem.

Luft/vann varmepumper kommer med varmeytelse fra 4 til 40 kW, oppgitt ved +7 °C. Avhengig av arbeidsmedium og systemløsning kan varmepumpen varme vann mellom 45 til 85 °C (Enova hjemme, u.å.). Det brukes en elektrisk varmekolbe for ettervarming og for å ta spisslaster.

Reduksjon av varmeytelse ved lave temperaturer og støy er tilnærmet likt som for luft/luft varmepumper.

Det finnes også luft/vann varmepumper som kun varmer opp tappevann. Disse er spesialtilpasset fellesanlegg til boligblokker, leilighetskomplekser og rekkehus.

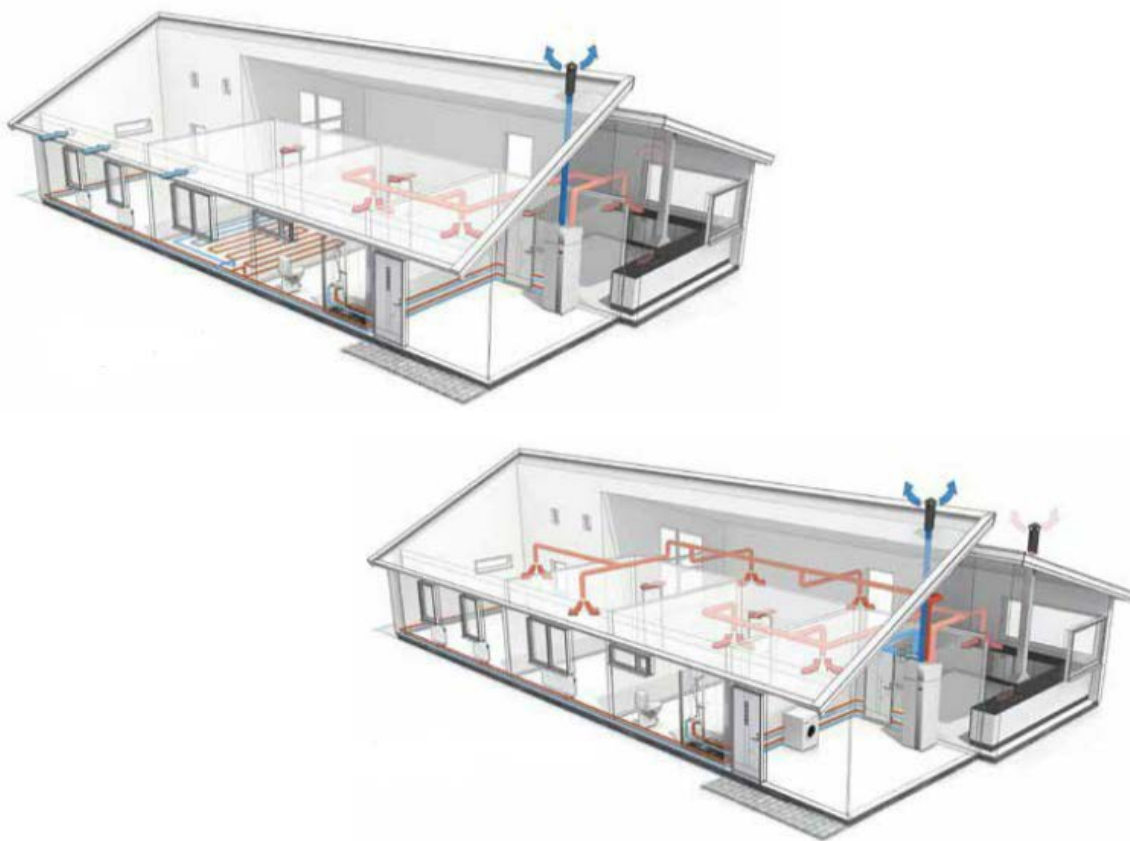
Varmtvannsvarmepumper kommer i kapasitetsområdet mellom 2 til 60 kW og kan varme tappevann opp til 90 °C. Dette betyr at en unngår behovet for elektrisk ettervarming.

AVTREKKSVARMEPUMPE

En avtrekksvarmepumpe suger ut luft gjennom ventilasjonskanaler i varme og fuktige deler av huset, som baderom, vaskerom og kjøkken, og utnytter varmen fra ventilasjonsluften til å varme vann.

Det finnes to metoder for avtrekksvarmepumper. Med den første metoden trekkes den friske uteluften inn gjennom spalter under eller over vinduene, samt fra ventiler i veggene. Innvendig dører har spalter over eller under, og all luft suges inn til våtrom. Den andre

metoden suger inn frisk uteluft, varmer opp denne, og den oppvarmede luften blir transportert i kanaler ut til rommene (figur 13).



Figur 13: Avtrekksvarmepumpe – ventilasjonsløsninger. (NIBE Frånluft, 2011)

Rød farge illustrerer avtrekksluften. Blå farge illustrerer den kalde avkastluften og frisk luft som blir sugd inn gjennom ventiler eller spalter i en bolig.

Den øverste figuren viser kun avtrekksventilasjon. Den nederste figuren viser en kombinasjon av avtrekksventilasjon og oppvarmet tilluft.

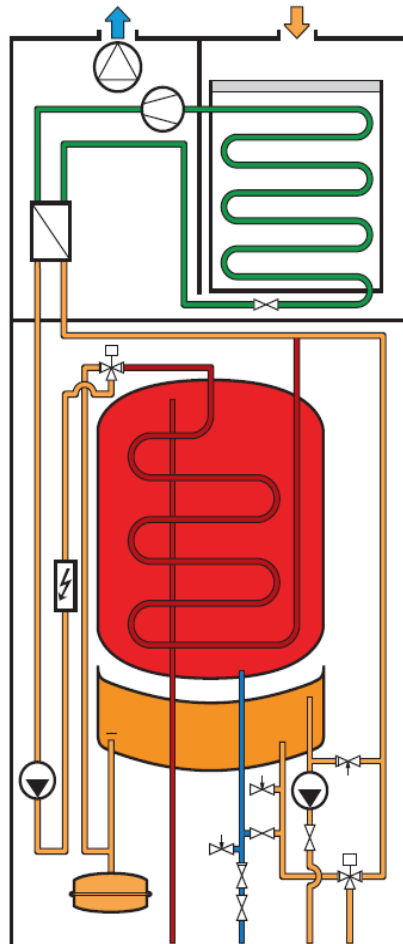
Når den varme og fuktige luften suges ut, overføres varme fra luften til varmepumpens kjølemediets krets. Deretter slippes den kalde luften ut. En kompressor øker temperaturen i kjølemediet ytterligere. Deretter overføres varmen fra kjølemediet til ett vannbasert system som ofte benytter en dobbelmantlet varmtvannsbereder (figur 14 og 15).

Avtrekksvarmepumpen kan på denne måten varme boligen, varme tappevann eller begge (Hus og Heim, 2000). Det kan også kobles en solfanger direkte på varmtvannsberederen.

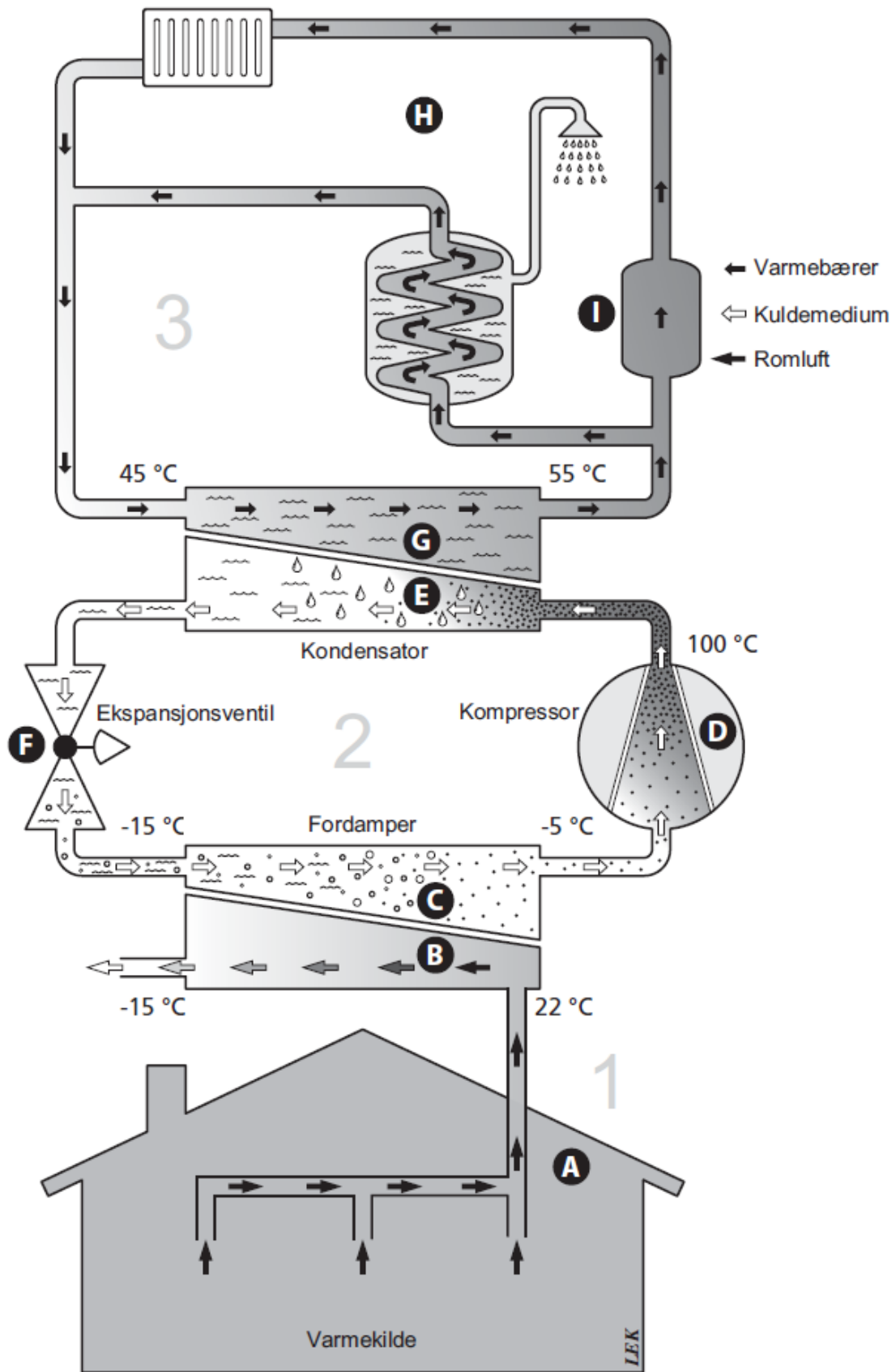
Avtrekksvarmepumpen må plasseres i et rom med avløp, og kobles til. Smeltevannet fra avrimingen vil da ledes bort. Den må også kobles til fordi det kan komme små mengder vann fra sikkerhetsventilen dersom systemtrykket blir for høyt (Solsem, 2012).

Avtrekksluften fra kjøkken går rett ut grunnet alt fett i luften (Arnesen, 2012).

Avtrekksvarmepumper har en varmeytelse på 2 til 6,5 kW på kompressordelen. Den mest solgte avtrekksvarmepumpen i Sverige har en kompressoreffekt på 1,5-6,5 kW, i tillegg har den en elektrisk varmekolbe som kan yte 0,5 - 6,5 kW. Dette er en veldig kompakt enhet som kan sirkulere opp til 70 l/s avtrekksluft, den kan heve temperaturen opp til 70 °C og den kan få en avkasttemperatur ned til -15 °C. Det anbefales likevel å oppnå lavere temperaturer, slik at en får en mer effektiv varmeproduksjon (Fehrm, 2012).



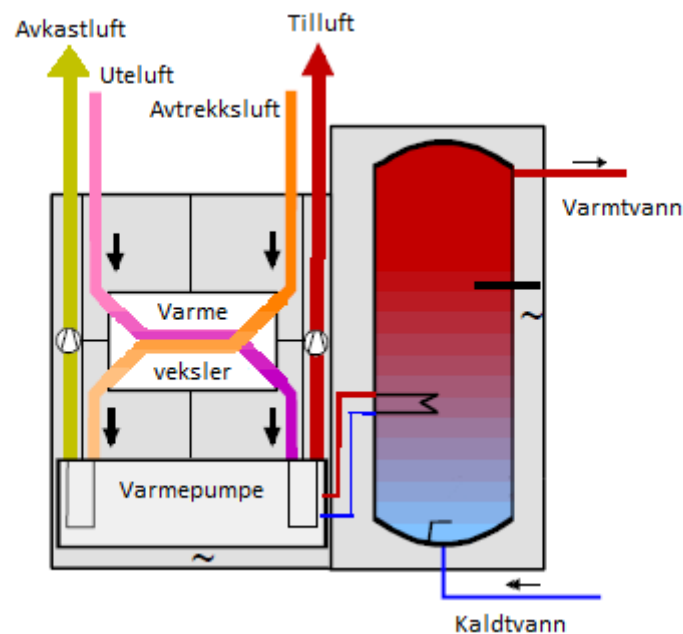
Figur 14: Skjematisk systemtegning av avtrekksvarmepumpe (NIBE Frånluft, 2011)
Avtrekksluften sirkulerer gjennom kondensatoren. Varmen blir deretter overført til en dobbelmantlet varmtvannsbereder.



Figur 15: Systemforståelse av avtrekksvarmepumpe (NIBE Frånluft, 2011)

KOMPAKTAGGREGAT

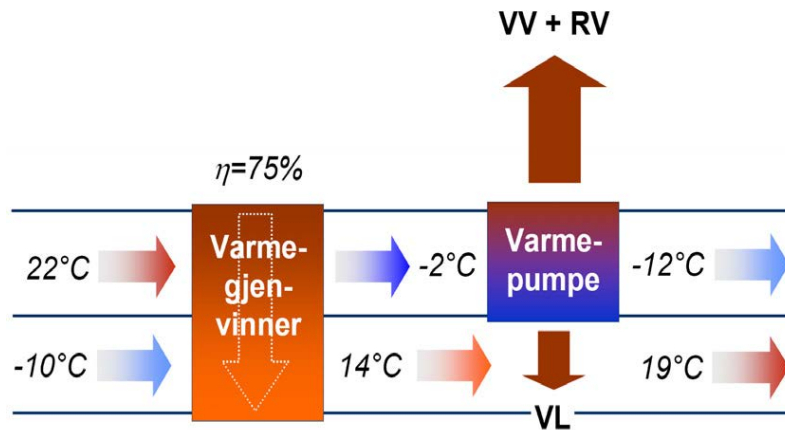
For passivhus er det utviklet kompakte aggregater som kombinerer behovet for frisklufttilførsel, avtrekk, varmtvannsberedning, oppvarming av ventilasjonsluft og romoppvarming. Et kompaktaggregat består av en ventilasjonsmodul med inntaks- og avtrekksvifter. Luften kjøres først gjennom en varmeveksler som hever temperaturen på inntaksluften. Avtrekksluften blir siden kjørt gjennom en luft/vann varmepumpe som senker denne luften ytterligere og kan på den måten varme vann (figur 16). Vannet blir varmet i en varmtvannsbereder, hvor det kan kobles på solfanger. Det er et elektrisk varmeelement for ettervarming og for å ta spisslastene.



Figur 16: Systemfigur for kompaktaggregat (Figur: Kristian Bjørklund)

Varmegjenvinneren kan gjenvinne opp til 85 % av varmen fra avtrekksluften over til tilluften (figur 17). Varmepumpen, som henter den siste varmen fra avtrekksluften kan yte en varmeeffekt opp til 6 kW. Varmepumpen leverer varme til oppvarming av tappevann og vannet i det vannbårne varmedistribusjonssystemet. Vannet i berederen blir varmet opp til en temperatur mellom 45 og 60 °C.

Ettervarming av ventilasjonsluft skjer enten ved hjelp av det vannbårne varmedistribusjonssystemet, eller direkte ved hjelp av varmepumpens kondensator.



Figur 17: Varmetransport gjennom et kompaktaggregat (Stene, 2008)

VÆSKE/VANN VARMEPUMPER

Væske/vann varmepumper henter sin varme fra lagret solvarme, i sjø eller i grunnvannet i berg eller jord, utenfor bygningen. Det benyttes en indirekte systemløsning, der varmeoverføringen mellom varmekilden og varmepumpen skjer ved hjelp av et lukket rørsystem, hvor en pumpe sirkulerer en frostsikker væske (Stene, 2008).

Ved bergvarme bores det fra 80 til 200 meter ned (Oljefri, u.å.). Det bores vanligvis fra to til tre meter fra grunnmuren. En kollektorslange fylt med frostsikker væske blir sendt ned i hullet og deretter tilbake til varmepumpen. Væsken blir varmet opp til den temperaturen som fjellet har, og varmepumpen kan hente ut denne varmeenergien og avgi den i bygget.

Ved jordvarme legges en kollektorslange i sløyfer ca. en meter ned i jorden (Oljefri, u.å.). Avstanden mellom sløyfene er typisk rundt en meter. Hvor lang kollektorslange som kreves avhenger av husets dimensjoner og energibehov.

Ved sjøvarme hentes solenergien som er lagret i sjøen. En kollektorslange legges i sløyfer som enten graves ned på havbunnen eller holdes nede av lodd. Hvor lang kollektorslange som kreves avhenger av husets dimensjoner og energibehov. Sjøvannet holder en stabil temperatur på rundt 4°C ved en viss dybde. Både innsjøer og hav kan benyttes. Elver er mindre egnet grunnet de store bevegelsene i vannet (Aastorp Tangen, 2011).

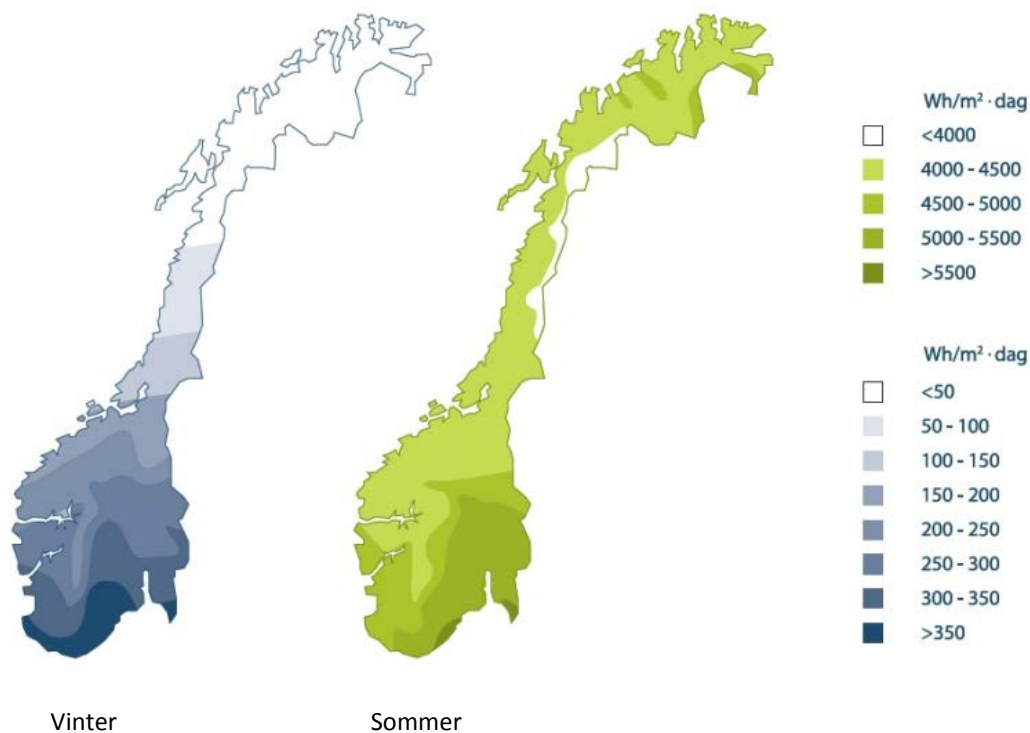
Væske/vann varmepumper som varmer vann til tappevann og vann som blir fordelt i boligen gjennom et vannbasert system gjennom radiatorer, gulvvarme eller begge deler har en

varmelytelse fra 4 kW. Væske/vann varmepumper som kun varmer opp tappevann finnes i rekke varianter med tilsvarende forskjellige varmelytelse, men typisk er en varmelytelse på opp mot 50 kW og er beregnet for fellesanlegg for flere boenheter (Nekså & Stene, 2010).

OPPVARMING MED SOLVARME

Det finnes tre ulike prinsipielle metoder for å utnytte solenergi for oppvarming av passivhus; passiv solvarme, solceller og aktiv solvarme. Passiv solvarme er varme som tilføres boligen ved solinnstråling gjennom vinduer. Solceller omdanner lys til elektrisk energi, som igjen kan varme bygningen. Aktiv solvarmesystem er et system som omdanner solinnstråling til energi som føres direkte inn i boligen.

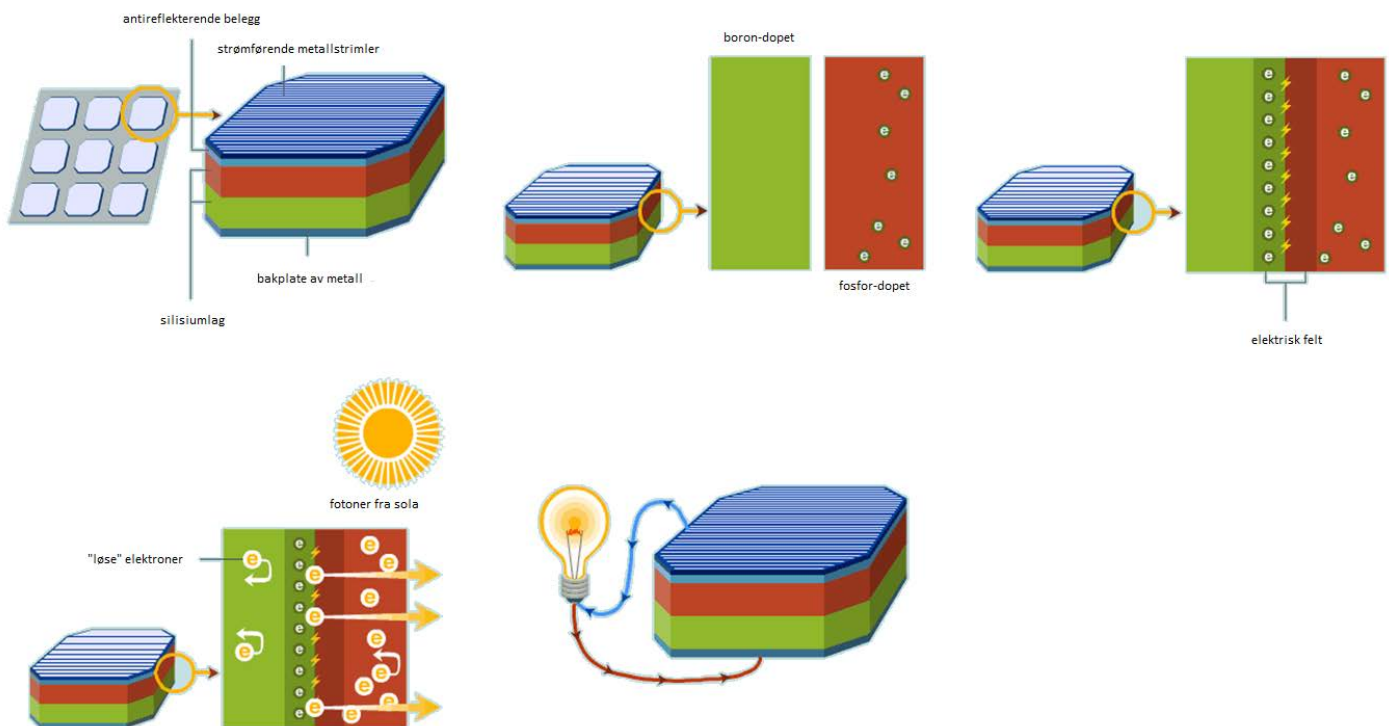
Solinnstrålingen mot horisontale flater i Norge ligger på 600-1100 kWh/m² (Fornybar, u.å.). Som figur 18 viser er det store forskjeller på solinnstrålingen i de forskjellige landsdelene.



Figur 18: Kart over solinnstråling (Fornybar, u.å.)

SOLCELLER

Solceller omformer energi i sollyset til elektrisitet. Dette gjøres ved at cellen absorberer sollyset i en halvleder i stor nok mengde til å frigjøre elektroner. I en solcelle tvinges disse frigjorte elektronene til å gjennomløpe en egen krets før de slippes tilbake på plass. Dermed kan vi utnytte den elektriske energien. For å få til dette legges to plater, vanligvis av silisium, inntil hverandre. Den ene platen må ha et overskudd av elektroner, mens den andre platen må ha et underskudd. Dette gjøres ved å tilsette små mengder av andre materialer i panelene. Når platene kommer i kontakt med hverandre, vil elektronene hoppe fra siden med overskudd av elektroner til siden med underskudd. Det dannes dermed en spenning mellom platene. Denne spenningen i seg selv gir ingen netto strøm, men sollyset kan forstyrre balansen. Energien i sollyset er nok til å få elektroner som ligger nær grensesjiktet over spenningsbarrieren og over til den andre platen. Den letteste veien for elektronene er nå gjennom den ytre kretsen som gir elektrisitet (figur 19). Cellene kan kobles sammen til paneler ved seriekobling eller parallellkobling (Energifakta, u.å.).



Figur 19: Prinsipiell tegning av hvordan solceller fungerer (Chasteen, u.å.)

Det finnes to hovedtyper solcelleteknologier, krystallinske solceller og tynnfilmteknologier. Krystallinske solceller kan enten være monokrystallinske eller multikrystallinske. Monokrystallinske solceller er bygget opp av et krystall. Dermed blir overflaten homogen, og cellen vil derfor absorbere alt lys. Multikrystallinske solceller består av mange krystaller.

«Som tommelfingerregel kan man si at monokrystallinske solceller har høyere effektivitet, mens multikrystallinske solceller krever mindre energi å framstille og er derfor noe billigere å framstille og er derfor noe billigere for samme oppgitt effekt. Typisk solcellepaneleffekt er 12-20 %.» Norsk Solenergiforening (u.å.)

Tynnfilm er en et svært tynt lag med solceller på et substrat. Fordelen med tynnfilm er at det er billigere å produsere, fordi de bruker vesentlig mindre materialer. Tynnfilmen er bøyelig, noe som gjør at solcellene kan integreres i bygningsdeler på en enklere måte. Tynnfilmen kan også monteres på vinduer eller kuttes i små strimler. Ulempen er at effektiviteten er lavere. Vanlig effektivitet ligger på 8-12 %, men det kommer stadig forbedringer i teknologien, og enkelte produsenter hevder å ha en effektivitet på over 20 % (it-word, 2012).

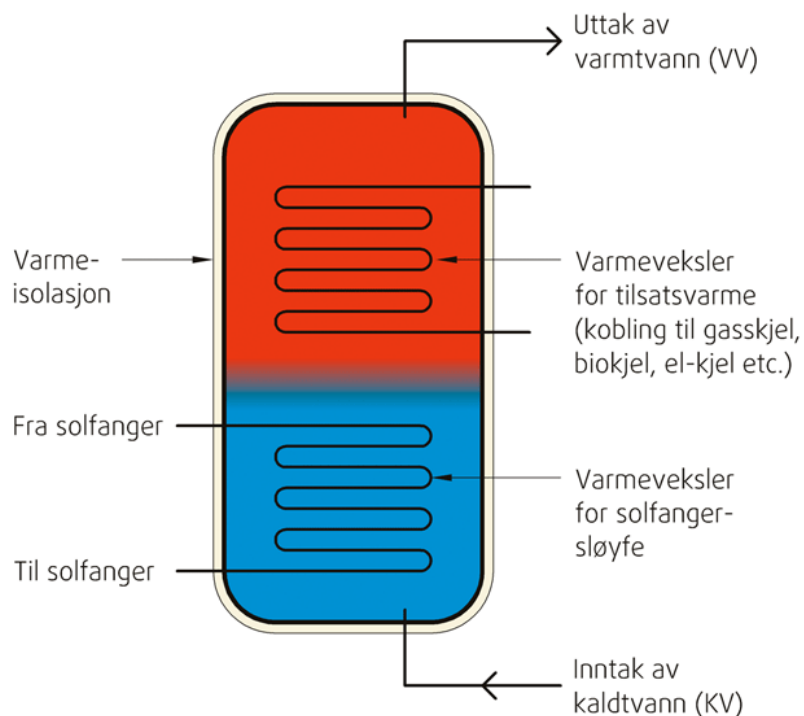
AKTIV SOLVARME

Det finnes en rekke forskjellige typer solfangere. Plane solfangere og vakuumbørersolfangere er de vanligste i Norge, men det finnes også luftsolfangere, parabol-solfangere og tauformede solfangere. Alle disse teknologiene bygger på samme prinsipp. Solfangeren absorberer solenergi fra solstråler og gjør om solenergien til varmeenergi for å varme vann til oppvarming og/eller tappevann.

Solfangere kan integreres i bygningenes tak eller fasade, eller de kan være frittstående enheter. Et solvarmesystem med solfangere i Sør- eller Øst-Norge vil kunne dekke opp til 35 % av romoppvarmingsbehovet og inntil 50 % av oppvarmingsbehovet for oppvarming av tappevann (Nilsen, 2010). Om vinteren vil et solfangeranlegg dekke relativt lite av oppvarmingsbehovet, mens på sommeren vil anlegget ha overkapasitet. Solfangere leverer mellom 300 til 450 kWh per m² per år (Nilsen, 2010). Solfangere bør plasseres sydvendt og anlegget bør ikke plasseres på en slik måte at det kommer skygge på absorbatoren i løpet av

de mest effektive soltimene i døgnet. Solfangere bør ideelt ha en vinkel på mellom 30 og 50° i forhold til bakkeplan (Aventasolar, 2012).

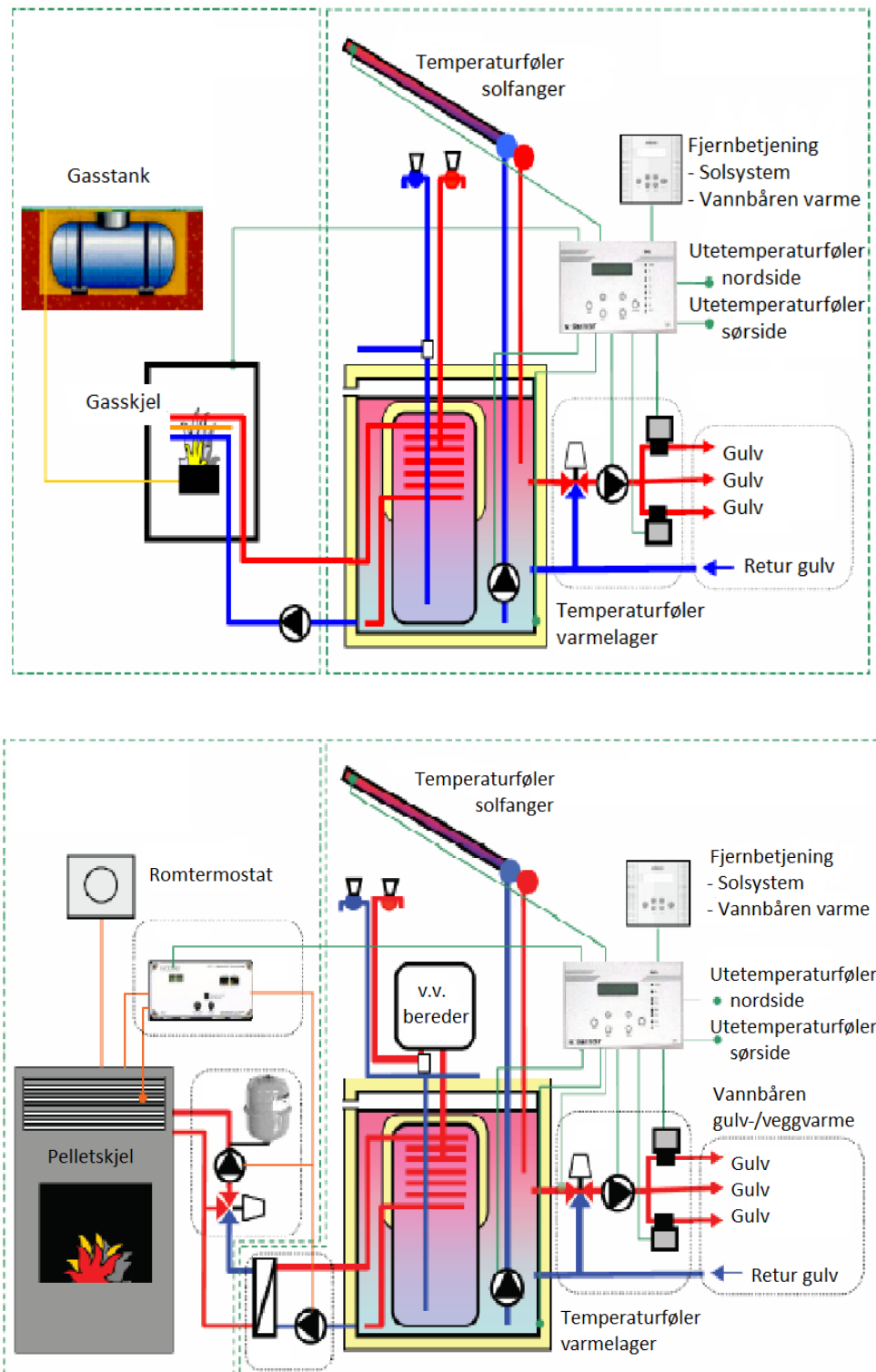
I og med at varmen fra solfangeranlegget ikke alltid faller sammen med behovet for varme må energien lagres. Dette gjøres ved å lagre varmt vann i tanker. I enfamilieboliger med kun tappevannsoppvarming, som enebolig og rekkehus, benyttes ofte varmtvannstanken til dette formålet. I solfangeranlegg, som også skal varme vann til romoppvarming kreves større volum. En lagertank for solvarme skiller seg ut fra en standard varmtvannsbereder ved at tanken har en ekstra varmeveksler som tilknyttes solfangeranlegget, i tillegg er disse tankene noe større. Effekten av solfangeren blir størst hvis akkumulatortanken deles opp i temperatursjikt. I en sjiktet tank er vannet kaldest i bunn og varmest i toppen. Jo høyere tanken er jo bedre temperatursjiktning oppnås (figur 20) (SINTEF Byggforsk, 2011) .



Figur 20: Prinsipiell tegning for varmelager (SINTEF Byggforsk, 2011)

I tillegg til selve solfangeren og akkumulatortanken består solfangerkretsen av rør, pumper, ventiler og ekspansjonskar som sørger for å få den varme væsken fra solfangeren til akkumulatortanken.

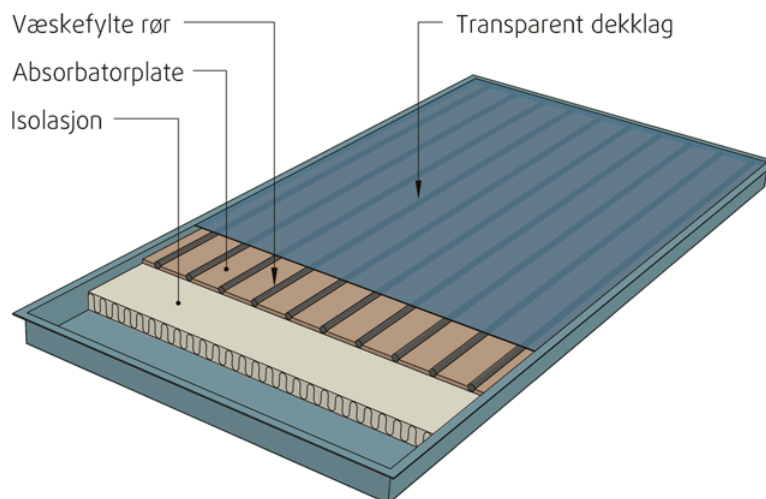
I Norge kombineres solfangersystemer med en tilleggsvarmekilde. Tilleggsvarmekilden kan komme fra gass, olje, bioenergi, elektrisitet eller varmepumpe. Figur 21 illustrerer to eksempler på hvordan en kan bygge opp et kombinert system av solvarme med en tilleggsvarmekilde.



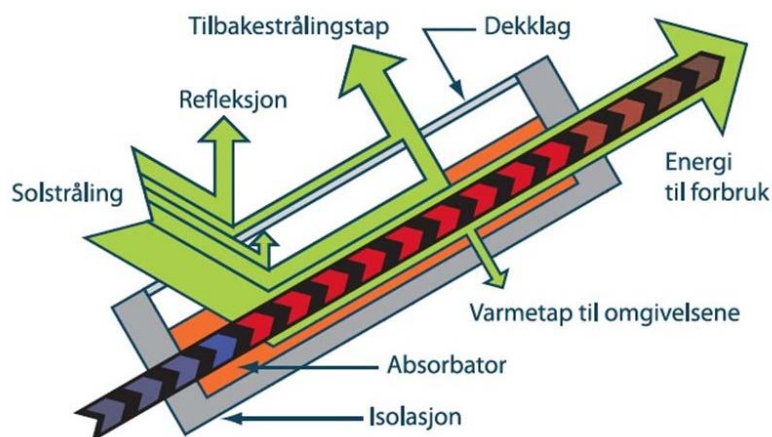
Figur 21: Kombinasjonsmetoder for solfangersystemer (Stene, 2008)

PLANE SOLFANGERE

Den plane solfangeren er den vanligste typen solfanger (Oljefri, u.å.). Den utnytter solenergien ved at en plan mørk overflate, kalt absorptor, blir oppvarmet av solstrålene. Absorbatoren består typisk av en tynn sort metallplate med en selektiv overflate som absorberer 98 % av det synlige lyset. Ulempen med mørke overflater er at de sender ut mer infrarød stråling enn lysere overflater. Vanligvis har solfangere et eller flere dekkglass slik at varmen ikke slipper ut av fronten. Disse dekkglassene, som består av glass, plast eller transparent isolasjon, har den egenskapen at de slipper solstrålene inn, men ikke ut. På den måten får absorbatoren en høyere temperatur. For å minimere varmetapet ytterligere isoleres det ofte i bakkant. Inne i absorbatoren er det væskefylte rør som leder varmen fra absorbatoren inn til boligen (figur 22 og 23) (Oljefri, u.å.).



Figur22: Prinsipiell oppbygning av en plan solfangermodul (SINTEF Byggforsk, 2011)

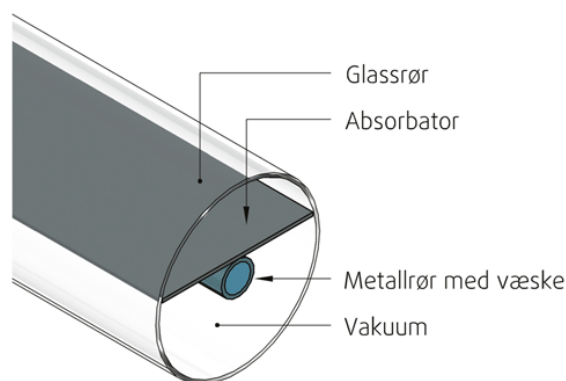


Figur 23: Prinsipiell tegning av plane solfangere (Fornybar, u.å.)

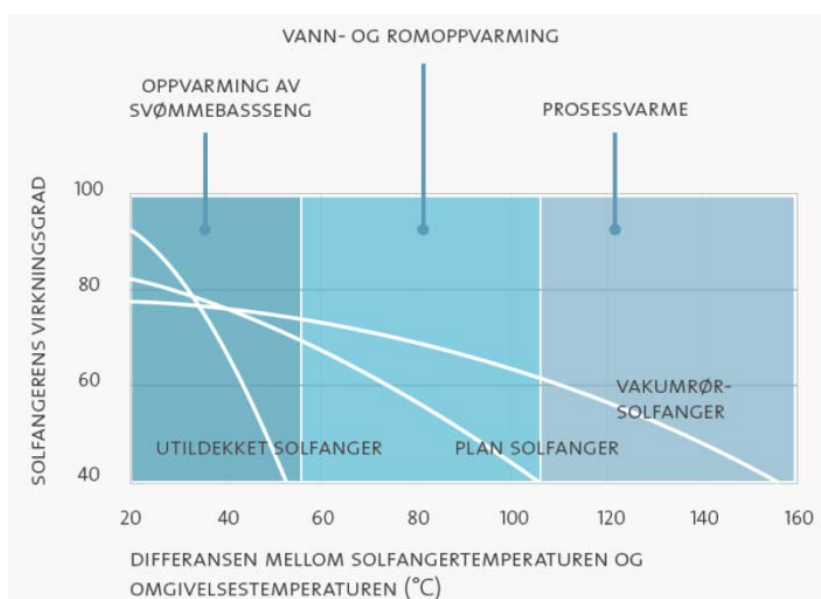
Virkningsgraden avtar med økende temperaturforskjell mellom absorbatoren og uteluften, samt avtagende innstrålt effekt. Virkningsgraden for en typisk plan solfanger vil reduseres fra ca. 80 til 50 % ved 25 °C temperaturforskjell (Stene, 2008). For å oppnå høyest mulig virkningsgrad bør plane solfangere levere varme til et lavtemperatur varmedistribusjonssystem, som for eksempel gulvvarme.

VAKUUM SOLFANGER

Vakuumsolfangere kommer i flere typer. Den vanligste med direkte gjennomstrømning fungerer i prinsipp på samme måte som plane solfangere. Absorbatoren plasseres i et glassrør med vakuum som reduserer varmetapet og gjør vakuumsolfangere mer effektive enn plane solfangere (figur 24 og 25) (SINTEF Byggforsk, 2011).



Figur 24: Snitt gjennom en vakuumsolfanger med direkte gjennomstrømning (SINTEF Byggforsk, 2011)

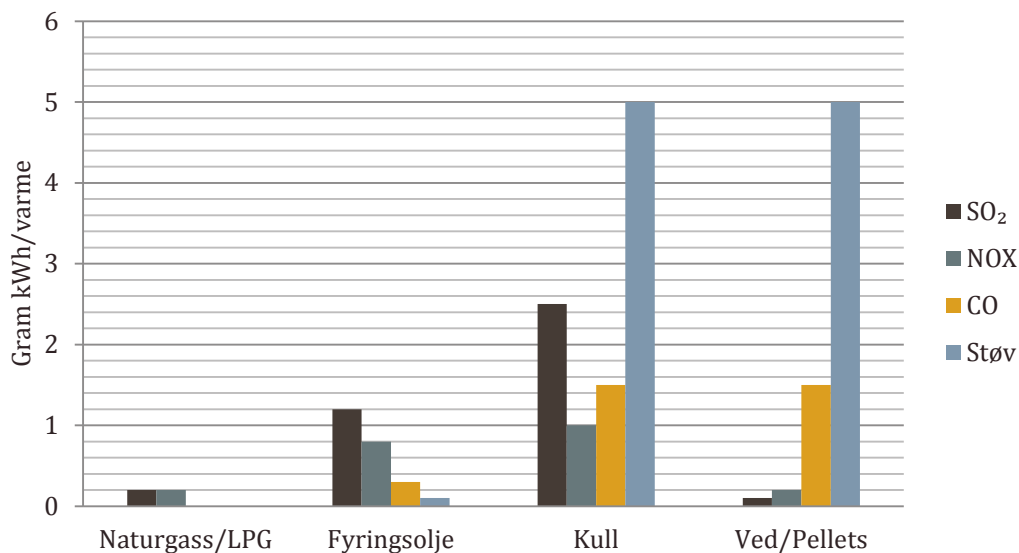


Figur 25: Typiske virkningsgradkurver for ulike solfangere og hvilke temperaturnivåer som er typiske for ulike bruksområder (SINTEF Byggforsk & KanEnergi, 2011)

Vakuumsolfangere egner seg godt til høytemperatur varmedistribusjonssystemer og/eller varmtvannsberedning i kalde klima. Vakuumsolfangere i Norge vil ha en høyere årsvirkningsgrad enn plane solfangere på grunn av mindre tap av varme til omgivelsene.

OPPVARMING MED GASS

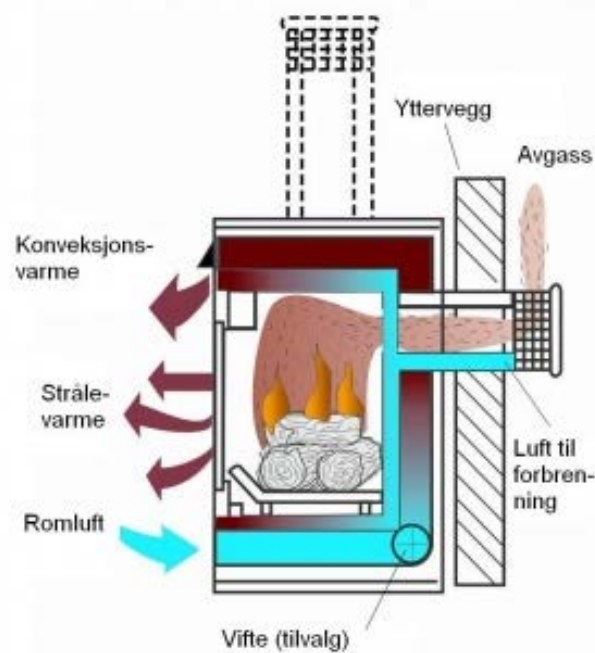
I Norge benyttes to typer gass, naturgass og propan. Naturgass består av 90 % metan og transporteres til boligen i nedgravde gassrørnett. Propan leveres i mindre mobile trykkbeholdere. I Norge er det tillatt å oppbevare opp til to stykk 11 kg propanbeholdere over bakkenivå. Dette tilsvarer en brennverdi på 150 kWh (Stene, 2008). Bruk av gass er også mer miljøvennlig med tanke på utslipp sammenlignet med olje, kull og bioenergi (figur 26) (NVE, 2002).



Figur 26: Utslipp av forskjellige brensler (NVE, 2002)

GASSPEIS

Gasspeiser brukes til romoppvarming, og gassen kommer fra en propantank eller et gassrørnett og leverer i følge Stene (2008) en varmeeffekt på mellom 5 og 10 kW. Gasspeiser har høyere virkningsgrad enn vedfyrte peiser. Røygassene kan fjernes med avgassrør som fritt kan plasseres gjennom vegg eller tak (figur 27). Dette gjør plasseringen av gasspeiser meget fleksibel i forhold til vedfyrte peiser.



Figur 27: Prinsipiell tegning av gasspeis (Peisselskabet, u.å.)

GASSOVN

Gassovner får tilført gass på samme måte som gasspeiser; fra en gasstank eller et gassrørnett. Ovnene brukes til romoppvarming og fås i effektområdet mellom 2 til 6 kW. Ytelsen kan termostatstyrtes eller programmeres med ukeprogram. Typisk virkingsgrad er på 95 % og avgassene fjernes i avgassrør gjennom vegg eller tak (Stene, 2008).

GASSKJEL

Gassfyrte kjeler kan brukes til både romoppvarming og varmtvannsberedning. Feltnmålinger viser at de virkelige årsvirkningsgradene ligger mellom 93 og 97 % (Stene, 2008). Gasskjeler finnes i flere varianter. Den vanligste varianten består av en gassbrenner integrert i en dobbeltmantlet varmtvannstank. Den ytre tanken er tilkoblet varmedistribusjonssystemet og den indre tanken er til tappevann. Gasskjelen kan også avgi varme til varmtvannsberedning via en rørvarmeveksler i en enkeltmantlet tank (figur 28). Varmtvannstanken bør ha en elektrisk kolbe som kan tre inn hvis gasskjelen er ute av drift.

Gassfyrte kjeler kan levere varme ved høye temperaturer, og kan derfor benyttes til varmtvannsberedning og høytemperatur varmedistribusjonssystemer. For å oppnå høy

effektivitet på gasskjelen, er det viktig at røykgassen avkjøles mest mulig. Dette betyr at returtemperaturen i varmedistribusjonssystemet må være forholdsvis lav. I vannbårne varmeanlegg vil det derfor være gunstig med lavtemperatur varmedistribusjonssystemer, for eksempel ved viftekonvektorer eller gulvvarme (Stene, 2008).



Figur 28: Prinsippskisse for gasskjel (Central Heating and Cooling now, 2010)

OPPVARMING MED FJERNVARME

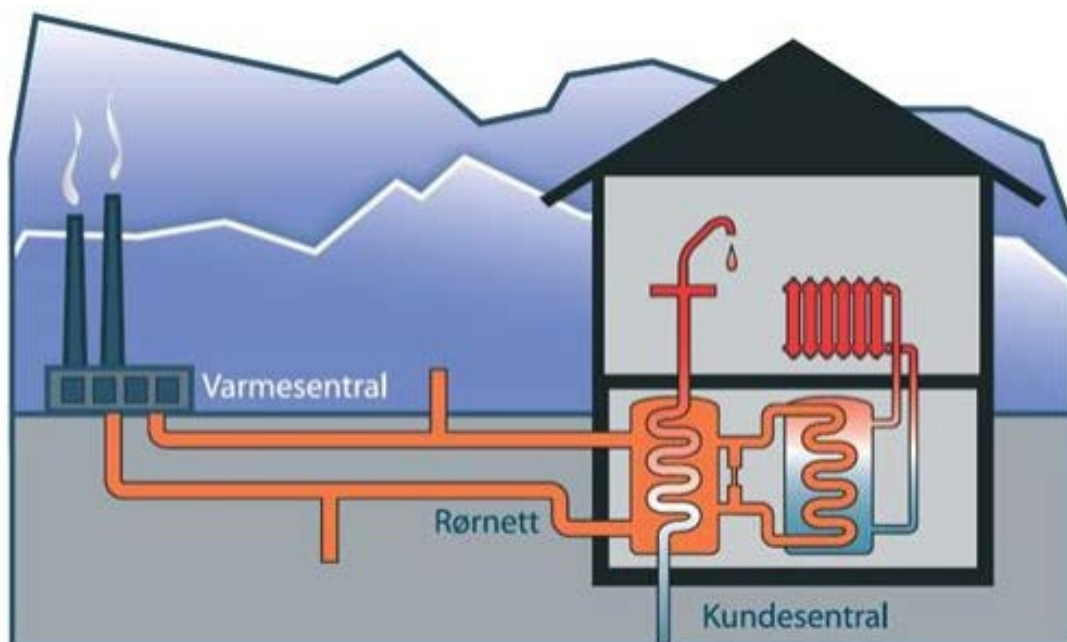
Et fjernvarmesystem består av en eller flere varmesentraler som varmer opp vann. Vannet sendes ut på et distribusjonsnett, som boliger og andre bygninger kan koble seg på for å utnytte varmen.

Varmesentralene produserer varme ved forbrenning av avfall fra husholdninger og næringsvirksomhet, biomasse, gass eller olje. Varmen kan også komme fra varmepumper, elektrokjeler og spillvarme fra industri og lignende. TEK 10 kategoriserer fjernvarme som fornybar uavhengig av energikilde.

Varmedistribusjonsnettene er et lukket system, hvor vann sirkulerer med en temperatur på mellom 45 og 120 °C (Stene, 2008). Rørnettet består av nedgravde isolerte stålrør, hvor varmetapet for systemet til omgivelsene ligger på ca. 10 %. I større anlegg benyttes varmevekslersentraler i hver enkelt bolig/bygning. I mindre anlegg sirkulerer vannet fra hovednettet direkte gjennom varmedistribusjonssystemet hos abonnentene, mens varmtvannsberedning skjer via en platevarmeveksler i hver enkelt bolig/bygning (figur 29) (Rosvold, 2012).

Distribusjonsnettene utgjør en stor del av de totale systemkostnadene og lønnsomheten er sterkt knyttet til behovet for varme. I boligområder med passivhus vil lønnsomheten derfor være relativt beskjeden sammenlignet med utbygging av fjernvarme for boliger med høyere varmebehov.

Etter plan- og bygningsloven 2010, § 27-5, skal nye bygninger som oppføres innenfor et konsesjonsområde for fjernvarme kobles til ledningsnettene for fjernvarme. Kommunen kan likevel gjøre unntak hvis byggherren kan dokumentere at mer miljøvennlige energikilder kan benyttes.



Figur 29: Prinsippkisse av et fjernvarmeanlegg (Brantenberg, 2010)

OPPVARMING MED ELEKTRISITET

Elektrisk energi kan benyttes til romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft, oppvarming av tappevann eller en kombinasjon av disse.

ROMOPPVARMING

ELEKTRISKE PANELOVNER

Det finnes tre typer elektriske panelovner som er vanlige i Norge; lukkede panelovner, gjennomstrømningsovner og varmelister. Lukkede panelovner avgir 50 % av varmen som konveksjon og resten som stråling. Effekten på disse ovnene ligger mellom 300 og 2000 W. Ovnene kommer med forskjellige typer termostater, alt fra enkle innebygde termostater til avanserte termostater, som styres via strømnettet eller trådløs radioforbindelse (Stene, 2008). Gjennomstrømningsovner avgir varme ved at luft strømmer inn i bunnen av ovnen hvor den varmes opp av varmeelementer og strømmer ut i toppen av ovnen.

Gjennomstrømningsovner avgir mesteparten av sin varme ved konveksjon. I forhold til lukkede panelovner vil disse ovnene spre sin varme bedre. Elektriske varmelister er elementer som er rekkekoblet montert, som regel som en vanlig gulvlist. Varmelister avgir mesteparten av varmen som strålevarme, se eget kapittel om varmelister (SINTEF Byggforsk, 2010).

ELEKTRISKE OLJEFYLTE RADIATORER

Elektrisk oljefylte radiatorer leveres som frittstående enheter, eller som fastmonterte enheter for veggmontasjen. Levert effekt ligger mellom 400 og 2000 W. Varmen avgis som både konveksjons og strålevarme.

ELEKTRISKE GULV- OG TAKVARMESYSTEMER

Elektriske gulvvarmesystemer benytter hele eller deler av boligens gulvflate som varmeapparat, og det meste av varmen avgis som strålevarme. En av de store fordelene med gulvvarme er at lufttemperaturen kan senkes med 1 til 2 °C uten at dette går utover den termiske komforten. Det kan benyttes elektrisk varmemefolie, eller elektriske varmekabler. Varmefolien består av en 0,2 mm tykk strømførende folie, som avgir en effekt mellom 40 og

150 W/m². Varmekabelsystemer består av varmekabler, som legges i med en viss avstand avhengig av effekt på kabelen. Disse har en effekt mellom 8 og 20 W/m.

I elektriske takvarmesystemer er det hele eller deler av himlingen som benyttes som varmeapparat. Fordelene vil være de samme som for gulvvarme, men lufttemperaturen kan ikke senkes i like stor grad fordi mennesker oppfatter temperatur forskjellig ved føttene sammenlignet med hode (SINTEF Byggforsk, 2010).

OPPVARMING AV VENTILASJONSLUFT

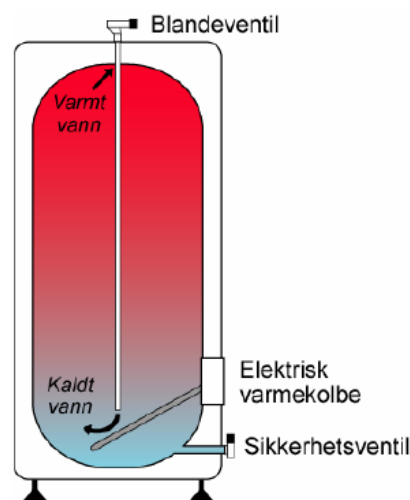
Elektriske før- og ettervarmere brukes til å varme ventilasjonsluften i balanserte ventilasjonsanlegg for å forhindre utfrysning, eller oppnå ønsket innblåsningstemperatur. For store bygg benyttes elektriske varmebatterier (Stene, 2008).

VARMTVANSBEREDNING

Det finnes to hovedtyper varmtvannsberedere i Norge, enkeltmantlede og dobbeltmantlede varmtvannstanker.

ENKELMANTLEDE VARMTVANNSTANKER MED ELEKTRISKE VARMEKOLBER

Enkelmantlede varmtvannsberedere er den type bereder som tar minst plass, krever minst vedlikehold og er rimeligst i innkjøp (figur 30). De blir levert i størrelser fra 5 til 30 000 liters vannvolum. Vannet blir oppvarmet av et elektrisk varmeelement (SINTEF Byggforsk, 2004).

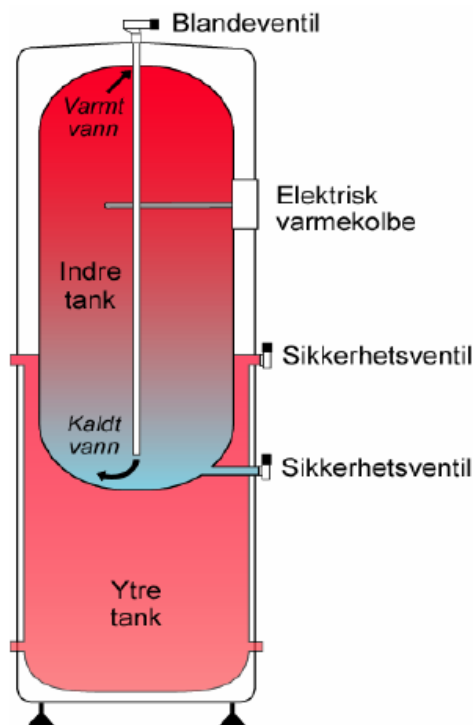


Figur 30: Prinsippskisse av en enkeltmantlet varmtvannstank (Stene, 2008)

ROMOPPVARMING OG VARMTVANNBEREDNING

DOBBELMANTLEDE VARMTVANNSTANKER MED ELEKTRISKE VARMEKOLBER

Dobbelmantlede beredere er spesielt tilpasset for å kunne levere varmtvann til både romoppvarming og tappevann ved at tanken er delt i to. Den indre primærtanken er til oppvarming av tappevann, den ytre påsveisete sekundærtanken blir tilkoblet et vannbårent varmedistribusjonssystem for romoppvarming (figur 31). Vannet i sekundærtanken forvarmer vannet i primærtanken ved at varme overføres gjennom bunnen og sidene av tanken. Volumet av den indre og ytre kanten er typisk 200 og 120 liter eller 300 og 120 liter (Stene, 2008).



Figur 31: Prinsippkisse av en dobbelmantlet varmtvannstank (Stene 2008)

ELEKTROKJEL

Elkassetter eller elementkjeler varmer vann ved elektrisitet føres gjennom motstandselementer som er nedsunket i vann. Elkassetter består av en eller flere elektriske varmekolber med en effekt på mellom 1 og 15 kW. Kjelsystemet bygges som en indirekte krets, hvor det oppvarmede vannet avgir varme til et vannbårent varmedistribusjonssystem via en platevarmeveksler. Elektrokjelene leveres med en effekt fra 6 kW til flere tusen kW.

ANDRE ENERGIBESPARENDE TILTAK

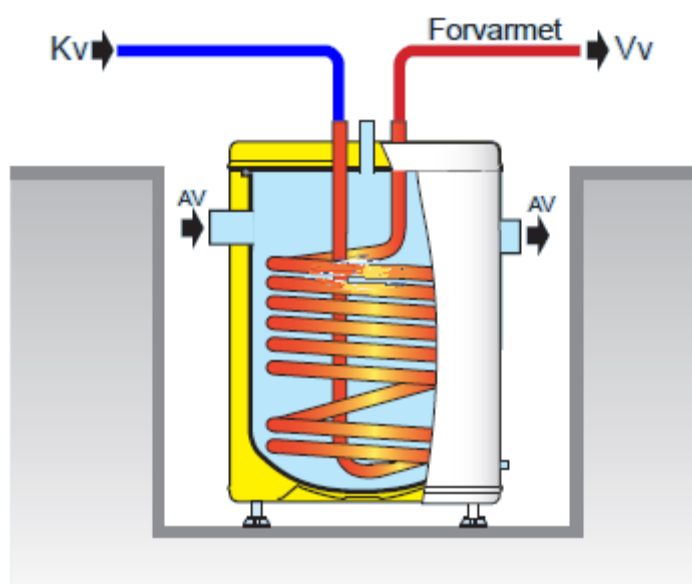
VARMEGJENVINNER FOR AVLØPSVANN

En varmegjenvinner for avløpsvann gjenvinner energien fra det varme avløpsvannet til å forvarme det kalde vannet fra vannettet før det kommer inn til varmtvannsberederen, direkte til blandebatteriet eller begge deler (Oljefri, u.å.).

Det finnes en rekke forskjellige modeller og leverandører som benytter forskjellige teknologier. De to mest brukte metodene er varmegjenvinner for gråvann som er tilkoblet til varmtvannsberederen og varmeveksler for spillvann fra dusjkabinett som er tilkoblet blandebatteriet.

VARMEGJENVINNER FOR GRÅVANN

Varmegjenvinneren for gråvann er den mest omfattende konstruksjonen, men også den som gir den høyeste besparelsen. Avløpsvannet fra kjøkken, bad og vaskerom tilkobles med fall til varmeveksleren, hvor det kommer inn i en isolert tank. Alt kaldt vann som skal inn til berederen føres først inn til varmeveksleren, hvor vannet blir forvarmet gjennom en coil-spiral. Det varme vannet blir liggende i tanken frem til nytt varmt vann kommer (figur 32). På denne måten fungerer tanken også som et varmemagasin (OSO Hotwater, u.å.).

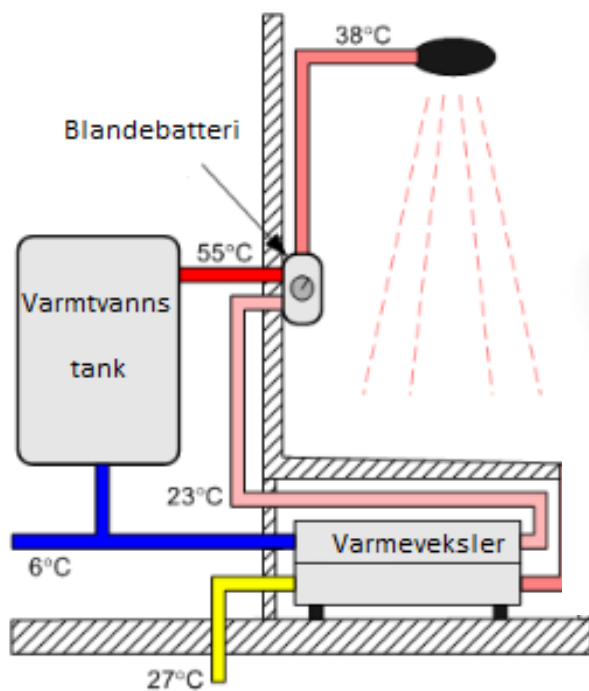


Figur 32: Varmegjenvinner for gråvann (OSO Hotwater u.å.)

VARMEGJENVINNER FOR DUSJVANN

Den andre metoden benytter kun avløpsvannet fra dusj og badekar med dusj.

Varmeveksleren består av profilerte kobberør, hvor det kalde vannet på vei til blandebatteriet renner gjennom (figur 33 og 34). Spillvannet fra dusjen renner utvendig over disse, og på den måten forvarmer kaldtvannet fra det normale 5 til 8 °C til ca. 22 °C før det kommer til blandebatteriet på vanlig måte. Temperaturen på spillvannet reduseres med tilsvarende temperatur (Miljødusj, u.å.). Ved installering av varmegjenvinner for dusjvann må enten varmegjenvinneren støpes inn under dusjen, eller så må det benyttes dusjkabinett.



Figur 33: Prinsippkisse av varmegjenvinner for dusjvann



Figur 34: Varmegjenvinner for dusjvann (HeatSnagger, 2011)

ISOLERENDE GARDIN

Isolerende gardin er et system som skal begrense transmisjonstapet gjennom vinduer. Gardinen har også til hensikt å fungere som solskjerming, redusere kondens og rim og skjerme for støy.

Den isolerende gardinen er bygget opp av hule stive elementer som er hengslet sammen til en stiv flate som kan foldes sammen. Hulrommet i elementene er fylt med et isolerende materiale, som for eksempel Aerogel. I følge Delphin (2012) er Aerogel et materiale som isolerer fem ganger bedre enn vanlig veggisolasjon, og materialet kan gjøres gjennomsiktig.

Ved bruk av isolerende gardinen vil det under vinterhalvåret slippes inn mer solenergi i rommet enn det som tapes ut gjennom varmetransmisjon gjennom glasset. Når det er mørkt ute trekkes den isolerende gardinen ned enten manuelt eller mekanisk og reduserer varmetapet ut gjennom vindusarealet.

SOLSKJERMING

Passivhus kan bli for varme om sommeren på de varmeste dagene, og det er ikke tillat med mekanisk kjølig i følge TEK10. For å bevare den termiske komforten i boligen er det derfor anbefalt å benytte solskjerming. Solskjermingen skal redusere det totale solinnslippet, og dermed også lufttemperaturen. Solskjermingen skal også redusere det direkte solinnslippet på personer som sitter ved vinduet og dermed den operative temperaturen personen opplever.

Det finnes både innvendig og utvendig solskjerming. Hovedforskjellen mellom utvendig og innvendig solskjerming er at utvendig solskjerming stopper solvarmen på utsiden slik at varmen ikke kommer inn i rommet. Innvendig solskjerming stopper solvarmen på innsiden av glasset, det vil si at solvarmen transmitteres gjennom glasset før det blir stoppet. Noe av solvarmen reflekteres ut igjen, noe avgis konvektivt mellom glasset og solskjermingen og noe varmer opp solskjermingen som igjen avgir strålevarme. Dette betyr at utvendig solskjerming ofte er å foretrekke (SINTEF Byggforsk, 2000).

Det finnes en rekke forskjellige typer solskjerming. Utvendig persienner, rullesjalusier, markiser, utvendige duker, fast solskjerming og innvendig solskjerming er de mest benyttede variantene av solskjerming. Dersom det er vanskelig å montere solskjerming på grunn av plassmangel, kan det også monteres en film på selve glasset som endrer glassets egenskaper. Filmen kan reflektere lys og varme fra enten innsiden, utsiden eller begge deler.

Utvendig persienner vil gi det beste resultatet lys- og varmemessig. Lysinnet kan påvirkes av lamellenes vinkel i forhold til solen. Disse kan også styres automatisk som vil gi best mulig resultat.

Rullesjalusier styres av styreskinner på hver side av vinduet som holder lamellene på plass. Denne løsningen er plasskrevende, men beskytter mot vær og vind i tillegg til å gi en viss økning av innbruddssikkerheten.

Markiser har den fordel at de kan variere hvor langt de rulles ut og hvor tett inn mot bygningskroppen de vinkles. Dette muliggjør vinduslufting, og det gir inn- og utsiktsmulighet. Markisen må monteres med en spalte inn mot veggen, slik at varm luft kan fritt stige opp.

Utvendige duker eller rullgardiner slipper ofte gjennom en viss andel lys, samtidig som de gir utsyn og forhindrer blinding. Ulempen er at lystransmisjon vil være konstant så lenge duken er nede.

Fast solskjerming kan være vertikale eller horisontale utspring, lameller eller profiler som settes i rammer på fasaden. Fast solskjerming har begrensende effekt i Norge ettersom solen står lavt. Ved bruk av fast solskjerming vil dempingen av sollyset være størst nærmest vinduet og avta innover i rommet.

Innvendig solskjerming kan være persienner, gardiner eller rullgardiner. Disse benyttes ofte av estetiske eller driftsmessige hensyn. Problemet med innvendig solskjerming er at mye av varmen slipper gjennom glasset, men kun en liten del av denne varmen slippes ut igjen. Det anbefales derfor å kombinere innvendig solskjerming med glass som reflekterer varmen (SINTEF Byggforsk, 2000).

For utvendig solskjerming anbefales mørke overflater på solskjermingen fordi mørke materialer skjærer bedre enn lyse. For innvendig solskjerming er det motsatt. Det anbefales

lyse overflater ettersom lys solskjerming vil reflektere mer varme enn en mørk solskjerming (SINTEF Byggforsk, 2000).

Det finnes ingen entydig standard for å beregne effekten av forskjellige solskjermingsteknologier. De fleste leverandører opererer med målt soltransmisjon gjennom et system, det vil si gjennom solskjermingen og forskjellige typer vinduer. SINTEF Byggforsk (2000) har likevel en tabell som tar hensyn til total transmittert strålingsenergi, direkte transmittert strålingsenergi og lystransmisjon (tabell 5). Total transmittert strålingsenergi, G_{tot} , som angir den totale energien som går gjennom solskjermingen. Direkte transmittert strålingsenergi, G_{dir} , er energien som går gjennom solskjermingen på grunn av direkte stråling. Lystransmisjon, LT, angir hvor mye lys som slipper gjennom solskjermingen.

Alle disse beregnes/måles ut fra energien/lyset som slipper gjennom vinduet og solskjermingen sammen dividert på vinduet alene.

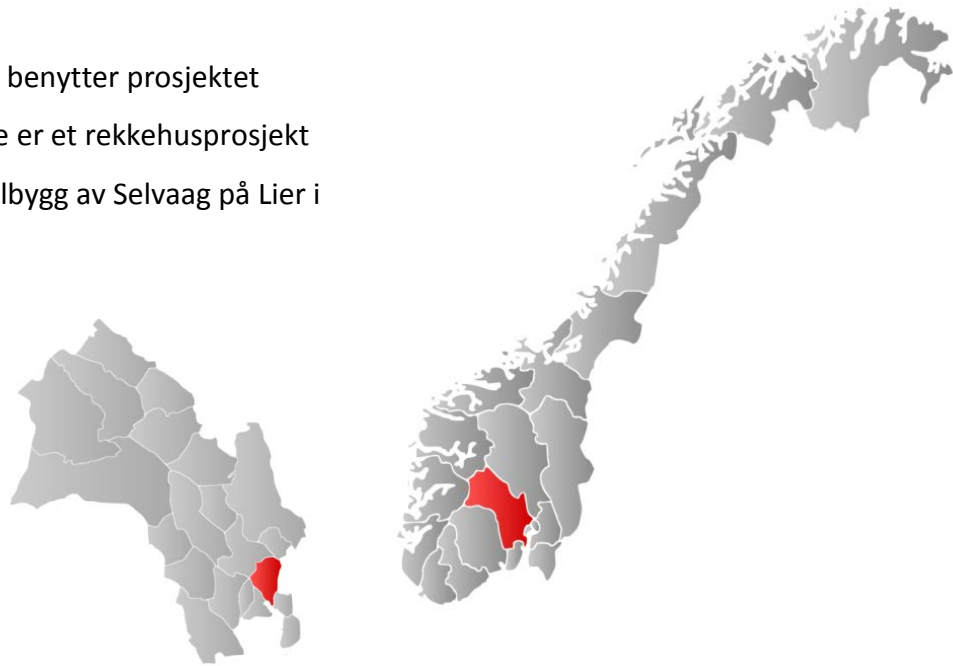
Tabell 5: Solavskjerming virkningsgrad (SINTEF Byggforsk, 2000)

Plassering	Solskjerming	G_{tot} (%)	G_{dir} (%)	LT (%)
	Ingenting	100	100	100
Utvendig	Persienner	10-30	0-100	0-100
	Rullesjalusier	5-100	0-100	0-100
	Markiser	25-50	0-100	0-100
	Utvendig duker	10-40	10-20	10-20
	Fast solavskjerming	Må beregnes Hindrer direkte solinnstråling		
Innvendig	Persienner	60-85	0-100	0-100
	Rullegardin	30-80	0-100	0-100
	Gardiner	50-80	0-100	0-100

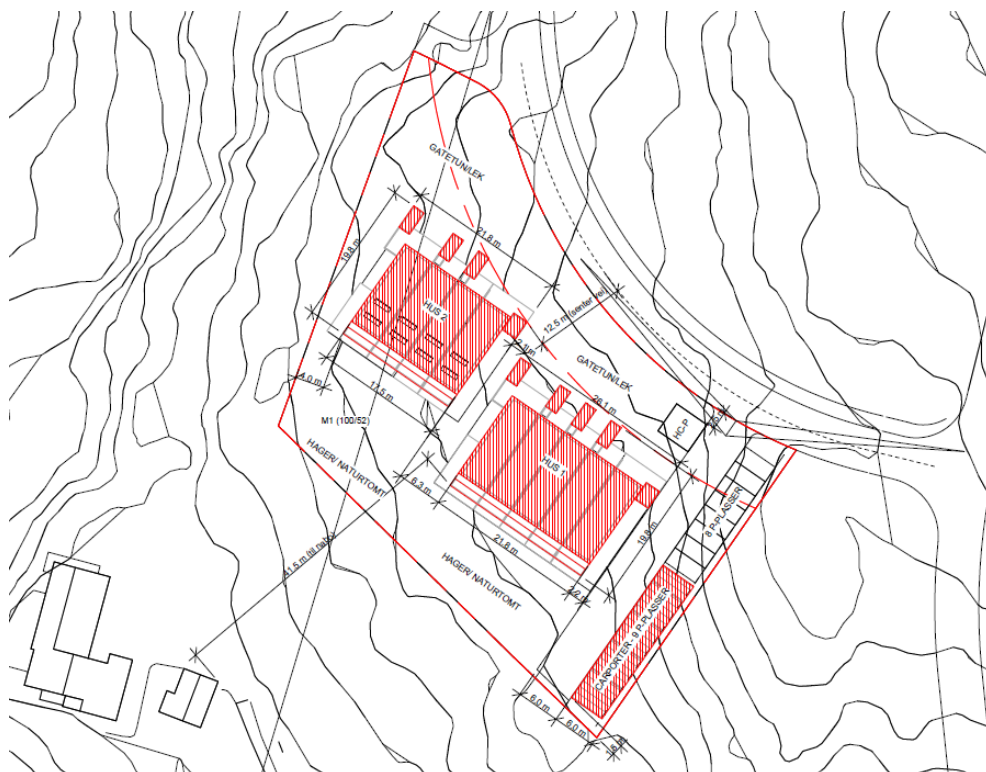
PROSJEKTET «UTSIKTEN»

For å kunne sammenligne de forskjellige teknologiene benyttes et eksempel-prosjekt. På den måten kan alle teknologiene sammenlignes. Det må presiseres at ved en annen form og andre tekniske spesifikasjoner på boligen kunne resultatene blitt annerledes, så selv om enkelte teknologier kan komme dårlig ut her kan de muligens komme bedre ut på andre prosjekter.

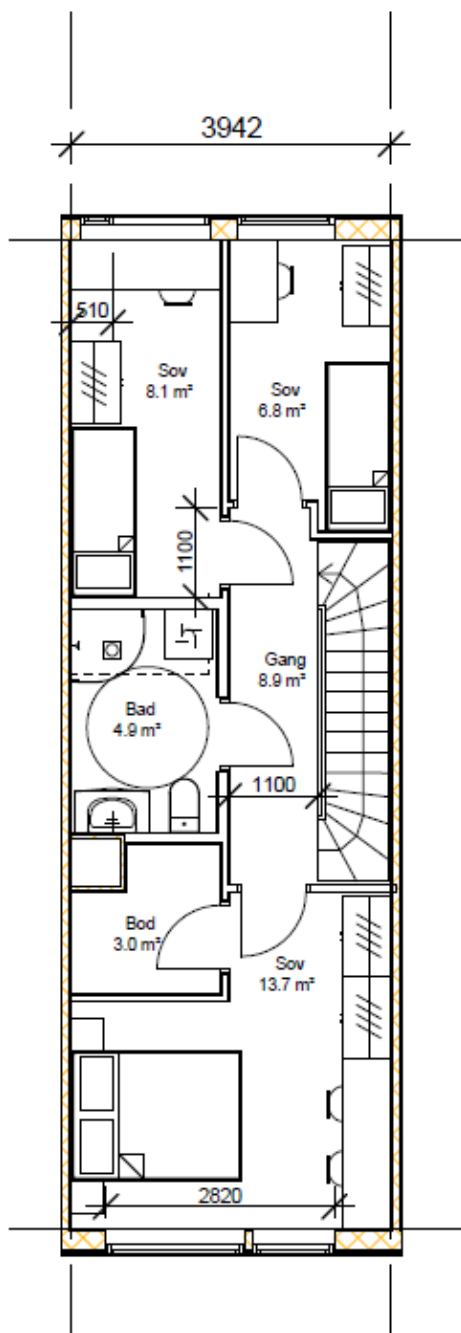
Denne oppgaven benytter prosjektet «Utsikten». Dette er et rekkehusprosjekt levert som modulbygg av Selvaag på Lier i Buskerud.



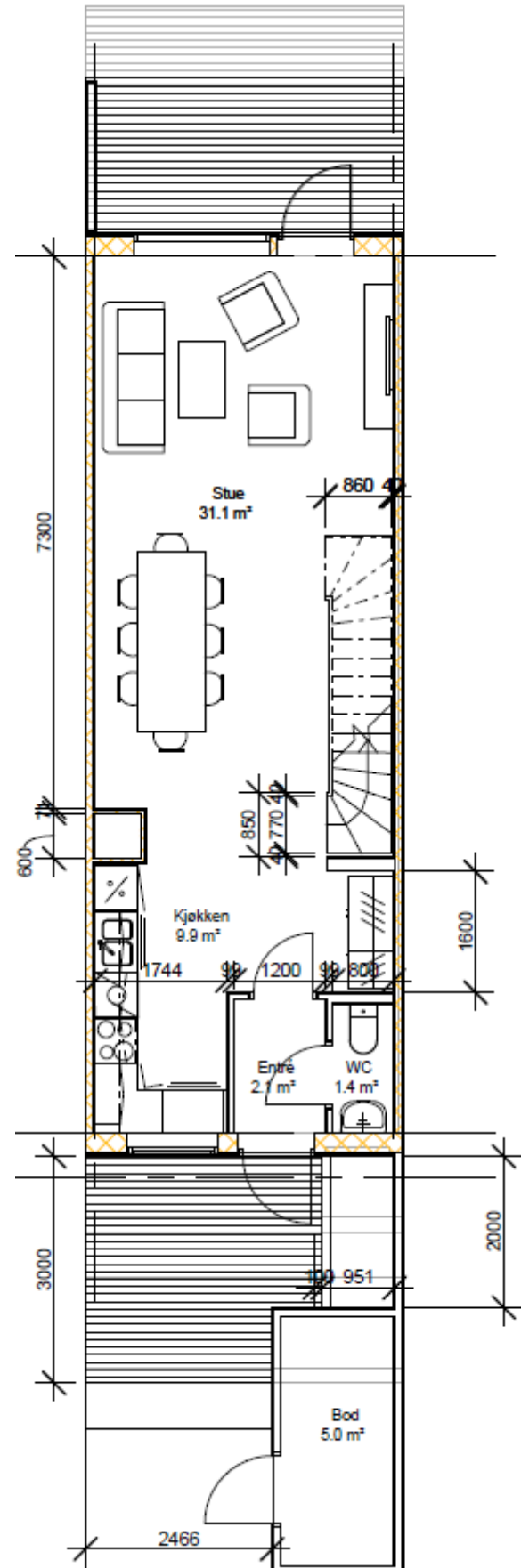
Figur 35: Kart over Norge og Buskerud (Wikipedia, 2007)



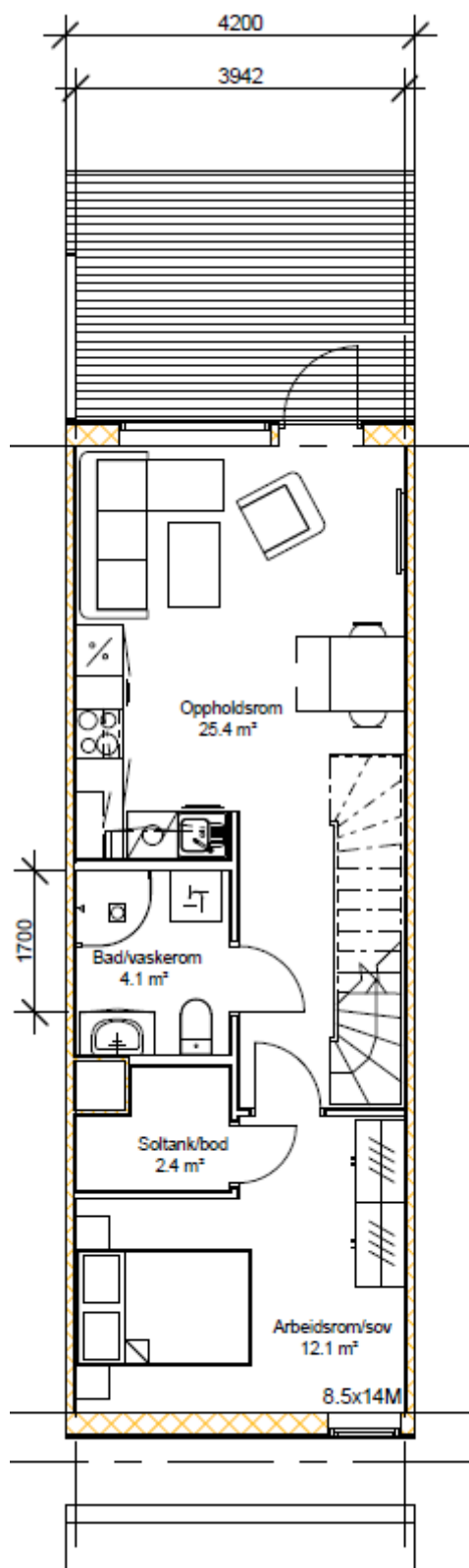
Figur 36: Situasjonskart (TAG, 2012)



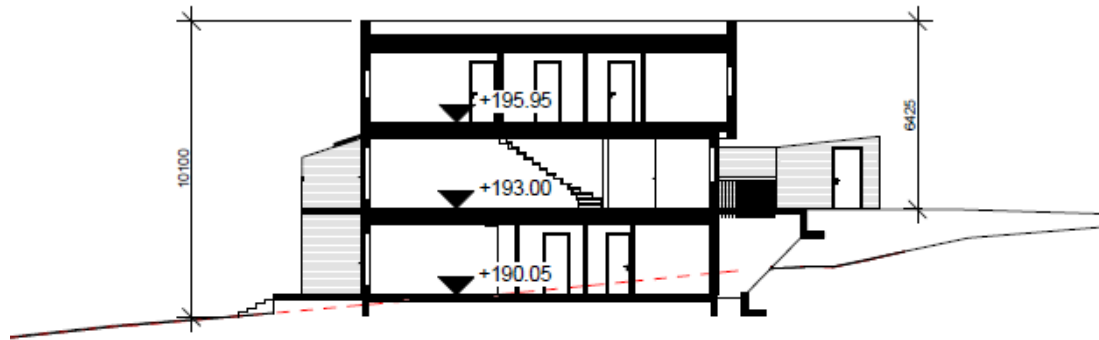
Figur 37: Plantegning Utsikten 2. etg. (TAG, 2012)



Figur 38: Plantegning Utsikten 1. etg (TAG, 2012)



Figur 39: Plantegning Utsikten underetg. (TAG, 2012)



Figur 40: Snittegning Utsikten (TAG, 2012)

Tabell 6: Valgt konstruksjon for Utsikten

Konstruksjonstype	Tak	Front- og bakvegg, 1. og 2. etasje	Gavlvegg	Bakvegg, underetasje	Gulv på grunn med tilfarere, underetasje
Beregnet U-verdi (W/m ² K)	0,10	0,18	0,12	0,10	0,08
Krav i forskrift (W/m ² K)	0,13	0,18	0,18	0,18	0,15
Minstekrav i forskrift (W/m ² K)	0,18	0,22	0,22	0,22	0,18
Tykkelse konstruksjon (mm)	413	297	384	462	564
Areal (m ²)	198,4	148	104	41,8	219,24
Kuldebroverdi (W/mK)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Løpemeteter kuldebro (m)	1	69,6	50,4	34,8	60
Ekstra isolasjon montert på byggeplass	x	x	Isolasjon: (95 mm / 0,037 W/mK) Tre: 12% / 0,14 W/mK	Isolasjon: (95 mm / 0,037 W/mK) Tre: 12% / 0,14 W/mK	Isolasjon: (200 mm / 0,037 W/mK)
Ekstra isolasjon montert på byggeplass	Isolasjon: 400 mm / 0,037 W/mK Tre: 0% / 0,14 W/mK	Isolasjon: 30 mm / 0,037 W/mK Tre: 0% / 0,14 W/mK	Isolasjon: (125 mm / 0,037 W/mK) Tre: 0% / 0,14 W/mK	Isolasjon: (125 mm / 0,037 W/mK) Tre: 0% / 0,14 W/mK	Armert betong: (100 mm / 1,7 W/mK)
Modulisolasjon	x	Isolasjon: (198 mm / 0,037 W/mK) Tre: 12% / 0,14 W/mK	Isolasjon: (95 mm / 0,037 W/mK) Tre: 12% / 0,14 W/mK	Isolasjon: (173 mm / 0,037 W/mK) Tre: 12% / 0,14 W/mK	Isolasjon: (250 mm / 0,037 W/mK) Tre: 12% / 0,14 W/mK
Sperrer	I-profil (cc60 cm) (6% / 0,14 W/mK / 400 med mer)	x	x	x	x

Vinduene er 3-lages energiglass med argongass med u-verdi lik 0,8 W/m²K.

RESULTATER

Denne oppgaven sammenligner de forskjellige teknologiene med hverandre ved å se på de totale energikostnadene og investeringskostnadene. Fornybarandelene er beregnet ved bruk av SIMIEN. Prisen for elektrisitet er satt til 1 kr per kWh. Per dags dato er den reelle prisen noe lavere, men ved en sannsynlig prisøkning på elektrisitet er dette likevel en fornuftig pris. Alle priser er inklusive montering og ekstra utstyr, som er nødvendig, men uten merverdiavgift. I tillegg kommer ekstra kostnader som beskrevet i tabell 7.

Tabell 7: Kostnader for bygningsdeler (Norconsult Informasjonssystemer AS, 2011)

Bygningsdel	Enhetspris	Totale kostnad (kr)
Ventilasjonsanlegg	572 kr/m ²	85 085
Vannbåren varme, gulvvarme på bad	685 kr/m ²	5 896
Vannbåren varme, gulvvarme i u-etg	685 kr/m ²	31 225
Vannbåren varme, radiatorer	245 kr/m ²	34 337
Vannbåren varme, forenklet radiatorsystem		20 000
Elektrisk varme	197,5 kr/m ²	27 680
Elektrisk varme våtrom	47,9 kr/m ²	412
Fundament for pipe	3954 kr/stk	3 954
2 løps-pipe	3465,8 kr/m	41 590
Varmtvannsbereeder (200 liter)	24,5 kr/l	4 900

VANNBÅRNE VARMEANLEGG

VARMELIST

For å se på besparelsen ved bruk av varmelister, er det sett på energibesparelsen ved å senke innnetemperaturen 3 °C som kan gjøres grunnet bruk av strålevarme kontra konveksjonsvarme.

Tabell 8: Ventilasjonsmengde og temperaturheving

	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.	Året/Totalt
Temperatur i Oslo (Blindern)	-4,30	-4,00	-0,20	4,50	10,80	15,20	16,40	15,20	10,80	6,30	0,70	-3,10	5,70
Differanse på ventilasjonsluft 1	25,30	25,00	21,20	16,50	10,20	5,80	4,60	5,80	10,20	14,70	20,30	24,10	15,30
Differanse på ventilasjonsluft 2	22,3	22	18,2	13,5	7,2	2,8	1,6	2,8	7,2	11,7	17,3	21,1	12,3
Ventilasjonsmengde	531216	479808	531216	514080	531216	514080	531216	531216	514080	531216	514080	531216	6254640
Q vent 1	4704	4198	3942	2969	1896	0	0	0	1835	2733	3653	4481	30411
Q vent 2	4146	3695	3384	2429	1339	0	0	0	1295	2175	3113	3923	25499
Q vent differanse	558	504	558	540	558	0	0	0	540	558	540	558	4912
Timer m/ fyring	744	672	744	720	744	0	0	0	720	744	720	744	6552

Tabell 9: Energibehov og økonomisk analyse for varmelister

U-verdi yttervegg	0,14 W/m ² K
U-verdi tak	0,1 W/m ² K
U-verdi gulv	0,07 W/m ² K
U-verdi vindu	0,8 W/m ² K
U-verdi dør	0,8 W/m ² K
Δt	3 K°
Areal av yttervegger	425 m ²
Areal av tak	198 m ²
Areal av gulv	198 m ²
Areal av vindu og dører	70 m ²
BRA	595 m ²
Oppvarmet luftvolum	1440 m ³
Luftmengde	1,2 m ³ /hm ²
Total luftmengde	714 m ³ /h
Temperatur på ventilasjonsluft 1	21 C°
Temperatur på ventilasjonsluft 2	18 C°
Innetemperatur 1	23 C°
Innetemperatur 2	20 C°

Energibesparelse for fire boliger

U x A	149 W/K
Q trans = U x Δt x A	977 kWh
Q vent = 0,35x10 ⁻³ x Δt(vent) x V	4912 kWh
Q tot	5889 kWh

Varmelister for fire boliger

Pris varmelist	2000 kr/m
Nødvendig lengde	60 m
Total pris varmelist	120000 kr

Investering 120000 kr

Årlig netto besparelse	5889 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	25
Tilbakebetalingstid, TT	20,38 år
Nåverdi, NV	-27016 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,23
Inntjeningstiden, IT	41,4 År
Internrenten, IR	1,64 %
Største lønnsomme investering, Imaks	92984 Kr

<http://snl.no/Norge/klima> (Dannevig, Harstveit, 2011)

Antar fyringssesong fra September til og med Mai

Antar en strømpris på 1 kr/kWh

Bestboard hevder at deres produkter stråler 4 m og har en kostnad på 2000 kr/m inklusiv montering.

Varmelister

Pris varmelist pr bolig	30000 kr/m
Investering	30000 Kr
Årlig netto besparelse	1472 Kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	25
Tilbakebetalingstid, TT	20,38 År
Nåverdi, NV	-6754 Kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,23
Inntjeningstiden, IT	41,4 År
Internrenten, IR	1,64 %
Største lønnsomme investering, Imaks	23246 Kr

ULIKE TYPER OPPVARMINGSSYSTEMER

OPPVARMING MED BIOBRENSEL

Tabell 10: Energibehov og økonomisk analyse for biobrensel

Antar at pelletskaminen dekker 70 % av det totale oppvarmingsbehovet

Antar at vannkapper kan stå for 30 % av varmtvannsbehovet

Antar en pelletspris på 60 øre/kWh

Antar en strømpris på 1 kr/kWh

(Storm-Mathisen, 2011)

Priser er hentet fra enova

Effektfaktorer er hentet fra NS 3031:2007

Pris for ved	0,45
Pris for pellets	0,5
Prosentandel av oppvarmingsbehovet kaminen tar	0,7
Anndel av oppvarming	70 %
Anndel av varmtvann på vannkappe	30 % m ²
Dekningsgrad for biokjeler	95 % kWh/m ²
Effektfaktor vedovn	0,8 kWh/m ²
Effektfaktor vedovn med vannkappe	0,8
Effektfaktor vedkjel	0,85
Effektfaktor pelletskamin	0,85
Effektfaktor pelletskamin med vannkappe	0,85
Effektfaktor pelletskjel	0,85
Areal på bolig	148,75
Oppvarming av passivhus	15
Varmtvann i passivhus	30
Totalt energibehov (kWh/år)	6694
Energibehov til oppvarming (kWh/år)	2231
Energibehov til varmtvann (kWh/år)	4463
Energiforbruk av ved, vedovn (kWh/år)	1562
Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	5132
Årlige driftskostnader for vedovn (kr)	6010
Fornybarandel	23 %
Energiforbruk av ved, vedovn med vannkappe (kWh/år)	2901
Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	3793
Årlige driftskostnader for vedovn med vannkappe (kr)	5425
Fornybarandel	43 %
Energiforbruk av ved, vedkjel (kWh/år)	6359

Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	335
Årlige driftskostnader for vedkjel (kr)	3701
Fornybarandel	95 %
Energiforbruk av pellets, pelletskamin (kWh/år)	1562
Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	5132
Årlige driftskostnader for pelletskamin (kr)	5913
Fornybarandel	23 %
Energiforbruk av pellets, pelletskamin med vannkappe (kWh/år)	2901
Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	3793
Årlige driftskostnader for pelletskamin med vannkappe (kr)	5499
Fornybarandel	43 %
Energiforbruk av pellets, pelletkjel (kWh/år)	6359
Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	335
Årlige driftskostnader for pelletkjel (kr)	4075
Fornybarandel	95 %

Vedovn

Investering	8000 kr
Årlig netto besparelse	683 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	20 år
Tilbakebetalingstid, TT	11,71 år
Nåverdi, NV	1369 kr
Nåverdikvoten, NVK	0,17
Inntjeningstiden, IT	16 år
Internrenten, IR	5,74 %
Største lønnsomme investering, Imaks	9369 kr

Vedovn med vannkappe

Investering	35000 kr
Årlig netto besparelse	1269 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	20 år
Tilbakebetalingstid, TT	27,58 år
Nåverdi, NV	-
Nåverdikvoten, NVK	-0,50
Inntjeningstiden, IT	∞ år
Internrenten, IR	0,00 %

Største lønnsomme investering, Imaks	17400 kr
--------------------------------------	----------

Vedkjel

Investering	60000 kr
Årlig netto besparelse	2993 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	20 år
Tilbakebetalingstid, TT	20,05 år
Nåverdi, NV	-
Nåverdikvoten, NVK	18968 kr
Inntjeningstiden, IT	-0,32
Internrenten, IR	39,8 år
Største lønnsomme investering, Imaks	0,01 %
	41032 kr

Pelletskamin

Investering	12000 kr
Årlig netto besparelse	781 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	20 år
Tilbakebetalingstid, TT	15,37 år
Nåverdi, NV	-1292 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,11
Inntjeningstiden, IT	23,9 år
Internrenten, IR	2,65 %
Største lønnsomme investering, Imaks	10708 kr

Pelletskamin med vannkappe

Investering	40000 kr
Årlig netto besparelse	1194 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	20 år
Tilbakebetalingstid, TT	33,49 år
Nåverdi, NV	-
Nåverdikvoten, NVK	23623 kr
Inntjeningstiden, IT	-0,59
Internrenten, IR	∞ år
	0,00 %

Største lønnsomme investering, Imaks	16377 kr
Pelletskjel	
Investering	70000 kr
Årlig netto besparelse	2618 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	20 år
Tilbakebetalingstid, TT	26,73 år
Nåverdi, NV	34097 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,49
Inntjeningstiden, IT	∞ år
Internrenten, IR	0,00 %
Største lønnsomme investering, Imaks	35903 kr

OPPVARMING MED VARMEPUMPER

Tabell 11: Energibehov og økonomisk analyse for vanlige varmepumper

Antar en strømpris på 1 kr/kWh

Antar at varmepumper kan produsere all romoppvarming og 90 % av det varmetappevannet, resten tas av el.

Priser er tatt fra Norsk prisbok 2011 og Enova

Prisene inkluderer montering og akkumulatortank der det er nødvendig og fratrukk fra elektrisk utstyr der det er nødvendig

Effektfaktorer er hentet fra NS 3031:2007

Anndel av oppvarming fra luft-luft varmepumpe	80 %
Anndel oppvarming av varmtvann	90 %
Effektfaktor luft/luft varmepumpe	2,4
Effektfaktor luft/vann varmepumpe	2,4
Effektfaktor bergvarmepumpe	2,6
Effektfaktor sjøvarmepumpe	2,6
Effektfaktor jordvarmepumpe	2,6
Areal på bolig	148,75 m ²
Oppvarming av passivhus	15 kWh/m ²
Varmtvann i passivhus	30 kWh/m ²
Totalt energibehov (kWh/år)	6694
Energibehov til oppvarming (kWh/år)	2231
Energibehov til varmtvann (kWh/år)	4463
Energiforbruk luft/luft varmepumpe (kWh/år)	744

Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	4909
Årlige driftskostnader for luft/luft varmepumpe (kr)	5653
Fornybarandel	26 %
Energiforbruk luft/vann varmepumpe (kWh/år)	2603
Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	446
Årlige driftskostnader for luft/vann varmepumpe (kr)	3049
Fornybarandel	93 %
Energiforbruk bergvarmepumpe (kWh/år)	2403
Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	446
Årlige driftskostnader for bergvarmepumpe (kr)	2849
Fornybarandel	93 %
Energiforbruk sjøvarmepumpe (kWh/år)	2403
Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	446
Årlige driftskostnader for sjøvarmepumpe (kr)	2849
Fornybarandel	93 %
Energiforbruk jordvarmepumpe (kWh/år)	2403
Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	446
Årlige driftskostnader for jordvarmepumpe (kr)	2849
Fornybarandel	93 %

Luft/luft varmepumpe

Investering	14000 kr
Årlig netto besparelse	1041 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	15 år
Tilbakebetalingstid, TT	13,45 år
Nåverdi, NV	-2342 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,17
Inntjeningstiden, IT	19,4 år
Internrenten, IR	1,40 %
Største lønnsomme investering, Imaks	11658 kr

Luft/vann varmepumpe

Investering	60000 kr
Årlig netto besparelse	3644 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	15 år
Tilbakebetalingstid, TT	16,46 år

Nåverdi, NV	-19196 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,32
Inntjeningstiden, IT	26,9 år
Internrenten, IR	0,00 %
Største lønnsomme investering, Imaks	40804 kr

Bergvarmepumpe

Investering	160000 kr
Årlig netto besparelse	3845 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	20 år
Tilbakebetalingstid, TT	41,62 år
Nåverdi, NV	-107285 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,67
Inntjeningstiden, IT	∞ år
Internrenten, IR	0,00 %
Største lønnsomme investering, Imaks	52715 kr

Sjøvarmepumpe

Investering	150000 kr
Årlig netto besparelse	3845 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	20 år
Tilbakebetalingstid, TT	39,02 år
Nåverdi, NV	-97285 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,65
Inntjeningstiden, IT	∞ år
Internrenten, IR	0,00 %
Største lønnsomme investering, Imaks	52715 kr

Jordvarmepumpe

Investering	150000 kr
Årlig netto besparelse	3845 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	20 år
Tilbakebetalingstid, TT	39,02 år
Nåverdi, NV	-97285 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,65

Inntjeningstiden, IT	∞ år
Internrenten, IR	0,00 %
Største lønnsomme investering, Imaks	52715 kr

AVTREKKSVARMEPUMPE

For å beregne effekten av avtrekksvarmepumper er det benyttet Enorm som er en svensk utgave av SIMIEN. Grunnen til dette er at SIMIEN ikke har mulighet til å simulere bruk av avtrekksvarmepumpe. I tabell 12 er det sammenlignet Utsikten med en varmegjenvinner med konstant gjenvinningsgrad på 80 % og elektrisk oppvarming og avtrekksvarmepumpe (Nibe F 750). Det er det totale varmebehovet som er beregnet i løpet av et år.

Tabell 12: Energibehov for avtrekksvarmepumpe

	Balansert ventilasjon	Avtrekksvarmepumpe	Differanse
Tilført energi (kjøpt varme) (dekker produksjon av varmtvann, varme og ventilasjon)	9302 kWh	4360 kWh	4942 kWh

Tabell 13: Økonomisk analyse for avtrekksvarmepumpe

Balansert ventilasjon (kWh/år)	9302
Avtrekksvarmepumpe (kWh/år)	4360
Besparelse (kWh/år)	4942

Antar en strømpris på 1 kr/kWh

Beregninger gjort av ABK

Avtrekksvarmepumpe	
Investering	100000 kr
Årlig netto besparelse	4942 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	15 år
Tilbakebetalingstid, TT	20,23 år
Nåverdi, NV	-44667 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,45
Inntjeningstiden, IT	∞ år
Internrenten, IR	0,00 %

Største lønnsomme investering, Imaks

55333 kr

Kravet i NS 3700 er å dekke 50 % av energien til oppvarming av tappevann med fornybar energi. Ved beregninger gjort i SIMIEN hvor det sammenliknes ventilasjonsaggregat med roterende varmegjenvinner og elektrisk rom- og tappevannsoppvarming med en varmepumpe og avtrekksventilasjon med elektrisk tilleggsvarme kommer det fram at fornybarandelen er 66 %. Andel fornybar energi er beregnet til 5 184 kWh og dette tilsvarer 195 % av andelen til gjenvunnet/fornybar energi i forhold til krav.

KOMPAKTAGGREGAT

For å beregne energibehovet for en bolig med kompaktaggregat er energien til varmepumpen beregnet for seg, mens energien som går til ventilasjon, spisslaster og sirkulasjonspumpe er regnet ut fra oppgitte tall fra leverandør.

Tabell 14: Energibehov og økonomisk analyse for kompaktaggregat

Antar en strømpris på 1 kr/kWh

Antar at varmepumper kan produsere all romoppvarming og 90 % av det varmetappevannet, resten tas av el.

Priser er tatt fra Norsk prisbok 2011 og enova

Prisene inkluderer montering og akkumulatortank der det er nødvendig og fratrukk fra elektrisk utstyr der det er nødvendig

Årsmiddelfaktoren er estimert for Utsikten av Svein Torgersen, Alpha-InnoTec Norge AS

Priser hentet fra prisliste AIT 2011 fra Alpha-InnoTec Norge AS

Energi til sirkulasjonspumpe og ventilasjon er estimert ut fra Alpha-InnoTec produktblad

Årsmiddelfaktor kompaktaggregat	3,4
Anndel oppvarming av varmtvann	90 %
Varmegjenvinner	85 %
Areal på bolig	148,75 m ²
Oppvarming av passivhus	15 kWh/m ²
Varmtvann i passivhus	30 kWh/m ²
Totalt energibehov (kWh/år)	6694
Energibehov til oppvarming (kWh/år)	2231
Energibehov til varmtvann (kWh/år)	4463
Energiforbruk varmepumpe (kWh/år)	1838
Elektrisk tilleggsenergi til oppvarming (kWh/år)	446
Elektrisk energi til sirkulasjonspumpe (kWh/år)	1576

Elektrisk energi til ventilasjonsanlegget (kWh/år)	2119
Årlige driftskostnader for kompaktaggregat (kr)	5979
Fornybarandel	58 %

Totalt energibehov til oppvarming (kWh/år)	6694
Balansert ventilasjon (kWh/år)	2608
Kompaktaggregat (kWh/år)	5979
Besparelse (kWh/år)	3323

Kompaktaggregat

Investering	140000 kr
Årlig netto besparelse	3323 kr
Kalkulasjonsrente	3,90 %
Økonomisk levetid	20 år
Tilbakebetalingstid, TT	42,13 år
Nåverdi, NV	-94435 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,67
Inntjeningstiden, IT	∞ år
Internrenten, IR	0,00 %
Største lønnsomme investering, Imaks	45565 kr

OPPVARMING MED SOLENERGI

SOLCELLER

Tilgangen på energi varierer sterkt på grunn av skiftendene vær, variasjoner mellom dag og natt og sommer og vinter. Den årlige innstrålingen mot en horisontal flate varierer fra 700 kWh/m² i nord til 1100 kWh/m² i Sør-Norge. Dette er ca. 40 % av innstrålingen ved ekvator (Bugge, 2011). Energiproduksjonen avhenger av mengden solinnstråling. I Sør-Norge vil et solcelleanlegg på 1kW_p produsere ca. 850 kWh/år. En pris på 3-4 kr/kWh er det laveste man kommer i dag. Erfaringer har vist at man vanligvis havner litt høyere enn dette (SINTEF Byggforsk, KanEnergi, 2011).

SOLFANGERE

Tabell 15: Inndata for solfangeranlegg

Tall gitt fra Aventasolar

Breddegrader	60 grader
Areal solfanger	14 m ²
Hellningsvinkel	45 grader
Azimut vinkel	38 grader
Lagringsvolum	800 l
Forbruk varmtvann per dag	201 l
Temperatur varmtvann	60 °C
Temperatur varmedistribusjon	40 °C
Fast varmebehov	0 kWh/dag
Varmekoeffisient	1,32 kWh/K·dag
Grensetemperatur for oppvarming	13 °C

Tabell 16: Solinnstråling, varmebehov og høstet solenergi fordelt over året (Aventasolar, 2012)

MÅNED	SOLINNSTRÅLING		VARMEBEHOV (kWh/måned)		SOLENERGI (kWh/måned)		VARMEBEHOV (kWh/måned)	SOLENERGI (kWh/måned)	KJØPT ENERGI (kWh/måned)	SOLDEKNING (%)
	kWh/m ² måned		Varmt vann	Romvarme	Varmt vann	Romvarme				
Jan	14		401	523	84	0	924	84	840	9,1
Feb	45		367	405	170	30	772	200	572	25,9
Mar	92		403	399	255	175	802	430	372	53,6
Apr	140		381	148	351	131	529	482	47	91,1
Mai	167		380	25	376	25	405	401	4	99,0
Jun	176		353	0	353	0	353	353	0	100,0
Jul	182		354	0	353	0	354	353	1	99,7
Aug	134		349	8	307	5	357	312	45	87,4
Sep	100		340	27	326	27	367	353	14	96,2
Okt	62		361	123	231	43	484	274	210	56,6
Nov	22		363	185	112	5	548	117	431	21,4
Des	13		390	395	65	0	785	65	720	8,3
SUM	1147		4442	2238	2983	441	6680	3424	3256	51,3

Tabell 17: Energibehov og økonomisk analyse for solfanger

Antar en strømpris på 1 kr/kWh

Antar at solfangeren dekker 51,3 % av oppvarmingsbehovet

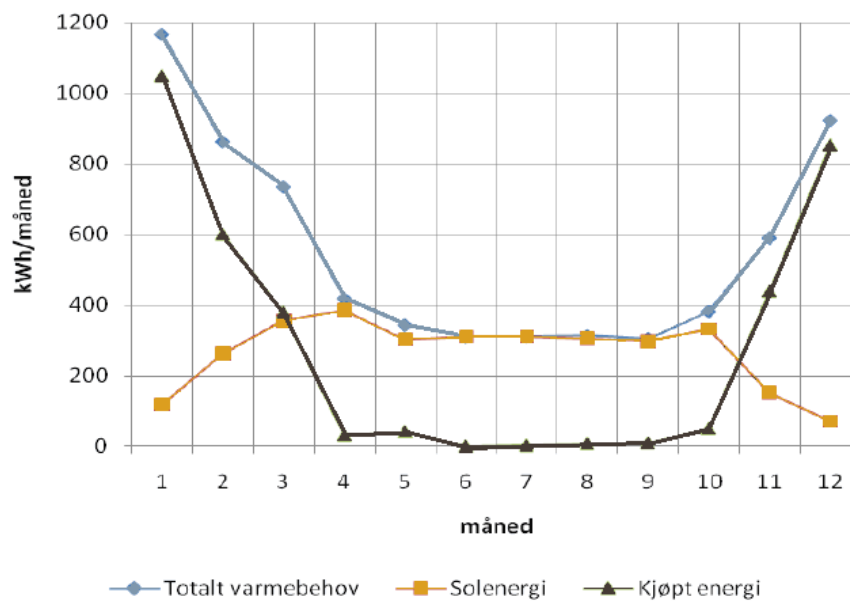
Priser gitt av AventaSolar

Andel av oppvarmingsbehovet solfangeren dekker	51,3 %
Areal på bolig	148,75 m ²
Oppvarming av passivhus	15 kWh/m ²
Varmtvann i passivhus	30 kWh/m ²
Totalt energibehov (kWh/år)	6694
Energibehov til oppvarming (kWh/år)	2231

Energibehov til varmtvann (kWh/år)	4463
Energiforbruk solfanger (kWh/år)	200
Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	3260
Årlige driftskostnader for solfanger (kr)	3460
Fornybarandel	51 %

Solfanger

Investering	70000 kr
Årlig netto besparelse	3234 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	15 år
Tilbakebetalingstid, TT	21,65 år
Nåverdi, NV	-33792 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,48
Inntjeningstiden, IT	48,6 år
Internrenten, IR	0,00 %
Største lønnsomme investering, Imaks	36208 kr



Figur 41: Graf over varmebehov, tilgjengelig solenergi og kjøpt energi

OPPVARMING MED GASS

Bruk av gass klarer ikke å oppfylle myndighetenes krav til fornybare energikilder. Gass er derfor lite egnet for oppvarming av passivhus.

OPPVARMING MED FJERNVARME

For å beregne besparelsen for varmegjenvinnerne beregnes energien som måtte blitt brukt til å varme vannet like mye som varmegjenvinnerne gjør i forhold til standard bruk.

Tabell 18: Energibehov og økonomisk analyse for fjernvarme

Antar en strømpris på 1 kr/kWh

Antar en fjernvarmepris på 0,8 kr/kWh

Strømpris (kWh)	1 kr
Pris på fjernvarme (kWh)	0,8 kr
Prosentandel av oppvarming	0,9
Areal på bolig	148,75 m ²
Oppvarming av passivhus	15 kWh/m ²
Varmtvann i passivhus	30 kWh/m ²
Totalt energibehov (kWh/år)	6694
Energibehov til oppvarming (kWh/år)	2231
Energibehov til varmtvann (kWh/år)	4463
Energiforbruk fjernvarme (kWh/år)	6024
Årlige driftskostnader for fjernvarme (kr)	4820
Fornybarandel	90 %

Fjernvarme

Investering	100000 kr
Årlig netto besparelse	1874 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	20 år
Tilbakebetalingstid, TT	53,35 år
Nåverdi, NV	-74301 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,74
Inntjeningstiden, IT	∞ år
Internrenten, IR	0,00 %
Største lønnsomme investering, Imaks	25699 kr

OPPVARMING MED ELEKTRISITET

Direkte elektrisitet klarer ikke å oppfylle myndighetenes krav til bruk av fornybare energikilder. Oppvarmingsteknologiene som benytter seg av direkte elektrisitet er derfor

svært lite egnet for oppvarming av passivhus. Enkelte av oppvarmingskildene kan likevel kombineres. Kostnader for disse er beskrevet i tabell 7.

ANDRE ENERGIBESPARENDE TILTAK

VARMEGJENVINNER FOR AVLØPSVANN

Oso, som er en av produsentene av varmegjenvinner for avløpsvann med sin ES 120, hevder at opp til 40 % av varmen kan gjenvinnes.

Tabell 19: Energibehov og økonomisk analyse for varmegjenvinnere for gråvann

Tappested	Varmtvann i liter	Kaldtvann i liter	Totalt i liter
Kjøkken	36	29	65
Bad/dusj	26	32	58
Servant	12	10	22
Wc		52	52
Vaskemaskin		15	15
Oppvaskmaskin		5	5
Totalt varmtvannsforbruk fra bereder	74		
Totalt varmtvannsforbruk	94		
Energi for å varme 1 l vann 1 K	0,001163	kWh/lK	
Gjennomsnittlig personer pr husholdning	2,2		

Antall personer pr. husholdning i Norge og Buskerud hentet fra SSB.

Liter pr. person pr. døgn (Byggforskserien: 753.153 Vannsparing i boliger)

Varmegjenvinner for dusjvann

Gjennomsnittlig vannforbruk i dusj	12 l/min
Andel kaldtvann i dusj	55,2 %
Andel kaldtvann i dusj	6,6 l/min
Kaldtvannforbruk i dusj	25696 l/år
Temperaturheving ved 6,6 l/min	14 K
Energibesparelse	418 kWh/år
Investering	3000 Kr
Årlig netto besparelse	418 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	20

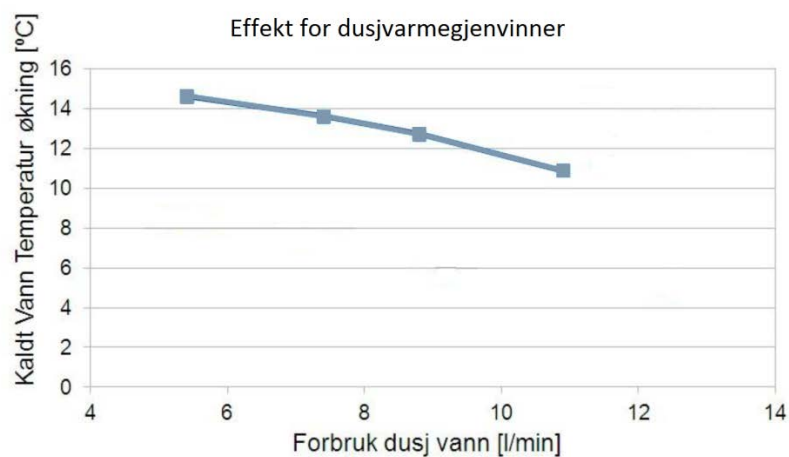
Tilbakebetalingstid, TT	7,17 År
Nåverdi, NV	2737 Kr
Nåverdikvoten, NVK	0,91
Inntjeningstiden, IT	9,8 År
Internrenten, IR	12,65 %
Største lønnsomme investering, Imaks	5731 Kr

Varmegjenvinner for gråvann

Varmegjenvinner effekt	40 %
Andel varmtvann gjenvunnet	37,6
Varmtvannstemperatur	70 C
Temperatur på vann fra nettet	12 C
Energibesparelse	2037 kWh/år

Investering	15000 kr
Årlig netto besparelse	2037 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	20

Tilbakebetalingstid, TT	7,37 år
Nåverdi, NV	12925 kr
Nåverdikvoten, NVK	0,86
Inntjeningstiden, IT	8,8 år
Internrenten, IR	12,23 %
Største lønnsomme investering, Imaks	27930 kr

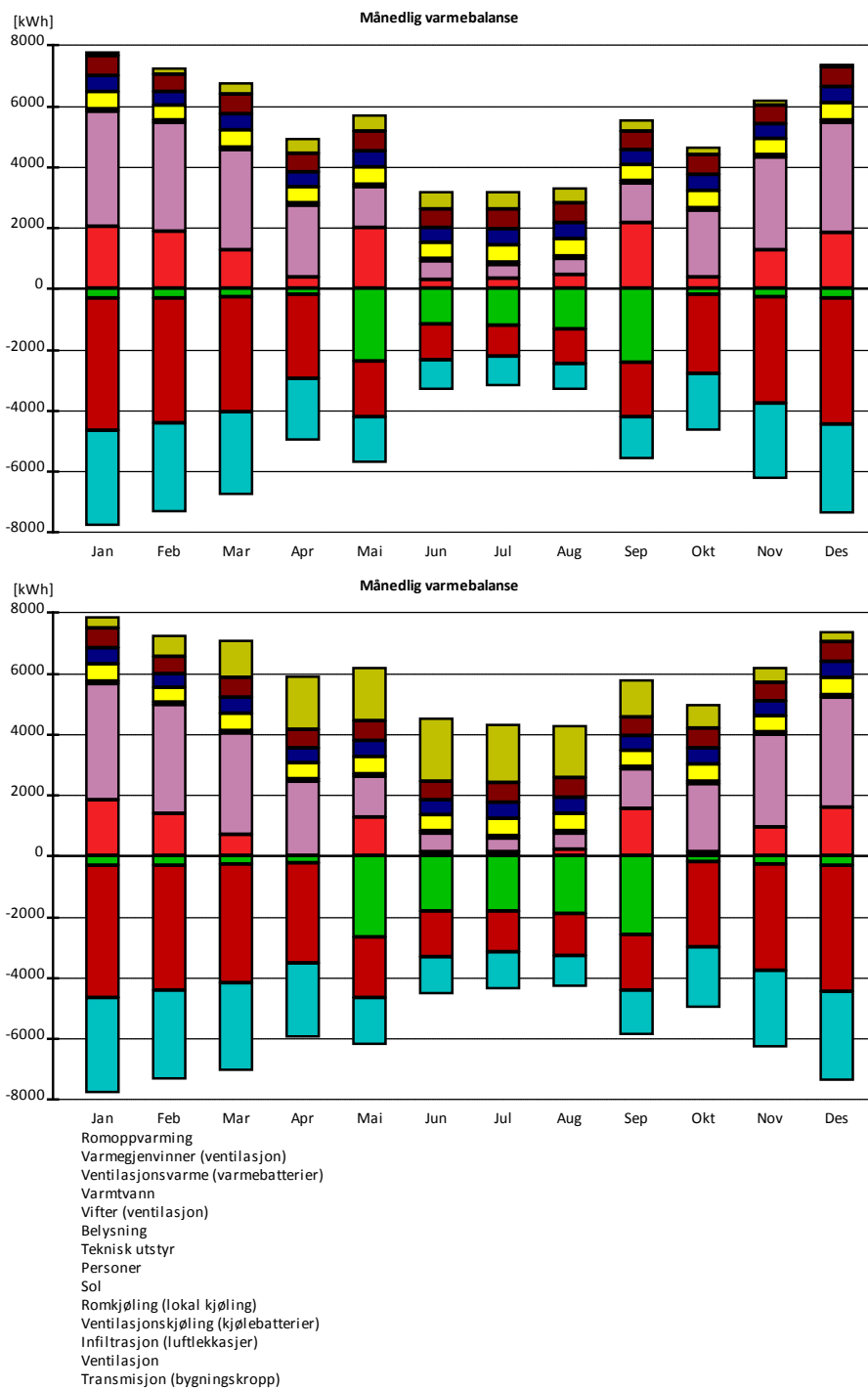


Figur 42: Effekt for dusjvannvarmegjenvinner

Kaldtvannet får en temperaturøkning på 14 °C når forbruket av kaldtvann er på 6,6 l/min.

SOLSKJERMING

Besparelsen ved å benytte solavskjerming lar seg vanskelig beregne ettersom passivhusstandarden ikke tillater kjøling. Figur 43 viser likevel hvor mye uønsket solinnstråling solavskjermingen vil blokkere. Det går tydelig fram av figur 43 at solavskjerming blokkerer mye av solinnstrålingen og dermed senker temperaturen.



Figur 43: Effekt av solavskjerming hvor den øverste figuren er Utsikten med screen-solskjerming og den nederste er Utsikten uten solskjerming

ISOLERENDE GARDIN

Hvis isolerende gardin benyttes på vinduene på sydfasaden, blir dette til sammen 8 m^2 glassflate. Vi antar en 3 cm tykk isolerende gardin. Besparelsene kan regnes ut ved å se på hvor mange kWh gardinen holder inne på grunn av sin isolerende effekt. Effekten regnes ut i fra hvor mange timer gardinen er nede og temperaturen på dette tidspunktet (tabell 20). I tillegg kommer besparelsen ved at den isolerende gardinen vil fungere som solskjerming.

Tabell 20: Energiberegning for isolerende gardin (Thorsnes, 2011)

Måned	Middeltemperatur døgn = t_M	Soltimer	Døgnmiddel-temperatur Klare dager	Dagstimer = D	Middeltemperatur + $\frac{1}{2}$ amplitudeutslag	Δt_M Middeltemperatur $20-t_M$	Δt_D Dagstystemperatur	$Q_M = 8 \cdot \Delta t \cdot 0,3$	$Q_D = 8 \cdot \Delta t \cdot 0,8$	Standardvindu ved mørke $Q_M = 8 \cdot \Delta t \cdot 0,8$
		Skyggetimer + mørketimer		Total timer - D = M				Dagstystemperatur = t_D	Pr. måned (kW/h)	Pr. måned (kW/h)
Jan	-4,3	40	-6,9	186	-1,9	24,3	21,9	58	140	156
		704		558				32,4	26,1	86,8
Feb	-4,0	76	-5,2	216	-1,55	24	21,55	58	138	154
		596		456				26,4	29,8	70
Mars	-0,2	126	-0,6	332	+2,45	20,2	17,55	48	112	129
		618		412				19,8	37,9	53,3
Apr	4,5	178	4,9	450	+7,25	15,5	12,75	37	82	99
		542		270				10	36,7	26,8
Mai	10,8	220	11,6	550	+13,9	9,2	6,1	22	39	59
		524		194				4,3	21,5	11,4
Sept	10,8	144	10,9	406	+13,6	9,2	6,1	22	39	59
		576		314				6,9	15,9	18,5
Okt	6,3	86	5,7	300	+9,2	15,7	10,8	38	69	100
		658		444				16,9	20,7	44,6
Nov	0,7	51	-0,6	220	+3,4	19,3	16,6	46	106	124
		669		500				23	23,4	61,8
Des	-3,1	35	-5,2	186	-0,7	23,1	20,7	56	132	148
		709		558				31,2	24,6	82,5

Tabell 21: Energibesparelse for isolerende gardin

Totalt (kW/h)	170,9	236,6	455,7
Totalt transmisjonstap gjennom standardvindu (kW/h)	692,3		
Totalt transmisjonstap gjennom standardvindu når det er lyst og isolerende gardin når det er mørkt (kW/h)	407,5		
Differanse (kW/h)	284,8		

Tabell 22: Økonomisk analyse for isolerende gardin

Isolerende gardin	
Investering	20000 kr
Årlig netto besparelse	285 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	15 år
Tilbakebetalingstid, TT	70,18 år
Nåverdi, NV	-16809 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,84
Inntjeningstiden, IT	∞ år
Internrenten, IR	0,00 %
Største lønnsomme investering, Imaks	3191 kr

KOMBINASJON AV TEKNOLOGIER

SOLFANGER OG PELLETSKAMIN MED VANNKAPPE

Tabell 23: Energibehov og økonomisk analyse for solfanger og pellets-kamin med vannkappe

Antar en strømpris på 1 kr/kWh

Antar at solfangeren dekker 20% av romoppvarming og 50% av tappevannsbehovet

Antar at pellets-kaminen dekker 70 % av det totale oppvarmingsbehovet

Antar at vannkapper kan stå for 30 % av varmtvannsbehovet

Antar en pelletspris på 60 øre/kWh

kilde (http://www.enok.no/vis_nyhet2224.html?id=0&nid=980, 16,02,2012)

Priser er hentet fra enova og pristilbud fra Aventasolar og trekt fra overflødig utstyr

Energibruk til solfanger er estimert av Aventasolar

Effektfaktorer er hentet fra NS 3031:2007

Pris for pellets

0,5 kr/kWh

Anndel av romoppvarming når pellets-kamin er i bruk	60 %
Anndel av varmtvann på vannkappe når i bruk	25 %
Anndel av oppvarmingsbehovet solfangeren dekker	51,3 %
Effektfaktor pellets-kamin med vannkappe	0,85
Areal på bolig	148,75 m ²
Oppvarming av passivhus	15 kWh/m ²
Varmtvann i passivhus	30 kWh/m ²
Totalt energibehov (kWh/år)	6694
Energibehov til oppvarming (kWh/år)	2231
Energibehov til varmtvann (kWh/år)	4463
Energiforbruk solfanger (kWh/år)	200
Energiforbruk pellets-kamin med vannkappe (kWh/år)	2454
Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	805
Årlige driftskostnader for solfanger og pellets-kamin med vannkappe (kr)	3128
Fornybarandel	90 %
Solfanger og pellets-kamin med vannkappe	
Investering	95000 kr
Årlig netto besparelse	3566 kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	15 år
Tilbakebetalingstid, TT	26,64 år
Nåverdi, NV	-55078 kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,58
Inntjeningstiden, IT	∞ År
Internrenten, IR	0,00 %
Største lønnsomme investering, Imaks	39922 Kr

SOLFANGER OG LUFT-LUFT VARMEPUMPE

Tabell 24: Energibehov og økonomisk analyse for solfanger og luft-luft varmepumpe

Antar en strømpris på 1 kr/kWh

Antar at solfangeren dekker 51,3 % av oppvarmingsbehovet

Antar at varmepumpen dekker 70 % av det totale oppvarmingsbehovet

Effektfaktorer er hentet fra NS 3031:2007

Priser er hentet fra enova og pristilbud fra Aventasolar

Energibruk til solfanger er estimert av Aventasolar

Anndel av romoppvarming fra luft-luft varmepumpe	70 %
Anndel av oppvarmingsbehovet solfangeren dekker	51,3 %
Effektfaktor luft-luft varmepumpe	2,4
Areal på bolig	148,75 m ²
Oppvarming av passivhus	15 kWh/m ²
Varmtvann i passivhus	30 kWh/m ²

Totalt energibehov (kWh/år)	6694
Energibehov til oppvarming (kWh/år)	2231
Energibehov til varmtvann (kWh/år)	4463

Energiforbruk solfanger (kWh/år)	200
Energiforbruk luft-luft varmepumpe (kWh/år)	651
Elektrisk tilleggsenergi (kWh/år)	1698

Årlige driftskostnader for solfanger og luft-luft varmepumpe (kr)	2549
Fornybarandel	66 %

Solfanger og luft-luft varmepumpe

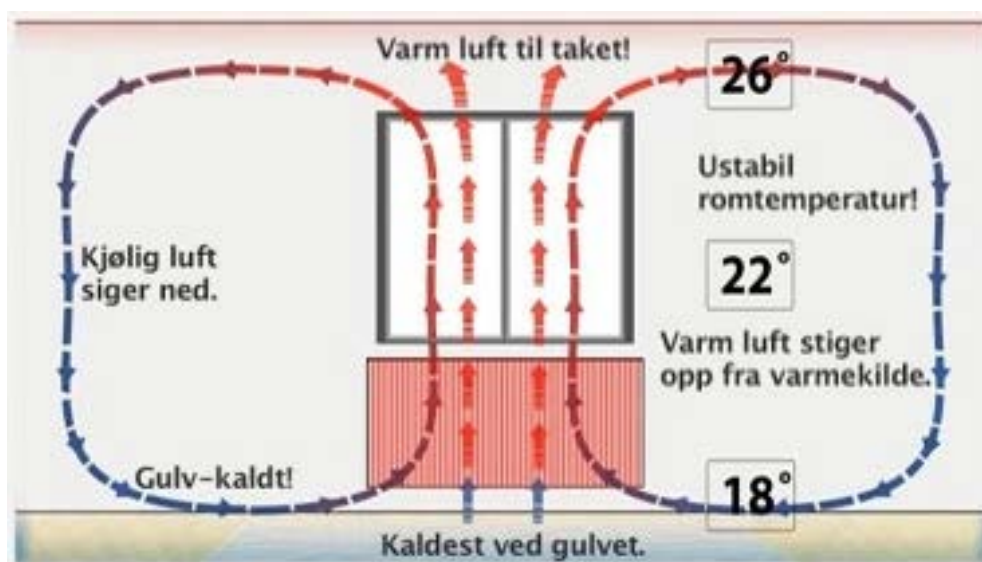
Investering	84000 Kr
Årlig netto besparelse	4145 Kr
Kalkulasjonsrente	3,9 %
Økonomisk levetid	15 År
Tilbakebetalingstid, TT	20,27 År
Nåverdi, NV	-37590 Kr
Nåverdikvoten, NVK	-0,45
Inntjeningstiden, IT	40,8 År
Internrenten, IR	0,00 %
Største lønnsomme investering, Imaks	46410 Kr

DISKUSJON**VANNBÅRNE VARMEANLEGG****RADIATORER**

Radiatorerne har den fordel at de lett kan reguleres ved å ha liten treghet. Temperaturen på radiatorerne kan også nattsenkes. I passivhus kan radiatorerne også plasseres fritt uten å tenke på kaldras fra vinduer.

Et forenklet radiatorsystem er det rimeligste alternativet. Dette systemet er ikke like fleksibelt, men i mindre boliger vil dette være et gunstig system. Det er viktig å tenke på at i et forenklet radiatorsystem er det få radiatorer noe som reduserer muligheten for å regulere temperaturen i hvert enkelt rom.

En ulempe er all plassen radiatorerne tar og begrensingene dette gir for møblering. En annen ulempe er at radiatorer tilfører punktlast, det vil si at det blir varmt der hvor radiatoren er plassert, men en har mindre kontroll over andre områder. Dette kombinert med ulempene konveksjonensvarme gir kan føre til ujevn temperatur i rommet slik som figur 44 viser.



Figur 44: Varme fra radiator (Ener, u.å.)

GULVVARME

Gulvvarme gir høy termisk komfort ved at temperaturen er høyere ved føttene, luftkvaliteten vil også virke bedre når temperaturen blir lavere ved hodet. Den store ulempen er kostnaden. Gulvvarme er også vanskelig å nattsenke på grunn av den store termiske massen, spesielt dersom gulvvarmen er montert i betonggulv. Gulvvarme på bad er en nødvendighet i det norske boligmarkedet.

VARMELISTER

Varmelister har et stort potensial ved riktig planløsning. De kan redusere energibruken i boligen med over 1400 kr per år uten at det går utover den termiske komforten.

Varmelistene må plasseres slik at strålevarmen treffer de som oppholder seg i huset. Dette må gjøres for å utnytte energibesparelsen ved strålevarme, slik at temperaturen kan senkes. Dette betyr at det må installeres varmelister i alle oppholdsrom, noe som øker investeringskostnadene sett i forhold til et forenklet radiatorsystem.

ULIKE TYPER OPPVARMINGSSYSTEMER

OPPVARMING MED BIOENERGI

VEDOVN

Oppvarming i vedovn gir den beste nåverdien av oppvarmingsteknologene som benytter biobrensel. Vedlikeholdskostnadene er også svært lave, ettersom ovner for biobrensel er svært driftssikre. Oppvarming med vedovn er likevel ikke gunstig i passivhus. Grunnen til dette er at det vil bli alt for varmt, ettersom vedovner har for stor effekt med liten mulighet for å regulere varmen. Oppvarming med ved krever også en stor arbeidsmengde fordi brukerne av boligen må fylle på ved og tømme ut aske. Vedovner kan også føre til problemer med lokal luftforurensing.

VEDOVN MED VANNKAPPE

Vedovn med vannkappe har et større potensiale, men de krever en stor arbeidsmengde uten at brukeren får en lønnsom investering sett i forhold til andre oppvarmingsteknologier. Av vedfyrte oppvarmingssystemer er det likevel vedovn med vannkappe som er mest gunstig siden ovnen kan brukes til både romoppvarming og varmtvannsoppvarming. Vedovnen er også estetisk vakker med synlig flamme. Vedovn med vannkappe kan også fint kombineres med solfanger, slik at brukerne kan fyre om vinteren og bruke energien fra sola om sommeren.

VEDKJEL

Vedkjeler vil kunne gi alt for stor effekt, og når effektbehovet synker, vil også effektiviteten på vedkjelen gjøre det. Vedkjeler må også mates med ved på samme måte som ovner, uten at en har de estetiske fordelene. Det må også bygges et fyrrom noe som vil øke investeringskostnadene.

PELLETSKAMIN

Pelletsaminen kan regulere varmen og starte og slutte automatisk, noe som gjør det enkelt å regulere varmen. Oppvarming med pellets krever mindre arbeid enn oppvarming med ved, men også her må det fylles på med brensel og tømmes aske. Det kan installeres automatisk innmating fra en stor beholder, men dette tar stor plass og vil redusere salgspriisen på boligen grunnet et lavere salgbart BRA.

Pelletsaminer kan være et alternativ, men ettersom passivhus er et svært lite behov for romoppvarming vil, den kun kunne dekke 23 % av det totale oppvarmingsbehovet. Dette medfører at det må installeres flere fornybare oppvarmingskilder, noe som vil øke investeringskostnadene.

PELLETSKAMIN MED VANNKAPPE

Pelletsamin med vannkappe er den biobrenselsfyrte oppvarmingsteknologien med størst potensial for passivhus i Norge i dag. Pelletsamin med vannkappe er enkle i bruk og kan både brukes til romoppvarming og varmtvannsberedning. Pelletsaminene har også lave

driftskostnader og de er dekorative. Det store problemet med pelletskaminene med varmekappe, er at de kan overopphete huset. Pellets kamin med vannkappe forutsetter også installasjon av pipe og bruk av vannbåren varme, noe som er med på øke investeringskostnadene som allerede er relativt høye sett i forhold til andre oppvarmingskilder.

I likhet med vedovn med vannkappe, vil også pellets kamin med vannkappe fungere godt sammen med solfangere.

OPPVARMING MED VARMEPUMPER

Varmepumper er enkle i bruk, krever lite ettersyn og monteringen er også enkel.

Varmepumper krever imidlertid service som må gjøres av fagmenn, ofte må også kompressorer og andre slidedeler byttes før levetiden på produktet har gått ut.

Luften ute er en energikilde med store temperatursvingninger. Dette vil resultere til at effekten blir veldig ustabil. Det er også upraktisk at det er om sommeren, når behovet for varme er lavest, at effekten på varmepumpen er høyest.

Varmepumpene drives av strøm og en del av strømmen vi bruker i Norge er importert. Når vi importerer strøm fra kullkraftverk, kreves det 3 kWh kull for å få 1 kWh strøm.

Varmepumper kan på den måten øke utslippene av CO₂, i motsetning til for eksempel bioenergi.

LUFT/LUFT VARMEPUMPE

En luft/luft varmepumpe er relativt rimelige og koster mellom 8 000 og 30 000 kr.

Innsparingen er høy, og den utnytter fornybar energi. Mange varmepumper kan også benyttes til å kjøle boligen på de varmeste dagene ved at varmeprosessen snus til en kjøleprosess. Årsmiddelfaktoren ligger på mellom 2,0 og 3,2 for nordisk klima, det vil si at når en tilfører 1 kWh strøm for man mellom 2,0 og 3,2 kWh varme tilbake (Ebne, 2004).

Luft/luft varmepumper kan slutte å virke på de kaldeste dagene i året, hvilket er med på å redusere årsmiddelfaktoren. På dager med minusgrader vil også fuktigheten i luften avsettes som rim på varmepumpens fordampner, og en må avrime fordampneren. Luft/luft

varmepumper kan også avgi støy, både ute og inne. Plassering av varmepumpen må derfor planlegges, varmen må kunne fordeles på en god måte og en burde unngå å plassere innedelen i de områdene der en oppholder seg mye slik at en unngår ubehagelig trekk av oppvarmet luft (Oljefri, u.å.). Behovet for romoppvarming er kun en tredel av behovet for tappevannsoppvarming. Luft/luft varmepumper kan dessuten kun varme opp ca. 70 % av boligen i og med at det bare er én varmekilde. Varmepumpen kan dermed kun dekke ca. 23 % av boligens oppvarmingsbehov. Dette medfører at boligen har behov for flere fornybare energikilder til oppvarming. Luft/luft varmepumper krever i tillegg vedlikehold og rengjøring. De er avhengig av skikkelig luftsirkulasjon, og blir de ikke rengjort regelmessig, kan skitt og smuss blokkere luftstrømmen. Norsk varmepumpeforening anbefaler service på varmepumpen annen hvert år og at filtre byttes ut hvert tredje år, noe som er med på å øke totalkostnadene (varmepumpeinfo, 2011).

LUFT/VANN VARMEPUMPE

Luft/vann varmepumper har mange av de samme fordelene og ulempene som luft/luft varmepumper, men en luft/vann varmepumpe kan også varme tappevann, og de har mindre støy innendørs. Luft/vann varmepumpene kan dessuten fordele varmen i huset på en bedre måte, ved at varmen blir fordelt i et rørsystem. Ulempen er kostnadene; en luft-vann varmepumpe vil koste mellom 50 000 og 140 000 kr avhengig av merke, modell, kapasitet og omfang av rørleggerarbeid (Oljefri, u.å.). Undersøkelser viser at luft/vann varmepumper har en årsmiddelfaktor som ligger mellom 2,5 og 3,0 (Nylund, 2009). I likhet med luft/luft varmepumper har også luft/vann varmepumper behov for regelmessig vedlikehold og rengjøring og service annet hvert år.

VÆSKE/VANN VARMEPUMPE

En væske/vann varmepumpe vil koste mellom 100 000 og 170 000 kr avhengig av modell, borrekostnader og omfang av rørarbeid (Oljefri, u.å.). Også her er fordelene og ulempene relativt like med luft/luft varmepumpe. En av hovedforskjellene er at her vil varmekilden være veldig stabil. Varmen i sjø, berg eller jord holder seg på en stabil temperatur gjennom hele året. Dette gjør effekten på levert energi vesentlig bedre, og en unngår et tilleggsvarmesystem ettersom en væske/vann varmepumpe vil kunne gå også på de kaldeste

dagene. Den største negative forskjellen er de betydelige installasjonskostnadene. Bruker en bergvarme, må det borres et dypt hull, skal en bruke jordvarme, må jorden graves opp og skal en benytte seg av varmen i sjøen, må kollektorslangen monteres på sjøbunnen (Oljefri, u.å.). Dette gjør at væsk/vann varmepumper ofte benytter til fellesanlegg der hvor energibehovet er større.

AVTREKKSVARMEPUMPE

Avtrekksvarmepumper har vært det mest populære varme- og ventilasjonssystemet siden 1980-tallet i Sverige, og ca. 80 % av nye småhus kommer med denne løsningen (Fehrm, 2012). I Norge finnes det imidlertid få eksempler på avtrekksvarmepumper i bruk. Kun noen importerte svenske ferdighus har denne løsningen, og de har ofte de enkleste avtrekksvarmepumpene som kun kan lage varmt tappevann og ikke varme til oppvarming av boligen (Solsem, 2012).

Avtrekksvarmepumper kan overføre energien fra avtrekksluften like mye om sommeren som om vinteren fordi inneluften har en veldig stabil temperatur. For hver kWh avtrekksvarmepumpen bruker, leverer den mellom 2 til 4 kWh tilbake. Dette er avhengig av luftmengden som går gjennom avtrekkspumpen, og hvor mye temperaturen i systemet må økes. Lavere temperaturer på det vannbårne varmeanlegget gir høyere effektivitet.

Ved bruk av avtrekksvarmepumper, kan boliger bygges lavere ettersom det ikke er behov for like kompliserte rørsystemer for ventilasjon. Himlingen behøver derfor ikke å nedfores i like stor grad, og en kan spare opp til 300 mm per etasje. Dette kan spare utbyggere for store summer, og gjøre boliger rimeligere. Ved bruk av avtrekksvarmepumper vil også energibehovet til vifter minimum halveres sammenlignet med balansert ventilasjon (Stene, 2008).

Kald luft vil komme inn gjennom ventiler i veggen, slik bygget kjøles ned, noe som ikke er mulig i anlegg med varmegjenvinner. Boliger med varmegjenvinner har derfor større problemer på sommeren, fordi varmegjenvinneren vil varme opp inntaksluften. Enheten produserer kald luft hele året, men har foreløpig ikke blitt benyttet til kjøling. Her kan det imidlertid være muligheter, slik at varme passivhus kan kjøles de varmeste dagene om sommeren.

Ved mindre enheter kan en kombinere avtrekksvarmepumpen med solenergi. Da vil en koble solfangeren rett inn til den originale akkumuleringstanken. Problemet er at denne tanken er ganske liten, og at en dermed ikke får bevart solenergien over tid. Det kan installeres en større akkumuleringstank, men dette vil øke investeringskostnadene.

Det har vært store problemer med å finne godkjente beregningsmetoder for bruk av avtrekksvarmepumper. SIMIEN har en prøveversjon, som kan beregne energibruk med avtrekksvarmepumper, men denne fungerer ikke optimalt. Formelen som formskriften oppgir er også veldig konservativ i sammenligning med ordinære varmepumper, spesielt når det kommer til definisjon av fornybarandel. Det jobbes derfor med å redigere forskriftene slik at bruken av avtrekksvarmepumper kan bli mer vanlig i Norge.

Filtrene på disse enhetene må byttes en gang i året, en kan enten få de tilsendt i posten eller avtale at en montør bytter de. Kompressoren må byttes etter ca. 12 år og deretter hele enheten etter ytterlige 6 år. Det vil være et behov for regelmessig rengjøring og service hvert annet år.

KOMPAKTAGGREGAT

Kompaktaggregat er svært kompakte og enkle å montere. De har mange av de samme egenskapene som avtrekksvarmepumper, men de benytter et kanalsystem i tillegg for inntak av frisk luft. Dette gjør at kompaktaggregater har bedre kontroll på lufttilførsel, men kostnaden vil øke grunnet alle ventilasjonskanalene.

Enkelheten og fordelene med at systemet dekker hele oppvarmingsbehovet har ført til at kompaktaggregater med varmepumpe kombinert med solfanger har tatt 40-50 % av markedet for oppvarmings- og ventilasjonsløsninger i passivhus i Tyskland (Stene, 2008).

Enheden vil ha tilsvarende levetid som avtrekksvarmepumpe og behovet for rengjøring, filterbytte og service er tilnærmet identisk.

OPPVARMING MED SOLVARME

SOLCELLER

Mange nordmenn har erfaring med bruk av solceller til produksjon av strøm til hytter og båter eller andre steder som ikke har tilknytning til det ordinære distribusjonsnettet for elektrisitet. Men potensialet for bruk av solceller tilknyttet bygninger er til stede. En ny studie fra den europeiske foreningen for solenergiindustrien, EPIA, viser at EUs elektrisitetsbehov frem mot 2020 kan dekkes ved å kle bygningers tak og fasade med solcellepaneler. Studien kalkulerer med at 40 % av alle tak og 15 % av alle fasader er egnet for installasjon av solcellepaneler (Nilsen, 2010).

Slik som prisen på solceller er i dag er det ikke nok solinnstråling i Norge til at bruk av solceller kan forsvares økonomisk. Bruk av solceller må derfor forsvares estetisk eller av miljøhensyn.

SOLFANGER

Solfangere kan enten alene, eller sammen med bruk av biobrensel dekke kravet for fornybar energi. Men solfangere alene vil ikke kunne dekke oppvarmingsbehovet, spesielt på vinterstid når behovet for oppvarming er størst. Det må derfor installeres en ekstra energikilde, som for eksempel elektrisitet eller gass.

En viktig faktor når en vurderer solfangere er å se på «added values», det vil si verdiene teknologien har utenom dem vi vanligvis ser på. Solfangere har en stor PR-verdi. I motsetning til for eksempel varmepumper, vil bruk av solfangere gi større publisitet både på grunn av synligheten, men også fordi denne teknologien er meget populær. Konseptet med å dusje «gratis» er lett forståelig og meget populært. Solfangere kan også være med på å gi god arkitektur når solfangerne blir integrert i byggene og ikke legges på til slutt.

Solfangere har en høy installasjonskostnad, men svært lave kostnader til vedlikehold. Noe må imidlertid påregnes dersom plasseringen av solfangeren tilsier at den vil bli utsatt for støv eller annen nedsmussing. Det er anbefalt å installere vannbåren varme slik at effekten fra solfangeren kan benyttes til både romoppvarming og tappevanns oppvarming. Dette er også med på å øke kostnadene.

Arkitekter har så langt sett negativt på bruk av solfangere i arkitektur. Det er blant annet sagt av en kjent norsk arkitekt til arkitektstudenter at prosjekter med solfangere er «ingeniørjuletrær» og at de lages av «de som ikke er ordentlige arkitekter». Dette er en utfordring, men det ser ut til at dette er et minskende problem.

OPPVARMING MED GASS

Gass kan benyttes til både romoppvarming og tappevannsoppvarming. En gasskamin kan være aktuelt i passivhusboliger som en sekundær varmekilde i kombinasjon med for eksempel varmepumpe eller solfanger. Gasskaminer er estetisk vakre og er enkle i tilkoblingen fordi en slipper pipe, og avgassene kan slippes ut gjennom veggen. Problemet er at investeringskostnadene er for høye i forhold til innsparingen. Gass klarer heller ikke kravet til fornybar energibruk.

OPPVARMING MED FJERNVARME

Oppvarming med fjernvarme vil ikke lønne seg økonomisk for passivhus. Investeringskostnadene blir for store i forhold til innsparingen. Det kan også stilles spørsmål om hvor fornybar og grønn fjernvarme virkelig er. Av energien i norske fjernvarmesystemer kommer hele 35 % fra kommersielle energiprodukter som direkte elektrisitet, gass, olje og kull (Huseiernes landsforbund, 2011). Det er dessuten store tap i distribusjonsnett. I gjennomsnitt går om lag 10 % av varmen tapt under transport i løpet av et år (Haugstad, u.å.). Forbrukerne har likevel få muligheter til å velge andre alternativer dersom boligen bygges i et område med konsesjon for fjernvarme.

OPPVARMING MED ELEKTRISITET

Oppvarming med elektrisitet vil i de aller fleste tilfeller være den rimeligste oppvarmingskilden. Hovedgrunnen til dette er de lave investeringskostnadene. I følge TEK 10 behøver en heller ikke å installere pipe når en bygger passivhus. Problemet med elektrisitet, er at det ikke klarer kravet om tilstrekkelig fornybar energi. Elektrisk oppvarming kan kombineres med andre oppvarmingskilder, som for eksempel et solfangersystem, og på den måten klare kravene til fornybare energikilder.

ANDRE ENERGIBESPARENDE TILTAK

VARMEGJENVINNER FOR AVLØSPVANN

Varmegjenvinnere for avløpsvann mister ikke effekt ved at de benyttes i passivhusboliger kontra standard boliger fordi det brukes like mye varmtvann i et passivhus som i et standardhus. Varmtvannsforbruket er det samme, og dermed er også muligheten for varmegjenvinning like stor. De har dessuten rask tilbakebetalingstid. Energibesparelsen vil være svært stabil grunnet det stabile forbruket av varmtvann.

VARMEGJENVINNER FOR GRÅVANN

Ved bruk av varmegjenvinnere for gråvann vil besparelsene bli i overkant av 2000 kr årlig, hvilket medfører at inntjeningstiden blir på 8,8 år. Produsenten hevder selv en inntjeningstid på 3-6 år, men da er det beregnede varmtvannsforbruket mye større enn hva passivhusstandardens tillater. Dette viser også at en må se på tallene fra produsenter med et kritisk øye.

En ulempe med varmegjenvinner for avløpsvann, er at denne enheten må plasseres under oppvaskmaskin, dusj og vaskemaskin. Teknologien belager seg på fall, og i mange tilfeller må det bygges en nedsenket brønn som fører til større utgifter. Det kreves også årlig vedlikehold. Selv om såpen fra oppvaskmaskinen og vaskemaskinen vil løse opp fett fra dusjen, må varmeveksleren rengjøres godt en gang i året (Paulsen, 2010).

VARMEGJENVINNER FOR DUSJVANN

Varmegjenvinner for dusjvann har den fordel at den er rimelig, og er laget som et enkelt system. Den er også svært enkel å montere. Varmegjenvinner for dusjvann gir en årlig besparelse på over 400 kr, og har en inntjeningstid på 9,8 år.

Den store ulempen er at selve varmegjenvinneren krever rengjøring for å holde effektiviteten oppe. For å rengjøre varmegjenvinneren i boliger med dusjkabinett, må brukerne komme til under kabinettet og skru løs enheten før enheten må demonteres. For boliger uten dusjkabinett kan enheten støpes inn under dusjkabinettet, men rengjøring blir da nærmest umulig.

SOLSKJERMING

Solskjerming vil være nødvendig for alle passivhus for å unngå overoppheting. Det er vanskelig å dokumentere besparelser for solskjerming, fordi kjøling av passivhus ikke er lov i følge NS 3700. Som resultatene viser forhindrer imidlertid solskjermingen store mengder energi i å komme inn i boligen under de varmeste månedene. Ved å installere en screen vil den maksimale operative temperaturen på sommeren bli 4,7 °C lavere, selv når vinduslufting er mulig.

Selv om solskjerming er en nødvendighet i de fleste passivhus, må brukerne av boligene være forsiktige med å blokkere for mye av solen. I SIMIEN-modellen som er benyttet for Utsikten er solskjermingen automatisk, og noe som fører til en økning av innsluppet solenergi på 1000 kWh per år. Dette viser tydelig at valg av solskjerming og styringssystem til passivhus må prosjekteres nøye.

ISOLERENDE GARDIN

Etttersom denne teknologien ikke har kommet ut på markedet, er det vanskelig å dokumentere den skikkelig. Det er likevel liten tvil om at produktet kan gi betydelige besparelser. Gardinen har også den fordelen at den vil fungere som solskjerming. Kostnader til solskjerming kan derfor trekkes fra på de vinduene hvor den isolerende gardinen benyttes. Graden av suksess for dette produktet ligger i kostnadene. Det vil være svært viktig å få økonomisk lønnsomhet.

AKTUELLE VARMESYSTEMER

Resultatene viser at enkelte oppvarmingsteknologier kommer klart bedre ut enn andre. Dette er de mest interessante og realistiske teknologiene for bruk i passivhus i dag (tabell 25).

Tabell 25: Fordeler og ulemper ved de forskjellige teknologiene

	Teknologi	Investering (kr)	Årlige driftskostnader (kr)	Fordeler	Ulemper
1	Varmelister	30 000	1472 (besparelse)	Uavhengig av energikilde	Vanskelig å plassere
2	Pelletsamin med vannkappe	40 000	5499	Høy fornybar andel	Mye arbeid, kan bli for varmt
3	Luft-luft varmepumpe	14 000	5876	Enkelt system, rimelig investering	Må ha et sekundært varmesystem
4	Luft-vann varmepumpe	60 000	3049	Gir høy besparelse	
5	Avtrekksvarmepumpe	100 000	4360 (inkl. ventilasjon)	Enkelt system. Sparer kanalføringer. Gir høyfornybarandel og høy besparelse	Vanskelig å dokumentere. Vanskelig å regulere luftinntak
6	Kompaktsentral	140 000	5979 (inkl. ventilasjon)	Enkelt system	Kostbart
7	Solfanger	70 000	3460	Gir god PR. «gratis» varme når anlegget er installert	Kostbart energi
8	Varmegjenvinner for gråvann	15 000	2037 (besparelse)	Passivt system med like vedlikehold	Må stå med fall

KOMBINASJONER AV VARMESYSTEMER

Ofte vil det være fornuftig å kombinere forskjellige energisystemer. Det er derfor her satt sammen forskjellige pakker eller kombinasjoner resultatene viser er gunstige eller som er vanlige i dagens marked.

Solskjerming er nødvendig for alle løsningene.

DEN TRADISJONELLE

4

Tabell 26: Investeringskostnad og energikostnader for "den tradisjonelle"

Teknologi	Investeringskostnad (kr)	Energikostnader (kr)
Luft-vann varmepumpe	60 000	3049
Vannbåren gulvvarme på bad	5 896	
Forenklet radiatorsystem	20 000	
Ventilasjonssystem med roterende varmegjenvinner	85 085	2608
Totalt	170 981	5657

Dette er en tradisjonell pakke som er vanlig for norske passivhus i dagens marked. Pakken er utprøvd og sikker, og tilfredsstillende alle krav.

FOR ENTUSIASTEN

2+7

Tabell 27: Investeringskostnad og energikostnader for "for entusiasten"

Teknologi	Investeringskostnad (kr)	Energikostnader (kr)
Solfanger	95 000	3128
Pellets-kamin med vannkappe		
1 løps-pipe	41 590	
Fundament for pipe	3 954	
Vannbåren gulvvarme på bad	5 896	
Forenklet radiatorsystem	20 000	
Ventilasjonssystem med roterende varmegjenvinner	85 085	2608
Varmegjenvinner for gråvann	15 000	-2037
Totalt	266 525	3699

Dette er en kostbar pakke, men den har en svært miljøvennlig profil. Samspillet mellom solfanger og pellets-kamin med vannkappe fungerer også veldig godt. Dette er en meget dyr løsning og det kreves også egeninnsats fra brukeren til å fylle på pellets.

DEN SVENSKE

5+8

Tabell 28: Investeringskostnad og driftskostnader for "den svenske"

Teknologi	Investeringskostnad (kr)	Energikostnader (kr)
Avtrekkvarmepumpe	100 000	4360
Vannbåren gulvvarme på bad	5 896	
Vannbåren varme, radiator	34 337	
Varmegjenvinner for gråvann	15 000	-2037
Totalt	155 233	2323

Dette er en svært vanlig løsning i Sverige, sett bort i fra varmegjenvinneren for gråvann. Avtrekkvarmepumpen fører til lave energikostnader, og at en slipper utgifter til varmegjenvinner. Den fører også til at det bør installeres radiatorer i alle rom, fordi kald luft vil komme inn gjennom spalter i veggen.

DEN ENKLE

6

Tabell 29: Investeringskostnad og driftskostnader for "den enkle"

Teknologi	Investeringskostnad (kr)	Energikostnader (kr)
Kompaktaggregat	140 000	5979
Vannbåren gulvvarme på bad	5 896	
Forenklet radiatorsystem	20 000	
Totalt	165 896	5979

Dette er en svært enkel løsning fordi både varmepumpen, varmtvannstanken, varmegjenvinneren og ventilasjonsaggregatet sitter i én boks. Kompaktaggregatet har en høy investeringskostnad, men de resterende investeringskostnadene er lave. Systemet er ikke vanlig i Norge, men er svært populært i Tyskland.

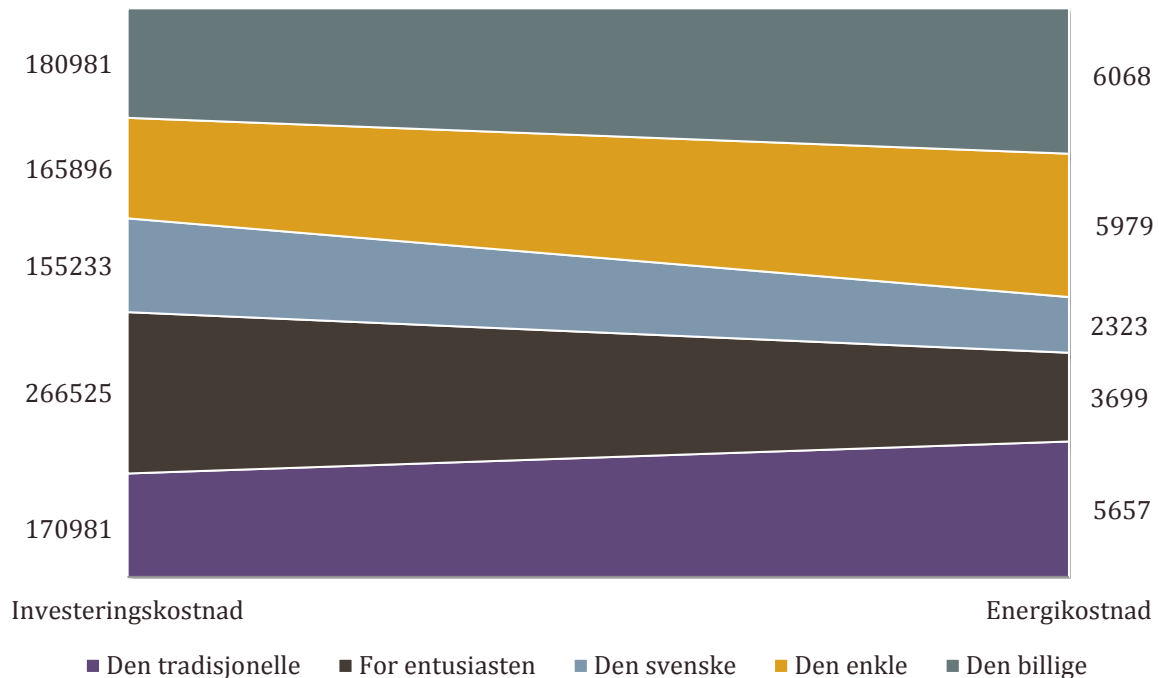
DEN VEDLIKEHOLDSFRIE

7

Tabell 30: Investeringskostnad og driftskostnader for "den vedlikeholdsfrie"

Teknologi	Investeringskostnad (kr)	Energikostnader (kr)
Solfanger	70 000	3460
Vannbåren gulvvarme på bad	5 896	
Forenklet radiatorsystem	20 000	
Ventilasjonssystem med roterende varmegjenvinner	85 085	2608
Totalt	180 981	6068

Dette er den pakken med de laveste estimerte vedlikeholdskostnadene. Det er også en veldig enkel løsning som bruker solenergi og elektrisitet som energikilde. Pakken har de største energikostnadene, samtidig som det er den løsningen med den laveste fornybarandelen.



Figur 3: Sammenligning av Investeringskostnader og energikostnader

Figur 45 sammenligner de forskjellige kombinasjonene av oppvarmingssystemer når det kommer til investeringskostnader og energikostnader. Jo mindre areal, jo bedre kommer kombinasjonen ut økonomisk.

Tabell 31: Oversikt over årlige kostnader for de forskjellige kombinasjonene av oppvarmingsteknologier

Kombinasjon	Nedbetaling per år	Kjøp av energi	Gjenvunnet energi	Service og vedlikehold	Årlig kostnad
Den tradisjonelle	11 938	5 657	0	1 000	18 595
For entusiastene	18 801	5 736	2 037	500	24 037
Den svenske	12 229	4 360	2 037	1 000	15 552
Den enkle	11 428	5 979	0	1 000	18 407
Den vedlikeholdsfrie	12 813	6 068	0	300	19 181

Tabell 31 viser sammenligninger av kombinasjonene. Den årlige kostnaden viser hvor mye hver pakke vil koste for forbrukeren hvert år under den økonomiske levetiden på den aktuelle teknologien. Nedbetaling, energikostnader og kostnader til service og vedlikehold fratrukket gjenvunnet energi tilknyttet oppvarming og ventilasjon er medberegnet. Nedbetaling av oppvarmingsteknologi er satt til en nedbetaling på den aktuelle teknologiens økonomiske levetid og 3,9 % rente. Nedbetaling av ekstrakostnadene er satt til en nedbetalingstid på 25 år med en rente på 3,9 %. Servicekostnadene er estimert.

FEILKILDER

Noen av beregningene baser seg på tall oppgitt av produsenter eller grossister. Dette er ofte meget optimistiske tall. Oppgaven prøver å være kritisk til disse, men de kan likevel gjøre analysene av teknologiene noe mindre realistiske.

Effektfaktorer for varmepumper er hentet fra NS 3031:2007, disse tallene er svært konservative. Varmepumper for nordisk klima har også hatt en teknologisk utvikling siden standarden ble laget. Dette medfører at besparelse kan være noe høyere enn det som er beregnet.

Det er ikke beregnet støtte fra Enova. De vil gi støtte for å bygge passivhus og for å investere i miljøvennlige oppvarmingskilder, noe som vil påvirke resultatene.

Alle tallene er beregnede verdier, og ofte viser det seg at brukerne ønsker høyere termisk komfort og dermed bruker mer energi. Termisk treghet og unøyaktig styring av systemer kan også føre til høyere forbruk.

Varmegjenvinner for gråvann sparer energi, men det er ikke tatt hensyn til at det da vil bli mindre behov for oppvarming, det vil si at man vil bruke mindre av den energikilden som varmegjenvinneren kombineres med.

KONKLUSJON

Passivhus er meget godt isolerte boliger, med svært lavt oppvarmingsbehov. Oppvarming av tappevann står for en stor del av det totale oppvarmingsbehovet. Derfor bør oppvarmingssystemet være enkelt og billig, samtidig som det er godt tilpasset til beredning av tappevann.

I oppgaven er det sett på hvor økonomisk gunstig forskjellige oppvarmingssystemer vil være i passivhus. Det er også sett på driftskostnader og termisk komfort.

Tabell 32: Rangert oversikt over årlige kostnader for de forskjellige kombinasjonene av oppvarmingsteknologier

Kombinasjon	Nedbetaling per år	Kjøp av energi	Gjenvunnet energi	Service og vedlikehold	Årlig kostnad
Den svenske	12 229	4 360	2 037	1 000	15 552
Den enkle	11 428	5 979	0	1 000	18 407
Den tradisjonelle	11 938	5 657	0	1 000	18 595
Den vedlikeholdsfrie	12 813	6 068	0	300	19 181
For entusiasten	18 801	5 736	2 037	500	24 037

Tabellen viser forskjellige kombinasjoner av oppvarmingssystemer. De inneholder i rangert rekkefølge; avtrekksvarmepumpe og varmegjenvinner for gråvann, kompaktaggregat, luft/vann varmepumpe, solfanger og solfanger, pelletskamin med vannkappe og varmegjenvinner for gråvann.

Tabell 33: Fordeler og ulemper ved de forskjellige kombinasjonene av oppvarmingsteknologier

Kombinasjon	Fordeler	Ulemper
Den svenske	Billigst, enkelt system, sparer rørføringer. Høy fornybarandel	Vanskelig å dokumentere og vanskelig å regulere. Må installere radiatorer i alle rom
Den enkle	Enkelt system	Høy investeringskostnad, lite brukt i Norden
Den tradisjonelle	Utprøvd og sikker	
Den vedlikeholdsfrie	Lave vedlikeholdskostnader, god PR	Store energikostnader og lav fornybarandel
For entusiasten	Høy fornybar andel og god PR	Kostbar, mye arbeid og kan bli for varmt med pelletskamin

Ut fra resultatene ser det ut som at avtrekksvarmepumper kan være et godt oppvarmingsalternativ. Det er tydelige indikasjoner på at avtrekksvarmepumper er på vei inn i det norske markedet etter å ha dominert i Sverige i flere år. Avtrekksvarmepumper har den store fordel at det er et svært enkelt produkt, som leverer nok energi til romoppvarming, ventilasjon og tappevann.

Beregninger viser at avtrekksvarmepumpens årlige energikostnader ligger på 4 360 kr. Dette er det klart laveste tallet, til og med lavere en ren elektrisitet. Den årlige kostnaden som inkluderer energikostnader, nedbetaling av lån, vedlikehold og gjenvunnet energi av avtrekksvarmepumpen, radiatorsystem og varmegjenvinner for gråvann er 15 552 kr. Dette er den laveste totalkostnaden på komplette oppvarmingssystemer som det er sett på i denne oppgaven. Det finnes en del usikkerhetsmomenter med bruk av avtrekksvarmepumper. Det er vanskelig å dokumentere energibruk ved godkjente beregningsprogrammer, det er vanskelig å kontrollere innstrømningen av frisk luft, og det er ingen tradisjon for avtrekksvarmepumper i Norge, noe som betyr at kompetansen på området er lav.

Det er bemerkverdig at varmegjenvinnere for gråvann, og da spesielt de som gjenvinner avløpsvann, ikke har slått igjennom på markedet. Disse er enkle å montere og har en inntjeningstid på under 9 år. De store ulempene er renholdet og plasseringen av gjenvinneren. De må være med i prosjekteringen fra en tidlig fase, slik at kostnadene ikke blir større enn nødvendig.

LITTERATURLISTE

- Aastorp Tangen, Nina. (2011). *Nullenergi Konsept Utsikten i Lier*. Masteroppgave. Ås. Universitetet for miljø- og biovitenskap. 152 s.
- AlphainnoTec. (2011) Sol. Luft. Varmepumpe. Energi fra utelufta. *Produktdatablad fra AlphainnoTec*. 20 s.
- (2011) Komfort-husteknikksentraler luft/vann. *Prisliste fra AlphainnoTec*. 2 s.
- Aventasolar. (2012) Tilbud Selvaag Utsikten 270212, *Pristilbud fra Aventasolar* 6 s.
- Bekkvold, Stein. (2009). *Spisslast*. Lokalisert 23.04.2012 på World Wide Web:
<http://snl.no/spisslast>
- BestBoard. (u.å.). *Die Möglichkeiten – Heizen/Kühlen/Klimatisieren*. Lokalisert 31.01.2012 på World Wide Web: <http://www.bestboard-exclusive.com/de/unternehmen/produkt>
- Biopellets. (u.å.). *Pellets – miljøvennlig biobrensel*. Lokalisert 22.01.2012 på World Wide Web: <http://www.biopellets.no/produkter/pellets.html>
- Boligvarme. (u.å.). *Bygge nytt eller rehabilitere – hva med pellets?*. Lokalisert 01.02.2012 på World Wide Web: <http://www.boligvarme.no/energikildene/pellets.html>
- Brantenberg, Kim. (2010). Prinsippskisse av et fjernvarmeanlegg. Lokalisert 10.02.2012 på World Wide Web: http://snl.no/.bilde/fjernvarme_-_1
- Bugge, Lars. (2011). *Ny mulighetsstudie fra Enova: Potensialet for solenergi I Norge*. Seminar under Solenergidagen 2011, 06.05.2011
- Central Heating and Cooling Now. (2010). *Tankless Hot Waters Heaters*. Lokalisert 14.02.2012 på World Wide Web:
http://www.centralheatingandcoolingnow.com/?page_id=4&paged=2
- Chasteen, Stephanie. (u.å.) *Inside a solar cell*. Lokalisert 16.02.2012 på World Wide Web:
<http://www.pbs.org/wgbh/nova/solar/insi-nf.html>
- Convert-to. (u.å.). *Convert energy units*. Lokalisert 24.04.2012 på World Wide Web:
http://convert-to.com/conversion/energy/energy_multimenu.html

Dannevig, Petter & Harstveit, Kbut E. (2011). *Norge – klima*. Lokalisert 01.02.2012 på World Wide Web: <http://snl.no/Norge/klima>

Delphin, Inger L. A. (2012) *Aerogel*. Lokalisert 01.03.2012 på World Wide Web: <http://snl.no/aerogel>

Ebne, Henrik. (2004). Finn riktig varmpumpe. *Forbruker-rapporten*, 9/04: s. 15

Ener (u.å.). *Best Board varmelist vs andre varmekilder*. Lokalisert 07.03.2012 på World Wide Web: <http://ener.no/hXGXzSMljK0w.11.idium>

Energifakta. (u.å.). *Solcelle*. Lokalisert 24.01.2012 på World Wide Web: <http://www.energifakta.no/documents/Energi/Omforming/Teknologi/Solcelle.htm>

Enova. (2003) *Brukerveiledning for Enøk Lønnsomhet*. 01.11.2003

Enova hjemme. (u.å.). Luft/luft-varmpumpe. Lokalisert 08.02.2012 på World Wide Web: <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3253>

- (u.å.). Pelletskamin. Lokalisert 22.01.2012 på World Wide Web: <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3254>

Fornybar. (u.å.). *Solenergiressursen i Norge*. Lokalisert 07.02.2012 på World Wide Web: <http://fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1648><http://fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1648>

- (u.å.). *Solfangeren*. Lokalisert 07.02.2012 på World Wide Web: <http://fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1658>

Haugstad, Tormod. (u.å.). *Fjernvarme*. Lokalisert 24.04.2012 på World Wide Web: <http://energilink.tu.no/leksikon/fjernvarme.aspx>

HeatSnagger. (2011). Varmegjenvinner for dusjkabinett, 4kW. *Produktdatablad fra Meander Heat Recovery*. 2 s.

Hus og Heim. (2000). *Trippelgevinst med varmpumpe*. Lokalisert 19.01.2012 på World Wide Web: http://www.husogheim.no/4/4_7.html

Huseiernes landsforbund. (2011). *Fjernvarme*. Lokalisert 21.02.2012 på World Wide Web: <http://www.huseierne.no/boligsporsmal/energi/Valg-av-oppvarmingssystem-og-utstyr/Fjernvarme/>

Inneklima. (u.å.). *Operativ tempertaur*. Lokalisert 23.04.2012 på World Wide Web: <http://www.inneklima.com/index.asp?context=&document=215>

Isover Saint-Gobain (u.å.). *Thermal comfort*. Lokalisert 13.02.2012 på World Wide Web: <http://www.isover-airtightness.com/Benefits/Thermal-comfort>

It-word. (2012) *Thin-Film Solar*. Lokalisert 07.03.2012 på World Wide Web: <http://digoo.info/miljo/2011/01/Hva-er-Thin-Film-Solar.html>

Kluge, Kristian. (2007). *Analyse av kompaktaggregat med varmepumpe for lavenergiboliger og passivhus*. Prosjektoppgave. Trondheim. Norges Teknisk- Naturvitenskapelige Universitet. 60 s.

- (2008). *Analyse av et kompaktaggregat med varmepumpe for lavenergi- og passivhus*. Masteroppgave. Trondheim. Norges Teknisk- Naturvitenskapelige Universitet. 132 s.

Lovdata. (2012). *FOR 2012-03-26 nr 489: Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)* Lokalisert 23.04.2012 på World Wide Web: <http://www.lovdata.no/cgi-wift/lldles?doc=/sf/sf/sf-20100326-0489.html>

Miljødusj. (u.å.) Prinsipp og virkemåte. Lokalisert 26.01.2012 på World Wide Web: <http://miljodusj.no/nor/Produktet/Prinsipp-og-virkemaate>

National Pellet Stove (u.å.). *Pellet Stoves*. Lokalisert 08.02.2012 på World Wide Web: <http://www.nationalpelletstoves.co.uk/page1/page1.html>

Nekså, Petter & Stene, Jørn. (2010). Høyeffektivt varmepumpesystem med karbondioksid (CO₂) som arbeidsmedium. *Teknisk rapport for Sintef Energiforskning*. 27.04.2010

NIBE Frånluft. (2011). En ny generation varmepumpar. *Salgsbrosjyre fra NIBE Energy Systems*. 36 s.

Nilsen, Jannicke. (2009). Sol kan dekke 40 % av el-behovet. *Teknisk Ukeblad*. Lokalisert 24.01.2012 på World Wide Web: <http://www.tu.no/energi/article250004.ece>

Norconsult Informasjonssystemer AS. (2011). *Norsk Prisbok 2011*.

Norsk Solenergiforening. (u.å.) *Solceller*. Lokalisert 24.01.2012 på World Wide Web:
<http://www.solenergi.no/om-solenergi/teknologi/solceller>

NVE. (2002). Kostnader for produksjon av kraft og varme. *Håndbok*, 29 s.

Nylund, Hilde K. (2009). Virkningsgrad på 3,0. *Norsk VVS*. 2009:4

Oljefri. (u.å.). *Slik fungerer den*. Lokalisert 31.01.2012 på World Wide Web:
<http://oljefri.no/bolig/slik-fungerer-den/category1529.html>

- (u.å.) *Slik fungerer solfangere*. Lokalisert 07.02.2012 på World Wide Web
<http://oljefri.no/bygg/solvarme/slik-fungerer-solfangere-article17209-1183.html?contextChanged=1>

- (u.å.). *Motstrøms varmegjenninnere fra avløp*. Lokalisert 26.01.2012 på World Wide Web:
<http://oljefri.no/bolig/gjenninn-varmen-fra-avloepsvann/motstroems-varmegjenninnere-fra-avloep-article17151-1615.html>

- (u.å.). *Gjenninn varme fra dusjvannet*. Lokalisert 26.01.2012 på World Wide Web:
<http://oljefri.no/bolig/gjenninn-varmen-fra-avloepsvann/gjenninn-varme-fra-dusjvannet-article17150-1615.html>

- (u.å.). *Luft/luft-varmepumpe - Fordeler og ulemper*. Lokalisert 31.01.2012 på World Wide Web:
<http://oljefri.no/bolig/fordeler-og-ulemper/category1532.html>

- (u.å.). *Luft/vann-varmepumpe*. Lokalisert 31.01.2012 på World Wide Web:
<http://oljefri.no/bolig/luft-vann-varmepumpe/category1530.html>

- (u.å.). *Væske/vann-varmepumpe*. Lokalisert 31.01.2012 på World Wide Web:
<http://oljefri.no/bolig/vaeske-vann-varmepumpe/category1531.html>

- (u.å.). *Væske/vann-varmepumpe – Fordeler og ulemper*. Lokalisert 31.01.2012 på World Wide Web:
<http://oljefri.no/bolig/fordeler-og-ulemper/category1568.html>

OSO Hotwater. (u.å.). OSO ES 120 enøk-system for varmegjenvinning. *Produktdatablad fra OSO Hotwater*. 2 s.

- Paulsen, Øyvind. (2010). *Kutt oppvarmingsutgiftene*. Lokalisert 26.02.2012 på World Wide Web: <http://www.dinside.no/857766/kutt-oppvarmingsutgiftene>
- Peisselskabet. (u.å.). *Direct-vent teknologi gir høy komfort og godt innemiljø*. Lokalisert 10.02.2012 på World Wide Web: <http://www.peisselskabet.no/produkter/gasspeiser/direct-vent-teknologien-gir-hoy-komfort-og-godt-innemiljo/>
- Rosvold, Knut A. (2012) *Fjernvarme*. Lokalisert 10.02.2012 på World Wide Web: <http://snl.no/fjernvarme>
- SINTEF. (2012). *Energieffektivisering for bygninger*. Lokalisert 23.04.2012 på World Wide Web: <http://www.sintef.no/SINTEF-Energi-AS/Energibruk/Energieffektivisering-i-bygninger/>
- SINTEF Byggforsk. (2000). *533.163 Solskjerming*. 2000:1
- (2004). *553.121 Varmtvannsforsyning*. 2004:2
- (2006). *753.153 Vannsparing i boliger*. 2006:1
- (2010). *552.102 Romoppvarming av boliger. Prinsipper og systemer*. 2010:4
- (2011). *552.455 Vannbaserte solfangere. Funksjon og energiutbytte*. 2011:12
- SINTEF Byggforsk & KanEnergi. (2011). Mulighetsstudie, Solenergi i Norge. *Rapport for Enova*. 24.03.2011
- Statistisk sentralbyrå. (2011). Privathusholdninger og personer per privathusholdning, etter fylke. 1960, 1970, 1980, 1990, 2001 og 2011. Lokalisert 15.01.2012 på World Wide Web: <http://www.ssb.no/familie/tab-2011-04-07-02.html>
- Stene, Jørn. (2008). Oppvarmingsystemer for boliger av lavenergi- og passivhusstandard. *Teknisk rapport for SINTEF Energiforskning*. 01.15.2008. 30 s.
- Storm-Mathisen, Per. (2011). Er ved egentlig billigst? Lokalisert 16.02.2012 på World Wide Web: http://www.enok.no/vis_nyhet2224.html?id=0&nid=980
- Thorsnes, Ola Ø. (2011). *Beregninger av isolerende gardin*.

Thue, Jan Vincent. (2009). *U-verdi*. Lokalisert 23.04.2012 på World Wide Web:
<http://snl.no/U-verdi>

- (u.å.). *Kaldras*. Lokalisert 23.04.2012 på World Wide Web: <http://snl.no/kaldras>

Varmepumpeinfo. (2011). *Trenger en varmepumpe vedlikehold og service*. Lokalisert 08.03.2012 på Worl Wide Web:
http://www.varmepumpeinfo.no/varmepumpe_og_vedlikehold_service

Wikipedia. (2007). *Buskerud*. Lokalisert 02.03.2012 på World Wide Web:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Norway_Counties_Buskerud_Position.svg

Wikipedia. (2012). *Joule*. Lokalisert 23.04.2012 på World Wide Web:
<http://no.wikipedia.org/wiki/Joule>

Woodheat. (u.å.). *How EPA Certified Stoves Work*. Lokalisert 08.02.2012 på World Wide Web: <http://woodheat.org/how-epa-certified-stoves-work.html>

PERSONLIGE OPPLYSNINGER

.Arnesen, Christian O. (2012). Møte med ABK-klima 20.01.2012

.Fehrm, Mats. (2012). *Avtrekksvarmepumper*. Seminar under ABK-dagene 2012, 30.01.2012

.Solsem, Gunnar. (2012). *Avtrekksvarmepumper*. Seminar under ABK-dagene 2012,
30.01.2012

.Solem, Morten. (2012). *NIBE F750*. E-mail til K. Bjørklund 21.02.2012

.Torgersen, Svein. (2012). *Oppvarming av passivhus*. E-mail til K. Bjørklund 22.02.2012

VEDLEGG

PROSJEKTBEKRIVELSE FOR UTSIKTEN M1 - PASSIVHUS

Prosjektbeskrivelse for Utsikten M1 - Passivhus

Innhold

- 1 Hoveddata
- 2 Sammendrag
- 3 Beskrivelse av prosjektet
 - 3.1 Lokalisering, bygningstype, areal
 - 3.2 Bygningskonstruksjon
 - 3.3.1 Tekniske systemer – seksjon 1
 - 3.3.2 Tekniske systemer – seksjon 2
 - 3.4.1 Energibruk seksjon 1
 - 3.4.2 Energibruk seksjon 2
 - 3.5.1 Merknader seksjon 1
 - 3.5.2 Merknader seksjon 2
 - 3.6 Prosjektteam
- 4 Annen dokumentasjon
 - 4.1 Organisering
 - 4.2 Fremdriftsplan

1 Hoveddata

Prosjektnavn: *Utsikten M1 - Passivhus*

Byggets adresse:
Byggkategori: Rekkehus
Antall boligenheter: 9
Bruksareal, BRA: 1281 m²
Oppvarmet BRA: 1281 m²

Prosjekteier: Selvaag
Adresse:
Organisasjonsnummer:
Kontonummer:
Prosjektansvarlig:
E-post prosjektansvarlig:
Prosjektleder:
E-post prosjektleder:
Navn på søker:
E-post søker:

Kostnader eks mva
Søknadsbeløp:
Samlet prosjektkostnad:
Samlet prosjektkostnad per m² oppvarmet BRA:
Total byggekostnad for prosjektet:
Total byggekostnad per m² oppvarmet BRA:

2 Sammendrag

Det søkes støtte til bygging av rekkehus i to seksjoner med 9 boenheter på til sammen 1281 m². Rekkehuset bygges etter passivhus standarden NS 3700. Det skal velges ulike energiløsninger i de forskjellige seksjonene. Planlagt ferdigstillelse: desember 2012.

3 Beskrivelse av prosjektet

Formålet med prosjektet er å utvikle et konsept med modulbaserte rekkehus som passivhus. Prosjektet skal brukes for å finne kostnadseffektive løsninger for rekkehus. Det skal benyttes to ulike energiløsninger for hver av seksjonene. I begge seksjonene skal det benyttes vannbåren gulvvarme. Prosjektet skal følges opp med individuelle energimålinger i x driftsår for å finne riktige løsninger for fremtiden.

I seksjon 1 skal det benyttes balansert ventilasjon med varmegjenvinner. Energiforsyningen skal bestå av el og solfangere. Solfangere skal monteres på fasade mot syd-vest for å dekke deler av energibehovet til romoppvarming og tappevann.

I seksjon 2 skal det benyttes avtrekksvarmepumpe kombinert med friskluftventiler på yttervegg. Energiforsyningen skal bestå av el som tilført energi. Avtrekksvarmepumpen skal sørge for gjenvinning av energi i ventilasjonssystemet, og gi tilskudd av fornybar energi i varmesystemet. Dette forklares under punkt. 3.3.2 Tekniske system.

3.1 Lokalisering, bygningstype, areal

Selvaag Bolig Modulbygg AS skal bygge rekkehusene på Utsikten i Lier kommune, i nærheten av Liertoppen kjøpesenter. Rekkehuset består av to seksjoner i tre plan forskjøvet i forhold til hverandre. Med henholdsvis 4 leiligheter i seksjon 1 og 5 leiligheter i seksjon 2. Seksjon 1 har et BRA areal på til sammen 586 m². Seksjon 2 har et BRA areal på til sammen 713 m².

Utearealene består av opparbeidet xxxxxxxxxxxxxx. Det skal lages 8 biloppstillingsplasser og 9 carporter.

3.2. Bygningskonstruksjon

Bygningskroppen er prosjektert for å tilfredsstillere krav til varmetapstall i NS 3700. Det skal benyttes prefabrikkerte moduler med følgende U-verdier:

- Tak: 0,1 W/m²K
- Yttervegger: Gjennomsnitt 0,13 W/m²K
- Vinduer og dører: 0,8 W/m²K
- Gulv mot grunn: Ekvivalent 0,15 W/m²K

3.3.1 Tekniske systemer – seksjon 1

Seksjon 1 får balansert ventilasjon med høyeffektiv roterende varmegjenvinner. Virkningsgrad på min. 80 % og spesifikk vifteeffekt: SFP < 1,5 kW/(m³/s). På syd-vest fasade skal det monteres et solfangeranlegg pr. boenhet fra Ayenta Solar. Solfangerne har et areal på 19 m² og monteres med en helningsvinkel på 90°. Anlegget har en varmesentral pr. boenhet med akkumulatortank på 800 liter. Varmesentralen forsyner huset med varmt tappevann og romoppvarming i gulvbasert distribusjonssystem. Varmesentralen har en elektrisk varmekolbe på 3 kW. Solfangeranlegget har en dekningsgrad av fornybar energi på 73 % for varmt tappevann og 24 % for romoppvarming. Anlegget tilfredsstiller kravet til fornybar energi andel i NS 3700. Dokumentasjon fra Ayenta Solar og beregning av dekningsgrad med månedsopløsning er vedlagt søknaden.

3.3.2 Tekniske systemer – seksjon 2

Seksjon 2 får NIBE F750 avtrekksvarmepumpe for gjenvinning av energi fra avkast til ventilasjon. Gjenvunnet energi føres tilbake i husets oppvarmingssystem for tilskudd til varmt tappevann og romoppvarming. Friskluft trekkes inn gjennom ventiler på yttervegger. Ventilene har filter og diffusor for spredning av kald luft i rommet. Varmepumpen har en Års-varmefaktor på 3 for varmt tappevann og 3,5 for romoppvarming.

Varmepumpeanlegget med avtrekksventilasjon gjenvinner tilsvarende mengde energi som et ventilasjonsanlegg med roterende gjenvinner med 80 % gjenvinningsgrad. I tillegg gir varmepumpen et bidrag til fornybar energi med dekningsgrad 95 % for varmt tappevann og 100 % for romoppvarming. NS-EN 3031 /A1:2011 angir i tillegg N.3 dynamisk metode for å beregne varmegjenvinning med avtrekksvarmepumpe. Denne metoden er ikke laget i Simien energiberegningsprogram i dag da den ikke fungerer optimalt. Vi har under punkt 3.4.2 beregnet andel gjenvunnet energi for erstatning av roterende varmegjenvinner og andel fornybar energi.

3.4.1 Energibruk seksjon 1

Energiberegning av seksjon 1 viser at bygget tilfredsstiller krav i NS 3700 til passivhus. Rapport fra energiberegningen er vedlagt søknaden.

Resultat fra evaluering mot passivhuskrav simulert med solfangeranlegg:

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	6021 kWh	10,6 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	2096 kWh	3,7 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	16910 kWh	29,8 kWh/m ²	
3a Vifter	2487 kWh	4,4 kWh/m ²	
3b Pumper	292 kWh	0,5 kWh/m ²	
4 Belysning	6466 kWh	11,4 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	9947 kWh	17,5 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	44219 kWh	77,9 kWh/m²	

Energitytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	14,3 kWh/m ²	15,1 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Energibruk el./fossile energibærere	60,1 kWh/m ²	63,0 kWh/m ²

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot passivhusstandard	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller kravet for varmetapstall
Energitytelse	Bygningen tilfredsstiller krav til energitytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengde ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3700 (tabell A.1)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller alle krav til passivhus

Beregning er gjort med simuleringprogrammet SIMEN.

3.4.2 Energibruk seksjon 2

Beregning av gjenvunnet energi for avtrekksvarmepumpe er utført med grunnlag fra Simien.

Det er gjort en simulering av seksjon 2 med roterende varmegjenvinner på ventilasjon, samt direkte elektrisitet til romoppvarming, ettervarme til ventilasjon og varmt tappevann. I tillegg er det gjort en simulering med avtrekksventilasjon uten gjenvinning for å synliggjøre andel gjenvunnet energi med balansert ventilasjon.

Rapportene fra årssimuleringen i Simien viser at varmetapstallene for bygningskomponentene er det samme i begge tilfeller. Ved simulering av bygget med avtrekksventilasjon er det et større varmetapstall fra ventilasjon. Dette varmetapet blir kompensert med gjenvunnet energi fra avkastluften som føres tilbake i bygningen via oppvarmingsanlegget. På denne måten tilfredsstilles energikrav for passivhus.

Energibudsjett med balansert ventilasjon og roterende gjenvinner:

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	7557 kWh	10,6 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	2656 kWh	3,7 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	21220 kWh	29,8 kWh/m ²	
3a Vifter	3121 kWh	4,4 kWh/m ²	
3b Pumper	349 kWh	0,5 kWh/m ²	
4 Belysning	8114 kWh	11,4 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	12482 kWh	17,5 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	55498 kWh	77,9 kWh/m²	

Energibudsjett med avtrekksventilasjon:

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	34070 kWh	47,8 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	21220 kWh	29,8 kWh/m ²	
3a Vifter	3250 kWh	4,6 kWh/m ²	
3b Pumper	727 kWh	1,0 kWh/m ²	
4 Belysning	8114 kWh	11,4 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	12482 kWh	17,5 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	79862 kWh	112,1 kWh/m²	

Beregning er gjort med simuleringprogrammet SIMEN.

Resultatene fra simuleringene er beregnet i ett regneark fra ABK klima AS. Det sammenligner bygget simulert med balansert ventilasjon og roterende varmegjenvinner, og bygget simulert med avtrekksvarmepumpe. Beregningen er vedlagt søknaden.

Med balansert ventilasjon gjenvinnes 23 857 kWh fra avtrekksluften. For å gjenvinne tilsvarende bruker avtrekksvarmepumpen 6 816 kWh. Med balansert ventilasjon har huset et behov for 10 213 kWh til romoppvarming og ettervarming i ventilasjonsanlegget. Avtrekksvarmepumpen bruker 2 918 kWh for å produsere tilsvarende energi. For å dekke tappevannsbehovet på 21 220 kWh bruker avtrekksvarmepumpen 6 720 kWh.

Samlet netto energibehov til oppvarming med balansert ventilasjon:	31 433 kWh
Benyttet energi for å dekke samme energibehov med avtrekksvarmepumpe:	17 515 kWh
Redusert tilført energi med avtrekksvarmepumpe:	<u>13 918 kWh</u>

Samlet reduseres tilført energi med 44 % i forhold til huset bygget med balansert ventilasjon og roterende gjenvinner. For oppvarming av tappevann får vi en dekningsgrad på 95 % med varmepumpe. For oppvarming romoppvarming får vi en dekningsgrad på 100 % med varmepumpe. Med avtrekksvarmepumpe vil bygget tilfredsstille krav i NS 3700 til passivhus med hensyn til andel ikke fossilt brennstoff og netto energibehov. I tillegg vil det ha en betydelig besparelse i levert energi til bygget. For å vise dette er det gjort en passivhussimulering i Simien med følgende lagt til grunn:

- Balansert ventilasjon med gjenvinnergrad på 80 %
- Varmepumpe til energiforsyning med en systemvirkningsgrad på 2,99
- Dekningsgrad varmepumpe for romoppvarming på 100 %
- Dekningsgrad varmepumpe for ventilasjonsvarme på 100 %
- Dekningsgrad varmepumpe for tappevann 95 %

Resultat fra evaluering mot passivhuskrav simulert for avtrekksvarmepumpe:

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	7557 kWh	10,6 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	2656 kWh	3,7 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	21220 kWh	29,8 kWh/m ²	
3a Vifter	3121 kWh	4,4 kWh/m ²	
3b Pumper	349 kWh	0,5 kWh/m ²	
4 Belysning	8114 kWh	11,4 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	12482 kWh	17,5 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	55498 kWh	77,9 kWh/m²	

Energitytelse			
Beskrivelse	Verdi	Krav	
Netto oppvarmingsbehov	14,3 kWh/m ²	15,1 kWh/m ²	
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	
Energibruk el./fossile energibærere	49,8 kWh/m ²	63,0 kWh/m ²	

Resultater av evalueringen			
Evalueringskriterium	Resultat	Beskrivelse	
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller kravet for varmetapstall		
Energitytelse	Bygningen tilfredsstiller krav til energitytelse		
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter		
Luftmengde ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3700 (tabell A.1)		
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller alle krav til passivhus		

Beregning er gjort med simuleringprogrammet SIMEN.

Vedlagt ligger ytelsesdata for valgt avtrekksvarmepumpe. Dokumentasjonen setter grunnlaget for årsvarmefaktor VP for oppvarming og varmtvann fra varmepumpen benyttet i sammenligningen. Det er benyttet årsvarmefaktor VP på 3 til varmt tappevann og 3,5 til romoppvarming. Mulig samtidighetsfaktor for oppvarming og varmtvann gjør at dekningsgrad for oppvarming av tappevann er satt til 95 %.

3.5.1 Merkostnader seksjon 1



Komponent/ bygningssdel	Kostnad TEK10 Krl/ m ² , eks mva.	Merkostnader passivhus Krl/ m ² , eks mva.	Mengde m ² , m ³ , etc.	Kommentar til tiltak
Bygningsmessige tiltak seksjon 1 og 2				
Yttervegg				U-verdi= 0,13 W/m ² K
Yttertak				U-verdi= 0,1 W/m ² K
Guiv på grunn				U-verdi= 0,15 W/m ² K
Vinduer				U-verdi= 0,8 W/m ² K
Ytterdører				U-verdi= 0,8 W/m ² K
Tetthet				Lekkasjetall: 0,6 luftskift/t
Kuldebroeliminering				Kuldebroverdi: 0,03 W/m ² K
Tekniske tiltak seksjon 1				
Års-virkningsgrad varmegjenvinner				>80 % gjenvinning
SFP-faktor vent. anlegg				<1,5 kW/(m ³ /s)
Solfangeranlegg				
Oppvarmingssystem				
Belysningssystem				
Tekniske tiltak seksjon 2				
Avtrekks- varmepumpe				
Oppvarmingssystem				
Belysningssystem				
PLANLEGGING/KVALITETS SIKRING				
Prosjektspesifikk opplæring				
Prosjektering				
Kvalitetsikring				
Egeninnsats				
Sum merkostnad				



3.5.2 Merkostnader seksjon 2



Komponent/ bygningssdel	Kostnad TEK10 Krl/ m ² , eks mva.	Merkostnader passivhus Krl/ m ² , eks mva.	Mengde m ² , m ³ , etc.	Kommentar til tiltak
Bygningsmessige tiltak seksjon 1 og 2				
Yttervegg				U-verdi= 0,13 W/m ² K
Yttertak				U-verdi= 0,1 W/m ² K
Guiv på grunn				U-verdi= 0,15 W/m ² K
Vinduer				U-verdi= 0,8 W/m ² K
Ytterdører				U-verdi= 0,8 W/m ² K
Tetthet				Lekkasjetall: 0,6 luftskift/t
Kuldebroeliminerings				Kuldebroverdi: 0,03 W/m ² K
Tekniske tiltak seksjon 1				
Års-virkningsgrad varmegjenvinner				
SFP-faktor vent. anlegg				
Solfangeranlegg				
Oppvarmingssystem				
Belysningssystem				
Tekniske tiltak seksjon 2				
Avtrekks- varmepumpe				
Oppvarmingssystem				
Belysningssystem				
PLANLEGGING/KVALITETS SIKRING				
Prosjektspesifikk opplæring				
Prosjektering				
Kvalitetsikring				
Egeninnsats				
Sum merkostnad				

3.6 Prosjektteam

Tiltakshaver:

Arkitekt:

Prosjektledelse:

Rådgivende ing., elektroteknikk:

Rådgivende ing., VVS:

Rådgivende ing., byggtknikk:

Spesialrådgiver energi/FoU:

4 Annen dokumentasjon

- Energiberegninger fra Simien energiberegningsprogram
- Beregning fra Solfangerleverandør
- Teknisk dokumentasjon for solfangeranlegg
- Beregninger fra varmpumpeleverandør
- Teknisk dokumentasjon for avtrekksvarmepumpe
- Byggetegninger

4.1 Organisering av prosjektet og presentasjon av søker

Kontraktspart:

Prosjektansvarlig:

Prosjektleder:

4.2 Fremdrift

Prosjektperiode:

Prosjektstart:

Byggestart:

Ferdig bygg:

Sluttrapport til Enova:

Selvaag AS

Navn

BEREGNINGER FRA ENORM – F750

 *** Enorm 2004. Version 2.0 Build 1. © 2004 EQUA Simulation AB ***
 Program 1080. NIBE AB

Objekt: Rekkehus totalt 4 st F750
 149 m2 for varje f750. Oslo

Beräknet av Roger Johnsson, 0430-73042.
 Indatafil: u:\Folders\Rogerj\Enorm\NORGEJ~1\REKKEH~2.EN

Byggnadsort: Oslo 2012-01-30. Beräkning nr: 1312

BYGGNADSDATA	Lägenhet	Zon 2	Zon 3	Totalt
Typ mht BBRs värmeisolerkrav Sm-Lgh		----	----	----
Antal bostadslägenheter	1	0	0	1
Uppvärmd golvare, Aupp, m ²	149.0	0.0	0.0	149.0
Fönsterareal i % av oppv. areal	11.34	0.00	0.00	11.34
Spec.läckn. vid 50 Pa, l/m ² ,s	0.600	0.000	0.000	0.600
Värmekapasitet, Wh/m ² ,K	100	25	25	100
Omslutande areal, Aom, m ²	232.9	0.0	0.0	233

Krav på effektiv varmeanvendning galler for byggnaden enl BBR 10:3.

GLASAREOR OCH INSTRÅLNINGSDATA. SOLDATA FÖR STOCKHOLM

Riktning	Lägenhet	Zon 2	Zon 3
Nord	4.6 (0.75; 0)	0.0 (0.00; 0)	0.0 (0.00; 0)
Ost	0.0 (0.75; 0)	0.0 (0.00; 0)	0.0 (0.00; 0)
Syd	12.4 (0.75; 0)	0.0 (0.00; 0)	0.0 (0.00; 0)
Väst	0.0 (0.75; 0)	0.0 (0.00; 0)	0.0 (0.00; 0)

Ovan redovisas: Glasareal i m² (Solfaktor * Avskärmning ; Lutning)

TRANSMISSIONSDATA	Lägenhet		Zon 2		Zon 3	
Byggnadsdel	Area	Ukorr	Area	Ukorr	Area	Ukorr
Vindsbjälklag	49.6	0.100	0.0	0.000	0.0	0.000
Vägg, jord (*)	10.5	0.100	0.0	0.000	0.0	0.000
Vägg, luft	103.8	0.160	0.0	0.000	0.0	0.000
Golvbjlg 1 (*)	49.6	0.080	0.0	0.000	0.0	0.000
Golvbjlg 2 (*)	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
Fönster m karm	16.9	0.800	0.0	0.000	0.0	0.000
Dörrar m karm	2.5	0.800	0.0	0.000	0.0	0.000
Yta 1, luft	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
Yta 2, luft	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
Yta 3, jord (*)	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
(*) Red.faktor a1 =		0.75		0.75		0.75
Köldbryggor, W/K	10.0		0.0		0.0	
Totalt U*A, W/K	50.9		0.0		0.0	

PROCESSENERGI	kWh/dygn: Vardagar	Lördag	Söndag	kWh/år
Behov av tappvarmvatten	12.15	12.15	12.15	4435
Gratisvärme (personvärme mm)	3.58	3.58	3.58	1307
Elprocesser som inte ger värme	3.00	3.00	3.00	1095
Elprocesser som ger värme	12.01	12.01	12.01	4384
Pumpar/fläktar för värmedistr.	----	----	----	150
El till ventilation (Årsmedelbehov = 0.90 kW/m ³ /s)				392
Tillförd elenergi (drivenergi) till värmepumpsystemet				3818

DRIFTDATA FÖR VÄRMEANLÄGGNINGEN.

Nr 1312 - Sid 2

Basenergi: Värmepump, oppv. og varmvatten
 Dist: Vattenradiatorer. Termostater i rum. Ingen effektstyrning
 Värmepumpen producerar både tappvarmvatten og oppvärmingsenergi.
 Tillsatsenergi: Eltillsats i värmepump
 Dist: Vattenradiatorer. Termostater i rum. Ingen effektstyrning
 Gemensam värmeproduktion. Gemensamt värmedistributionsystem.

	Basenergi	Tillsats
Förbränningsverkningsgrad, %	100	100
Värmeförluster från panna e dyl, kW	0.100	0.100
Varav utnyttjat värmetillskott, kWh/år	570	0
Värmedistributionsförluster, W/K (*)	4.470	4.470
Värmerogleringsförluster, W/K (*)	4.470	4.470
(*) /K avser temperaturdifferensen mellan värmebärare og rumsluft		
Produktionstimmar/Uppvärmningstimmar	8760/4992	0/ 0
Årsverkningsgrad/Täckningsgrad, %	92/100	0/ 0
Dim. framledningstemperatur 55°C. Distrib.pumpar/fläktar		0.030 kW

VENTILATIONSDATA

	Lägenhet	Zon 2	Zon 3
Typ av ventilasjon	FVP	-----	-----
Vent.volym, m ³ (Fukt, g/kg)	357(0)	0(0)	0(0)
Effekt, kW/m ³ /s (% varme)	0.900(0)	0.000(0)	0.000(0)
Luftläckning, m ³ /h(oms/h)	20.1(0.06)	0.0(0.00)	0.0(0.00)
Mån/fredag: Rumstemp, °C	22.0	0.0	0.0
Basflöde, m ³ /h * h/dygn	179.0*24.0	0.0* 0.0	0.0* 0.0
Forcerat, m ³ /h * h/dygn	0.0* 0.0	0.0* 0.0	0.0* 0.0
Dygnsmedel m ³ /h(oms/h)	179.0(0.50)	0.0(0.00)	0.0(0.00)
Lördagar: Rumstemp, °C	22.0	0.0	0.0
Basflöde, m ³ /h * h/dygn	179.0*24.0	0.0* 0.0	0.0* 0.0
Forcerat, m ³ /h * h/dygn	0.0* 0.0	0.0* 0.0	0.0* 0.0
Dygnsmedel m ³ /h(oms/h)	179.0(0.50)	0.0(0.00)	0.0(0.00)
Söndagar: Rumstemp, °C	22.0	0.0	0.0
Basflöde, m ³ /h * h/dygn	179.0*24.0	0.0* 0.0	0.0* 0.0
Forcerat, m ³ /h * h/dygn	0.0* 0.0	0.0* 0.0	0.0* 0.0
Dygnsmedel m ³ /h(oms/h)	179.0(0.50)	0.0(0.00)	0.0(0.00)
Kanalförlust, frånluft (K=tempdiff över kanalvägg)		9 m, 0.24 W/m, K	
Kanalförlust, tilluft med högst rumstemperatur		0 m, 0.00 W/m, K	
Kanalförlust, värmd tilluft i luftvärmesystem		0 m, 0.00 W/m, K	
Kanalförlusten i FTX-systemet har beräknats till		0 kWh/år.	

VÄRMEPUMP:F750 179 m³/h 55 GradC i framl 179 m³/h

Utetemperatur:	-15.00	-7.00	2.00	7.00	15.00
Värmeeffekt, kW:	4.31	3.31	2.22	1.72	1.70
Driveffekt, kW:	1.80	1.13	0.60	0.44	0.49
Lägsta avlufttemp 0°C. Lägsta utetemp	0.0°C.	Högsta d:o	0.0°C		
Årsvärmefaktor= Avgivet/Drivel	12311/	3818 =	3.22.	Red.fakt	1.00

VÄRMEBEHOV UNDER KALENDERÅRET (kWh) Nr 1312 - Sid 3

Må- nad	Uppv dgr	Trans- mission	Vent.+ Läckn.	Vent.- v.växl	Utnyttj.värme Sol Process	Uppv.- behov	Uppv.+ tappvv	
Jan	31	1130	+1508	0	-314	-646=	1679	2055
Feb	28	967	+1291	0	-352	-583=	1323	1663
Mar	31	889	+1186	0	-507	-644=	925	1301
Apr	29	662	+883	0	-618	-619=	307	672
Maj	0	439	+586	0	-746	-279=	0	377
Jun	0	236	+315	0	-550	0=	0	364
Jul	0	168	+224	0	-392	0=	0	377
Aug	0	228	+305	0	-531	-1=	0	377
Sep	0	371	+495	0	-571	-296=	0	364
Okt	28	575	+768	0	-458	-638=	247	623
Nov	30	733	+979	0	-340	-624=	749	1113
Dec	31	904	+1207	0	-298	-646=	1168	1544
År	208	7303	9746	0	-5676	-4977	6397	10831

Summor= 6060 8088 0 -2813 -4446 för oppv.period.
Uppvärmningsperiod: Utetemp= -1.239 °C, 113976°h (Året 143622°h).

TILLFÖRD ENERGI UNDER KALENDERÅRET (kWh)

Må- nad	Energi från VP Nyttig	Tillsatsenergi Förlust	Drivel till VP	Fläkt /Pump	Köpt värme	Proc.+ hush.el		
Jan	2055	+217	+0	+0	+820	+56=	876	465
Feb	1663	+185	+0	+0	+636	+50=	686	420
Mar	1301	+169	+0	+0	+449	+56=	505	465
Apr	672	+124	+0	+0	+213	+53=	266	450
Maj	377	+74	+0	+0	+122	+33=	155	465
Jun	364	+72	+0	+0	+127	+32=	159	450
Jul	377	+74	+0	+0	+135	+33=	168	465
Aug	377	+74	+0	+0	+132	+33=	165	465
Sep	364	+72	+0	+0	+120	+32=	152	450
Okt	623	+106	+0	+0	+190	+53=	244	465
Nov	1113	+139	+0	+0	+346	+54=	399	450
Dec	1544	+172	+0	+0	+529	+56=	585	465
År	10831	1480	0	0	3818	542	4360	5479

Dim. värmeeffekter (DUT = -18.2 °C. Tidskonstant = 128 h)

Tappvarmvatten, om dygnets hela behov ackumuleras	0.51 kW
Transmission, ventilation och luftläckning	4.78 kW
Utnyttjad gratis effekt	-0.87 kW
Förluster i varmesystemet	0.40 kW

Totalt effektbehov (dygnsmedeleffekt) 4.81 kW

Vid forc. ventilation ökar effektbehovet momentant med 0.00 kW, utöver den ovan redovisade dygnsmedeleffekten. Medeleffekten avgör avsvälning under en lång period med dimensionerande utetemperatur.

Den tappvarmvatteneffekt som redovisas är den effekt som krävs för att producera dygnets behov under 24 timmar. Verkligt installerad effekt måste väljas högre mht tappningscykel och beredarens volym.

JÄMFÖRELSE MED BBRs REFERENSBYGGNAD (*) Nr 1312 - Sid 4

Byggnadens behov av varmeenergi i kWh/år:	BBR- byggnad	Verkelig byggnad
Transmissionsförluster och luftläckning (1)	12330	8257
Ventilationsförluster, styrd luftväxl. (2)	+8484	+8793
Återvunnen varmeenergi i FTX-aggregat (3)	-4242	+0
Förluster i från- og tilluftskanaler (4)	+0	+0
Utnyttj. varmetilskott från prosesser (5)	-4922	-4977
Utnyttj. varme från solinstråling (6)	-5636	-5676
Behov av varmvatten vid tappställen (7)	+4482	+4435
Byggnadens nettobehov av varmeenergi (8)	10496	10831
Extra fläktenergi till FTX-aggregat (9)	-----	-44
Besparing med varmepump (10)	-----	-8493
Nettobehov enligt Boverkets handbok (11)	10496	2295

 * Nettovarmebehovet er 8200 kWh lavere en i ref.byggnaden. *
 * Byggnadens varmemeförlust, beräknat enl BBR er $F_{s,akt} = 0.116$. *
 * $F_{s,krav} = 0.227$ W/m²,K. Högsta tillåtna $F_{s,gräns} = 0.296$ W/m²,K. *
 * Behov av varmeenergi og varmemeförlust oppfyller BBRs krav! *

Tillförd energi till varme- og ventilationssystemet i kWh/år:

Nettobehov av bas- og tillsatsenergi (12)	10496	10831
Varmedistributions- og regl.förluster (13)	+1473	+1480
Basenergi producerad med varmepump (14)	-11969	-12311
Tillförd drivel till varmepump (15)	+11969	+3818
Tillförd el till ventilationssystemet (16)	+436	+392
El till varmedistrib.fläktar/-pumpar (17)	+148	+150
Köpt energi till varme/ventilation (18)	12553	4360
Prosesser. Hushålls- og fastighetsel (19)	+5478	+5479
Nettobesparing av effektivare vitvarer (20)	+0	-904
Byggnadens totala behov av kjøpt energi (21)	18031	8935
Totalt behov av kjøpt energi for virkelig byggnad	kWh/år	kWh/m ²
Varmepump, oppv. og varmvatten	0	0
Eltilsats i varmepump	0	0
Drivel till varmepump	3818	26
El till fläktar og pumpar	542	4
Prosesser. Hushålls- og fastighetsel	5479	37
Nettobesparing av effektivare vitvarer	-904	-6
Summa for kalenderåret	8935	60

- (*) BBR-byggnaden er en eksakt kopiering av den virkelige, forutom att:
1. Om effektiv varmeanvendning kreves minskes ventilationsförlusterna med 50 % utan att elbehov ökas. Annars F-ventilation.
 2. Byggnadens U-värden er valda så att varmemeförlusten alltid blir eksakt 0.227 (=F_{s,krav}) beräknat enligt BBRs regler.
 3. Lufttätheten er 0,8 l/m²/s for bostäder og 1,6 for lokaler.
 4. Brukarberoende data väljs enligt "Byggnaders varmeenergibehov"

REDOVISNING AV ENERGIKOSTNADER

Nr 1312 - Sid 5

Objekt: Rekkehus totalt 4 st F750
149 m2 for varje f750. Oslo

Beräknat 2012-01-30 av Roger Johnsson, 0430-73042
Indatafil: u:\Folders\Rogerj\Enorm\NORGEJ~1\REKKEH~2.EN

Taxefördelningar	Taxa 1	Taxa 2	Taxa 3	Taxa 4	Taxa 5
Årsbehov, kWh	Priser i kr/kwh och energibehov i kWh/period				
Basenergi	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
kWh/år: 0	0	0	0	0	0
Tillsatsenergi	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
kWh/år: 0	0	0	0	0	0
El till fläktar/pumpar	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
kWh/år: 542	542	0	0	0	0
Drivel till värmepump	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
kWh/år: 3818	3818	0	0	0	0
Processer. Hush.el	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
kWh/år: 5479	5479	0	0	0	0
Summa kWh:	9839	0	0	0	0
Summa kr:	9839	0	0	0	0

Valda energipriser	Taxa 1	Taxa 2	Taxa 3	Taxa 4	Taxa 5
Fom månad-tom månad	Jan-Dec	-----	-----	-----	-----
Från Kl. till Kl.	0 - 24	0 - 0	0 - 0	0 - 0	0 - 0
Dygn under veckan	Alla	Alla	Alla	Alla	Alla
(E) Elenergi	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(F) Fjärrvärme	0.750	0.000	0.000	0.000	0.000
(L) Olja	1.200	0.000	0.000	0.000	0.000
(B) Fastbränsle	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000
(G) Gas	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(1) Annat 1	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(2) Annat 2	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Energipris anges i kr/köpt kWh. (För bränslen kr/kWh värmeinhåll)

Rörliga energikostnader	kWh/år	kr/år
Värmepump, uppv. och varmvatten	0	0
Eltillsats i värmepump	0	-0
Drivel till värmepump	3818	3818
El till fläktar och pumpar	542	542
Processer. Hushålls- och fastighetsel	5479	5479
Nettobesparing av effektivare vitvaror	-904	-904
Årssummor (Medelpris 1.00 kr/kWh)	8935	8935

PRISTILBUD SOLFANGER FOR UTSIKTEN

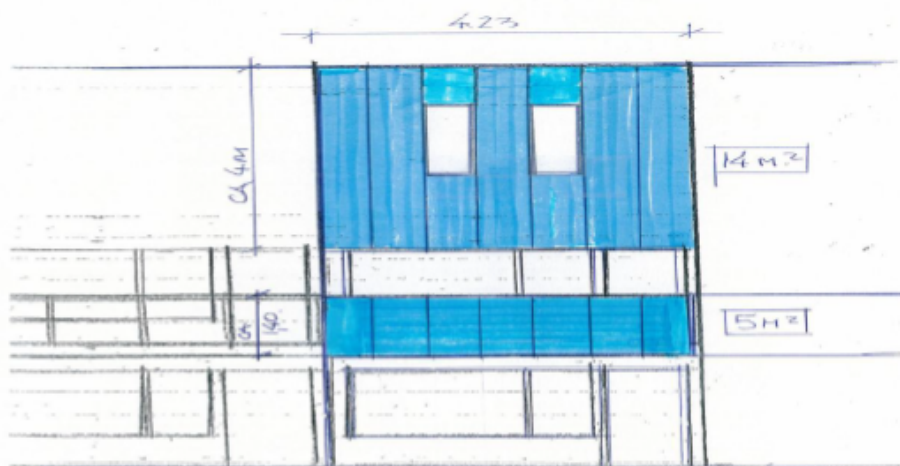
**Pris Estimert Solfanger Utsikten, Lier**

Under følger revidert pris estimat for solfanger anlegg for 4 passivhus boliger i rekke på Utsikten i Lier. Alle prisene er i norske kr og eksklusive moms. Prisene under inkluderer ikke rørdeler mellom solfanger og varmesentral, montering, eller frakt fra fabrikk i Holmestrand. Ettersom anlegget ikke er fullt prosjektert og avklart enda tas det forbehold om at dette prisestimatet har en presisjon på +/- 20%.

Solfanger på tak

AventaSolar solfangeren er framstilt for integrasjon i tak eller fasade. Det betyr at om den skal plasseres på et tak, eller som vindusavskjerminger, må det bygges et stativ eller lignende med en hel bakplate som solfangeren kan festes til. AventaSolar solfangeren leveres i standardlengdene 2.05 m, 2.50 m, 3.0 m, 3.50 m, 4.0 m, 5.0 m og 5.8 m. Modulbredden er 60 cm. Solfangeren monteres stående med ønsket helningsvinkel som vist på figur under.

Prisen for 76 m² solfanger fordelt på 2 felt på ca 5 m² og ca 14 m² klar for fasade montering i henholdsvis 2. og 3 etasje er 121 600 kr eks moms for alle fire passivhus i rekke. Dette tilsvarer en pris på 30 400 per bolig eks moms. Se vedlagt illustrasjon under for mer detaljer.



aventa solar

Prisen gjelder komplett solfanger med manifold og bak-isolasjon, men ikke platen som solfangeren skal festes til. Denne platen burde være av tre.

AventaSolar solfangeren skal operere med rent vann som varmebærende medium og skal ikke settes under trykk. Tilkoplingen til varmesentral er direkte (uten varmeveksler) og skal utformes slik at vannet dreneres ut av solfanger og røranlegg når det ikke er solenergi å høste. Dette gir fullverdig beskyttelse både mot frost og koking.



Montering av solfanger på takoppbygg

Varmesentral for solfanger på tak

Det angitte solfangerareal vil ikke kreve mer enn en 800 liter varmesentral per bolig.

Prisen på 4 stk. isolerte tanker på 800 liter hver med 96 liters innertank er 128 000 kr. Inkludert i prisen er alt som trengs av pumper, styring, varmeelement for elektrisitet samt andre relevante komponenter.

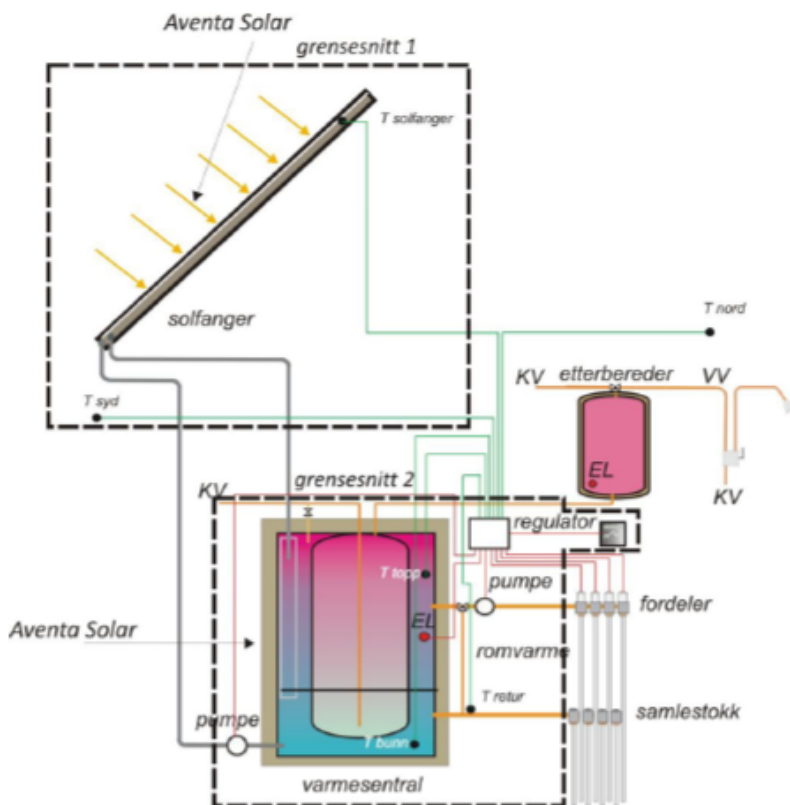
Prisen på solfanger og varmesentral for 4 rekkehus med tilhørende teknikk blir da totalt 249 600 kr eks moms, eller 62 400 kr per bolig eks moms.

På grunn av det enkle innfestingssystemet er monteringen av selve solfangeren en meget rask og rimelig operasjon.

Røranlegget mellom solfanger og varmesentral kan gjøres meget enkelt, men kostnaden vil selvsagt avhenge av hvordan solfanger og varmesentral er plassert i forhold til hverandre og den innbyrdes avstand.

aventa solar

Vi antar at solfangeren kan utformes slik at den erstatter annen veggkledning. Medtas den eventuelle besparelsen og sannsynlig tilskudd fra ENOVA på 10 000 kr, burde de viste anleggene gi en god lønnsomhet. Figuren under viser utstyr medtatt dette tilbudet i bokser med stiplede linjer.



Garanti

For mekaniske og varmetekniske produkter gjelder en garanti på 5 år fra kjøpsdato mot fabrikkfeil. For elektroniske produkter og innkjøpte komponenter som pumper og ventiler er garantitiden 2 år. Skadete komponenter vil bli reparert eller erstattet med nye. Garantien omfatter ikke installasjons- og transportkostnader.

Garantien bortfaller dersom feil og mangler skyldes feilaktig montering eller bruk, jmf. monteringsveiledninger/ driftsmanualer.

Varighet

Dette tilbudet gjelder frem til 1.6.2012.

3-D ILLUSTRASJON AV UTSIKTEN



BEREGNING AV FORNYBARANDEL – AVTREKKSVARMEPUMPE

Fra SIMIEN: Energibudsjett: [kWh]	31433
Romoppvarming [kWh]	7557
Ventilasjonsoppvarming [kWh]	2656
Tappevann [kWh]	21220
 Ventilasjonsenergi uten gj.v. [kWh]	26513 Energi for å varme opp ventilasjonsluft gitt aggregat uten gjenvinning
Årsvarmefaktor for VP gjenvinning	3,5
Årsvarmefaktor for VP romoppvarming	3,5
Årsvarmefaktor for VP tappevann	3
Energidekningsgrad tappevann med VP	95 %

	Ventilasjonsaggregat med roterende gjenvinner. Elektrisk romoppvarming og tappevannsoppvarming		Avtrekkvarmepumpe med avtrekksventilasjon. Elektrisk tilleggsvarme		
	Bruk	Gjenvunnet	Bruk	Gjenvunnet/fornybar	Levert
Ventilasjonsluft	26 513		26 513		
Energi gjenvunnet med roterende gjenvinner		23 857			
Energi gjenvunnet ventilasjon med avtrekkvarmepumpe			6 816	17 041	23 857
Energi for ettervarme ventilasjon	2 656		759	1 897	2 656
Romoppvarming	7 557		2 159	5 398	7 557
Elektrisk energi til tappevann	21 220		1 061		1 061
Energi til tappevann med avtrekkvarmepumpe			6 720	13 439	20 159
SUM	31 433		17 515	20 734	55 290

Energi avgis via romoppvarmingssystem

5% av varmtvann direkte el

95% av varmtvann med VP

Total levert energi med avtrekkvarmepumpe

Differanse for levert energi til huset totalt

-13 918 44 %

Avtrekkvarmepumpen bruker 44 % mindre energi sammenlignet med ventilasjonsaggregat med roterende gj.v. og elektrisk energi til oppvarming og tappevann.

Sum av varmepumpens energibruk og gjenvunnet/fornybar energi	10 699	20 734	31 433	Eksklusiv gjenvinning ventilasjon
Andel gjenvunnet/fornybar energi i forhold til total energibruk	31 433		20 734	66 %
Krav til fornybar energi (50 % av tappevann)		21 220	50 %	10 610
Andel gjenvunnet/fornybar energi i forhold til krav	10 610		20 734	195 %

Fornybarandel i følge TEK 10 for varmepumper, er besparelsen + bruk av elektrisk drivenergi som ikke benyttes direkte.