



UNIVERSITETET I AGDER



Husbanken

Kurs i planlegging og bygging av passivhus

Grunnlagsmateriale for nettbasert kurs



Magne Våge, Harald Marrable, Jan Burgold,
Henrik Kofoed Nielsen

Universitetet i Agder, Fakultet for teknologi og realfag
2009

PASSIVHUS

UTVIKLING AV KURS FOR HUSBANKEN

OVERSIKT, KAPITTELINNDELING

Kapittel nr.	Tema
	Innledning
1.	Standarder og regelverk:
1.1	TEK07 og NS 3031, prNS 3700
1.2	prNS 3700
1.3	PHPP2007
2.	Klimaskallet:
2.1	Regulerings- og bebyggelsesplan
2.2	Valg av tomt og plassering av huset på tomta
2.3	Hustype, (forhold som påvirker energibruken)
2.4	Byggtekniske detaljer (med vekt på tetthet og kuldebroer)
3.	Byggeprosessen
4.	Tekniske løsninger:
4.1	Innledning
4.2	Systemer for rom- og tappevannsoppvarming
4.3	Ventilasjon
4.4	Varmegjenvinning
4.5	Belysning
4.6	Styring og visualisering av energibruk
5	Innemiljø
6	Fremtidens løsninger:
6.1	Innledning
6.1.1	Fasader
6.1.2	Styringssystemer
6.1.3	Autonome systemer for strøm/varme
7	Eksempelbygg: (Vessøya)
8	Eksempler fra diverse passivhus-prosjekt

1. STANDARDER OG REGELVERK

1.1 TEK 07 OG NS3031

1.1.1 Definisjoner [5]

- **Energibudsjett:** beskriver hvordan byggets samlede energibehov fordeler seg på energipostersom romoppvarming, kjøling, varmtvann, elektriskutstyr, belysning, m.m.
- **Energirammer:** Forskriftens § 8-21 b gir maksimumsgrenser for bygningers samlede netto energibehov. Grensene omtales som forskriftens energirammer.
- **Energiltak:** Forskriftens § 8-21 a gir oppstilling av energiltak som kan utføres for å oppfylle energibestemmelsene i forskriften. Energiltakene kan sammenlignes med preaksepterte løsninger.
- **Fjernvarme:** Varmeenergi som oppstår ved sentral forbrenning av avfall eller andre brennbare fraksjoner. Varmeenergien føres til bygninger, gjerne som varmtvann, og benyttes til å dekke bygningens varmebehov. Tilknytningsplikt til fjernvarmeanlegg vedtas i kommunestyret i den enkelte kommune, der konsesjon er gitt etter energiloven.
- **Lokal kjøling:** Behovsstyrt fjerning av varme fra definert sone/rom. Lokal kjøling omtales også som (lokal) romkjøling, for eksempel i NS 3031.
- **Minstekrav:** omfatter absolutte minimumsnivåer til isolasjonsevne for yttervegg, tak, gulv, vindu (maksimumskrav til U-verdier). Minstekravene gis som gjennomsnittsverdi for bygningsdelene i bygningen. I tillegg omfattes maksimumsverdier for bygningens lufttetthet av minstekravene.
- **Netto energibehov:** skal beregnes etter NS 3031 og omfatter byggets samlede energibehov, fordelt på alle energipostene i en bygning. Virkningsgrad i varmesystem regnes ikke inn når byggets netto energibehov beregnes.
- **Netto varmebehov:** omfatter byggets netto energibehov for romoppvarming (inkludert oppvarming av ventilasjonsluft) og varmtvann.
- **NS 3031:** Norsk Standard 3031 – Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data er basert på europeiske standarder og beskriver hvordan en bygnings energibehov skal beregnes.
- **Omfordeling:** Energiltakene i forskriftens § 8- 21 a beskriver hvordan energibestemmelsene i TEK enkelt kan oppfylles. Det er imidlertid tillatt å omfordele mellom tiltakene, det vil si gjøre én del bedre og en annen dårligere, så lenge byggets energibehov ikke øker. Dette vises ved å beregne byggets varmetapstall iht. NS 3031.
- **Oppvarmet bruksareal:** omfatter alle bruksarealer som tilføres varme fra byggets varmesystemog som er omsluttet av byggets klimaskjerm. Oppvarmet bruksareal beregnes etter måleverdige deler etter regler gitt i NS 3940 og baseres på bruksareal (BRA). For eksempel vil alle rom for varig opphold inkluderes i bygningens oppvarmede areal. Nærmere definisjon er gitt i NS 3031.
- **Oppvarmet luftvolum:** Oppvarmet luftvolum skal beregnes som nettovolum etter NS 3940 og omfatter nettovolum av en bygning beregnet innenfor dens innvendige, omsluttende flater. Volum opptatt av innvendige etasjeskillere og skillevegger skal ikke tas med ved beregning av oppvarmet luftvolum. Nettovolum er produktet av nettoarealet og høyden mellom gulvets overkant og underkant av overliggende dekkekonstruksjon eller nedforet himling.
- **Spesifikt energibehov:** Beregnes som bygningers netto energibehov delt på bygningens oppvarmede bruksareal.
- **Småhus:** Inkluderer eneboliger, to- til firemannsboliger og rekkehus.

- **Varmetransportkoeffisienten:** Summen av varmetap på grunn av transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon (W/K). Beregnes i henhold til NS 3031.
- **Varmetapstallet:** Varmetransportkoeffisienten delt på oppvarmet bruksareal (W/m²K). Beregnes i henhold til NS 3031.
- **Varmetapsramme:** Maksimal tillatt ramme for varmetap i henhold til krav gitt i forskriftens § 8- 21 a (energitiltaksmodellen). Varmetapsrammen beregnes som varmetransportkoeffisienten og/eller varmetapstallet for bygningen i henhold til NS 3031. Varmetransportkoeffisienten eller varmetapstallet for bygningen, basert på faktisk utforming, skal ikke være høyere enn varmetapsrammen.

1.1.2 Energitiltak og energirammer [5]

For dokumentasjon av bygningers energieffektivitet, i henhold til forskriftskravene, kan to alternative metoder benyttes:

- a. Energitiltak (kapittel 2.1)
- b. Energirammer (kapittel 2.2)

I tillegg stilles minstekrav til varmeisolasjon (maksimumskrav til U-verdier) og lufttetthet (kapittel 2.3). Fritidsbolig og boliger med laftede yttervegger reguleres kun gjennom egne minstekrav (kapittel 2.4). Forskriften inneholder også bestemmelser i forhold til byggets energiforsyning til varmeformål (kapittel 2.5).

Forskriften gjelder for oppvarmet bruksareal, definert etter NS 3031.

Energitiltak

Energikravene i TEK § 8-21 kan enklest oppfylles ved å følge listen over energitiltak.

Gjennomføres alle tiltakene er energikravene i § 8-21 oppfylt og beregninger er unødvendig.

☒ Moderat glass, vindus- og dørareal:	maksimalt 20% av oppvarmet BRA
☒ U-verdi yttervegg:	0,18 W/ m ² K
☒ U-verdi tak:	0,13 W/ m ² K
☒ U-verdi gulv på grunn:	0,15 W/ m ² K
☒ U-verdi glass/vindu/dør:	1,2 W/ m ² K
☒ Normalisert kuldebroverdi:	0,03 W/ m ² K for småhus 0,06 W/ m ² K for andre kategorier
☒ Lufttetthet:	2,5 oms/h ved 50 Pa trykkforskjell for småhus 1,5 oms/h ved 50 Pa trykkforskjell øvrige bygg
☒ Varmegjennvinning av ventilasjonsluft:	70%
☒ SFP-faktor:	2,5 kW/(m ³ /s) for bolig 2,0/1,0 kW/(m ³ /s) (dag/natt) for næringsbygg
☒ Solkontroll eller andre tiltak for å unngå lokalkjøling	
☒ Temperaturstyring	

Tabell 1.1 Sammenligning av Teknisk forskrift TEK 1997 og TEK 2007

Energiltak	TEK 97	Revisjon TEK 2007
Samlet glass- vindus- og dørareal	20 % av bygningens bruksareal	20 % av bygningens bruksareal
U-verdi yttervegg	0,22 W/m ² K (20 cm isolasjon)	0,18 W/m ² K (25 cm isolasjon)
U-verdi tak	0,15 W/m ² K (25 - 30 cm isolasjon)	0,13 W/m ² K (30 - 35 cm isolasjon)
U-verdi gulv på grunn og mot det fri	0,15 W/m ² K (20 EPS isolasjon)	0,15 W/m ² K (20 - 25 cm EPS og kantisolasjon)
Gjennomsnittlig U-verdi for glass, vindu og dører	1,6 W/m ² K (2-lags vinduer)	1,2 W/m ² K (2-lags vinduer med lavemisjonsbelegg, gassfylling og isolert karm)
U-verdi glassvegger og glasstak	2,0 W/m ² K	Faller bort – samme krav som for vindu
Kuldebroer	Inkludert i U-verdien for bygningsdelene	0,03 W/m ² K for småhus 0,06 W/m ² K for andre bygg
Tetthet	4.0 luftvekslinger per time (småhus) 3.0 luftvekslinger per time (andre bygg inntil to etasjer) 1,5 luftvekslinger per time (andre bygg over to etasjer)	1,5 luftvekslinger per time 2,5 luftvekslinger per time for småhus.
Varmegjenvinning av ventilasjonsluft	60 %	70 %
Spesifikk effekt i ventilasjonsvifte (SFP)	Ingen krav	2,0 / 1,0 kW/m ³ s (dag/natt) i næringsbygg 2,5 KW/m ³ s i boliger
Kjøling	Minst mulig kjølebehov	Lokalkjøling skal unngås
Temperaturstyring	Ingen krav	Natt og helgesenkning av innetemperatur til 19 grader (17 grader for idrettsbygg)

Energirammer

• Småhus	125 + $\frac{1600}{\text{kvm oppvarmet BRA}}$
• Boligblokk	120
• Barnehager	150
• Kontorbygg	165
• Skolebygg	135
• Universitet / høyskole	180
• Sykehus	325
• Sykehjem	235
• Hoteller	240
• Idrettsbygg	185
• Forretningsbygg	235
• Kulturbygg	180
• Lett industri / verksteder	185

Tabell 1.2 Energirammen for småhus avhenger av oppvarmet areal (Statens Byggtekniske etat

Energirammen for småhus avhenger av oppvarmet areal

Oppvarmet areal småhus (m ²)	Forskriftskrav (kWh/m ²)	Energiramme (kWh/m ²)
100	$125 + \frac{1600}{\text{oppvarmetBRA}}$	141
150		136
200		133
250		131
300		130

Kontrollberegninger

NS 3031 inneholder:

- beregningsmetode
- tabell over bruksavhengige data ("låste" inndata)
- klimadata

Minstekrav

☒ U-verdi yttervegg	0,22 W/ m ² K
☒ U-verdi tak	0,18 W/ m ² K
☒ U-verdi gulv på grunn	0,18 W/ m ² K
☒ U-verdi vindu/dør	1,6 W/ m ² K
☒ Lufttetthet	3,0 oms/h ved 50 Pa trykkforskjell

Bruksområde for NS 3031

1. Dokumentere bygningers netto energibehov opp mot energirammer i teknisk forskrift (TEK);

- Dokumentere bygningers varmetap ved omfordeling av energiltak gitt i TEK
- Dokumentere teoretisk energibehov i energimerkeordningen av bygninger;
- Optimalisere energibehovet til en ny bygning ved å bruke metoden på alternative løsninger;
- Vurdere effekten av mulige energiltak på eksisterende bygninger ved å beregne energibehovet med og uten energiltak;
- Nasjonale regler for beregning av bygningers samlede energibehov i et energibudsjett
- Gir regler for beregning av varmetransportkoeffisienten og varmetapstallet som benyttes ved omfordeling mellom energiltak gitt i TEK
- Bruker reglene og metodene der de finnes i de europeiske standardene
- Begrenses til å detaljbeskrive månedsberegning, men åpner for forenklede timesberegninger og andre validerte beregningsmetoder
- Egnet for dataverktøy, eventuelt regneark for månedsberegninger
- Gir regler for rapport (skjema for inndata i beregningene + energibudsjett)

Beregning av varmetapsramme (Etter NS 3031)

Ved beregning av varmetapsrammen legges et vindus- og dørareal tilsvarende 20 % av oppvarmet bruksareal til grunn. Alle U-verdier, lekkasjetall, kuldebroverdi og temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner settes i henhold til kravnivået

Transmisjonsvarmetap gjennom klimaskjermen beregnes som:

$$H_D = \Sigma(U_i \cdot A_i) + \Psi'' \cdot A_R \text{ (W/K)}$$

hvor

U_i er gjennomsnittlig U-verdi for bygningsdelen (W/m²K)

A_i er arealet for bygningsdelen (m²)

" er normalisert kuldebroverdi ut fra byggets oppvarmede bruksareal (W/m²K)

A_R er oppvarmet bruksareal.

Varmetap på grunn av infiltrasjon beregnes som:

$$H_{inf} = 0,33 \cdot n_{inf} \cdot V \text{ (W/K)}$$

hvor

n_{inf} er antall luftskifter på grunn av infiltrasjon (h⁻¹)

V er oppvarmet luftvolum (m³), beregnet etter NS 3031.

Varmetap på grunn av ventilasjon beregnes som:

$$H_v = 0,33 \cdot \dot{V} (1 - \eta) \text{ (W/K)}$$

hvor

\dot{V} er ventilasjonsluftmengde per time (m³/h)

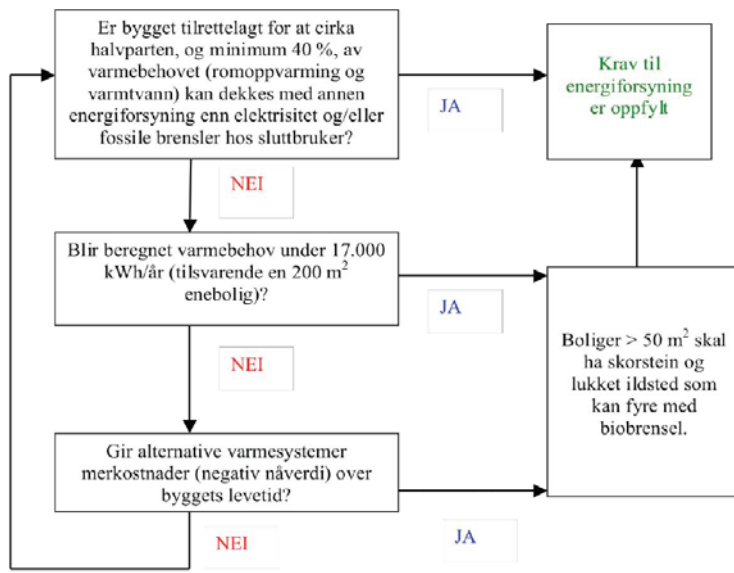
er gjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad over året for varmegjenvinner (%). Verdi oppgis mellom 0 og 1, dvs. 70 % utgjør 0,70.

Figur 1.1 NS 3031 Beregning av varmetapskoeffisient for transmisjon, ventilasjon og infiltrasjon

Tabell 1.3 Eksempel på beregning av varmetapstall for et småhus

Varmetapsramme for eneboligen i henhold til TEK	Areal (m ²)	U-verdi/ kuldebroverdi (W/m ² K)	H ₀ (W/K)	Luftmengde, V (m ³ /h)	Virkningsgrad varmegjenvinner (%)	H _v , H _i (W/K)	Varmetapsramme (W/K)
Vinduer	30	1,2	36,4				36,4
Dører	2	1,2	2,4				2,4
Yttervegger, netto areal	150	0,18	27,0				27,0
Gulv på grunn	80	0,15	12,0				12,0
Tak	80	0,13	10,4				10,4
Kuldebroer (m ² areal oppgis i oppvarmet BRA)	160	0,03	4,8				4,8
Infiltrasjon				66		22,0	22,0
Ventilasjon				182	70	18,0	18,0
Samlet varmetransportkoeffisient							133,0
Varmetapstallet W/m ² K (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal)							0,83

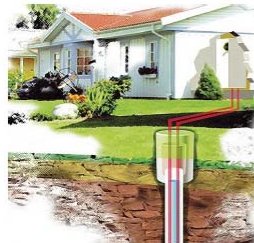
Praktisk håndtering



Figur 1.2 Mal for praktisk håndtering av forskriften

Krav til energiforsyning

- Bygning skal prosjekteres og utføres slik at **en vesentlig** del av varmebehovet kan dekkes med annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler hos sluttbruker.
 - REN veiledning: Vesentlig = minst 40 %



Varmepumpe



Solceller



Pelletskamin for kombinert vann- og luftoppvarming



Kombinert pellets og sol (Energy cabin)



Vedovn



Fjernvarme



Solfangeranlegg (Bravida)



Biokjel, for kombinasjon med solfangeranlegg

Figur 1.3 Alternativ for energiforsyning fra Fornybar energi (Kilde: Sintef)

1.2 prNS 3700 KRITERIER FOR LAVENERGI OG PASSIVHUS - BOLIGBYGNINGER (FORSLAG TIL NY STANDARD)

Kilde: [2] og Lexow, Standard Norge

Bakgrunn for den nye standarden:

- Soria Moria'-erklæringen (2005): Det skal utarbeides nye byggforskrifter som gjør lavenergiboliger til standard...
- Klimaforliket (2008): ...det skal vurderes å innføre krav om passiv husstandard for alle nybygg innen 2020.

Initiativet til dette standardiseringsarbeidet er fremkommet fra Enova, Husbanken og SINTEF Byggforsk.

Det er behov for en Norsk Standard for lavenergi- og passivhus fordi:

- begrepene er ikke definert og gis ulikt innhold
- begrepet brukes som politisk målsetting
- begrepene brukes i søknader til Enova og Husbanken
- bruken av begrepene er økende i byggebransjen
- bruken av begrepene er økende i media
- myndighetene ønsker å påvirke etterspørselen av boliger med lavt energibehov

Formål: utvikle en standard med kriterier for lavenergi- og passivhus i nordisk klima

Omfang: skal inneholde definerte krav til energibehov, beregningskriterier, kriterier for sertifisering og krav til dokumentasjon

Bruk: skal ha praktisk nytte ved planlegging, bygging og evaluering av boliger med lavt energibehov og bruk av fornybare energikilder

Standarden må være harmonisert med byggeforskrifter, energimerkeordning og eksisterende standarder

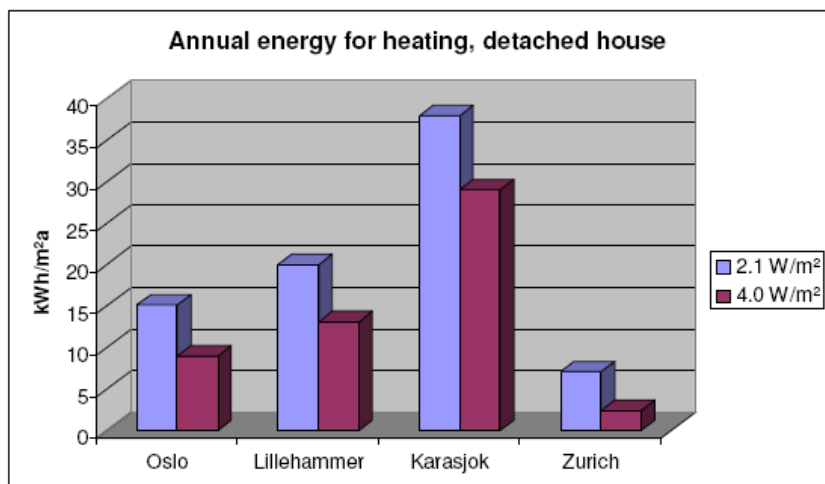
Standardens omfang:

- Definisjoner
- Krav til energiramme, varmetapstall, CO₂- utslipp og andel fornybar energi
- krav til bygningsdeler, komponenter og produkter
- prøvingsprosedyrer og målemetoder
- sluttkontroll ved ferdigstilling
- sertifisering – energimerking

Standarden skal omfatte alle ledd fra prosjektering, utførelse og ferdigstilling

Et av kriteriene som er viktig å standardisere er interne varmetilskudd (apparater, personer og belysning) fordi dette påvirker byggets oppvarmingsbehov (mindreinterne varmetilskudd gir større varmebehov. Dette vises tydelig på figur 2.1, som også illustrerer hvordan varmebehovet varierer med byggets lokalisering

Relasjon mellom klima og internt varmetilskudd for frittliggende bolig



Figur 1.4 Sammenhengen mellom lokalisering, internlast og oppvarmingsbehov for en enebolig Kilde Lexow standard Norge

Tabell 1.4 Interne varmetilskudd eksklusiv personer, i henhold til NS 3031 (Tabell A.2)

	Belysning		Utstyr		Varmtvann	
	W/m ²	kWh/m ² år	W/m ²	kWh/m ² år	W/m ²	kWh/m ² år
Småhus	2,9	17	4	23	5,1	30
Summen ≈ 12 [W/m ²]						

I følge tabell 1.4 ser vi at det totale varmetilskudd eksklusiv personvarme er ca 7 W/m² (ekklusiv varmtvann) i følge NS 3031. Tar vi med 1,5 W/m² for personvarme blir totale varmetilskudd ca 8,5 W/m².

I tabell 1,5 viser at interne varmetilskudd som beregnet i henhold til prNS 3700 bare er 4 W/m². Dette har en god del å si for boligens oppvarmingsbehov.

Tabell 1.5 Interne varmetilskudd inklusiv personer i henhold til prNS 3700

	Effektbehov (gjennomsnitt pr. døgn) W/m ²	Årlig energibehov kWh/(m ² ·år)	Varmetilskudd W/m ²
Belysning	1,3	11,4	1,3
Utstyr	2,0	17,5	1,2
Varmtvann	3,4	30	0
Personer	-	-	1,5
Sum	-	59	4,0

Eksempel 1.1

Energisimulering for å vise forskjellen i oppvarmingsbehov, avhengig av husets geografiske beliggenhet. Simuleringen er utført med programmet SCIAQ av SINTEF (Dokka, Andresen).

- 4 boligtyper:
 1. Liten frittliggende bolig, 160 m² BRA
 2. Stor frittliggende bolig, 200 m² BRA
 3. 2-etasjer rekkehus med 5 boenheter, 109 m² BRA
 4. 3-etasjer boligblokk med 14 leiligheter, 80 m² BRA
- 4 klimasoner:

Tabell 1.6 Klimadata for eksempelet

	Oslo	Stavanger	Lilehammer	Karasjok
Midlere årstemperatur °C	5,7	7,4	3,3	-2,5
Dim vinter temperatur °C	- 17,6	- 8,1	-8,1	-43,4
Årlig horisontal solstråling W/m ²	112	87	106	79

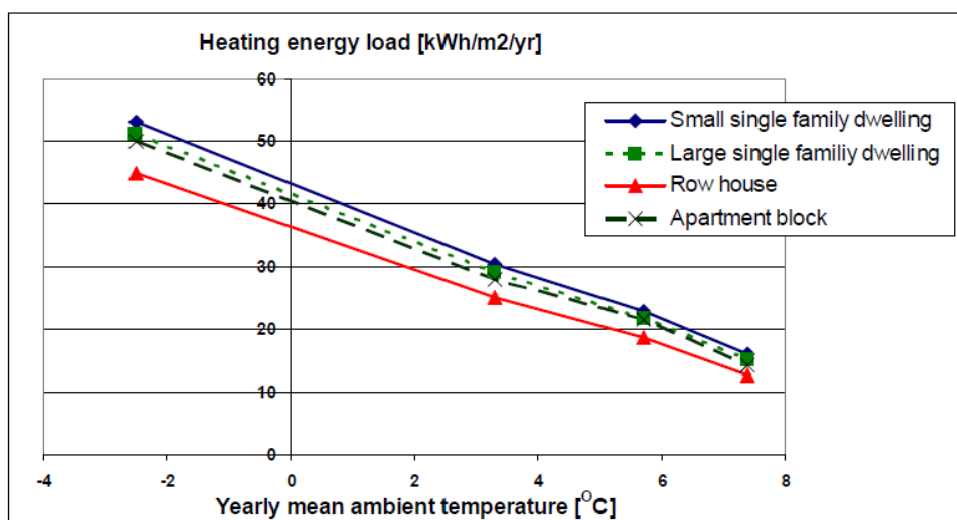
Tabell 1.7 Innndata for beregningen

Ventilasjon, luftvekslinger	Bygg 1, 2 og 3: 1,2 m ³ /m ² h Bygg 4: 1,7 m ³ /m ² h
Temperaturøkning over vifter i ventilasjonsanlegg	0,6 °C (0,37 · SFP)
Setpunkt for minimum innvendig temperatur	20 °C
Internlast	4 W/m ² for energiberegning 3 W/m ² for effektberegning
Luft lekkasjetall N ₅₀	0,6 luftvekslinger pr. time
ttervegger, hovedfasade	U = 0,10 W/m ² K (≈400 mm isolasjon)
Yttervegger, gavl	U = 0,10 W/m ² K (≈400 mm isolasjon)
Tak	U = 0,10 W/m ² K (≈400 mm isolasjon)
Gulv på grunn	U = 0,10 W/m ² K (≈300 mm isolasjon)
Vinduer og dører	U = 0,85 W/m ² K (g = 0,46)
Varmeveksler effektivitet	η = 0,75
Kuldebroer, normalisert pr BRA	0,015 W/m ² K

Tabell 1.8. resultat av beregning av energi og effektbehov

	Oslo		Stavanger		Lillehammer		Karasjok	
	Energi behov kWh/m ² a	Effekt behov W/m ²	Energi behov kWh/m ² a	Effekt behov W/m ²	Energi behov kWh/m ² a	Effekt behov W/m ²	Energi behov kWh/m ² a	Effekt behov W/m ²
Hus kategori 1	22,9	16,2	16	11,9	30,4	22,3	53,2	29,7
Hus kategori 2	21,7	15,6	15,1	11,4	29,0	21,5	51,1	28,7
Hus kategori 3	18,5	14,0	12,6	10,2	25,0	19,7	45,0	26,2
Hus kategori 4	21,5	14,5	14,2	10,6	28,0	20,8	50,1	27,2

Årlig varmebehov som funksjon av årlig middeltemperatur



Figur 1.5 varmebehov som funksjon av årsmiddeltemperatur for fire ulike bygg

Konklusjon fra eksempelet/analysen

- Det er ikke mulig for noen av boligtypene å overholde kravet på 15 kWh/m²a i det kaldeste klimaet (Karasjok) og ikke for frittliggende boliger i innlandsklima i Lillehammer med realistiske konstruksjoner
- Pga problemet med frysing så er det ikke realistisk å oppnå en temperaturirkningsgrad på varmegjenvinneren over 85% med dagens teknologi
- Isolasjonstykkelse over 550 mm vil neppe bli akseptert i markedet
- Basert på forholdet mellom årlig varmebehov, årsmiddeltemperatur og oppvarmet BRA så kan følgende krav benyttes:

Passivhus	Høyeste netto energibehov til oppvarming kWh/m ² a	
	$\theta_{ym} \geq 5^{\circ}C$	$\theta_{ym} < 5^{\circ}C$
	$15 + 3 \cdot \frac{200 - A_{fl}}{100}$	$15 + 3 \cdot \frac{200 - A_{fl}}{100} + 3 \cdot (5 - \theta_{ym})$
	15	$15 + 3 \cdot (5 - \theta_{ym})$

Standard for lavenergi- og passivhus i kaldt klima

- Krav til maksimalt energibehov for romvarme, ventilasjonsvarme og varmtvann og CO₂-utslipp beregnes etter metoden i NS 3031 med supplerende inndata fra passivhusstandarden
- Beregning utføres med lokalt klima
- Maksimalt normalisert varmetapstall (transmisjon, ventilasjon og infiltrasjon)
- Krav til kuldebroer, komponenter og utstyr
- Prøvningsmetoder ved ferdigstillelse som lekkasjeprøving (NS-EN 13829) og termografi (NS-EN 13187)
- Grunnlag for sertifisering og energimerke

Krav til varmetapstall

Tabell 1.9 Høyeste varmetapstall, H''

	Varmetapstallet H'' W/m ² K
Lavenergiboliger	0,65
Passivhus	0,50

Tabell 1.10 Minstekrav til bygningsdeler og komponenter

Egenskap	Lavenergihus	Passivhus
U-verdi, yttervegg	≤ 0,18 W/m ² K	≤ 0,15 W/m ² K
U-verdi, gulv	≤ 0,13 W/m ² K	≤ 0,13 W/m ² K
U-verdi, tak	≤ 0,15 W/m ² K	≤ 0,15 W/m ² K
U-verdi, vindu	≤ 1,2 W/m ² K	≤ 0,80 W/m ² K
U-verdi, dør	≤ 1,2 W/m ² K	≤ 0,80 W/m ² K
Normalisert kuldebroverdi ψ^n	≤ 0,04 W/m ² K	≤ 0,03 W/m ² K
Virkningsgrad varmegjenvinner η_T	≥ 70 %	≥ 80 %
SFP-faktor	≤ 2,0 kW/(m ³ /s)	≤ 1,5 kW/(m ³ /s)
Lekkasjetall n_{50}	≤ 1,0 h ⁻¹	≤ 0,6 h ⁻¹

Yttervegg	$\leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	ca. 20 cm isolasjon
Tak	$\leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	ca. 25 cm isolasjon
Gulv	$\leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	ca. 15 - 20 cm
Vindu	$\leq 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	2-lags m/ argon, belegg – samlet for totalt glassareal
Lekkasjetall	$\leq 3,0 \text{ h}^{-1}$	NS-EN 13829

Krav til CO₂ utslipp i følge [3]:

Alternativ A:

[3] For lavenergiboliger og passivhus settes det enten krav til høyeste CO₂-utslipp pr. år eller til at det er installert et varmesystem for bruk av fornybar energi.

Høyeste samlede spesifikke CO₂ utslipp pr. år skal ikke overskride verdiene i tabell 4.1

Høyeste samlede CO₂ utslipp beregnes ved å multiplisere totalt levert energi med CO₂ faktorene for energivarene, som gitt i tabell 4.2.

Beregninger av totalt levert energi skal gjøres i henhold til NS 3031

Alternativ B:

Mengden levert fornybar energi skal minst tilsvare boligens netto energibehov. til romoppvarming, ventilasjon og varmtvann, multiplisert med prosentandelen fra tabell 4.2. Netto energibehov til romoppvarming, ventilasjon og varmtvann defineres som varmebehov. Andelen av energivarene som defineres som fornybar energi er gitt i tabell

Oppvarming omfatter både energi til varmeanlegg (romoppvarming) og eventuelt varmebatteri i ventilasjonsanlegget.

Tabell 4.1 Krav til høyeste samlede spesifikke CO₂ – utslipp eller krav til minste andel fornybar energi for å dekke bygningens varmebehov - [3] Tabell 7

	Alternativ A Høyeste samlede spes. CO₂-utslipp per år kg/m²år	Alternativ B Prosentandel av varmebehov
Lavenergihus	35	15 %
Passivhus	25	30 %

Tabell 4.2 CO₂ faktorer for energivarer. Tabellen angir CO₂-faktorer for å beregne høyeste CO₂-utslipp i henhold til tabell 4.1- [3] TabellA.1

Levert energivare	C₂-faktor g/kWh
Biobrensel	14
Fjernvarme	231
gas (fossil)	211
Olje	284
Elektrisitet fra kraftnettet	395

Tabell 4.3 Andel fornybar energi knyttet til energivarer som blir levert til bygningens varmesystem. Verdiene gjelder kun for lavenergiboliger og passivhus etter denne standarden i påvente av overordnede nasjonale verdier og metoder –[3] Tabell A.2

Levert energivare	Andel fornybar energi
Biobrensel (flis, pellets)	100 %
Fjernvarme ^a	45 %
Gass	0 %
Olje	0 %
Elektrisitet fra kraftnettet ^b	0 %
^a Verdien er basert på en gjennomsnittsverdi for større fjernvarmenett i Norge. Der det brukes en større andel fornybar energi, kan det legges til grunn andre verdier hvis dette dokumenteres ^b Verdien er basert på en betraktning der en marginal økning i krafttetterspørselen blir dekket av kraft produsert fra fossile brenslere	

1.3 PASSIVEHAUS PLANNING PACKAGE 2007 (PHPP 2007)

Passivhuskonseptets viktigste kriterier (www.passiv.no)

- Årlig behov for romoppvarming og forvarming av ventilasjonsluft skal ikke overstige 15 kWh/m²år
- Maksimalt effektbehov til romoppvarming og forvarming av ventilasjonsluft skal ikke overstige 10 W/m²
- Passiv utnyttelse av sol ved at mye av vindusarealet vender mot sør .
- Så kompakt bygningskropp som mulig,
- Superisolert bygningskropp, med U-verdier under 0.15 W/m²K for gulv, vegg og tak
- Kuldebrofrie ytterkonstruksjoner, med kuldebroverdi under 0.01 W/mK (regnet med utvendig areal).
- Superisolerte vinduer, med total U-verdi for vindu og ramme lik eller under 0.80 W/m²K.
- En klimaskjerm med minimerte luftlekkasjer, med et lekkasjetall (n_{50}) under 0.6 oms/t (ca. 7 ganger bedre enn dagens norske forskriftskrav).
- Balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning, med virkningsgrad på minst 80 %. Vifteeffekten, uttrykt ved SFP må være lav, minst < 1.5 kW/m³/s
- Energieffektive hvitevarer og belysning (A-merkede produkter), for å minimere behovet for elektrisitet.
- En vesentlig andel av varmebehovet til tappevann og romoppvarming dekkes ofte av kompakte varmepumpeenheter som tar varme fra avtrekksluften, og/eller termiske solfangere.

- Det lave resterende energibehovet (elektrisitet og termisk behov) kan dekkes av lokalt produsert fornybar energi (solceller, vindmøller, biobrenselkjel, eller lignende)

1.4 HENVISNINGER:

- [1] Wolfgang Feist. Passive House Planning Package 2007. Requirement for Quality Approved Passive Houses
- [2] prNS 3700 Kriterier for lavenergi – og passivhus- Boligbygginger.
- [3] Norsk Standard NS 3031:2007 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data
- [4] Teknisk forskrift til Plan og Bygningsloven, TEK 2007
- [5] HHO-1/2007, ISSN 0802-9598O-1/2007 Temaveiledning, Energi. Statens Byggetekniske Etat

KAPITTEL 2.1

REGULERINGS- OG BEBYGGELSESPLAN.

For definisjon av regulerings- og bebyggelsesplan mm henvises til publikasjoner som fåes på:

<http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/veiledninger>

Når det gjelder planlegging i forhold til klima henvises til:

Husbanken: "Vind og vær" utgitt nov. 1996

Miljøverdep: Klima og luftmiljø i areal- og bebyggelsesplanlegging

Byggforsk: Håndbok 49, Småhusområder. Bedre bebyggelsesplaner og fortetting med kvalitet. ()

Byggforsk kunnskapssystemer: 321.020 Plassering og utforming av mindre bygninger på værharde steder.

KLIMATILPASSET BYGGING

I alle bygg/boområder spiller klimatilpassing en viktig rolle. Det å sørge for gunstigst mulig klima for de menneskelige aktiviteter og det å ta hensyn til vær og vind slik at bygninger ikke får unødig energitap og værslitasje, er et viktig mål for all byggevirksomhet.

Hva innebærer klimatilpassing? Klimatilpassing av bebyggelse foregår med ulike hensikter og på mange nivå. En kan skille mellom tre hovedmål:

1. Redusere slitasje og skader på bygninger og bygningsdeler.
2. Redusere energitap fra bygningene.
3. Bedre bruksegenskapene til bygningene selv, og til uterom som f. eks. terrasser, hageflekker, inngangspartier, gangveier, lekeplasser, gater, osv.

Dette kan oppnås ved tiltak på ulike nivå:

1. God lokalisering av bebyggelsen.
2. God gruppering av bygningene - i forhold til hverandre, til topografi og til vegetasjon.
3. God orientering av bygninger og grupper av bygninger.
4. God utforming av bygningsvolumene.
5. Gode disposisjoner som organiserer aktiviteter i og rundt bygningene.
6. God utforming av bygningsdeler og konstruksjoner.
7. God detaljering og gode valg av materialer.
8. Godt vedlikehold.

Viktige støttefunksjoner i denne sammenhengen vil være administrativ og organisatorisk oppfølging, skoloring, kontroll, forskrifter og anbefalinger, spesielle finansierings- og forsikringsordninger, osv.

Det er særlig to klimafaktorer (ved siden av solinnstråling) som bør vurderes i passivhus sammenheng; **vind** og **kaldluftstrømmer**. (kaldluft sig).

På alle nivåer; regulering/bebyggelsesplan, tomte disponering og boligutforming må tiltak vurderes som kan kontrollere disse faktorene.

KLIMATILPASSING – SJEKKLISTE

Lokalklima

Lokalklimaet kan beskrives med:

- lokalkunnskap og skjønnsmessig vurdering
- modellforsøk
- målinger og analyser av landskap, vegetasjon og bebyggelse
- klimadata fra meteorologisk målestasjon, justert for lokale variasjoner

Beskrivelsen kan inneholde opplysninger om

- sol, skydekke, nedbør, temperatur
- hovedvindretninger med styrke og hyppighet i kombinasjon med sol, nedbør og temperatur
- årstidsvariasjoner og døgnvariasjoner

Boligfelt og tomt

Dokumentasjonen kan vise:

- planens avgrensning, eksisterende og nye koter kjøreveier, parkering, gang og sykkelveier, felles og private leke- og oppholdsarealer med materialbruk
- bygninger, møneretninger og inngangsforhold
- sol og skygge ved jevndøgn kl. 1500
- snødepot, snøryddingsplan, avrenningsplan kaldluftsdrag, lesoner, sterk vind, turbulenser
- områder med snøfonndannelser, vannoppsamling, avrenning
- eksisterende og planlagt vegetasjon/skjerming
- utsiktsforhold

Viktige forhold

Solvendt/vindbeskyttet lokalisering av: utbyggingsområdet, tomter, felles utearealer, lekeplasser, gang og sykkelveier

Vindskjerming gjennom:

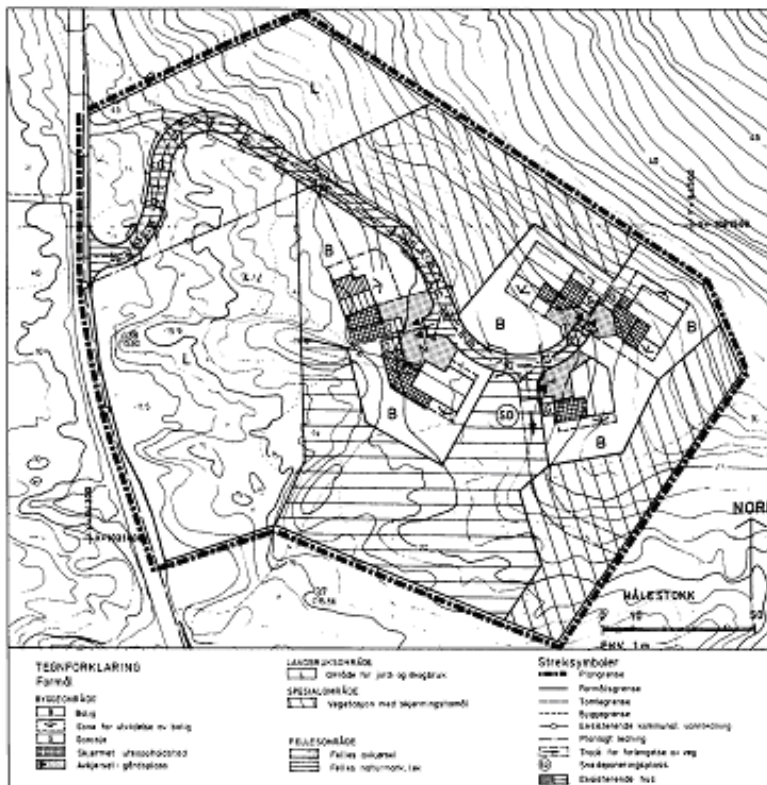
- bevaring eller supplering av vegetasjon
- ny vegetasjon / vindskjermer

Reguleringsbestemmelser som gir forutsetninger for lastberegninger:

- snø (kN/kvm)
- vind (kN/kvm)
- anbefalinger om bygningers høyde, form o.l.

Bygningene (i en bebyggelsesplan)

- samspill med landskap, vegetasjon og bebyggelse for å bedre klimaforholdene
- hovedvindusfasade orientert mot syd
- uteplasser og hager er solvendte/vindskjermede
- inngangspartier er beskyttet mot nedbør/vind



bebyggelsen med skjermende levegger som del av bygningsmassen, og en hestekoformet ytre buffersone av vegetasjon som del av naturlandskapet omkring. Adkomst for boligene er plassert slik at snøblokkering unngås. Snødeponi er lagt til hellende terreng i felles naturmark. Dette er et område som er sørvendt og vil kunne få en rask snøsmelting med naturlig smeltevannsavrenning og infiltrasjon.

Garasjer og gjerder er lagt slik at de sammen med boligen skaper vindskjermete uteterasser. Lav solstilling på denne breddegraden, 67°N, har vært medvirkende til boligens innbyrdes plassering og form.

Den viktigste del av bestemmelsene hvor klima er ivarett, er begrensning i møne-høyde, takform og takvinkel. Dessuten høyde på og materialbruk i gjerder som fungerer som vindskjerm. Det er også stilt krav om at vegetasjonen innenfor "spesialområde klimaverzone" skal bevares og holdes i hevd.

Utdrag av bestemmelser til bebyggelsesplanen

§ 4 SPESIALOMRÅDE

Klimaverzone, vegetasjon med skjermingsformål skal bevares og holdes i hevd slik området ligger idag.

Eksempel på bebyggelseplan

Vindskjerming

Vindskjerming har direkte betydning for muligheten til å spare energi i boligene. Selv om bygningen er utført med anbefalte løsninger for lufttetting, vil vindpåkjenning alltid gi økt varmetap pga. nedkjøling av fasader og utilsiktet infiltrasjon. Størst utslag gir dette i fyringssesongen. I tillegg har vindskjerming stor betydning for trivselen utendørs.

Vindskjerming på bebyggelsesplannivå kan oppnås ved å:

- plassere hus i forhold til hverandre og terrenget, slik at man skaper lune soner
- ta hensyn til vindforhold i utforming av selve bygningskroppen,
- etablere vindskjermer i form av levegger og plantebelter

Solvarme

Passiv solvarme kan utnyttes ved innstråling gjennom vinduer og varmelagring (tunge konstruksjoner). Mulighetene for å utnytte solvarmen passivt i det enkelte huset avhenger for en stor del av utformingen av bygningen. Følgende hensyn er viktige:

- orientere hovedfasaden med store vinduer rett mot sør. Effekten synker til 2/3 ved vridning 90°, dvs. rett mot øst eller vest. Solstrålingsdata for energi- og effektberegninger er gitt i Byggedetaljer 472.411.

- tilnærmet vertikale flater kan utnytte effekten av den lave vintersola. Hus med to etasjer mot sør og en mot nord er gunstig.
- mørke farger gir økt absorpsjon
- slagskygger fra andre bygninger eller tett vegetasjon bør unngås

KAPITTEL 2.2

VALG AV TOMT OG PLASSERING AV HUSET PÅ TOMTA.

Aktuelle publikasjoner/artikler: The Energy Efficient Home (Patrick Waterfield)

Byggforsk kunnskapssystemer:

321.020 Plassering og utforming av mindre bygninger på værharde steder.

330.033 Utforming av arealer mellom veg og inngang på småhustomter

330.043 God boligkvalitet på små tomter

222.220 Planlegging av boliger med lavt energibehov

Statens byggeskikuttvalg: Kunsten å velge riktig hus.

Generelt

Det er sjelden man finner/får en idealtomt. Som oftest vil plassering og utforming av hus være et kompromiss av flere motstridende faktorer. Som en generell regel bør tomten utnyttes slik at trivsels- og bo-funksjonalitet prioriteres fremfor løsninger som optimaliserer rene energiforhold. (Eksempelvis er en kubisk form på huset optimal fra energisynspunkt mens en vinkelform kan skape verdifulle uterom, og er den beste utsikten mot nord bør den tas inn med større vinduer enn det som kanskje er ønskelig fra energisynspunkt.)

Tomteforhold

Studer tomt og omgivelser nøye. Ta hensyn til landskap, nabobebyggelse og terreng. Plasser huset slik at den passer inn i felleplanen. Ta vare på de kvalitetene tomten har i planlegging av hage/uteareal. Huset bør tilpasses tomten og ikke omvendt.

Faktorer i en normal tomte vurdering:

- gode adkomstforhold
- skjermet uteplass
- lek og spill
- hage (plen/blomster/grønnsaker)
- oppstillingsplass for bil eller garasje
- eventuell utvidelse av huset
- vegetasjon (skjerming- innsyn, vind mm)

Faktorer ut fra energisynspunkt.

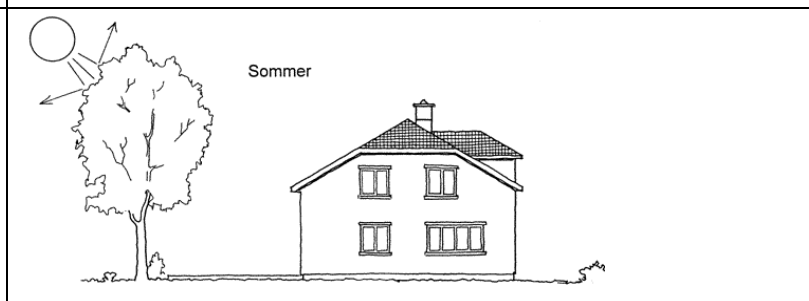
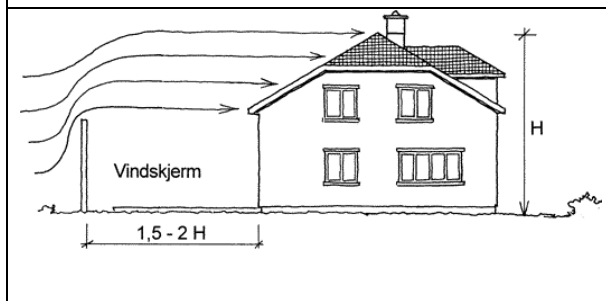
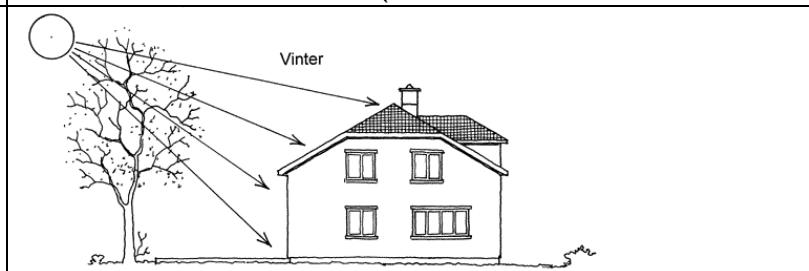
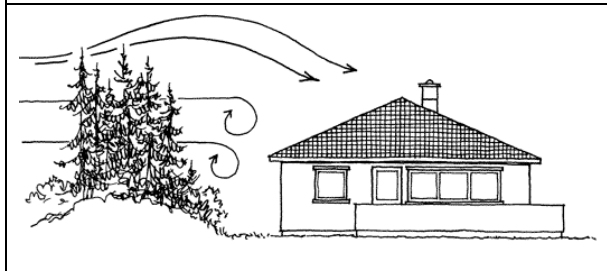
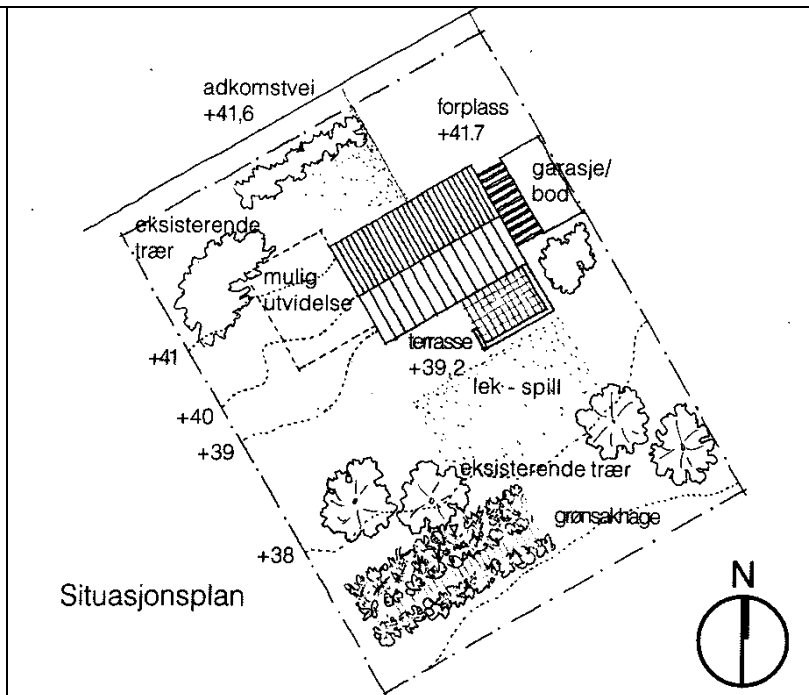
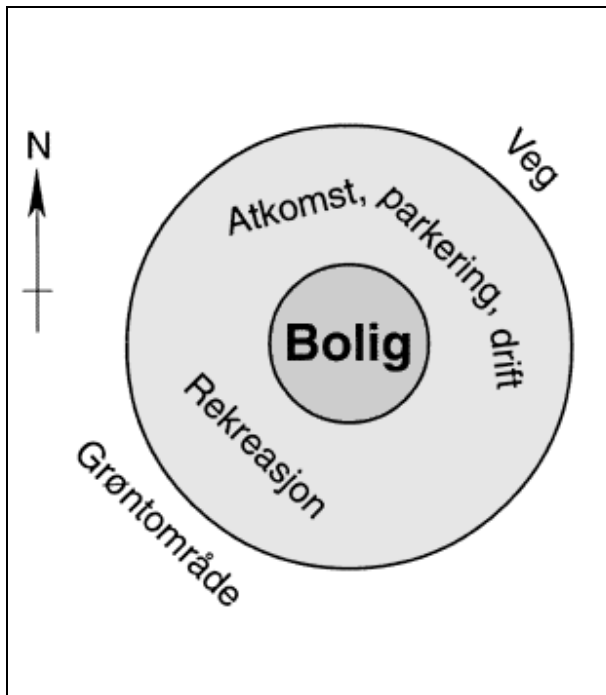
- terreng, vegetasjon i forhold til mikroklima, vindskjerming, kuldedrag.
- sol-retning og høyder.
- vegetasjon/trær i forhold til skyggedannelse sommer.
- tomtegrunn i forhold til jordvarme (nedgravde løsninger, bygning, kanaler, birom mm)

Hovedgrupper av funksjoner

Utearealer i småhusbebyggelse blir grovt sett benyttet til lek, rekreasjon og ulike "driftsfunksjoner" som parkering, lagring, klestørk, plass for søppelbeholder osv. Rekreasjon foregår oftest på hagesiden (solsiden) av huset, mens driftsfunksjonene ligger på atkomstiden.

Egnethet

Hvor egnet utearealene er for de ulike formålene betyr like mye som størrelsen på arealene. Driftsfunksjonene bør derfor legges til de delene av tomten som er minst attraktive til lek og rekreasjon. Det betyr at solrike deler av eiendommen, som oftest sør og vest for boligen, ikke bør benyttes til trafikkformål, se fig. Driftsfunksjonene bør altså plasseres i nordre og/eller østre del av tomten. Det fører også til at inngangen til boligen vender mot nord eller øst, noe som er gunstig for den innvendige planløsningen.



Flater er attraktive

Både driftsfunksjonene og lek/rekreasjon er avhengige av relativt flate arealer. På skrå tomter er det viktig å disponere arealene og bearbeide terrenget slik at begge formålene blir tilgodesett i rimelig grad. Fortrinnsvis bør atkomstvegen være horisontal med tomter på nedsiden. Der atkomstvegen går på tvers av kotene, bør tomten være smale, dype og følge kotene, eller brede og grunnere slik at de kan terraseres.

Arealøkonomi

Avkjørsel, biloppstilling, ev. snuplass, lagerplass og andre driftsfunksjoner bør plasseres slik at de opptar minst mulig areal. Tomtearealet er i de aller fleste tilfellene begrenset, og man ønsker seg som oftest mest mulig areal til rekreasjon og lek. Snørydding blir også enklere med mindre areal til avkjørsel, biloppstilling og snuplass.

Utbygningsformer

Mange nye småhusområder blir stykket ut i tomter som er i minste laget for eneboliger (400–800 m²). Når enebolig, innkjørsel, biloppstilling osv. har fått sitt, er det lite egnet areal igjen til uteopphold, og avstanden til naboene er liten og privatarealet eksponert. Da bør det vurderes andre løsninger enn frittliggende eneboliger.

Bygningstyper

Frittliggende eneboliger har minst 8 m fri avstand til nabohus, og kan ha vinduer i alle fire yttervegger.

Tettstilte eneboliger (fri avstand til nabohus mindre enn 8 m) kan av brannhensyn ha vanlige vinduer bare på tre yttervegger.

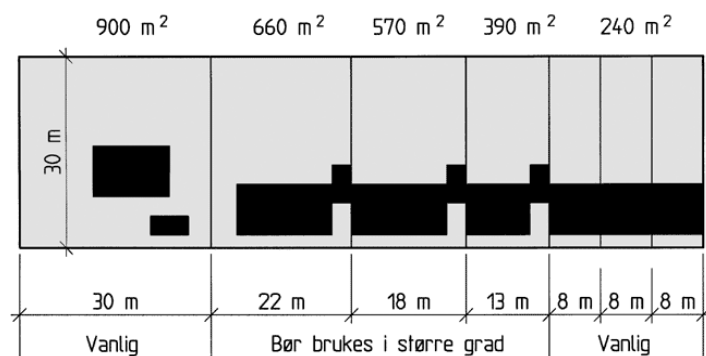
Kjedehus har vinduer i to (tre) vegger og er bygd sammen med et mellombygg (garasje, boder, overdekket uteareal e.l.).

Rekkehus har vinduer i to (tre) vegger og er bygd sammen ved at boligene har felles vegg.

Store rekkehus, kjedehus og tettstilte eneboliger

Det går an å bygge store rekkehus og kjedehus (over 120 m² bruttoareal) på mindre tomter (400–800 m²) uten å gi slipp på eneboligens kvaliteter både innen- og utendørs. Store rekkehus eller kjedehus kombinerer høy boligstandard med lavt forbruk av tomteareal, på en måte som passer til tomtestørrelsen og graden av utnytting.

Brede rekkehus og kjedehus er gammel byggeskikk, som er representert bl.a. i Kristiansand og på Kongsberg. Typen er i dag ikke vanlig i Norge, men benyttes i stor utstrekning utenfor Skandinavia.



Småhustomter bebygde med boligtyper som passer til tomtestørrelsen

Boligens areal og form (fra energisynspunkt)

Boligens areal. Energibehovet øker med økende areal/volum av boligen, og det desidert mest energi- og ressurseffektive tiltaket er å bygge små boenheter med lite oppvarmet areal pr. husstandsmedlem. Det er derfor viktig at arealene utnyttes best mulig, og at man på den måten bidrar til å begrense boligens størrelse.

Størrelse på ytterflate. En måte å spare energi på har tradisjonelt vært å gjøre ytterflaten minst mulig. Ønsker man et gunstig forhold (minst mulig) mellom ytterflate og volum, kan dette oppnås på to måter:

- sammenbinding av boliger i form av kjede-, rekkehus eller blokker minsker varmetapet fra hver enkelt bolig. Eksempelvis er det spesifikke varmetapet (W/m² golvareal) fra en blokkleilighet beregnet å være ca. 60 – 70 % av varmetapet fra en enebolig på ett plan.
- kubisk form på den enkelte bygningen kan tilstrebes enten det dreier seg om eneboliger, rekkehus eller blokker.

KAPITTEL 2.3

BYGNINGSFORM, HUSTYPE (PLANLEGGING UT FRA ENERGIBRUK)

Aktuelle publikasjoner/artikler:

The Energy Efficient Home (Patrick Waterfield)

Energieffektive boliger for framtiden. (Tor Helge Dokka og Käthe Hermstad.)

Faktor 4 boliger (Tor Helge Dokka, Tore Wigenstad - SINTEF Byggforsk)

222.220 Planlegging av boliger med lavt energibehov (Byggforsk kunnsk.)

222.222 Planlegging av boliger med lavt energibehov. Eksempler (Byggforsk kunnsk.)

Det kan være vanskelig å sette opp generelle entydige regler for utformingen av en energieffektiv bolig som samtidig skal være rimelig å oppføre. Boligen må også vurderes opp mot bruk, trivselskrav, byggeskikk og estetikk.

Man kan planlegge boliger med lavt energibehov ved hjelp av relativt enkle tiltak fra arealplan til tekniske løsninger. Det er imidlertid vanskelig å si noe absolutt om hvilke tiltak som er mest effektive, bl.a. fordi natur- og tomtforhold er ulike fra bolig til bolig.

Generelt

Knapphet på energi og forventet økning av energiprisene gir behov for å redusere energibruken i boligene. Behovet for kjøpt energi (netto energibruk) i boliger kan reduseres på flere forskjellige måter:

- bygge boliger med lite areal/volum pr. husstandsmedlem
- redusere varmetapet gjennom bygningsrelaterte tiltak og varmegjenvinning
- endre bruksvaner
- bruke mer energieffektivt utstyr
- utnytte sol- og jordvarme

Bygningers form har mye å si for hvor energieffektive de er. Jo mer overflate de har i forhold til sitt volum eller oppvarmede gulvareal, dess større vil varmetapet fra bygget være. En kompakt bygning med enkle sammenføyninger gir generelt sett mindre varmetap enn en bygning med komplekst sammensatte volumer i en løsere struktur. Likeledes har arrangeringen av boenheter mye å si for energikostnadene for hver enkelt boenhet. (frittliggende, rekke, blokk)

Boligens areal. Energibehovet øker med økende areal/volum av boligen, energi- og ressurseffektive tiltaket er å bygge små boenheter med lite oppvarmet areal pr. husstandsmedlem. Det er derfor viktig at arealene utnyttes best mulig.

Arealeffektivitet: En plan består grovt sett av rom/soner og sirkulasjon. God utnyttelse av areal, betyr at rommene er fornuftig ”pakket,” (med møbelgrupper, faste skap, senger og benker mm) og planlagt i forhold til sirkulasjon (gangsoner) som bør være så korte som mulig. Man kan også spare plass ved kombinasjonsbruk. F.eks. i stedet for en bod, plassere en skaprekke i en utvidet gang, og i stedet for eget vaskerom, utvide et bad med en skyvefelt foran vaskemaskin osv.

Temperatursoner. Rommene bør organiseres etter hvilke termiske behov de har. Varme rom som stue og kjøkken hvor man ønsker å holde litt høyere temperatur, bør ligge sentralt eller mot sør i boligen for å redusere varmetapet fra disse og for å utnytte varmetilskudd fra solen. Kalde rom, som soverom og innv.boder, bør ligge mot nord. Disse kan også brukes som

bufferzone mellom varme rom og ute, slik at det blir mindre temperaturskjeller på de to sidene av ytterveggen og at overskuddsvarme fra de varme rommene brukes til å varme opp kalde soner.

Kalde boder og garasjer

Generelt bør man ha minst mulig overflateareal direkte eksponert mot kalde flater. Det kan derfor f.eks. være hensiktsmessig å ha kalde boder og garasje som skjerm mot yttervegger, og da spesielt mot nord. Slike uoppvarmede rom kan redusere varmetapet og gi en ekstra vindtetting, særlig på vindutsatte steder.

På den annen side kan kaldrom plasseres i forhold til det isolerte hovedvolumet slik at det dannes skjermete uterom, le- og solkroker mm.

Uoppvarmet glassrom

Et uoppvarmet glassrom er en overgangssone mellom en fullt klimatisert bygning og uteklimaet. Glassrommet beskytter mot nedbør, vind og støy, men har varierende varmekomfort. Lufttemperaturen i et uoppvarmet glassrom vil innstille seg slik at rommet er i varmebalanse: varmetilskudd er lik varmetap. Det er en viktig energimessig forutsetning at slike glassrom er uoppvarmet. Dersom glassrom blir oppvarmet, f.eks. for å forlenge brukstiden, vil det medføre en kraftig økning i energibruken.

Temperatursvingningene i et glassrom i løpet av døgnet kan man dempe noe ved å benytte tunge materialer med stor varmekapasitet og ha mørke farger på gulvet og på veggen mot resten av bygningen. Golv og vegger kan også være et lagringsmedium for varme som skal tilføres boligen.

Installasjoner. Tekniske installasjoner bør ha kortest mulige føringsveier for å redusere energitapet fra kanaler og rør. Å samle de tekniske føringene i en sentral kjerne sparer både lengden på kanalene og sørger for at spillvarme fra installasjonene kan brukes til å varme opp de riktige rommene i boligen. Å samle tekniske installasjoner på ett sted vil også lette vedlikehold og service. Korte og samlede tekniske føringsveier kan også redusere investeringskostnadene til tekniske installasjoner og nødvendige bygningsmessige inngrep.

Solvarme

Passiv solvarme kan utnyttes ved innstråling gjennom vinduer og varmelagring (tunge konstruksjoner). Mulighetene for å utnytte solvarmen passivt i det enkelte huset avhenger for en stor del av utformingen av bygningen. Følgende hensyn er viktige:


- orientere hovedfasaden med store vinduer rett mot sør. Effekten synker til 2/3 ved vridning 90°, dvs. rett mot øst eller vest.
- tilnærmet vertikale flater kan utnytte effekten av den lave vintersola. Hus med to etasjer mot sør og en mot nord er gunstig.
- mørke farger gir økt absorpsjon
- slagskygger fra andre bygninger eller tett vegetasjon bør unngås

Aktiv solvarme kan utnyttes ved å samle varmen via en solfanger for så å bruke et distribusjonsmedium (som regel vann) for lagring og transport av varmen. Tak med solfangere er mest aktuelt i solrike delene av landet. Taket bør ha en sørlig orientering, men avvik opp til 20° betyr lite for energiutbyttet. På grunn av den lave solhøyden i Norge er det generelt gunstig med relativt bratte tak.

Klimaskjerm, Generelt

Energieffektive boliger forutsetter en godt isolert klimaskjerm, dvs. alle ytterkonstruksjoner

som vegger, vinduer, tak, dører og golv. Kravene til varmeisolering i TEK er minimumskrav, og man kan oppnå lavere energiforbruk ved å isolere bedre. Men siden forskriftens krav gir relativt høy isolasjonsstandard, er effekten av ytterligere isolering begrenset.

Konsept	Komponenter	Målepunkt	Årlig energibruk
A Passiv- hus	 Yttervegg: $U = 0.14 \text{ W/m}^2\text{K}$	Oppvarmingsbehov:	15 kWh/m ²
	 Gulv: $U = 0.09 \text{ W/m}^2\text{K}$		
	 Yttertak: $U = 0.09 \text{ W/m}^2\text{K}$	Totalt netto energibehov:	90 kWh/m ²
	 Vinduer: $U = 0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$		
	 Gjenvinning & vifteeffekt: $\eta = 80 \%$, $SFP = 1,5 \text{ kW/m}^2/\text{s}$	Tilført energi:	75 kWh/m ²
	 Tetthet/infiltrasjon: $N50 = 0,6 \text{ oms/t}$ $N = 0,05 \text{ oms/t}$		
	 Lys og utstyr: $Q_{\text{el}} = 14 \text{ kWh/m}^2\text{år}$ $Q_{\text{sol}} = 21 \text{ kWh/m}^2\text{år}$	Vektet tilført energi:	75 kWh/m ²
	 Energiforsyning: 100 % el. til oppvarming 50 % sol til tappev.oppv.		

Krav til klima-skjerm, passivhus

Forskriften gir imidlertid mulighet for redusert varmeisolasjon i enkelte bygningsdeler ved omfordelings- eller energirammeberegninger når man har andre bygningsdeler eller installasjoner som er bedre enn kravene.

Vinduer Transmisjonstap kontra solinnstråling. Ved hjelp av lavemisjonsbelegg og gassfylling kan vinduer nå en U-verdi på omkring 0,8 W/(m²K). Men vinduer er fremdeles en bygningsdel med svært dårlig varmeisolering i forhold til resten av bygningen. Solinnstråling kan til en viss grad kompensere for transmisjonsvarmetapet, og det kan derfor være gunstig å øke vindusarealet mot sør for å utnytte passiv solvarme

Forutsetningen for at dette skal være energimessig gunstig, er at den delen av solinnstrålingen som kan utnyttes, gjør at disse vinduene har en samlet energibalanse som er lik eller bedre enn den veggen de erstatter. Store vindusarealer mot sør vil også føre til et lavere varmetap enn om tilsvarende vinduer var plassert på de øvrige fasadene. Økt tilgang på dagslys vil i tillegg kreve mindre kunstig belysning. Begge disse forholdene kan gjøre at det energimessig kan være gunstig å ha en boligutforming med stor sørfasade. På den andre siden risikerer man overoppheting, og man må derfor vurdere om det trengs tiltak som økt ventilasjon, kjøling eller avskjerming. Stor sørfasade kan dessuten komme i motsetning til en kompakt form.

Det er med andre ord så mange faktorer som spiller inn når man skal vurdere optimalt vindusareal, at man er nødt til å vurdere dette i hvert enkelt tilfelle

Tillegg: Architectural quality of low energy houses

By Michael Lauring

and Rob Marsh,

Aalborg University, Denmark.

Spatiality: How rooms are proportioned and combined.

Make fewer, but bigger rooms.

Make small rooms smaller to make big rooms bigger.

Make long glances possible.

Secure good height of rooms.

Accessibility: How the occupants of the house can access and use the rooms of the house.

Gather related functions.

Reduce the number of levels.

Make sideways passage possible.

Utility: How the rooms of the house can be furnished and used.

Give the housing unit a general utility.

Combine operational space and gangways.

Make furnishing for light-demanding activities possible close to windows.

Let climatic conditions influence the organization of the housing unit.

KAPITTEL 2.4

BYGGETEKNISKE DETALJER

Aktuelle publikasjoner/artikler:

The Energy Efficient Home (Patrick Waterfield)

Energieffektive boliger for fremtiden. (Tor Helge Dokka og Käthe Hermstad.)

Faktor 4 boliger (Tor Helge Dokka, Tore Wigenstad - SINTEF Byggforsk)

Energiltak i småhus: Statens byggetekniske etat.

Byggetekniske detaljer i passivhus er ikke forskjellige fra detaljer i fra "vanlige hus". Tilpasningen består vesentlig i at:

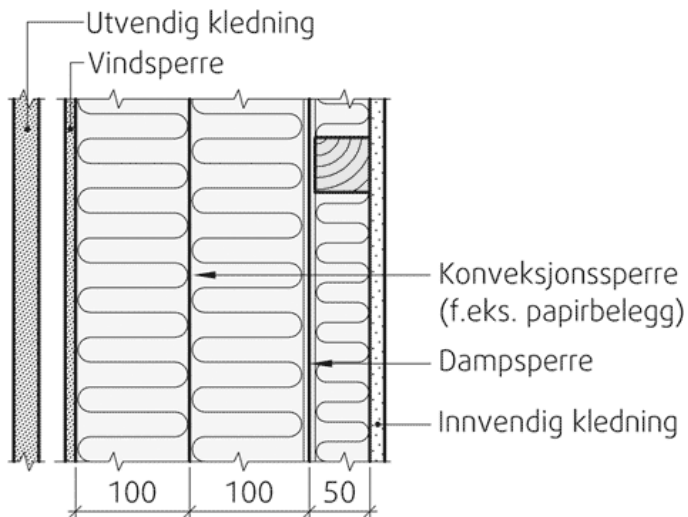
- isolasjonstykkelsen økes
- isolasjonskvaliteten i dører og vinduer optimaliseres.
- Kvaliteten og tettheten på vindsperreskikt skjerpes vesentlig
- Fokus på kuldebroproblematikk.

Kravene som stilles til bygningsdelene

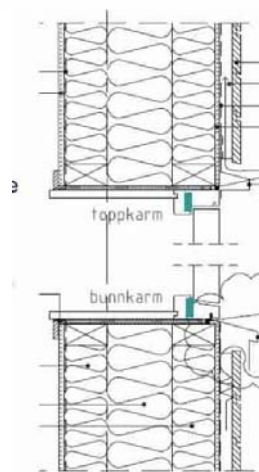
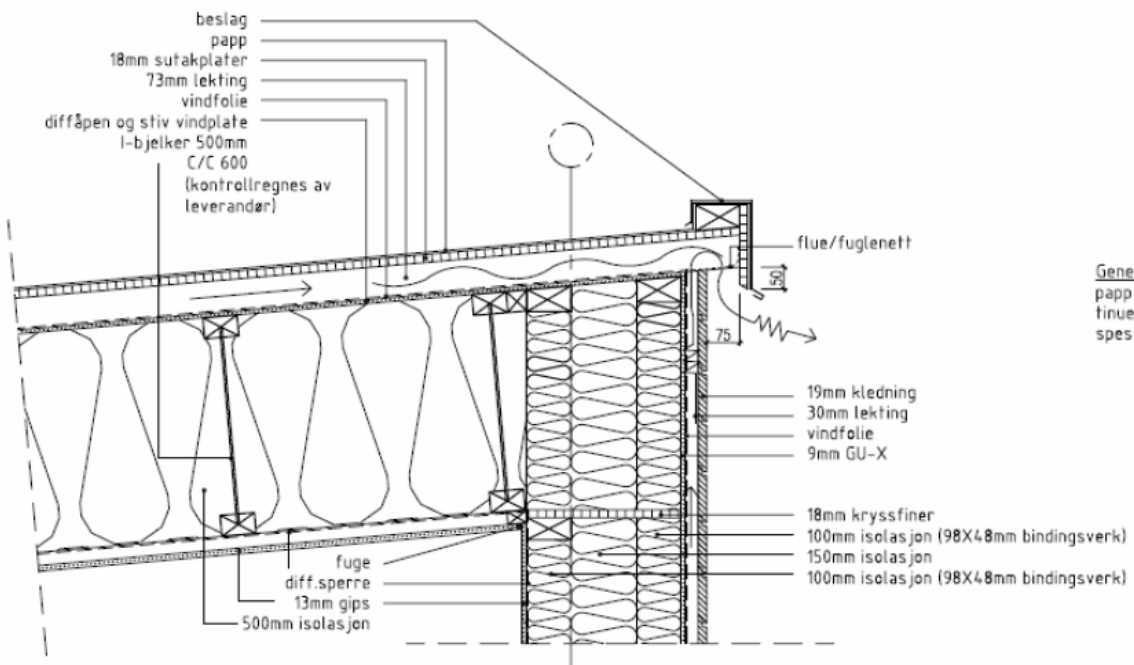
Yttervegg	$U = 0.10 - 0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$	Dobbeltvegg-konstruksjon med 35- 40 cm iso.
Yttertak	$U = 0.08 \text{ W/m}^2\text{K}$	Luftet tretak, med I-profil bjelker, 50 cm iso.
Gulv på grunn	$U = 0.08 \text{ W/m}^2\text{K}$	Kultlag, 350 mm iso, 100-120 mm betong, 14 mm parkett
Vinduer	$U = 0.70-0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$	NorDan N-tech, 3 lags, isolert karm (eller tilsv.)
Dører	$U = 1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$	Beste på det norske markedet
Kuldebroer	$\psi'' < 0.01 \text{ W/m}^2\text{K}$	Gode detaljer.
Tetthet	$N50 < 0.6 \text{ ach}@50 \text{ Pa}$	Kontinuerlig vindsperresjikt, prosjekterte detaljer, god KS byggeprosess.

Isolasjon/bindingsverk Normalt ligger bindingsverkets bæreskikt ytterst. Her ivaretas bæring og avstivning, vindtettingskikt, sløyfer, lekter, utv. kledning mm. Poenget er å få bygget tett og tørt så fort som mulig. Der bæringen ligger innenfor isoleringsskikt (massivtre, mur mm,) bør det være rutiner for å unngå nedfukting av isolasjon) Bindingsverk fylles med isolasjon og nye isolasjonsskikt bygges (fores på) på innside av bærevegg. Dette skjer ved å klosse ut, ved krysslekting eller forskutte stendere, slik at neste isolasjonsskikt dekker stenderne og isolasjonsskjøter i ytterskiktet.

Konveksjonssperre. Ved isolasjonstykkelser på 200 mm og mer øker sirkulasjon av luft (konveksjon) i mineralull vesentlig, selv om tettesjiktene er lufttette. Dette øker varmetapet. For å unngå konveksjon bør isolasjonssjiktet deles opp, for eksempel ved å legge inn en konveksjonssperre (lufttett og dampåpen) midt i isolasjonslaget, se [fig.](#) Rent praktisk kan dette gjøres ved å legge isolasjonen i to sjikt, hvor det ene isolasjonssjiktet er papirbelagt. For passivhus er det gjerne 3 skifts kombinasjoner vanlig (15+15+5cm, 15+10+10cm osv) Vanligvis er innerste sjikt 5 cm og ligger utenpå diffusjonstettingen slik at vann/elektroføringer ikke berører denne.



Eksempel på vegg TEK2007 med konvek-sjonssperre og diffetting flyttet inn 50mm.



Eksempel på 10 + 15 + 10 cm sjikt vegg

Vinduer og dører (Se ovennevnte krav til vinduer og dører) Innsetting: Minimer fugemasse/bunnfylling og skum, bruke mest mulig tapeløsninger og mineralulldytt

Vindsperresjikt.

Dobbel vindtetting.

I ytterveggflater som er utsatt for de største trykkforskjellene, anbefales det dobbel vindtetting, både i form av platekledning og rull-/pappprodukt med klemte skjøter. Her er rull/papp-tetting 5-10 ganger så lufttette som plateprodukter på de store veggflatene, men platekledning er ofte nødvendig for å få god tetting mot betong/mur, gjennomføringer, og rundt vinduer/dører.

Lufttette overganger og hjørner.

Kontinuerlig rull/pappprodukt rundt hjørner og sprang i fasaden er nødvendig. Skjøting bør ikke forekomme på disse punktene.

Lufttett overgang yttervegg-yttertak.

Det beste er å få et kontinuerlig vindtettsjikt over overgangen yttervegg-yttertak. Med utstikkende sperrer eller A-takstolerer med utstikkende overgurt er dette ikke mulig. Her må man tette godt rundt hver sperre, noe som kan gjøres med rull/papp-produkt og klemlister. Alternativt kan man bruke A-takstoler uten sperreutstikk (se fig. 4.12), som gir et kontinuerlig vindtettsjikt, se [10] for mer info.

Lufttetting rundt vinduer/dører.

Prinsippet om dobbel vindtetting bør også brukes her. Det anbefales å bruke bunnfyllingslist + fugemasse som første vindtetting (10-12 mm spalte), og klemt papp/rullprodukt som andre tettingssjikt (se figur 4.13). God dytting rundt vinduer og i eventuelle dype utførelser er viktig (kvalitetssikring er meget viktig). Bruk av ekspanderende fugeskum (polyuretan-skum) for innsetting og tetting rundt vinduer anbefales ikke. Det finnes også andre tettelsesløsninger rundt dører og vinduer som vil kunne gi god lufttetting, hvis håndverksmessig korrekt utført.

Lufttette overganger tre-betong/mur.

Samme prinsipp som rundt vinduer bør brukes her. En 10-12 mm tykk spalte mellom platekledning og betong/mur som fuges bør være første vindtetting Papp/rullprodukt bør klemmes så godt som mulig, men fugemasse er her den primære tettingen.

Lufttette gjennomføringer.

Man i planleggingen av bygget forsøke å redusere antall gjennomføringer i klimaskjermen til et minimum. Disse bør tettes som vinduer m. fugemasse eller ved spesialmansjetter

Som det fremgår av det ovenstående er det to viktige forhold for å oppnå lavt lekkasjetall:

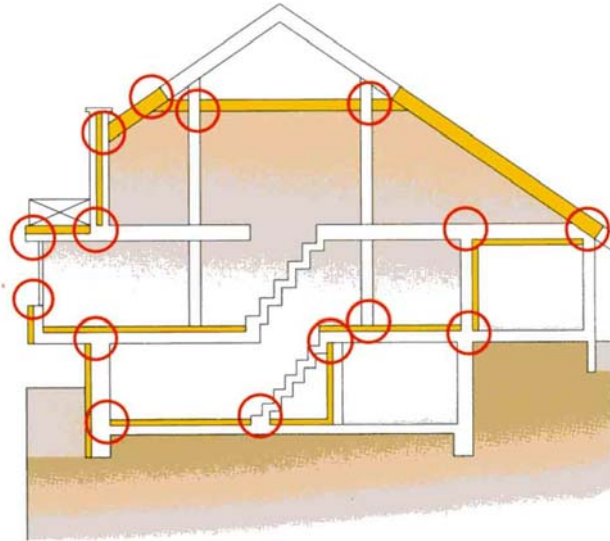
God planlegging (prosjektering) av byggets utforming, detaljer og løsninger er viktig, for å redusere og eliminere problemene allerede på planleggingsstadiet.

God kvalitetssikring på byggeplass og god håndverksmessig utforming av detaljer.

Trykktesting i byggeperioden, når bygget er vindtettet, vil kunne detektere lekkasjepunkter i klimaskjermen, som i de fleste tilfeller relativt enkelt kan bli utbedret. For passivhus (sertifisert av passivhus-instituttet i Darmstadt) er det krav til måling av lekkasjetallet ved ferdigstillelse, som altså må være under 0.6 oms/t.

Kuldebroer

Alle steder der isoleringen avbrytes eller gjennombrytes oppstår kuldebroer. Man definerer også "hel ved" som kuldebro og søker å bryte bindingsverket med isolasjonsskikt (krysslekting eller alternativt I-profiler mm) Uansett bør man minimere tunge bærekonstruksjoner i isolasjonssjiktet.



Indtegn isoleringen med gul, hver gang den gule streg brydes er der mulighed for potentielle kuldebroer.

Den beste måten å lokalisere kuldebroer er å gjennomgå plan, snitt og detaljtegninger for å finne svakheter i utv. isolering. Er det kompliserte overganger bør det redegjøres for i detalj hvordan vindtettingen skal løses.

Liten Oppsummering

- En enkel bygningsform forenkler veldig mye
- God isolering er et must i passivhus, også vinduer og dører
- Minimer tunge bærekonstruksjoner i isolasjonssjiktet
- Kontinuerlig vindsperresjikt er viktig – sekundær tetting i vindsperresjikt
- Minimer fugemasse/bunnf.list og skum, bruke mest mulig tapeløsninger og mineralulldytt
- God planlegging er Meget Viktig – sammen med god KS i byggefase

3. BYGGEPROSESSEN

Å bygge passivhus krever mer fokus på detaljer i planleggingsprosessen enn en ”vanlig” TEK07 - bolig. Et passivhus vil også ha strengere krav til kvalitetssikring i byggeprosessen.

Det må fokuseres på spesielt :

- Konstruksjonsdetaljer som eliminerer kuldebroer
- Fasadeløsninger som muliggjør god vindtetting

Høy kvalitet oppnås primært gjennom dyktige og motiverte handverkere og selvfølgelig gode konstruksjonsmessige løsninger.

Kontroll i form av trykktesting og termofotografering er selvfølgelig også viktig, blant annet for få bekreftet kvaliteten på arbeidet. Dette vil være en viktig motivasjonsfaktor for både ingeniører og handverkere.

Byggekostnadene vil også bli noe høyere for et passivhus, men dette vil sannsynligvis jevne seg ut over tid når lavenergiboliger og passivhus blir etter hvert en etablert standard også i Norge.

[1] Det viktige er å ha en strukturert planleggings- og byggeprosess der målsetningene og kravene som er satt for prosjektet blir tatt hensyn til alt fra førstestrek som arkitekten/planleggeren gjør, til konkret utførelse på byggeplassen. Dvs. at alle ledd fra arkitekten til tømmerlæreren på byggeplassen må ha en god forståelse av målsetningen for bygget, og konsekvensene dette har for planleggings- og byggeprosess.

Gode eksempler fra Østerrike, Sverige og etter hvert Norge viser at man kan planlegge og bygge boliger med meget lavt energibehov uten at de særlig koster mer enn vanlige boliger. Dette er et resultat av god og integrert planlegging, og rasjonelle byggemetoder. Figur 5.1 viser hvordan en slik prosess fra idefase til overtagelse kan foregå, med eksempel på krav til byggets lufttetthet. Kompleksiteten og tidsbruken i ulike faser av planleggingsprosessen vil selvsagt variere mye fra en enkel enebolig til et komplekst stort leilighetskompleks, men alle byggeprosjekter går vanligvis gjennom disse fasene.

I Norge har vi et barskt klima, men vi har allikevel en tradisjon for å plassbygge både boliger og større bygg hele året. Regn og snø vil resultere i at trekonstruksjonen og i noen tilfeller også isolasjonen blir fuktig. Etter at bygget er lukket, er det vanlig å bruke byggtørker for å fjerne fuktighet, men energien som går med til dette vil utgjøre mange års fyring, ja faktisk i noen tilfeller over 20 år. Det er rimelig at dette også tas med i energiregnskapet og da må andre løsninger vurderes for byggeprosessen. I et passivhus må stenderverk, isolasjon, etc. være tørt når veggene lukkes. De ekstremt tykke konstruksjonene vil medføre at innestengt fuktighet ikke vil transporteres ut i samme grad som en tynnere konstruksjon.

Alternative byggeprosesser som eliminerer eller i hvert fall reduserer disse problemene er:

- Å ha telt som dekker byggeplassen (byggetelt)
- Modulbygging (der vegg og takelementer produseres innendørs og bygget kan settes opp i løpet av noen få dager)



Figur 3.1 Montering av veggmoduler (Moelven)



Figur 3.2 Produksjon av moduler (Moelven)



Figur 3.3 Byggetelt



Figur 3.4 Tryktesting (Foto: I. Andresen)

Referanser

[1] Dokka, Hærmstad. Energieffektive boliger for fremtiden

4. TEKNISKE LØSNINGER

4.1 INNLEDNING

For lavenergi og passivhus settes det krav til at levert energi til bygningen skal medføre lavt utslipp av CO₂ og høy anvendelse av fornybar energi. I følge forslaget til Norsk standard for lavenergiboliger og passivhus [3] skal oppvarmingsbehovet være:

For $\theta_{ym} \geq 5^\circ\text{C}$:

$$\text{Energibehov: } 15 + 3 \cdot \frac{200 - A_{fl}}{100} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{år}} \right]$$

For en bolig på 150 m² oppvarmet bruksarea og med $\theta_{ym} \geq 5^\circ\text{C}$, blir årlig energibehov:

$$\text{Energibehov: } 15 + 3 \cdot \frac{200 - 150}{100} = 16,5 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{år}} \right]$$

For $\theta_{ym} \leq 5^\circ\text{C}$

Oppvarmet gulvareal < 200 m²

$$\text{Energibehov: } 15 + 3 \cdot \frac{200 - A_{fl}}{100} + 3 \cdot (5 - \theta_{ym}) \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{år}} \right]$$

For en bolig på 150 m² oppvarmet bruksareal og med $\theta_{ym} = 4^\circ\text{C}$, blir årlig energibehov:

$$\text{Energibehov: } 15 + 3 \cdot \frac{200 - 150}{100} + 3 \cdot (5 - 4) = 19,5 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{år}} \right]$$

Krav til CO₂ utslipp i følge [3]:

Alternativ A:

[3] For lavenergiboliger og passivhus settes det enten krav til høyeste CO₂-utslipp pr. år eller til at det er installert et varmesystem for bruk av fornybar energi.

Høyeste samlede spesifikke CO₂ utslipp pr. år skal ikke overskride verdiene i tabell 4.1

Høyeste samlede CO₂ utslipp beregnes ved å multiplisere totalt levert energi med CO₂ faktorene for energivarene, som gitt i tabell 4.2.

Beregninger av totalt levert energi skal gjøres i henhold til NS 3031

Alternativ B:

Mengden levert fornybar energi skal minst tilsvare boligens netto energibehov. til romoppvarming, ventilasjon og varmtvann, multiplisert med prosentandelen fra tabell 4.2. Netto energibehov til romoppvarming, ventilasjon og varmtvann defineres som varmebehov. Andelen av energivarene som defineres som fornybar energi er gitt i tabell

Oppvarming omfatter både energi til varmeanlegg (romoppvarming) og eventuelt varmebatteri i ventilasjonsanlegget.

Tabell 4.1 Krav til høyeste samlede spesifikke CO₂ – utslipp eller krav til minste andel fornybar energi for å dekke bygningens varmebehov - [3] Tabell 7

	Alternativ A Høyeste samlede spes. CO₂–utslipp per år kg/m²år	Alternativ B Prosentandel av varmebehov
Lavenergihus	35	15 %
Passivhus	25	30 %

Tabell 4.2 CO₂ faktorer for energivarer. Tabellen angir CO₂-faktorer for å beregne høyeste CO₂-utslipp i henhold til tabell 4.1- [3] Tabell A.1

Levert energivare	C₂-faktor g/kWh
Biobrensel	14
Fjernvarme	231
gas (fossil)	211
Olje	284
Elektrisitet fra kraftnettet	395

Tabell 4.3 Andel fornybar energi knyttet til energivarer som blir levert til bygningens varmesystem. Verdiene gjelder kun for lavenergi boliger og passivhus etter denne standarden i påvente av overordnede nasjonale verdier og metoder –[3] Tabell A.2

Levert energivare	Andel fornybar energi
Biobrensel (flis, pellets)	100 %
Fjernvarme ^a	45 %
Gass	0 %
Olje	0 %
Elektrisitet fra kraftnettet ^b	0 %

^a Verdien er basert på en gjennomsnittsverdi for større fjernvarmenett i Norge. Der det brukes en større andel fornybar energi, kan det legges til grunn andre verdier hvis dette dokumenteres

^b Verdien er basert på en betraktning der en marginal økning i kraftteterspørselen blir dekket av kraft produsert fra fossile brensler

Dette innebærer at største delen av varmebehovet til et passivhus må dekkes av fornybar energi. Varmeanlegg basert på fornybar energi er:

- Solvarme
- Varmepumper
- Biobrensel

I Tyskland brukes det ofte gass til å dekke varmebehovet, mens Norge har tradisjon for å bruke elektrisk strøm også til varmeformål. Stadig skjerpede krav til energieffektivisering og reduserte CO₂ utslipp gjør at fossile brennstoffer og elektrisk motstandsvarme blir mindre aktuelt.

I følge [3] skal en regne 30 kWh/m² år til tappevannsoppvarming

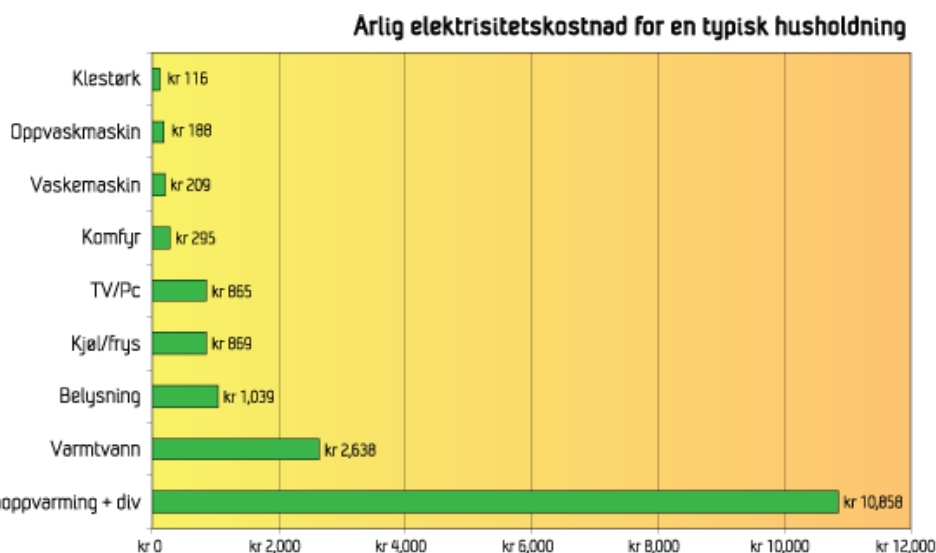
For en bolig på 150 m² og klimasone: $\theta_{ym} \geq 5^\circ\text{C}$ vil varmebehovet til (romoppvarming,

ventilasjon og varmtvann) være: 16,5 + 30 = 46,5 kWh/m² år og ca 7000 kWh/år.

Det er mulig å forvarmet vann til oppvask- og vaskemaskin, noe som vil medføre økt varmebehov og redusert strømforbruk. I følge Remodece [6] utgjør dette ca 400 kWh/år. Varmebehovet skal da dekkes av de alternative varmeløsningene nevnt ovenfor, eller gass.

Romoppvarmingsbehovet kan alternativt dekkes med enkle punktoppvarmingskilder, vannbårne systemer eller ved distribusjon av overtemperert luft via ventilasjonsanlegget. I dette kurset er det primært oppvarmingssystemer for passivhus som behandles, men de beskrevne løsningene kan også være aktuelle for lavenergi boliger eller boliger som bare tilfredstiller TEK07.

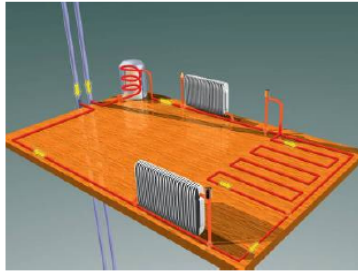
Vannbåren oppvarming kan ofte være å foretrekke fordi det er fleksibelt med hensyn til valg av energikilde og fordi samme oppvarmingssystemet kan levere varme både til romoppvarming, oppvarming av tappevann, ettervarming av ventilasjonsluft og eventuelt til vaske- og oppvaskmaskin.



Årlig elektrisitetskostnad for diverse apparater i en typisk norsk husholdning. Resultatet er basert på data fra prosjektet REMODECE. En elektrisitetspris på ca 104 øre/kWh er benyttet.

Figur 4.1 Årlig elektrisitetskostnad for diverse apparater i en typisk husholdning
<http://www.sintef.no/Olje-og-energi/SINTEF-Energiforskning-AS/Xergi/Xergi-2008/Nr-2---september/Ny-kunnskap-om-fordeling-av-stromforbruket/>, [6]

Oppvarmingsløsning Løvåshagen



- Oppvarming: Forenklet vannbårent varmesystem med gulvvarme i bad, og enkel radiator (800-1000 W) mot entre/stue. **Meget korte rørføringer!**
- Etrørssystem med bypassløsning (mulig å kjør varmtvann utenfor radiator gulvvarme)
- Samme temperaturnivå på tappevann, radiator og baderomsgulv ($t/r = 60/40$)
- Rør-i-rør system i baderomsgulv for å unngå "skolding"

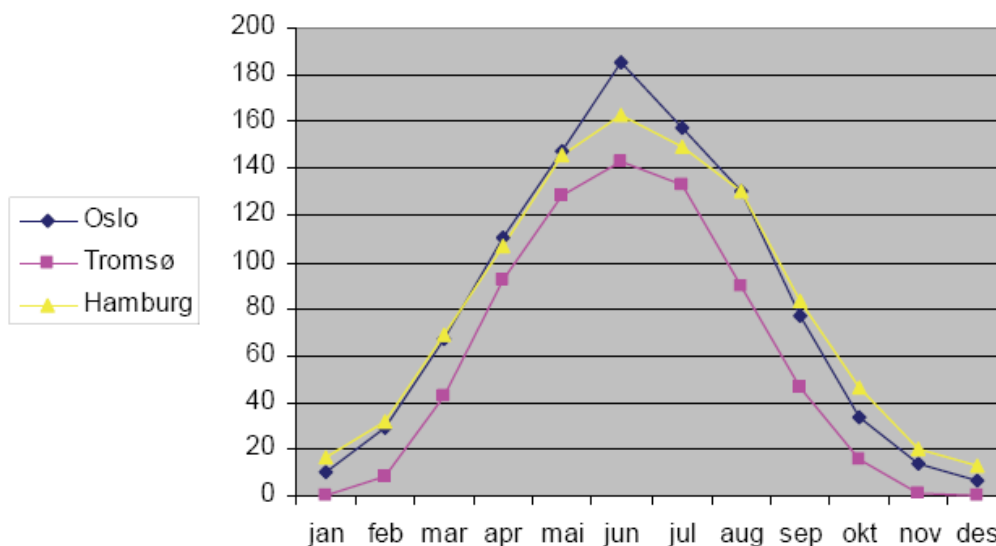
Figur 4.2 Forenklet oppvarmingsløsning for passivhus (Løvåshagen i Bergen)
Tor Helge Dokka

4.2 SYSTEMER FOR ROM- OG TAPPEVANN SOPPVARMING

4.2.1 Solvarme [2]

4.2.1.1 Innledning

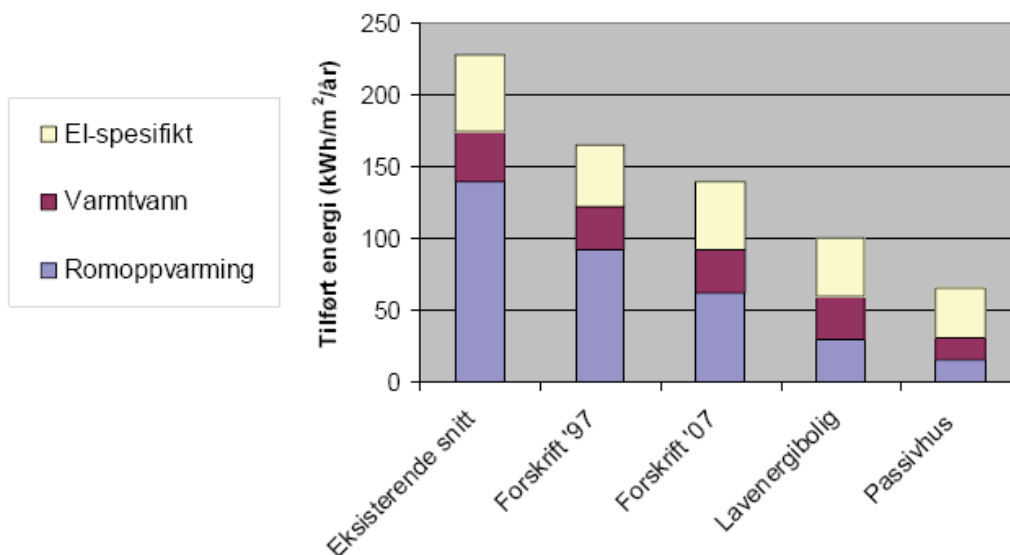
Solenergi er vår mest miljøvennlige energikilde, den er tilgjengelig stort sett overalt, og den finnes i store mengder. Hvert år mottar jorda 15.000 ganger mer energi enn menneskene i verden bruker. Til og med i Norge gir sola 1500 ganger mer energi enn det vi bruker. Dette betyr at hvis vi bare kunne utnytte 1 promille av den solenergien vi mottar, så ville vi ha mer enn nok energi til å tilfredsstille våre behov. Utnyttelse av solvarme til oppvarmingsformål i bygninger er enkelt, miljøvennlig og økonomisk. I en tid med økende strøm/olje-priser og økt fokus på miljøspørsmål, vil utnyttelse av solvarme i bygninger bli stadig mer attraktivt. Den årlige solinnstrålingen i Norge varierer fra ca. 700 [kWh/m²] i nord til ca 1100 [kWh/m²] i sør. Det er imidlertid store variasjoner mellom sommer og vinter. Dette betyr at man ikke kan basere seg 100% på solvarme, så lenge man ikke har mulighet for å lagre energien fra sommer til vinter. Figuren under viser fordelingen av solinnstrålingen over året i Oslo og Tromsø, sammenlignet med Hamburg i Tyskland. Vi ser at solinnstrålingen i Oslo sett over året faktisk er omtrent like stor som solinnstrålingen i Hamburg.



Figur 4.1 Månedlig total solinnstråling mot horisontal flate (W/m^2) for Oslo, Tromsø og Hamburg [2]

4.2.1.2 Solvarme for lavenergiboliger og passivhus [2]

Lavenergiboliger og passivhus er karakterisert ved at de har et meget lavt energibehov til romoppvarming. Fra figur 4.2 ser vi at det årlige oppvarmingsbehovet til lavenergiboliger kan være ca 1/4 og passivhus nærmere 1/10 av oppvarmingsbehovet for eksisterende boligmasse.



Figur 4.2 Typisk energibruk for en eksisterende bolig, en bolig bygget etter TEK97, TEK07, lavenergibolig og passivhus (Oslo-klima) [2]

Figur 4.2 viser også at energibehovet til oppvarming av tappevann for passivhus er 4 ganger så stort som oppvarmingsbehovet.

For passivhus er det forutsatt at ca. 50% av tappevannsbehovet dekkes av solvarme, biovarme og/eller varmepumpe. Ved prosjektering av lavenergiboliger og passivhus bør man

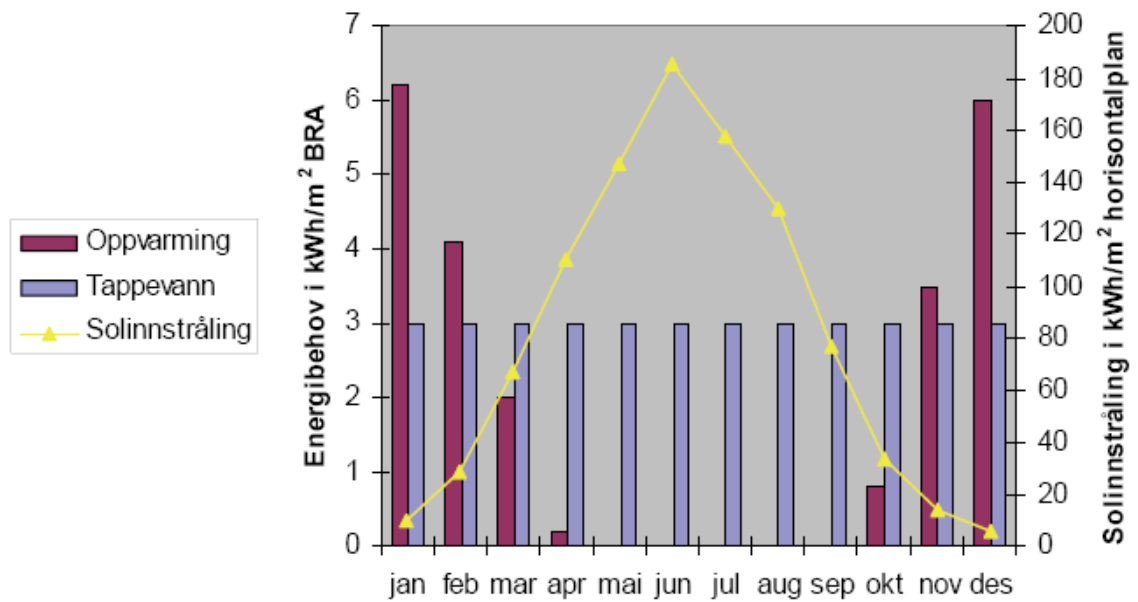
følge en strategi som innebærer at man først reduserer behovet for energi mest mulig, og deretter sørger for at det resterende energibehovet kan dekkes opp av fornybar energi. Denne strategien kan illustreres ved den såkalte Kyoto-pyramiden (se figur 4.3). Først reduserer man varmetapet ved bruk av balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning, en bygningskropp med kraftig reduserte luftlekkasjer, meget god varmeisolering og bruk av superisolerte vinduer. Sekundært forsøker man å utnytte passiv solvarme på en effektiv måte (mest vinduer mot solrik orientering). Til slutt velges en energikilde og oppvarmingsløsning som er tilpasset det lave oppvarmingsbehovet. Det er også fornuftig å bruke lavenergi-belysning og -utstyr, samt ha et styringssystem som kan redusere ventilasjon og belysning når boligen ikke er i bruk, både for å reduserevelektrisitetsforbruket, men også for å unngå overoppvarming

Denne strategien er nærmere beskrevet i veilederen ”Fremtidens energieffektive boliger – en håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger” (Dokka og Hermstad 2006).



Figur 4.3 Kyoto-pyramiden for passivenergidesign.(SINTEF og Husbanken).

Figur 4.4 viser at storparten av romoppvarmingsbehovet for en lavenergibolig vil være i de 4 kaldeste månedene. I denne perioden er det lite solinnstråling. For passivhus vil oppvarmingsbehovet være enda lavere, og begrense seg til de to kaldeste vintermånedene. Dette innebærer at det er lite potensial for utnyttelse av solvarme til romoppvarming for lavenergiboliger og passivhus i Norge. Behovet for oppvarming av tappevann er imidlertid så og si konstant over hele året, så her ligger det godt til rette for utnyttelse av solvarme.

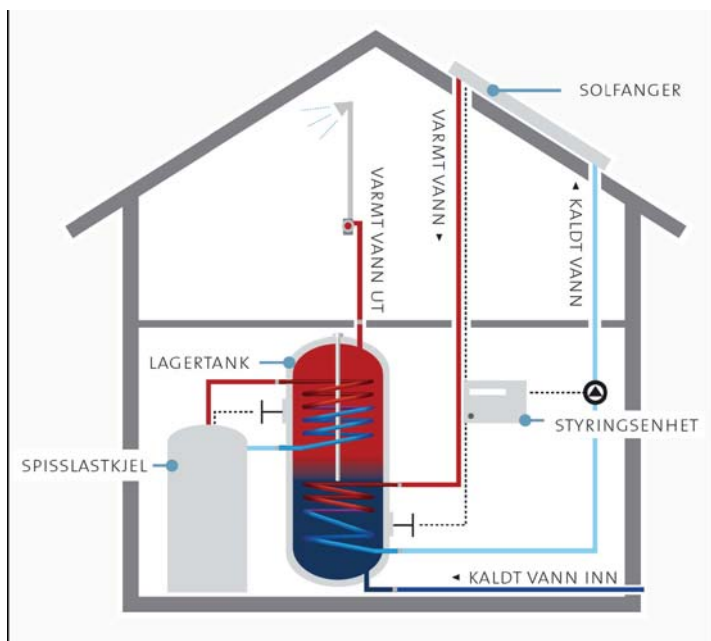


Figur 4.4 Månedlig energibehov til romoppvarming og tappevann (kWh/m² oppvarmet bruksareal) for en lavenergibolig (blokkleilighet) i Oslo. Total månedlig solinnstråling (på horisontalplanet) i Oslo er også vist [2]

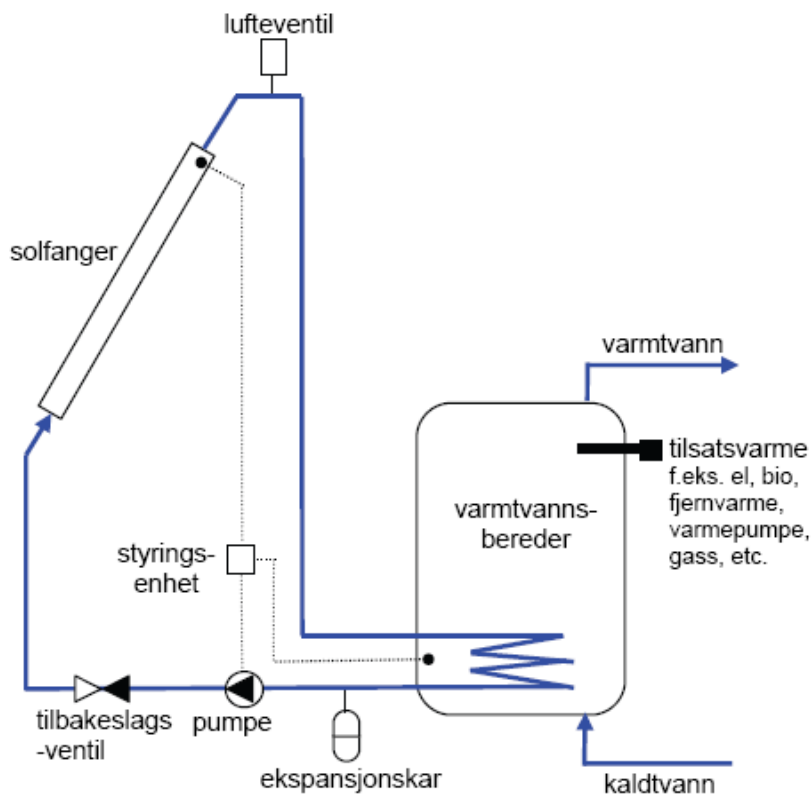
4.2.1.3 Solvarmeanleggets komponenter

Solfangeranlegg til oppvarming av varmtvann består av følgende hoveddeler:

- solfanger
- varmelager (akkumulatortank)
- distribusjonssystem
- styringsautomatikk



Figur 4.5 Prinsippskisse av et solvarmeanlegg til oppvarming av forbruksvann (figuren viser ikke reelle forholdsmessige størrelser på tank, kjel, osv). [2]



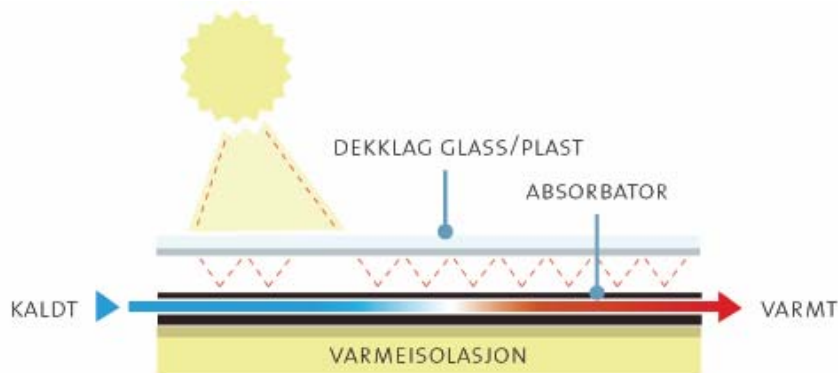
Figur 4.6 Indirekte system for oppvarming av varmtvann [2]

Figur 4.6 viser et såkalt indirekte system for oppvarming av varmtvann, dette er den vanligste løsningen. Den varme væska fra solfangeren varmer opp tappevannet via en varmeveksler. Væska som sirkuleres gjennom solfangeren er tilsatt en frysepunktreduserende væske som glykol eller sprit.

3.2.1.4 Solfangeren

Solfangeren er selve hjertet i solvarmesystemet, det er her solstrålingen blir omdannet til varme. Det finnes flere ulike typer solfangere, f.eks. plane solfangere, vakuurrør-solfangere, parabol-solfangere og traufornede solfangere. Den plane solfangeren er den som tradisjonelt har vært mest brukt i bygninger (se figur 4.7). Etter hvert har også vakuurrør-solfangere fått en større andel av markedet.

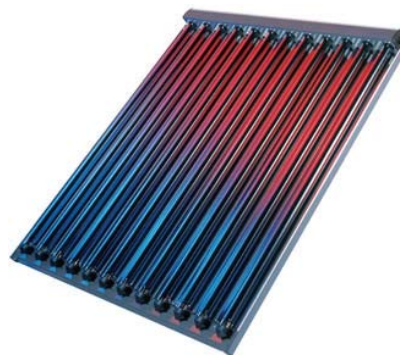
En typisk solfanger består av tre hoveddeler: absorptor, dekklag, og isolasjon [2]



Figur 4.7 Prinsippkisse for en plan solfanger [2]



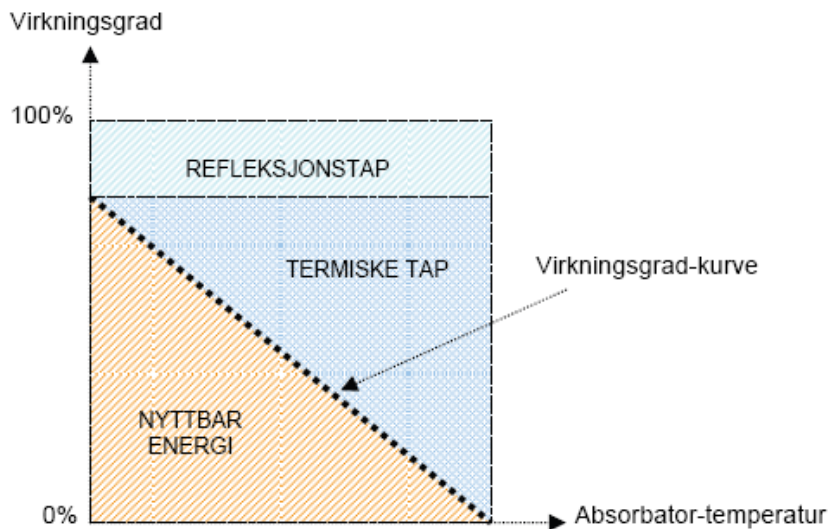
Figur 4.8 Plan solfanger [2]



Figur 4.9 Vakuurrør solfanger [2]

4.2.1.5 Solfangerens virkningsgrad

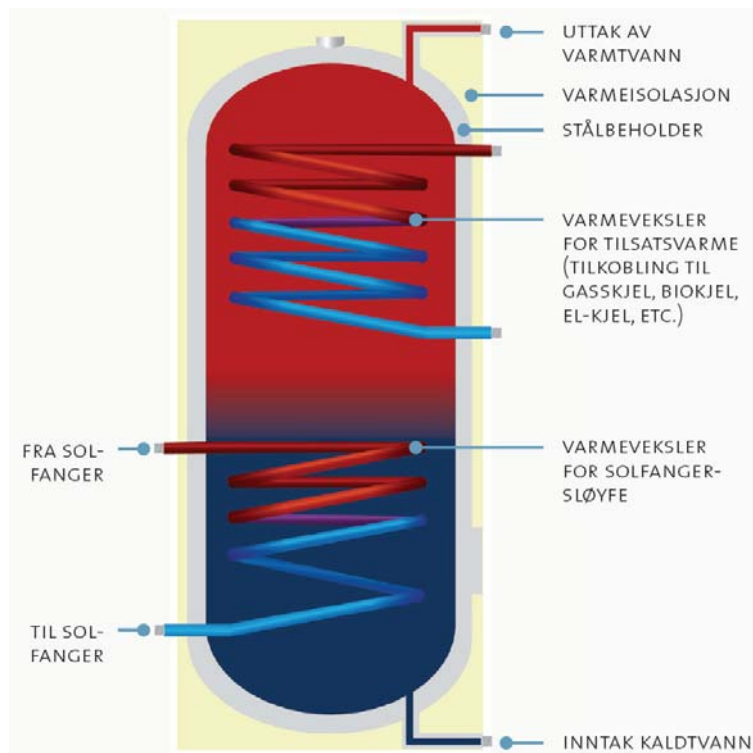
Solfangerens virkningsgrad, η , er en viktig parameter. Virkningsgraden er definert som forholdet mellom utnyttbar varmeproduksjon fra solfangeren og den mengde solstråling som treffer solfangeren. Den forenklede skissen i figur 4.10 viser sammenhengen mellom solfangerens virkningsgrad og absorbertemperatur samt refleksjonstap og varmetap. Figuren viser at solfangerens virkningsgrad reduseres ved økende absorbertemperatur pga økt varmetap til omgivelsene. Den viser også at ca. 20% av solenergien som treffer solfangeren går tapt gjennom refleksjon fra overflaten [2]



Figur 4.10 Skjematisk fremstilling av virkningsgraden til en solfanger [2]

4.2.1.6 Varmelager

Det finnes flere ulike typer lagertanker/akkumulatorer som er beregnet for solvarmeanlegg. En lagertank for solvarme skiller seg fra en vanlig varmtvannstank ved at den har en varmeveksler for tilkobling til solfangersystemet, samt at den som regel er noe større enn en vanlig tank. (se figur 4.11). Et solfangersystem for oppvarming av forbruksvann til en familie på 4 bør ha en lagertank på minst 200 liter. Størrelsen og utformingen av tanken avhenger av varmebehov, solfangerareal, systemutforming og tilgjengelig plass i huset. To viktige parametere når det gjelder valg av tank er temperatursjikting og varmeisolering av tanken



Figur 4.11 Prinsippskisse for lagertank. [2]

Temperatursjiktning

Temperatursjiktning i akkumulatortanken er viktig for at solvarmesystemet skal fungere optimalt. I en sjiktet tank er vannet varmest i toppen og kaldest nederst, og omrøringen i tanken er minimal. Jo høyere tank, desto bedre temperatursjiktning oppnås. Vannet i bunnen av tanken bør være så kaldt som mulig fordi dette kobles til solfangerens innløpstemperatur. Som beskrevet på side 12 øker solfangerens virkningsgrad med lavere innløpstemperatur. Det varme vannet i toppen av tanken tas ut som varmt tappevann. Tilsatsvarme fra el.-kolbe eller en annen energikilde kobles til i øvre del av tanken.

Varmeisolering

Det er viktig at varmtvannstanken har tilstrekkelig varmeisolering for å minimere varmetapet. Avhengig av temperaturen i rommet hvor tanken er plassert, bør tanken være isolert med minimum 5- 20 cm mineralull el. annet materiale med tilsvarende isolasjonsegenskaper.

Automatikk

De fleste solvarmesystemer vil være utstyrt med styringsautomatikk for å optimalisere energiutbyttet. En standard styringsenhet inneholder en enkel elektronisk innretning som slår av og på pumpen i solfangerkretsen basert på temperaturdifferansen mellom lagertanken og solfangeren (typisk settpunkt for på/av-kontroll er 5-8 Kelvin). Nye styringssystemer inneholder i økende grad også andre funksjoner som datalogging, feilsøking og grafisk display for visning energiutbytte, etc.

4.2.1.7 Utforming og dimensjonering

Ved utforming av selve bygningen er det også viktig at man tenker på integrasjon av solvarmeanlegget. Det bør lages skisser som viser plassering av solfangere, lagertank og rørføringer. Man bør også tenke på tilgjengelighet for installasjon og vedlikehold av solfangersystemet. På steder med stort snøfall, må man plassere solfangerne slik at snø ikke legger seg på solfangerne eller hopper seg opp foran dem. Når man så skal dimensjonere selve solvarmeanlegget, må man først kartlegge varmebehovet. Varmebehovet vil avhenge av mengden og temperaturnivået på tappevannet som man forventer å bruke pr. dag. Typisk varmtvannsbehov i en bolig ligger på ca. 30-35 kWh pr. m² golvareal pr. år, men kan selvsagt variere mye. Som tommelfingerregel kan man ta utgangspunkt i ca. 50 liter per person per døgn (tilsvarer ca. 3 kWh/person/døgn).

Systemer for oppvarming av tappevann dimensjoneres vanligvis slik at de dekker mellom 40% og 70% av det årlige varmebehovet. Det er ikke økonomisk optimalt å dekke hele oppvarmingsbehovet ved hjelp av solenergi. Dimensjoneringen avhenger av mange ulike faktorer, hvor de viktigste parametrene er:

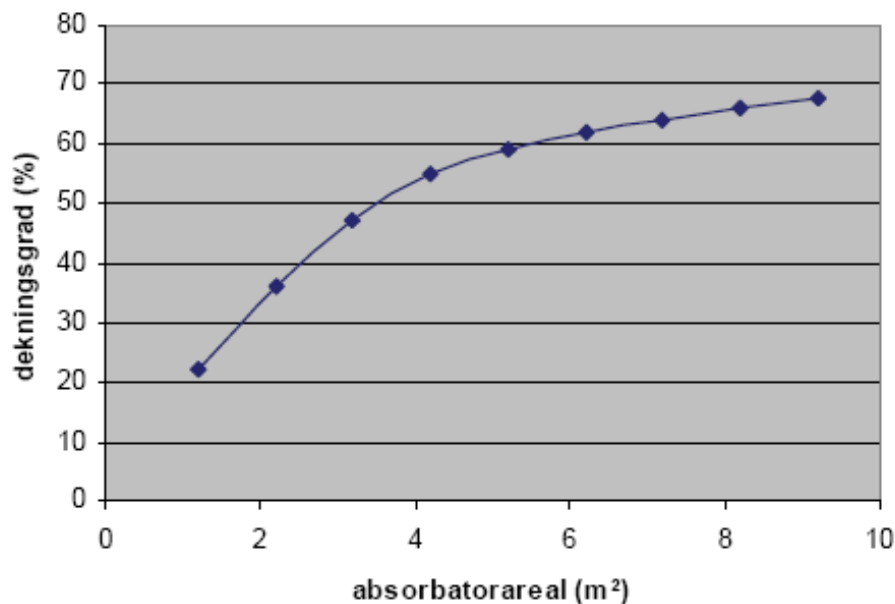
- solfangertype
- solfangerareal
- retningsorientering og helningsvinkel for solfangeren
- lagertankens størrelse og utforming
- rørlengde og –isolasjon

I tillegg vil faktorer som investerings- og driftskostnader, energipris, rentenivå, klimaforhold (soltilgang, temperatur), varmebehov, plassbehov og estetiske forhold spille inn på valget av solfangeranlegg.

I tillegg vil faktorer som investerings- og driftskostnader, energipris, rentenivå, klimaforhold (soltilgang, temperatur), varmebehov, plassbehov og estetiske forhold spille inn på valget av solfangeranlegg.

Solfangerareal

Figuren 4.18 viser et eksempel på hvordan solfangerarealet spiller inn på energiutbyttet for et solfangeranlegg til vannoppvarming i Oslo-klima. Det er tatt utgangspunkt i et solfangersystem bestående av vakuumrørsolfangere med en helningsvinkel på 40° fra horisontalen, orientert mot syd. Solfangeranlegget har en lagertank på 200 liter. Det årlige varmtvannsbehovet er på 3000 kWh, altså typisk for en familie på 3 personer

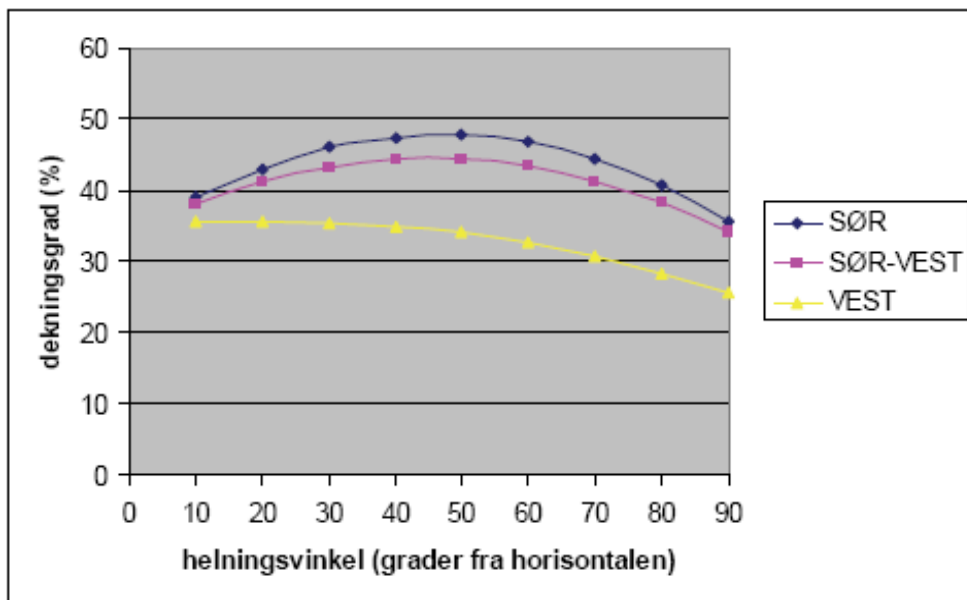


Figur 4.12 Eksempel på energiutbytte (dekningsgrad) fra et solfangersystem til vannoppvarming som funksjon solfangerens effektive areal (absorbatorareal). Solfangersystemet består av vakuumsolfangere med en helningsvinkel på 40° orientert mot sør, en 200 liters varmtvannstank, og et varmtvannsbehov på 175 liter per dag. Solfangeranlegget er plassert i Oslo. [2]

Solfangerens orientering og helningsvinkel

Figur 4.19 viser eksempel på effekt av solfangerens orientering og helningsvinkel. Det er tatt utgangspunkt i et solfangersystem tilsvarende det som ble brukt i eksempelet over, med et absorbatorareal på 3,2 m².

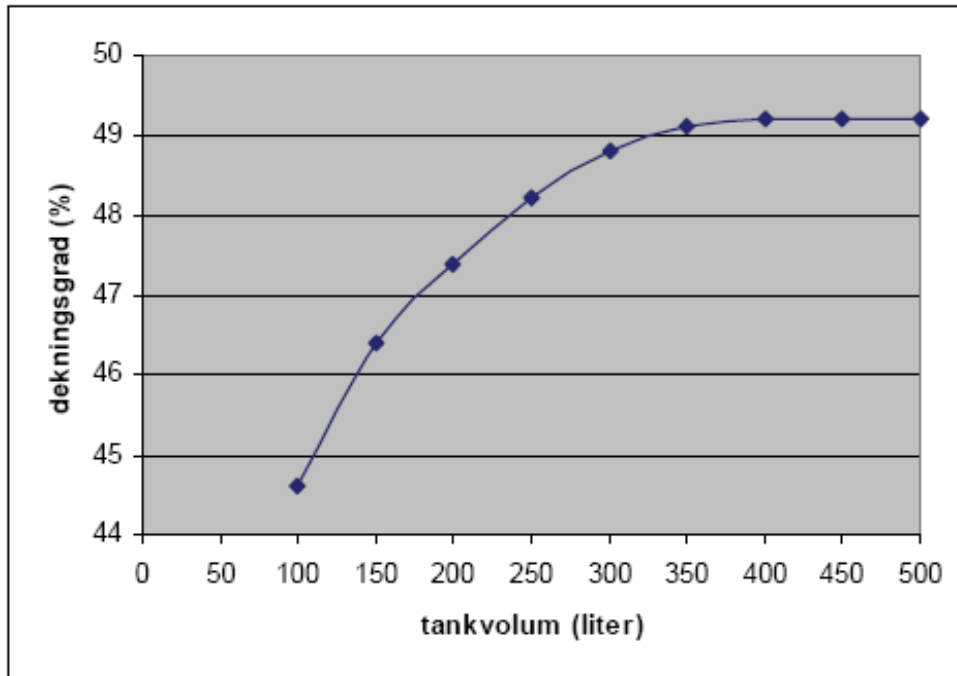
Figuren viser at den optimale helningsvinkelen er 40-50° hvis solfangeren er orientert mot sør. En sørvendt, vertikalstilt solfanger gir ca. 25% lavere energiutbytte enn for den optimale helningsvinkelen. Hvis solfangeren er orientert mot vest (eller øst), får man ca. 25% lavere energiutbytte enn for den sørvendte solfangeren. Et avvik på 45° fra sør (sør/øst eller sør/vest) gir kun ca. 5% reduksjon av energiutbyttet. Jo lengre nord man er (jo høyere breddegrad), jo lavere står sola på himmelen, noe som medfører at optimal helningsvinkel blir større. Optimal helningsvinkel øker også hvis man har mer oppvarmingsbehov om vinteren enn om sommeren, slik som ertilfelle for romoppvarming.



Figur 4.13 Eksempel på energiutbytte (dekningsgrad) fra et solfangersystem til vannoppvarming som funksjon av solfangerens orientering og helningsvinkel. Solfangersystemet består av vakuumrørsolfangere med et absorberareal på 3,2 m², en 200 liters varmtvannstank, og et varmtvannsbehov på 175 liter per dag. Solfangeranlegget er plassert i Oslo [2]

Lagertank

Lagertankens utforming og størrelse vil være avhengig av varmebehovet (størrelse og tidsvariasjon), hva slags tilsatsvarme man har, samt av solfangertype og effektivt solfangerareal. Andre forhold som må vurderes er temperatursjiktning i tanken, samt investeringskostnader og driftsøkonomiske forhold. Figur 17 viser eksempel på hvordan energiutbyttet øker med tankstørrelsen

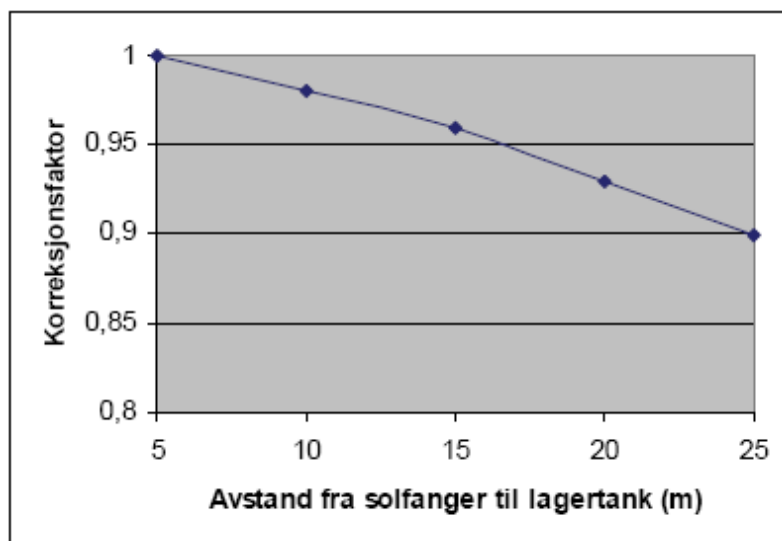


Figur 4.14 Eksempel på energiutbytte (dekningsgrad) fra et solfangersystem til vannoppvarming som funksjon av lagertankens størrelse. Solfangersystemet består av vakuumsolfangere med et absorberareal på $3,2 \text{ m}^2$ og et varmtvannsbehov på 175 liter per dag. Solfangeranlegget er plassert i Oslo [2]

Som tommelfingerregel beregner man vanligvis et lagervolum på 50-80 liter pr. m^2 effektivt solfangerareal (absorberareal). Alternativt kan man ta utgangspunkt i varmtvannsbehovet, og man regner da vanligvis med et tankvolum som er 1-2 ganger det daglige varmtvannsforbruket i liter.

Utforming av rørføringer

Lange og dårlig isolerte rørføringer vil kunne gi en betydelig reduksjon av energiutbyttet fra solvarmeanlegget. Figur 4.15 viser effekten av å øke avstanden mellom solfangeren og lagertanken. Her ser vi f.eks. at å øke rørlengden fra 5 til 25 m gir 10% reduksjon av energiutbyttet. Utbyttet vil også være avhengig av utforming av rørføringene, om rørene går gjennom oppvarmet eller uoppvarmede rom, hvor stor andel av rørføringene som går utendørs, samt rørenes varmeisolasjon.



Figur 4.15 Korreksjonsfaktor for solfangerutbytte som funksjon av avstanden mellom solfanger og varmelager

4.2.2 Varmepumper [1]

Elektrisk drevne varmpumper i boliger kan benyttes til oppvarming av rom, ventilasjonsluft, varmtvannsberedning og eventuelt kjøling. Det spesielle med en varmpumpe er at den utnytter en fritt tilgjengelig ekstern varmekilde, det vil si varme som normalt ikke har noen verdi ettersom temperaturnivået er for lavt til at den kan benyttes direkte til oppvarming. Aktuelle varmekilder for varmpumper i norske lavenergiboliger og passivhus er uteluft, avtrekksluft, fjell, jord, grunnvann, sjøvann, ferskvann og gråvann (avløpsvann). Ettersom varmpumper utnytter en ekstern varmekilde, reduseres behovet for primærenergi med 50 til 80% i forhold til oppvarmingsystemer basert på elektrisitet, olje og gass.

4.2.2.1 Uteluft/luft-varmpumper

Uteluft/luft-varmpumper henter varme fra uteluften med én ute-enhet (som består av fordampere, vifte og kompressor), og resirkulerer og varmer opp luften i boligen med én inne-enhet (kondensator, vifte, filter) (Se figur 4.16). Aggregatene kan ikke benyttes til oppvarming av ventilasjonsluft eller varmtvannsberedning. Anleggene egner seg best i boliger med relativt åpen planløsning, hvor en kan oppnå god fordeling av varmluften. Det finnes også anlegg med to eller flere inne-enheter for bedre luftdistribusjon i større boliger. Anleggene kan levere kjøling ved at inne-enheten(e) resirkulerer og kjøler luften i huset, mens overskuddsvarmen avgis til uteluften via ute-enheten. Uteluft/luft-varmpumper fås med varmeytelse i området 2,5-7 kW, oppgitt ved +7°C utelufttemperatur. For denne typen varmpumper avtar avgitt varmeeffekt med utelufttemperaturen, typisk -30-40% ved -7°C og -45-55% ved -15°C

Både Inne- og ute-enheten avgir støy. Støynivået er svært aggregatavhengig, og varierer typisk fra 58 til 63 dBA for ute-enheten og fra 49 til 58 dBA for inne-enheten ved full varmeytelse (data fra SP). Ved plassering av ute-enheten bør det blant annet tas hensyn til naboer, og inne-enheten bør ikke plasseres for nærme boligens oppholdssoner.

Gjennomsnittlig COP for uteluft/luft-varmepumper over en driftssesong vil i norsk klima typisk ligge mellom 2,0–2,5.

Uteluft/luft-varmepumper for boliger av lavenergi- og passivhusstandard bør dimensjoneres for å dekke hele boligens romvarmebehov, dvs. 100% effektdekning



Figur 4.16 Uteluft/luft varmepumpe [1]

4.2.2.2 Uteluft/vann varmepumer

Uteluft/vann-varmepumper benytter uteluften som varmekilde, og brukes til kombinert romoppvarming og varmtvannsberedning eller kun varmtvannsberedning (Se figur 4.17). Anleggene har prinsipielt sett samme egenskaper som uteluft/luft-varmepumper bortsett fra at varme leveres til et vannbårent varmedistribusjonssystem og/eller varmtvannssystem ved et høyere temperaturnivå enn ved oppvarming av romluft.

Uteluft/vann-varmepumper kan også levere varme til varmtvannsberedning, kombinert med romoppvarming. Anleggene benytter R407C, R410A, propan (R290) eller karbondioksid (CO_2 , R744) som arbeidsmedium, og fås med varmeytelse fra ca. 4 til 40 kW (ved $+7^\circ\text{C}$ utelufttemperatur).

Avhengig av type arbeidsmedium og systemløsning greier varmepumpen å varme opp varmtvann til $45\text{--}85^\circ\text{C}$. Eventuell ettervarming gjøres vanligvis med elektriske varmeelementer. Etersom varmtvannsberedning er det dominerende varmebehovet i lavenergi boliger og passivhus, er det viktig at varmepumpen oppnår høy effektfaktor og dessuten dekker en størst mulig andel av varmtvannsbehovet. Romoppvarming bør dekkes via et lavtemperatur varmedistribusjonssystem, vanligvis gulvvarme. Reduksjon i varmeytelse ved synkende utelufttemperatur samt støy fra ute-enheten er tilnærmet som for uteluft/luft-varmepumper. Sveitsiske undersøkelser av et stort antall uteluft/vann-varmepumper installert i nye og eksisterende boliger i perioden 1998–2003 viste at midlere COP over året for systemene varierte mellom 2,4 og 2,8.



Figur 4.17 Prinsippet for en uteluft/vann-varmepumpe [1]

4.2.2.3 Ventilasjonsluftvarmepumper for avtrekksventilasjon

Avtrekksventilasjon er ikke en aktuell løsning for passivhus, ettersom friskluften som tilføres huset ikke forvarmes av en varmegjenvinner (høyt ventilasjonstap). Avtrekksventilasjon krever også høyere luftskifte (ca. 0,8-1,0 pr. time) for at soverom i 2. etasje skal kunne ha nok undertrykk til at ønsket luftmengde kan strømme inn gjennom ventilene. Ventilasjonstapet kan imidlertid reduseres betydelig ved at avtrekksluften benyttes som varmekilde for en ventilasjonsluft-varmepumpe. Varmepumpen kjøler ned avtrekksluften til ca. 2°C, og dekker boligens behov for varmtvannsberedning (prioritert) og romoppvarming. Ved bruk av en slik varmepumpe vil boligens energibruk til oppvarming være tilnærmet det samme som for en bolig med helelektrisk oppvarming og balansert ventilasjonssystem med 75% varmegjenvinning. Ved et luftskifte på 0,8 l/t i en bolig på 100 m² BRA, vil en ventilasjonsluft-varmepumpe ha en maksimal varmeytelse på ca. 2 kW.

4.2.2.4 Ventilasjonsluftvarmepumper for balansert ventilasjon

Det er utviklet kompakte, integrerte enheter for kombinert frisklufttilførsel/avtrekk (balansert ventilasjon), varmtvannsberedning, oppvarming av ventilasjonsluft og romoppvarming i lavenergiboliger og passivhus.

Et slikt anlegg betegnes "Compact Ventilation and Heating Device with Integrated Exhaust Air Heat Pump" (CVHD). Et kompakt-aggregat består av tillufts-/avtrekksvifte, finfiltre på inntaks- og avtrekksiden, høyeffektiv motstrøms varmeveksler for varmegjenvinning fra avtrekksluften, ventilasjonsluft-varmepumpe, varmtvannstank, elektriske varmeelementer (tilleggsvarme) samt evt. jordvarmeveksler for forvarming av ventilasjonsluften. Denne typen anlegg har i dag en markedsandel på anslagsvis 40-50% i tyske passivhus.

Kompakt-aggregater kan benytte følgende varmekilder:

- Avkastluft etter varmegjenvinneren
- Blanding av avkastluft og uteluft

- Blanding av avkastluft og forvarmet uteluft fra en jord/luft-varmeveksler – luften fra varmeveksleren benyttes kun som varmekilde
- Blanding av avkastluft og forvarmet uteluft fra en jord/luft-varmeveksler – luften fra varmeveksleren benyttes både som varmekilde og til frisklufttilførsel

På grunn av relativt lav luftmengde og begrenset temperatursenkning på ventilasjonsluften, vil en varmepumpe som kun benytter avkastluft som varmekilde få relativt lav varmeytelse, men dette vil allikevel være tilstrekkelig for å dekke varmebehovet i et passivhus.

Et kompakt-aggregat dekker romvarmebehovet ved oppvarming av tilluften i ventilasjonssystemet til maks. 50-55°C eller ved varmeavgivelse til et lavtemperatur vannbårent varmedistribusjonssystem (indirekte systemløsning). Ved varmluftsoppvarming må det installeres spesielle tilluftsventiler for å sikre god ventilasjonseffektivitet ved innblåsning av overtemperert luft.

Kompakt-aggregater for Sentral-Europeisk klima oppnår en midlere COP over året på typisk 2,0-3,0. I norsk klima må en forvente noe lavere verdier på grunn av kaldere klima, såfremt ikke uteluften forvarmes i en jord/luft-varmeveksler.

Hvis uteluften fra en eventuell jord/luft-varmeveksler også benyttes til frisklufttilførsel i boligen, vil varmeveksleren redusere/eliminere behovet for forvarming av ventilasjonsluften, som normalt er nødvendig for å unngå frostdannelse i høyeffektive motstrøms varmegjenvinnere ved lavere uteluft-temperaturer. Varmeveksleren vil også tilføre avkjølt luft til boligen i de periodene av året hvor boligen har et varmeoverskudd (kjølebehov). Dette vil redusere behovet for lufting og evt. mekanisk kjøling i boligen. Det er imidlertid alltid fare for tilsmussing samt utkondensering av vann i en jord/luft-varmeveksler. Dette kan føre til mikrobiell vekst og forringelse av inneluftkvaliteten. Jord/luft-varmevekslere er mye brukt i Tyskland, og det er ikke rapportert om dårlig luftkvalitet og inneklimateproblemer. Ved bruk av denne type varmevekslere for oppvarming av tilluft i norske boliger bør det imidlertid undersøkes nærmere om systemene vil medvirke til forurensning av tilluften.

4.2.2.5 Væske-vann-varmepumper

Væske/vann-varmepumper henter varme fra jord, sjøvann, innsjøvann eller 80-200 meter dype borehull i fjell (energibrønner). 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.

Kombinert romoppvarming og varmtvannsberedning

Kombi-anlegg leverer varme til varmtvannsberedning og romoppvarming via et vannbårent varmedistribusjonssystem. Varmepumpene fåes med varmeytelse fra ca. 4 kW, og benytter R407C, R410A, R134a eller propan (R290) som arbeidsmedium. Som for uteluft/vann-varmepumper er det viktig å velge en varmepumpe som oppnår høy COP ved varmtvannsberedning, og romoppvarming bør helst dekket via et lavtemperatur varmedistribusjonssystem.

Væske/vann -varmepumper har høyere investeringskostnader enn uteluft/vann-anlegg men dekker en større andel av det totale årlige varmebehovet i boligen, oppnår høyere COP og har lengre levetid. Sveitsiske feltundersøkelser av et stort antall væske/vann- varmepumpesystemer installert i nye og eksisterende boliger i perioden 1998–2003 viste at midlere COP over året for systemene varierte mellom 3,4 og 3,8. Dette var i gjennomsnitt 30% høyere enn

uteluft/vann-varmepumpene fra samme undersøkelse. Problemet med denne typen varmeanlegg for passivhus er de høye investeringskostnadene i forhold til lite varmebehov

4.2.3 Oppvarming med bioenergi [1]

4.2.3.1 Innledning

Bioenergi (biobrensler) omfatter alle slags trebrensler – bark, flis, kvist, tynningsvirke, hel ved og foredlede utgaver av dette (briketter og trepellets) samt avfallsprodukter fra landbruket (husdyrgjødsel, halm). Aktuelle biobrensler for varmesystemer i lavenergiboliger og passivhus er ved, briketter og trepellets.

Biobrenselfyrte anlegg krever noe egeninnsats fra boligeieren eller vaktmesteren, blant annet jevnlig etterfylling av brensel (ved, briketter, pellets), rengjøring og eventuelt fjerning av aske fra ovnen/kjelen.

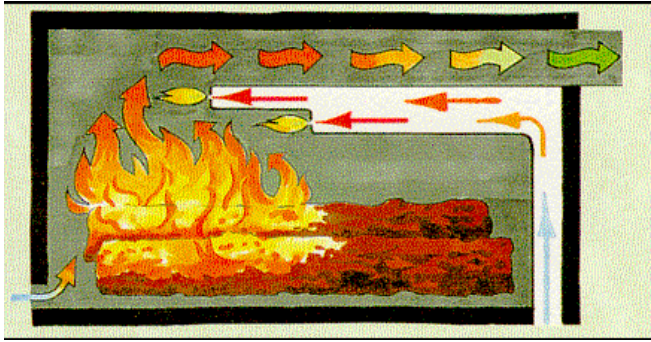
Punktvarmekilder som vedovner og pelletskaminer vil ha for stor effekt ved vanlig norsk kystklima til at det er noen god løsning for passivhus. Biobrenselanlegg vil derfor være mest aktuelt i varmesentraler for fjern- eller nærvarmeanlegg.



Figur 4.18 Ved, briketter og trepellets [1]

4.2.3.2 Vedovner

I 1998 ble det innført påbud om at alle lukkede ildsteder som selges i Norge skal tilfredsstille strenge krav til svevestøvutslipp. Dagens vedovner er derfor av rentbrennende type. Ovnene er utstyrt med såkalt dobbelt hvelv hvor veden brenner ved høy temperatur i et primærbrennkammer. Rentbrennende vedovner fås med varmelytelse fra ca. 3 kW og oppover. Vedovner med konvensjonell utforming avgir det meste av varmen som termisk strålevarme på grunn av den relativt høye overflatetemperaturen. Det finnes også såkalte konveksjonsovner med doble vegger hvor luften sirkulerer og blir varmet opp i mellomrommet mellom veggene. For denne typen ovner vil den ytre kappen være relativt kald. Noen støpejernsovner leveres også med såkalt vannmantel med mulighet for tilknytning til et vannbårent varmedistribusjonssystem. En god vedovn kan oppnå en virkningsgrad omkring 80% (data fra SINTEF), selv når den går på lav last.



Figur 4.19 Vedovn prinsipp [1]

4.2.3.3 Pelletskaminer

Utforming og utvendige dimensjoner for pelletskaminer kan sammenliknes med tradisjonelle vedovner. Kaminene er konstruert som et komplett forbrenningsanlegg med integrert lagertank for pellets, automatisk innmating av brensel og styrt forbrenning. I tillegg kommer tilkobling til skorstein (rørkrør) av godkjent type. Pellets blir matet inn i brennkammeret med en skrue e.l. fra et 30–50 liters pelletslager, som på de fleste kaminene er plassert bak på ovnen. Lagervolumet tilsvarer en brennverdi på anslagsvis 85-140 kWh hvis en antar en forbrenningsvirkningsgrad på 90%. Et elektrisk glødeelement brukes til tenning, mens lufttilførsel via en innebygd turtallsregulert vifte og brenselinnmating reguleres automatisk ut fra ønsket romtemperatur.

4.2.4 Oppvarming med gass [1]

4.2.4.1 Innledning

Aktuelle gassformige brenslere for norske boliger er naturgass og propan.

- *Naturgass* – Består av ca. 90% metan og transporteres til brukerne via et nedgravd gassrørnett med maksimalt 4 bars driftstrykk. Fra hovedledningen legges stikkledninger inn til de enkelte boligene med avstengningsventil, trykkreduksjonsventil og gassmåler. Det er i dag bygd ut eller er under utbygging gassrørnett i Haugesund og Stavanger.
- *Propan* – Leveres på mindre mobile trykkbeholdere på inntil 11 kg. Ved 20°C er lagringstrykket ca. 8,8 bar. I boliger kan en uten spesiell tillatelse oppbevare 2 x 11 kg propan over bakkenivå og helst utendørs (DSB)⁷. Denne propanmengden tilsvarer en øvre brennverdi på 150 kWh. Ved større behov benyttes en 16 bars trykktank som graves ned i bakken i hht. gjeldende forskrifter.

Noen gassleverandører markedsfører et system for propangass hvor leverandøren sørger for installasjon og vedlikehold av gasstanken, og hvor boligeieren enten betaler et depositum eller leier utstyret på årsbasis. I tillegg betales en årlig vedlikeholdskostnad. Hvis det senere blir lagt gassrørnett i området kan utstyret i boligen tilkobles dette, og det er ikke noe krav om fortsatt kjøp av propan. Pga. det lave varmebehovet i lavenergiboliger og passivhus er det aktuelt at flere boligeiere går sammen og leier en felles gasstank for å senke kostnadene. Det er da behov for et eget distribusjonsnett samt et lite fordampningsanlegg som omdanner propan fra væskefase til gassfase. Ved fastinstallasjoner basert på forbrenning av propan eller naturgass er det en rekke lover og forskrifter som må etterfølges (DSB)⁷, deriblant Forskrift om kjelanlegg, Forskrift og veiledning om behandling av brannfarlig vare, Veiledning om fyringsanlegg for flytende og gassforming brensel, Veiledning om LPG-anlegg, Vilkår for

nedgravd propantank LPG, Forskrift og veiledning om trykkpåkjent utstyr, Forskrift om elektriske bygningsinstallasjoner samt Plan- og bygningsloven.

4.2.4.2 Gassovn og gasspeis

Gassovner er beregnet for veggmontasje, og tilkobles propantank eller gassrørnett. Ovnene fås i effektområdet fra ca. 2 til 6 kW, har trinnvis termostatstyring av ytelsen og kan programmeres. Direkte ventilerte ovner med åpen flamme i et brennkammer monteres på yttervegg, og et dobbeltvegget rør for lufttilførsel og fjerning av avgasser føres rett gjennom veggen. Det er i den sammenheng viktig å unngå luftlekkasjer rundt røret da dette vil øke boligens romoppvarmingsbehov. Virkningsgraden for ovnene er typisk 95% (data fra SINTEF). Noen gassovner leveres også med vifte for distribusjon av varmluft. Gassovner er forøvrig utstyrt med automatikk som stenger gasstilførselen hvis flammen slukker.



Figur 4.20 Gulvmontert gassovn [1]

4.2.4.3 Gassfyrte kjeler

Gassfyrte kjeler leveres med modulerende brennere som gir gode reguleringssegenskaper og små tap. Tapene i en gasskjel består hovedsaklig av røkgasstap (2–10% av øvre brennverdi) og strålingstap (1–3%), og det er minimale tap knyttet til ufullstendig forbrenning og stillstand (data fra SINTEF). Typisk virkningsgrad for moderne kondenserende gasskjeler ligger i området 102–106% av nedre brennverdi (LHV), noe som tilsvarer 94–98% av øvre brennverdi (UHV). Årsvirkningsgraden vil imidlertid kunne bli betydelig lavere. I Tyskland har Fraunhofer-instituttet gjennomført feltnmålinger på flere hundre kondenserende gasskjeler i boliger. Årsvirkningsgraden for kjelene varierte fra 86 til 89% av øvre brennverdi, noe som tilsvarer 93 til 97% av nedre brennverdi.

Skorsteinsløsningen for gassfyrte kondenserende kjeler blir enklere enn for oljefyrte kjeler ettersom det ikke stilles krav til minimumstemperatur på røkgassen. Skorsteinen kan utformes som et enkelt horisontalt dobbeltvegget rør som benyttes for både lufttilførsel til gassbrenneren og til utslipp av avgasser til uteluften. Avgassrøret må være utstyrt med nødvendig drenering ettersom det dannes kondens i røret. Gassfyrte kjeler kan levere varme ved forholdsvis høye temperaturer, og kan derfor benyttes både til produksjon av varmt forbruksvann og romoppvarming med radiatorsystemer. For passivhus kan gass være aktuelt både til romoppvarming og varmtvann. Problemet er gjerne både investeringskostnader og å tilpasse kjelekapasitet (finne kjeler som er små nok)



Figur 4.21 Kondenserende gasskjel [1]

4.2.5 FJERNVARME- OG NÆRVARMESYSTEMER [1]

4.2.5.1 Innledning

Et fjernvarmesystem består av en eller flere varmesentraler som varmer opp vann som distribueres via et varmedistribusjonsnett til boliger og større bygninger i en bydel eller til enkeltboliger i et boligfelt. Et nærvarmesystem er et lite fjernvarmesystem med relativt lav varmeytelse. Bruk av fjern-/nærvarme fordrer at boligene/bygningene har installert et vannbårent varmedistribusjonssystem.

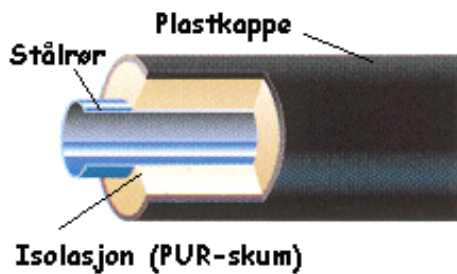
- Varmesentral
- Varmedistribusjonsnett
- Undersentraler

4.2.5.2 Varmesentral

Varmesentralen produserer varme ved forbrenning av avfall fra husholdninger og næringsvirksomhet, biomasse (flis, bark osv.), gass eller olje. Varme kan også leveres fra varmpumper, elektrokjeler eller som høytemperatur spillvarme fra industri.

4.2.5.3 Varmedistribusjonsnett

Varmedistribusjonsnettet (hovednettet, primærnettet) er et lukket rørsystem hvor det sirkuleres vann av 45–120°C fra varmesentralen ut til de enkelte varmeforbrukerne (abonentene). Vannet avgir varme og returneres til varmesentralen for ny oppvarming. Rørnettet består av preisolerte stålrør (16 eller 25 bar) eller preisolerte plastrør (6 bar) som legges i en grøft med sandbedd (kulvert). Varmetapet fra nettet til omgivelsene utgjør typisk 5–15% av varmesentralens årlige varmeproduksjon. Termisk virkningsgrad for systemene vil normalt være høyere enn for oppvarmingssystemer i enkeltbygninger, da større varmesentraler oppnår høyere virkningsgrad over året enn mindre anlegg samt at anleggene følges opp av profesjonelt driftspersonale.



Figur 4.22 Preisolert fjærvarmerør [1]

4.2.5.3 Undersentral

I større fjærvarmesystemer benyttes en varmevekslersentral (undersentral, abonnentsentral) i hver bolig/bygning (indirekte systemløsning). I mindre systemer inkl. nærvarmesystemer sirkulerer vannet i hovednettet gjennom varmedistribusjonssystemet (sekundærnettet) hos abonnentene (direkte systemløsning), mens oppvarmingen av varmt tappevann skjer via en platevarmeveksler i hver bolig/bygning. Måling av avgitt varmeeffekt og - energi gjøres for hver bolig/bygning. I boligblokker og leilighetskomplekser bør avregningen alltid beregnes på grunnlag av individuelle målinger hos hver enkelt bruker (abonnt) for å fremme effektiv energibruk.

4.2.6 Direkte elektrisk oppvarming [1]

4.2.6.1 Innledning

Elektriske oppvarmingssystemer kan benyttes til romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft, varmtvannsberedning samt kombinert romoppvarming og varmtvannsberedning i et vannbårent varmesystem.

- Romoppvarming
 - Elektriske panelovner
 - Elektriske, oljefylte radiatorer
 - Elektriske gulv- og takvarmesystemer
- Oppvarming av ventilasjonsluft
- Varmtvannsberedning

4.2.6.2 Elektriske panelovner

Lukkede panelovner er tette og kompakte ovner helt uten luftgjennomstrømning, og leveres som varmepanel og varmelist (smal ovn). Omtrent 50% av varmen avgis som stråling, resten ved konveksjon ved at luft varmes opp og strømmer oppover den varme flaten. Maksimal avgitt effekt for lukkede panelovner ligger mellom 300 og

2000 W. Denne typen ovner har større overflateareal enn gjennomstrømningsovner med samme varmeeffekt, og vil derfor ha en noe lavere overflatetemperatur. Ingen av leverandørene på det norske markedet oppgir maksimal overflatetemperatur for ovnene. Elektriske varmelister er en spesialversjon av lukkede panelovner, hvor varmeelementet består av et rekkekoblet modulsystem montert som en vanlig gulvlist. Avgitt varmeeffekt fra systemet er typisk 150 W per meter varmelist.

I gjennomstrømningsovner strømmer luft inn i bunnen av ovnen, varmes opp av varmeelementene og strømmer ut gjennom åpninger (rister) øverst på ovnen. I forhold til lukkede panelovner vil en større andel av varmen avgis ved konveksjon, og en får større lufthastighet i rommet. Lavenergiboliger og passivhus har vinduer med lav U-verdi, og ovnene kan derfor plasseres fritt i boligen uten at dette fører til dårlig termisk komfort (ingen trekk



Figur 4.23 Lukket panelovn [1]



Figur 4.24 Elektrisk gjennomstrømningsovn [1]

4.2.6.3 Elektriske gulv- og takvarmesystemer

Elektrisk varmemefolie er et varmesystem som består av en 0,2 mm tykk strømførende mønstret folie forsterket med for eksempel akryl og polyester. Avgitt varmeeffekt fra folien ligger typisk mellom 40 til 150 W per m². Varmefolie kan brukes både i tregulv og støpte gulv i tørre rom. I tregulv er det krav til bruk av brannsikkert materiale under folien. Som toppdekke benyttes flis, parkett, laminatgulv eller gulvbelegg. Elektrisk varmemefolie kan også legges i tak (takvarme). Anleggene styres av/på av en romtermostat. Produsenter av elektrisk varmemefolie gir 10 års garanti på produktene. Elektriske varmekabler med 2-leder kabel kan legges i tregulv og støpte gulv samt ute og i rom fuktbelastning. Avgitt varmeeffekt varierer typisk fra 8 til 20 W/m, og avgitt varmeeffekt per m² er bestemt av leggeavstanden. Det finnes også varmekabelmatten med gitt avgitt effekt per m² samt spesielt lavtbyggende gulv der varmekablene legges i aluminiumsprofiler med utfreste spor. Som toppdekke for gulvene benyttes for eksempel flis, parkett, laminatgulv og gulvbelegg. Kravene til brannsikkerhet er som for varmemefolie. Gulvvarmesystemer med elektriske varmekabler reguleres av/på av en romtermostat, eventuelt av en gulvtermostat i baderom



Figur 4.25 Elektriske varmekabler i tregulv [1]

4.2.6.4 Oppvarming av ventilasjonsluft

En elektrisk for-/ettervarmer brukes til å varme luften før/etter varmegjenvinneren i balanserte ventilasjonsanlegg for å hindre utfrysing eller oppnå ønsket innblåsningstemperatur (typisk 19–20°C). For større bygg benyttes et elektrisk varmebatteri. Elektriske for-/ettervarmere har termostatstyrt trinnregulering av ytelsen.



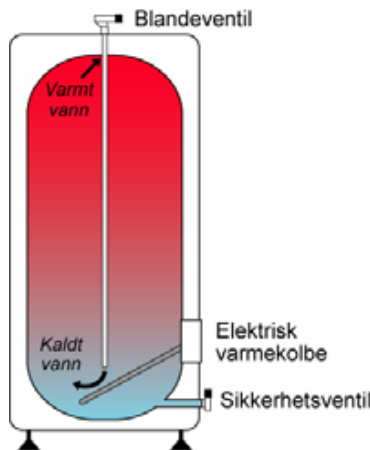
Figur 4.26 Ventilasjonsaggregat med elektrisk ettervarmer [1]

4.2.6.5 Enkeltmantlede varmtvannstanker med el.varmekolber

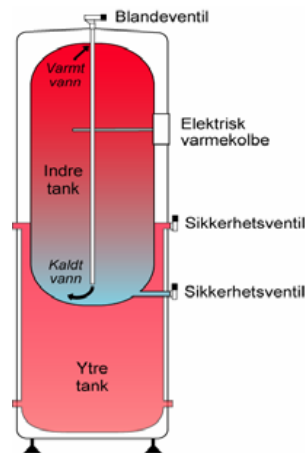
Enkeltmantlede varmtvannstanker med elektriske varmekolber for boliger fåes i størrelser fra 40 til 300 liters vannvolum, og installert effekt er typisk 1 til 3 kW. Det lages også ekspressberedere med én varmekolbe plassert øverst og én plassert nederst i tanken for større kapasitet og raskere oppvarming (2+2 til 5+5 kW. Standard varmtvannstemperatur er 75°C. Enkeltmantlede varmtvannstanker med innebygd rørvarmeveksler (rørkveil) tilkobles et vannbårent varmedistribusjonssystem med for eksempel en el.kassett, gasskjel eller pelletskjel i varmesentralen. En elektrisk varmekolbe brukes til ettervarming av varmtvannet eller hvis varmesentralen er ute av drift

4.2.6.6 Dobbelmantlede varmtvannstanker med el.varmekolber

Dobbelmantlede varmtvannstanker består av en indre primærtank for varmtvannsberedning, som er sveist sammen med en ytre sekundærtank som tilkobles et vannbårent varmedistribusjonssystem for romoppvarming. I tillegg til muffen for tilkobling til varmedistribusjonssystemet, ekspansjonskar og sikkerhetsventiler, har den ytre tanken elektriske varmekolber i nedre del av tanken for oppvarming av vannet. Vannet i den ytre tanken forvarmer også vannet i den indre varmtvannstanken ved at det overføres varme gjennom bunnen/sidene av tanken. Ettervarming av varmtvann gjøres med en elektrisk varmekolbe montert i toppen av varmtvannstanken. Volumet av den indre/ytre tanken kan for eksempel være 200/120 eller 300/120 liter



Figur 4.27 Enkeltmantlet bereder med elektrisk varmekolbe [1]



Figur 4.28 Dobbelmantlet bereder med elektrisk varmekolbe [1]

4.2.7 Henvisninger

- [1] Stene, Jørn. Oppvarmingssystemer for lavenergiboliger. Sintef Energiforskning, januar 2006.
- [2] Andresen, Inger. Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus. En introduksjon. Prosjektrapport 2008
- [3] prNS 3700 Kriterier for lavenergi og passivhus – Boligbygninger
- [4] http://www.estif.org/pictures/gallery_copy_1/ - Bildegalleri, solfangere
- [5] Tor helge Dokka og Käthe Hermstad. En håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger
- [6] Aníbal de Almeida, Paula Fonseca Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe. Paper ID: 6,273

4.3 VENTILASJON

4.3.1 Innledning [1]

Kravet til lufttetthet for passivhus er meget lavt. [3] angir at n_{50} skal være lik eller lavere enn 0,6 luftskifte pr. time. De lave verdiene for (infiltrasjon og eksfiltrasjon), gjør det nødvendig med mekanisk ventilasjon for å få oppnå tilfredsstillende kvalitet på luften i boligen og for å fjerne fukt og forurensninger.

$$1,5 - 0,007 \cdot (A_{fl} - 50) \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \right] \text{ for en bolig med } A_{fl} < 110 \text{ m}^2$$

$$\text{For } A_{fl} > 110 \text{ m}^2 \text{ skal luftmengden være } 1,2 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \right]$$

Reelle luftmengder være dimensjonert ut fra materialbelastning (emisjon), personbelastning og andre faktorer

Luften som tilføres boligen (friskluft) må varmes opp fra ute- til innetemperatur. Eksempelvis vil et ventilasjonsanlegg uten varmegjenvinning for en middels stor enebolig i Oslo-klima typisk utgjøre ca. 9.000 kWh/år. Med en årlig virkningsgrad på varmegjenvinneren mellom 60–80% vil dette ventilasjonstapet reduseres til ca. 2.000–3.500 kWh/år (data fra SINTEF Byggforsk). For å tilfredsstille kravet til varmebehov for et passivhus, vil balansert ventilasjon være den enkleste og est robuste løsningen.

4.3.2 Balansert ventilasjon

I lavenergiboliger og passivhus benyttes det vanligvis balansert ventilasjon. Balansert ventilasjon består av to separate kanalsystemer for henholdsvis tilførsel av friskluft og fjerning av forurenset og fuktig inneluft. Kanalsystemene har hver sin vifte, og ventilasjonsanlegget sørger for ønsket frisklufttilførsel til alle oppholdsrom, med avtrekk fra kjøkken, toalett, bad og andre våtrom. Balansert ventilasjon krever at boligen er relativt tett, ettersom luftlekkasjer vil medføre økt oppvarmingsbehov.

Varmen fra avtrekksluften i et balansert ventilasjonsanlegg gjenvinnes ved varmeveksling mellom avtrekksluft og friskluft i en varmegjenvinner. Varmegjenvinnere for balanserte ventilasjonsanlegg deles inn i to hovedtyper:

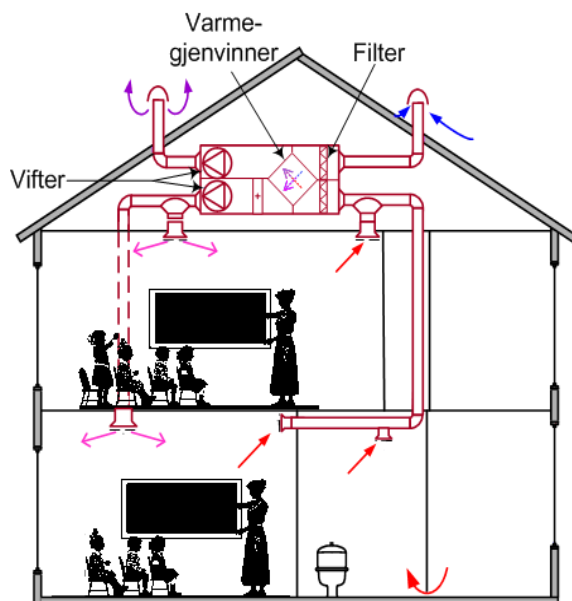
- Rekuperativ – varmen overføres ved varmeoverføring gjennom tynne metallvegger som skiller luftstrømmene fra hverandre. Eksempler på denne typen varmevekslere er kryssvarmeveksler og motstrømsvarmeveksler.
- Regenerativ – varmen overføres ved at et varmeakkumulerende materialevekselvis bringes i kontakt med varm avtrekksluft og kaldere tilluft. Eksempler på denne typen varmevekslere er kammervarmeveksler og roterende varmeveksler.

Temperaturvirkningsgraden for en varmegjenvinner er bestemt av avtrekksluftens avkjølingsgrad og luftmengdene på hver side av varmeveksleren, og vil være 100% når avtrekksluften kjøles helt ned til uteluftens temperatur. Årsvirkningsgraden for en varmegjenvinner er lavere enn maksimal temperaturvirkningsgrad, og er gitt av type varmegjenvinner samt temperatur og luftfuktighet for inne- og uteluften over året. Jo lavere årsmiddeltemperatur for uteluften, desto lavere blir Årsvirkningsgraden. Platevarmeveksleren har den største forskjellen mellom momentanvirkningsgrad og årsvirkningsgrad pga. tidvis behov for forvarming av tilluften for å unngå frysing.

Tabell 4.1 viser typiske årsvirkningsgrader samt utvalgte praktiske egenskaper for aktuelle varmegjennvinnere for lavenergiboliger og passivhus

Virkningsgrader – egenskaper	A	B	C
Typisk årsvirkningsgrad i Norge [%]	60-80	75-85	75-85
Lekkasje mellom luftstrømmene	Nei	Ja	Ja
Bevegelige deler	Nei	Ja	Ja
Avrimning nødvendig – kondensavløp	Ja	Nei	Nei
Vedlikehold – relativt	Lavt	Stort	Medium

A – Motstrøms varmeveksler B – Kammervarmeveksler C – Roterende varmeveksler

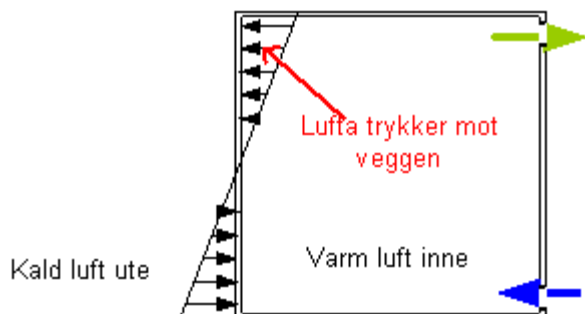


Figur 4.29 Balansert ventilasjonsanlegg [2]

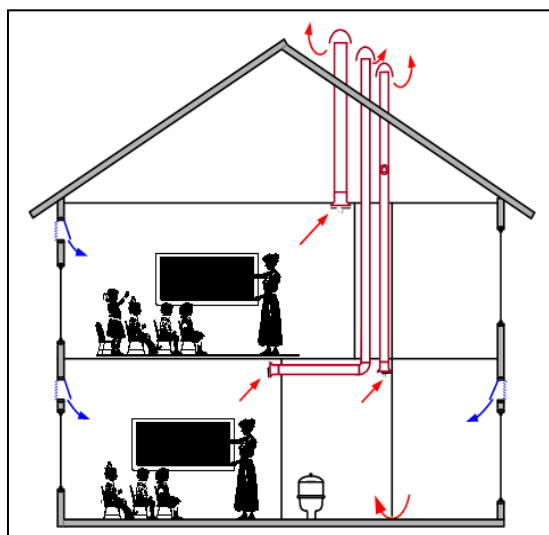
4.3.3 Naturlig og hybrid ventilasjon

Ved naturlig ventilasjon er det oppdriftskrefter og vind som sørger for at luften skiftes ut. Oppdriftskraften oppstår på grunn av at varm luft har lavere tetthet enn kald luft, det vil si at en kubikkmeter varm luft er lettere enn en kubikkmeter kald luft. Den varme luften inne i bygningen vil derfor presse mot taket og øvre del av vegger, mens kald uteluft vil presse utenfra mot veggene i den nedre del av bygningen. Dersom det er åpninger opp og nede vil den strømme gjennom bygningen. Jo større temperaturdifferanse det er mellom inne og ute, jo kraftigere luftstrøm. Trykkforskjellen blir også større jo høyere bygningen er. Oppdriftsventilasjon kalles ofte for skorsteinseffekt fordi det er tilsvarende det som skjer i en skorstein når vi fyrer. Kraften er forholdsvis svak, og fordi kraften avtar med minkende temperaturdifferanse mellom ute og inne, vil denne ventilasjonen virke dårlig om sommeren når temperaturforskjellen er liten.

Den andre formen for drivkraft som brukes i naturlig ventilasjon er vind. Vindkreftene gjør at luft vil strømme gjennom bygningen fra lo- til leside ved at luften lager et oppstuvningstrykk på losiden og et sug på lesiden. Dette kan gjennom mer avanserte løsninger kombineres med løsninger for oppdriftsventilasjon. Hovedproblemet med naturlig ventilasjon er at den ikke alltid er tilgjengelig og at det ikke kan gjenvinnes energi fra avtrekksluften. Dersom bygningen ligger i trafikkerte eller støyende omgivelser vil forurensninger og støy lett skape problemer



Figur 4.30 Ventilasjon og naturlige drivkrefter [2]



Figur 4.31 Naturlig ventilasjon [2]

4.3.4 Referanser

- [1] Tor helge Dokka og Käthe Hermstad. En handbok for planlegging av passivhus og lavenergi boliger
- [2] <http://www.aktivhms.no/Skoler/TekniskeLosninger/Ventilasjon.htm#Naturlig%20ventilasjon>
- [3] <http://www.climatech.no/Informasjon/ventilasjon.htm>

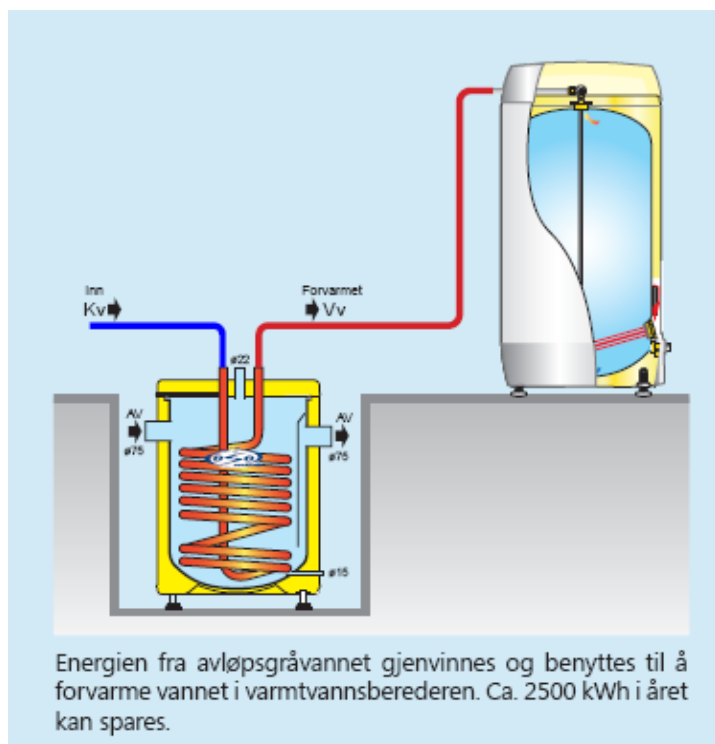
4.4 VARMEGJENVINNING

4.4.1 Varmegjenvinning fra tappevann

For et passivhus kan energibehovet til varmtvann være opp til fire ganger større enn romoppvarmingsbehovet. Energieffektiviseringstiltak rettet mot varmtvannsproduksjon vil derfor være mer interessant enn tiltak rettet mot romoppvarming.

En gjennomsnittsfamilie bruker rundt 5000 kWh/år til oppvarming av varmtvann. Dersom det varme avløpsvannet samles opp vil en stor del av varmen kunne gjenvinnes og brukes til å varme opp det kalde nettvannet. Figur 4.32 viser en enkel løsning der avløpsvannet fra dusj, vask, etc veksles med kaldt avløpsvann (OsO) [1]. Leverandøren oppgir at 50 % av energien til oppvarming av varmtvann kan gjenvinnes på denne måten.

Det eksisterer flere løsninger, også beregnet for eneboliger, men felles for de fleste systemene er at de er lite utprøvd i denne målestokken. Derfor er det et viktig poeng at systemet er enkelt, robust og vedlikeholdsvennlig.



Figur 4.32 Eksempel på varmegjenvinner for varmt avløpsvann (gråvann)

4.4.2 Referanser

[1] OSO ES 120 enøk-system for varmegjenvinning. Produktdatablad

4.5 BELYSNING OG APPARATER

[1] Belysning, utstyr og varmt tappevann vil også stå for en god del av energibruken i en ny bolig. Selv om store interne varmetilskudd vil redusere oppvarmingsbehovet betydelig, vil det øke den totale energibruken siden alt internt varmetilskudd ikke kan nyttiggjøres til oppvarming. Samtidig må man normalt ha elektrisitet til å dekke energiforbruket til belysning og utstyr, som det er en uttalt politisk målsetning å redusere. Det bør derfor være et mål å bruke så lite energi som mulig til belysning, utstyr og el. basert tappevanns - oppvarming innenfor ønsket komfortnivå. Energieffektivt utstyr, belysning og tappevannsproduksjon og god behovsstyring vil kunne redusere energibruken til disse energipostene, uten at det går utover komfort. Samtidig er det viktig å bruke så riktige verdier som mulig for internlast, slik at beregnet oppvarmingsbehov (effekt og energi) blir så nære virkeligheten som mulig. Forslaget til ny standard for passivhus og lavenergiboliger [2] har derfor angitt 4 W/m^2 over hele året som er lavere enn NS 3031 (som er standarden som benyttes i forbindelse med TEK07).

Interne varmetilskudd i passivhus [1]

I passivhus er det enda viktigere å bruke lavenergi belysning og utstyr, både for å få ned den totale energibruken, men også for å unngå komfortproblemer. Passivhusinstituttet i Darmstadt anbefaler at det brukes en total internlast på 2.1 W/m^2 , noe som er langt under det som brukes i beregninger i Norge. Selv om det for norske forhold kan virke veldig lavt, så er det målt så lave verdier i passivhusprosjekter i Tyskland. Pga. lengre vinterperiode i Norge med mer behov for kunstig lys, samt historisk sett lave el.priser, er det pr. i dag urealistisk å regne med så lave interntilskudd og energibruk til belysning og utstyr i Norge. Det foregår for øyeblikket en diskusjon om en nordisk definisjon på Passivhus i EU prosjektet: "Promotion of European Passive houses" [16], hvor bestemmelse av interne varmetilskudd er en viktig del. Når vi i dag kan slå fast at forslaget til ny standard for passivhus og lavenergiboliger landet på 4 W/m^2 er dette i tråd med tidligere antydninger. Foreløpig er jo dette også bare et forslag. Utvikling av LED teknologien vil selvfølgelig bety mye for å redusere energibruken til belysning.

Ved å benytte varmt vann (fra varmepumpe, sol eller biobrensel) til oppvaskmaskin og vaskemaskin kan bruken av strøm reduseres ytterligere.

Referanser:

[1] Tor helge Dokka og Kätthe Hermstad. En håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger

[2] prNS 3700 Kriterier for lavenergi og passivhus – Boligbygninger

4.6 STYRING OG VISUALISERING AV ENERGIBRUK

[1] Moderne styringssystemer, elektronikk og sensorteknologi gir mange muligheter for behovsstyring og visualisering av energibruk. Mye av såkalt smarthusteknologi og avanserte styringssystemer som finnes på markedet i dag er heller ikke fornuftig eller kostnadseffektivt for lavenergi boliger og passivhus.

Det er mulig å komme veldig langt ved enkle brukervennlige, robuste og rimelige systemer for å behovsstyre belysning, ventilasjon og utstyr, samt å visualisere energibruken.

Det er nedenfor beskrevet noen aktuelle systemer og løsninger for å gjøre dette.

4.5.1 Manuell behovsstyring

[1] En av de enkleste, mest effektive og kostnadsbesparende løsningene for å redusere el. bruken og oppvarmingsbehovet på er en enkel bryter (se figur 4.24) som setter boligen i "hvilemodus"²⁸. Ved å sette bryteren i "Ute-stilling" vil all belysning bli slått av, aktuelle kurser for utstyr kan slås av (ikke kjøll og frysutstyr) og ventilasjonen kan reduseres (ikke slås helt av, se kap.4.5). Det vil også være mulig å redusere settpunkttemperaturen for romoppvarmingen, men redusert oppvarmingsbehov som følge av dette vil i lavenergi boliger og passivhus være veldig lite (1-3 %). En bryter som vist i figur 4.33 bør plasseres lett tilgjengelig ved utgangsdør



Figur 4.33 Bryter med Ute-Hjemme funksjon som kan sette boligen i hvilemodus.

4.5.2 Tidsstyring

[1] Tidsstyring av utstyr, belysning, ventilasjon og oppvarming (natt- og helgesenking) har vært den vanligste og rimeligste formen for behovsstyring. Tidsstyring i boliger der panelovner blir programmerbar med natt- og helgesenking har vært mye brukt. Det er i dag også mulig å styre panelovner med radiosignaler, slik man slipper kabling mellom panelovner og styringssignal. Men det er veldig lite energi å spare på natt- og helgesenking for passivhus, siden temperaturen faller så sent i slike boliger (lang tidskonstant). Denne typen automatikk og styringssentraler er derfor lite lønnsomt i denne type hus.

Tidsstyring av belysning, utstyr og ventilasjon er også sjelden brukt, siden bruk av boliger er mer irregulær enn andre type bygg. Tidsstyring kan være aktuelt for spesiell type utstyr slik som motorvarmer (drar mye strøm), og også tidsstyring av utendørsbelysning kan være aktuelt. Generelt er utstyr/automatikk med tidsstyring en relativt liten investering.

4.5.3 Avansert styring: Dagslysstyring og tilstedeværelsesstyring

[1] Stadig flere investerer i dag i alarmsystem med såkalte tilstedeværelses-varslere, basert på infrarød-sensorer (se figur 4.34), som også kan brukes til å styre lys, varme, ventilasjon og utstyr. Dessverre er det få som kobler sammen andre funksjoner enn alarm på slike produkter, noe som er litt synd siden en betydelig investering allikevel er gjort i disse sensorene. Dette vil trolig endre seg med tiden, etter hvert som integrerte smarthusløsninger (pakker) vil bli tilgjengelig men det er et spørsmål om det er brukeraksept for at lys, oppvarming, utstyr og ventilasjon slås av og på hvis man går hyppig ut og inn av et rom. Det er selvsagt mulig å unngå noe av disse ulempene ved å ha en tidsforsinkelse i systemet, slik at ikke for eksempel lyset blir slått av med en gang man går ut av rommet. Sensorer for tilstedeværelsesstyring er relativt rimelige i investering, og har etter hvert blitt veldig vanlig på for eksempel kontorbygg. Dagslysstyring er en annen mulig styringsmetode for å redusere energibehovet til kunstig belysning. Lyssensorer registrerer da lysnivået et sted i rommet, og reduserer (dimmer) da den kunstige belysningen ned. Det er ikke all kunstig belysning som har mulighet for dimming (generelt ikke lysstoffrør og lavenergipærer). Men siden beboere ofte manuelt styrer kunstig belysning ut fra tid på dagen og tid på året, vil det være relativt lite energi å spare på dagslysstyring over året i en bolig. Sammen med at dagslys/lys-sensorer er relativt dyre, er denne type styring sjelden et lønnsomt tiltak.



Figur 4.34 Bevegelsesdetektor [1]



Figur 4.35 gammeldags wattmeter [1]

4.5.4 Systemer for visualisering av energibruk

Erfaringer fra prosjekter antyder at beboere kan spare 10-15 % av sitt energibruk hvis de gjøres bevisst sitt eget energiforbruk (el og varme) og kan identifisere hva som påvirker forbruket. En form for visualisering av energibruket, gjerne oppdelt i el. forbruk og varmeforbruk, vil derfor være fornuftig. Dette gjør at beboere kan få direkte tilbakemelding på sin egen "energiatferd" og dermed gjøre endringer (hvis ønskelig) for å redusere sin energibruk. Det gamle Wattmeteret (se figur 4.35) ga en rask tilbakemelding på el. forbruket (effekt). En moderne utgave av Wattmeteret kan være et brukergrensesnitt som viser el. og varmeforbruk, siste uke, siste måned og siste år. Dette kan da også sammenlignes med forventet bruk (simulert/beregnet eller tidligere målt). Et moderne brukergrensesnitt til erstatning for deg gamle wattmeteret bør være lett synlig for å ha optimal innvirkning på atferd, og bør derfor, for eksempel, plasseres som et lite LCD-panel i entre eller tilsvarende

sted. Det rimeligste er trolig å ha dette brukergrensesnittet på PC, for eksempel på et innloggbart nettsted, men for atferdsmessig påvirkning vil dette neppe være optimalt.

4.5.5 Referanser

- [1] Tor helge Dokka og Kätthe Hermstad. En handbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger

5 INNEMILJØ

For alle bygg der mennesker skal oppholde seg må innemiljø prioriteres. I et passivhus fokuseres det på energibruken, men en rekke av de forhold som gir redusert energibruk vil også medføre et bedre inneklima. Forhold som er karakteristisk for et passivhus:

- Bedre isolert klimaskall, inklusiv vinduer og dører
- Ingen kuldebroer
- Bedre lufttetting

Alle disse faktorene medvirker til lavere overflatetemperatur og problemer som trekk og kaldras er eliminert. Det eneste som krever spesiell oppmerksomhet er faren for overtemperatur i den varme årstiden. Erfaringer fra Tyskland viser at utvendige automatiske persienner og god gjennomlufting vil kunne løse mye av dette problemet. Kombinasjon av nattventilasjon og varmelagring i bygningskroppen vil også virke positivt på inneklima og medvirke til lavere maks. temperatur om dagen og høyere min. temperatur om natten.

5.1 EFFEKTEN AV HØYE OVERFLATETEMPERATURER

For ekstremt godt isolerte konstruksjoner uten kuldebroer vil overflatetemperaturen være nær romtemperaturen. Dessuten vil såkalte superisolerte vinduer ha en betydelig høyere innvendig overflatetemperatur enn ordinære vinduer. Dette fører til at operativ temperatur (følt temperatur) vil være nær romlufttemperaturen. I et passivhus er det derfor mulig å holde en lavere romlufttemperatur enn i en ”ordinær” bolig, uten at dette fører til dårligere termisk komfort. Beregninger [3] viser at det er mulig å senke romtemperaturen med 0,5 til 2 °C i et passivhus, sammenlignet med en bolig bygget etter TEK97. For hver grad man reduserer romtemperaturen reduseres oppvarmingsbehovet med 10-15 %. Eliminering av kuldebroer i passivhus fører også til at man unngår stedvise kalde flater, som i ordinære boliger kan være et problem. Dette gjelder spesielt gulvflater. Slike lokale ”kalde” områdene kan i tillegg til dårlig komfort, også føre til kondensering og mikrobiologisk vekst.

På gulv i vanlige oppholdsrom (ikke bad og andre våtrom), særlig de som vender mot grunnen eller kalde kjellere/kryprom, bør man velge en gulvoverflate med lav varmeledningsevne. Selv om gulvet er godt isolert vil dette føles kaldt vil det føles kaldt ved en overflate med god varmeledningsevne, som for eksempel keramiske fliser eller skiferheller.

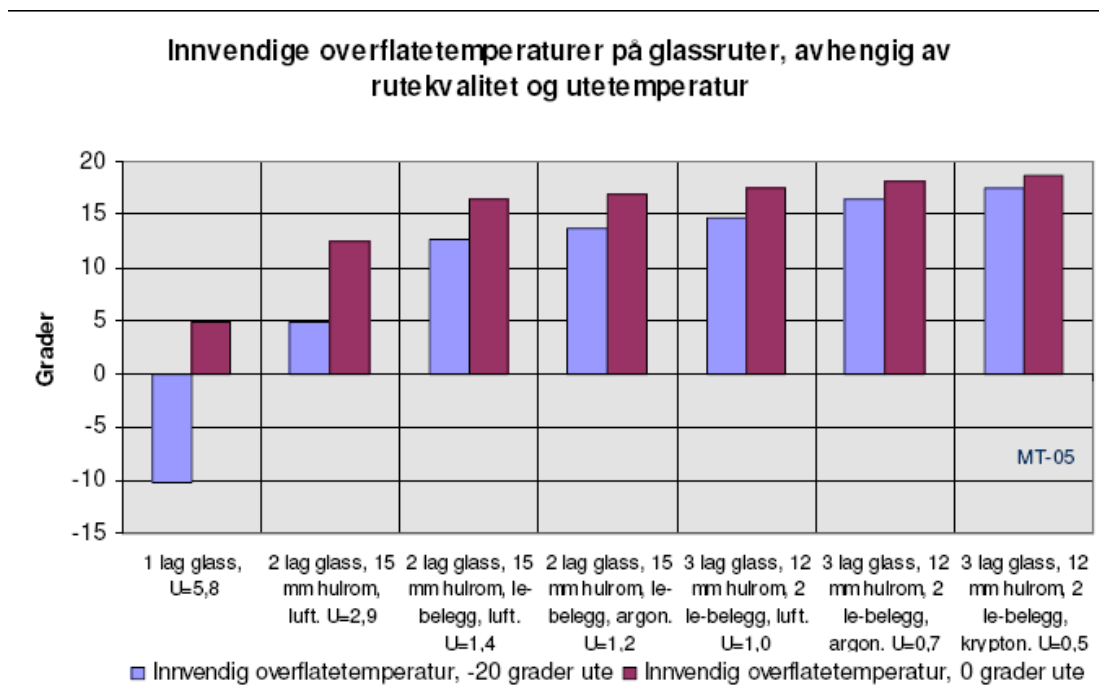
Korkbelegg eller tregulv er gode alternativer. Myke treslag vil være gunstigere enn parkett og harde treslag.

5.2 KOMFORT, KOSTNADER OG LØNNSOMHET

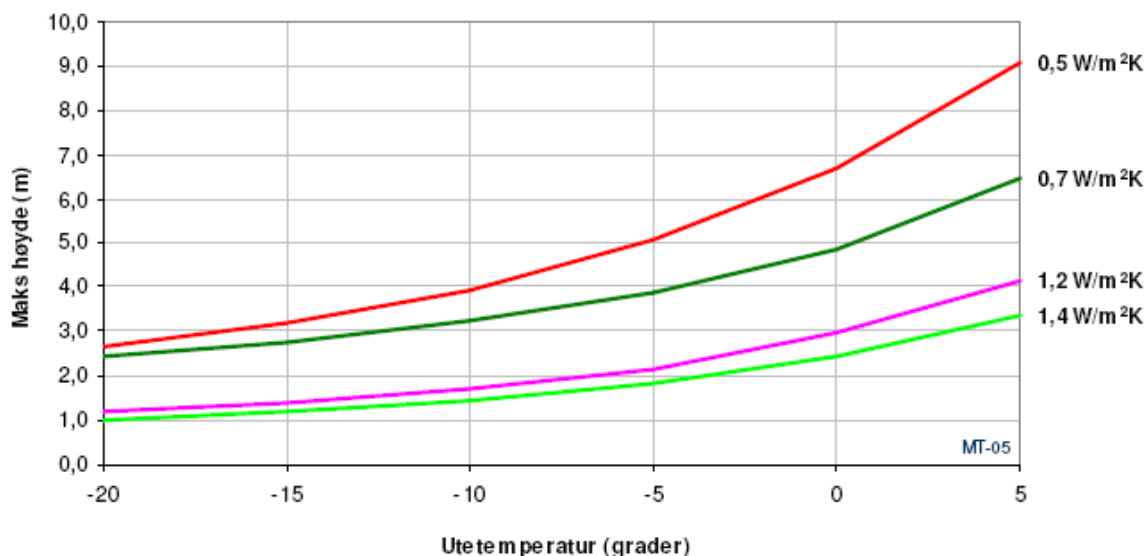
Operativ temperatur er den ”følbare” temperaturen i rommet, og denne er en funksjon av temperaturen på overflatene i rommet, også kalt strålingstemperaturen (T_s), og lufttemperaturen i rommet (T_r). Normalt er den operative temperaturen tilnærmet lik middelveiden av lufttemperatur og strålingstemperatur: $T_{op} = (T_r + T_s)/2$. Steder som er spesielt utsatt, er bak møbler og annen innredning som står inntil yttervegger med dårlig luftsirkulasjon. Der kan det oppstå kondensering, og mikrobiologisk vekst. I bad og andre våtrom hvor det vanligvis benyttes gulvvarme, er det derimot ønskelig med et gulvmateriale som har høy varmeledningsevne, som eksempelvis keramiske fliser.

5.3 KALDRAS OG TREKK

Kaldras oppstår inntil kalde flater, fordi luftskiktet nær den kalde flaten kjøles ned, og danner en nedadgående luftstrøm (nedkjølt luft er tyngre en omkringliggende luft). Tradisjonelt har vinduer ofte vært en kilde til kaldras (om vinteren) og ubehag med trekk og dårlig termisk komfort. Dette gjelder særlig i tilfeller med dårlig isolerte og/eller høye vindusfelt som gjerne går helt ned til gulvet, og som da resulterer i en kald luftstrøm som følger gulvet. Den vanlige måten å løse dette problemet på er å plassere varmeavgivere, som panelovner, radiatorer eller konvektorer under vinduene slik at den nedadgående luftstrømmen blir bremsset av en oppadgående varmluftstrøm fra varmeavgiveren. Dette er en lite elegant løsning som gir et dyrere oppvarmingssystem med dårligere innredningsfleksibilitet. Det fører også ofte til økt energibruk siden oppvarmingen som regel slås på for å hindre kaldras uten at det eksisterer et "globalt" oppvarmingsbehov (kun lokalt i nærheten av vinduene). Med superisolerte vinduer løses dette problemet fordi overflatetemperaturer på vindusrutene er så høy at kaldras elimineres. Figur 5.1 angir overflatetemperatur å ulike vindustyper ved 0 °C og -20 °C utetemperatur. Figur 5.2 angir maks rutehøyde for ulike rutetyper (U-verdi på ruta), forutsatt at hastigheten i kaldrasstrømmen ikke skal overstige 0,15 m/s (vanlig komfortkrav). Vinduer som benyttes i passivhus er såkalt superisolerte vinduer med U-verdi mellom 0,7 og 0,5 W/m²K. Disse kan ha glassflater som er over 2.5 m høye uten at det blir kaldrasproblemer i normalt norsk klima (Figur 5.2).



Figur 5.1 U-verdi (senter) og innvendig overflatetemperatur (ved 0 grader og -20 grader ute) Kilde: Marit Tyholt



Figur 5.2 Maksimum rutehøyde avhengig av rutetype (U-verdi i senter) Innetemperatur 20°C, maks. lufthastighet 0,15 m/s. Avstand fra vindu er 0,6 m. Kilde Marit Tyholt

For passivhus kan varmeavgivere plasseres helt uavhengig av vinduene, noe som kan være økonomisk gunstig og ikke minst gir det større innredningsfleksibilitet (Figur:) . For passivhus i Tyskland og Østerrike er det ikke vanlig med varme i badegulv. Det brukes ofte ulike former for tremmer, for eksempel i vannebestandig edeltre/”hardwood”, for å eliminere følelsen av kalde gulv. Det er selvsagt mulig å bruke slike løsninger også i Norge, selv om de fleste vil foretrekke gulvvarme i bad og eventuelt vaskerom.



Figur. 5.3 Løvaashagen i Bergen. Radiator Superisolerte plassert på innervegg (Foto: M.Våge)



Figur 5.4 Passivhus i Tyskland med høye vinduer (foto:M.Våge)

5.4 HENVISNINGER:

- [1] Marit Tyholt, EVU-kurs: Lavenergiboliger og passivhus, januar 2009-06-24
- [2] Sintef Energiforskning, Enøk i bygninger- Effektiv energibruk
- [3] Tor helge Dokka og Käthe Hermstad. En handbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger

6 FREMTIDENS LØSNINGER

6.1 INNLEDNING

Om ikke alt for lenge skal Norge få sine egne standarder for lavenergi- og passivhus. For tiden brukes de reglene som er bestemt fra det tyske "Passivhausinstitut in Darmstadt" [ii]

6.1.1 Fasader

Fasadeløsninger bør være nærmest veldikeholdsfriske. Vinduene må være trelags for å oppfylle kravene for isolasjonsevne. Glasset blir selvrensende på overflaten og kanskje får den et lag med flytende krystaller som kan styre solgjennomgang. Det vil være integrerte løsninger for solcelle og termiske solfangere i fasaden eller som en del av balkon/verandabrystninger. Det må brukes lett resirkulerbare materialer som er holdbare og som ikke blir spesialavfall ved utskiftning/riving. Husene vil være selvforsynt med energi og kan t.o.m. levere overskuddsenergi til nettet.

Yttrdørene som er meget tykke pga. isolasjonskravene vil få vakuumisolasjon for å minske tykkelsen og vekt.

Det forskes på vinduer med vakuumisolasjon som oppfyller passivhuskravene med to-lagsglass.

Det vil komme nye byggematerialer som effektiviserer bygging av passivhus. Likeså vil huselementer blir produsert på fabrikker og blir kjørt til byggeplassen. Der monteres de vha. kran på meget kort tid. Dette minimerer fuktpåvirkning av råbygget betraktelig.

6.1.2 Styringssystemer

Dette trengs fortrinnsvis for å opprettholde et komfortabelt innneklima. Dvs. solinnstråling og ventilasjon må styres meget nøyaktig. Ventilasjonsstyring må ta hensyn til varierende luftfuktighet i de forskjellige rom. Solinnstråling kan lett føre til overopphetning i et passivhus og reguleringssystemer må kunne hantere dette.

Energiforbruket bør visualiseres til enhver tid.

Dersom huset har autonome systemer for varme og strøm må disse integreres i en totalstyring.

6.1.3 Autonome systemer for strøm/varme

Det finnes allerede eksempler for slike systemer. Gårdsbruk i Danmark bruker biogass i en gassmotor for å produsere strøm. Overskuddsvarmen brukes til oppvarming av bygningene og tappevann. Det New Zealand'ske firma WisperTech leverer små sterlingmotorer til bruk i bl. a. eneboliger. Disse er gassdrevne og leverer nok varme til både romoppvarming og tappevann og i tillegg elektrisk strøm.

Før dette lønner seg i Norge må prisene for elektrisk kraft frikoples fra andre energikilder. Dessuten må lovverket endres slik at man kan produsere sin egen strøm og levere overskudd til nettet.

i <http://www.standard.no/no/Nyheter-og-produkter/Nyhetsarkiv/Bygg-anlegg-og-eiendom/2009/Standard-for-lavenergi---og-passivhus/>

7. Eksempelbygg: Vessøya

Fakta om passivhus Grimstad

Adresse: Vessøyveien, Fevik i Grimstad
To eneboliger i rekke
157 m² BRA
Tradisjonelt bindingsverkhus
Hus A med mekanisk ventilasjon
Hus B med hybrid/naturlig ventilasjon
Gjenvinning av varme fra gråvann
Fasadeintegreerte solfangere på vegg
Vannbåren gulvvarme
Arkitekt: Bengt G. Michalsen AS
Utførende: Hemato Eiendom AS
Pilotprosjekt for Husbanken Region sør, Arendal
Samarbeidsprosjekt med Universitetet i Agder

Fundament



Etter at grunnarbeidene var unnagjort, ble det lagt ut 0-12 mm grus der ringmuren skal være. Etter grovavretting ble det brukt ”hoppetusse” til komprimering for å unngå sig i massene senere. Deretter ble nok en komprimeringsrunde gjennomført slik at avrettingen til slutt ble meget nøyaktig. Hele prosessen er ganske tidkrevende, men svært viktig for få grunnmuren så rett som mulig.

Som isolasjon for ringmuren ble trykkfaste plater av RockFoam (XPS- isolasjon) lagt i forbandt i to lag (2x 50 mm). De to lagene ble festet sammen med spikerpistol slik at konstruksjonen ble stivere sideveis. Dette gjorde det enkelt å merke ut hvor ringmuren skulle stå på de trykkfaste platene.

Ved hjelp av krittspor ble alle yttermerkene for grunnmurselementene (Rockwool Ringmurselement) og plassering av armeringsjernene merket opp. Dette forenklet arbeidet med å legge armeringsjern i elementene



Før ringmurselementene ble montert ble det festet en 30x48 mm lekt rundt hele ytterkanten av husene slik at ringmurselementene enkelt kunne legges inn mot disse lektene.

Etter monteringen av ringmurselementene ble det skrudd store skruer på skrå i bunnen av innsiden på elementene slik at de ble festet til de trykksterke RockFoam platene.

Hensikten med dette var å hindre at elementene skulle løfte seg under fylling. I stedet for å fylle tilbake med masser mot ringmuren slik det er beskrevet i monteringsanvisningen, ble det lagt på store steiner for ca hver 1,2 meter for tyngde.

Betongen ble fylt på i to omganger. Først ble nederste del av elementet fylt opp rundt hele ringmuren før siste halvdel ble påbegynt. På grunn av for liten motstand/vekt på elementene samt litt for bløt ”slump” begynte elementene å løfte seg litt. Videre utstøping ble derfor utsatt til dagen etter og gjort sammen med støping av resten av gulvet. For å unngå at elementene løfter seg, er det viktig at monteringsanvisningen for ringmurselementene blir fulgt.

Gulv



Til isolering av gulvet ble det lagt 2x150 mm Rockwool Støpeplate i forbandt. Langs ringmuren ble isolasjonen stoppet 100 mm fra alle yttervegger. Ytterveggen er en dobbeltvegg og for å få en opplagring for den innvendige veggen, var det nødvendig å lage et indre fundament. For å løse dette ble det støpt en 10 cm bæring fra de underliggende RockFoamplatene helt inn mot ringmurselementene. Bæringen ble støpt i samme høyde som toppen av Støpeplaten. Dermed kunne plasten som skulle legges på gulvet gå rett over bæringen, opp langs ringmurselementet og videre til innsiden av veggen- uten skjøt.

På steder der det var nødvendig å kutte til bærevegger og pipe ble det lagt ned trykkfast isolasjon RockFoam for å unngå kuldebroer opp i gulvet.

Da gulvet ble støpt ble plasten brettet utover ringmurselementet og et bord ble heftet fast på toppen av elementene som da gikk 2-3 cm inn over toppen av ringmuren. Ved pussing av gulvet med ”helikopter”,

fungerte dette bordet som en stoppkant slik at plasten ikke fikk rifter.

Sjaktene til gråvannsgjenvinnerne i hver bolig ble isolert med 100 mm RockFoam mot grunnen og på sidene. Deretter ble gulvet støpt og veggene bygget opp med 100 mm Leca.

Oppbygging av dobbelt bindingsverk

Da ringmuren og gulvet var ferdigstøpt, startet monteringen av den ytre delen av dobbeltveggen.



Bunnsvill av 36x148 mm ble montert i ytterkant av ringmurselementet. Under denne ble det brukt 2 stk. med RockTett Butyl tettelist. Disse var greie å montere så lenge det var tørt i været, men noe vanskeligere da det regnet og ble vått på grunn av heft til treverket. Det viste seg å være svært fornuftig å bruke 2 stk. Butyl tettelister under bunnsvillen da disse tok opp ujevnheter i underlaget og ga en god tetting.

Deretter ble bindingsverket av 36x148 mm montert på tradisjonelt vis over bunnsvillen. Høyden på bindingsverket ble tilpasset slik at det var mulig å få klem på overgangen på vindsperrer mot toppsvillen i 1. etasje. Deretter ble det montert en horisontal lekt på 48x48 mm på innsiden av denne vegg. Dette ble gjort for å oppnå stivhet mellom den ytre og indre delen av vegg.



Plastfolien fra gulvet ble så brettet inn på gulvet og bunnsvillen til indre vegg ble montert på denne. Plastfolien ble senere brettet opp på innsiden av indre veggdel for å kunne bli teipet sammen med plastfolien på vegg. For å lage et sjikt uten kuldebroer ble den indre veggdelen montert 5 cm fra den ytre veggdelen.

Høyden på indre veggdel ble satt opp noe høyere enn ytre veggdel for å få tilstrekkelig plass til opplegg av bjelkelaget. Før opplegg til bjelkelaget ble montert, ble det festet en bred plastremse på indre veggdel.

Dette ble gjort for å få til en kontinuerlig plastfolie forbi bjelkelaget. Det samme ble gjort bak innvendige bærevegger i tilslutning mot yttervegg.

Bjelkelag og ståldragere ble montert og 22 mm vannfast sponplate ble utlagt som gulv for 2. etasje. Rockwool Avstigningsstag av stål ble montert på alle utvendige hjørner etter at ytterveggene var rettet opp.

De største utfordringene under arbeidet med bindingsverket var i forbindelse med overgangene mellom enhetene. Det samme gjaldt monteringen av den gjennomgående platen over hele bygget.

Oppbygging av dobbel takkonstruksjon

Takkonstruksjonen på passivhusene er bygget opp som et åstak. Dette ble valgt for ikke å få alt for lange spenn på takbjelkene, unngå synlige dragere innvendig og for å få et minimum av kuldebroer



Dette ble bygget opp ved å montere 3 stk dragere i full lengde fra laveste vegg til høyeste vegg, og 3 stk korte dragere på den "lille" delen av taket. Disse dragerne ble dimensjonert ut fra det lengste spennet på den "lille" delen av taket. De lange dragerne ble senere understøttet av gavlvegger og bærevegger innvendig. Denne oppbyggingen ble valgt for å forenkle byggeprosessen, da det var enkelt å få disse på riktig høyde. I etterkant vil det være en enkelt å bygge vegger under disse.



Da dragerne var montert i riktig høyde ble det montert 48x198 mm bjelker som åser i mellom dragerne i senteravstand 600 mm. Helt nede ved raftet ble det skråkuttet en 48x198 mm som ble satt på høykant over toppsvillen i ytre veggdel.

Siste del av takkonstruksjonen vil bli lagt opp senere når bygget er tettet. Et indre sperretak av 48 x 98 mm vil bli montert ned på indre veggdel, og skape et 15 cm kuldebrofritt sjikt mellom ytre og indre

takkonstruksjon. Deretter vil det bli montert inntrukket dampsperre med 48 x 48 mm lekter på undersiden, slik at det skjulte elektriske anlegget ikke perforerer dampspennen.

Arbeidsmessig har dette vært en liten utfordring, da byggemetoden er noe annerledes enn et enkelt sperretak som vanligvis blir brukt. Teknisk blir nok dette en meget bra løsning med tanke på kuldebroer og isolering!

Vindtetting av vegg

Siden passivhusene består av 2 boliger ble det prøvd to ulike metoder for vindtetting.



I den ene boligen ble det brukt 9 mm GU-plater (gipsplater) til vindtetting og avstivning. Den andre boligen ble kledd med Rockwool Vindsperre og avstivet med Rockwool Avstivningsstag. Stagene har form som en T-profil og det ble laget et snitt i stenderne med en sirkelsag og deretter ble de festet med spikre.

Siden vegghøyden er over vanlig etasjehøyde, ble Rockwool Vindsperre montert fra toppen av veggen og nedover. Vindsperren ble strammet opp og stiftet fast.

Deretter ble samtlige skjøter klemt med en 11x36 mm sløyfe. Dette arbeidet gikk raskt og mange kvadratmeter ble dekket på en dag.



Den andre bygningen ble kledd med GU-plater. For å unngå eventuelle luftlekkasjer i skjøtene ble det lagt en liten stripe med fugemasse i overgangene mellom platene. Over alle gipsplateskjøter ble det brukt 11x36 mm sløyfer

Vindtetting tak

Rockwool Vindsperre ble også brukt til vindtetting på taket.



Først ble det montert et lag med 12 mm kryssfiner rett på åsene. Dette ble valgt for å gjøre arbeidsprosessen mer rasjonell og sikker, og for å unngå gjennomtråkk i vindsperren. Dermed ble det en enkel oppgave å montere vindsperren og klemme sløyfer på taket. (Normalt vil det av fuktmessige årsaker være en fordel å velge en undertaksløsning med større dampåpenhet).

Vindsperren på taket ble lagt med overlapp mot vindsperren på veggen, og ble senere klemt med en sløyfe. Over sløyfene på taket ble det montert en 48x73 mm rekke for å bygge opp en luftespalte. Til slutt ble det lagt 18 mm kryssfiner som underlag for taktekkingen.

Siden kryssfiner er mindre diffusjonsåpent enn et vanlig diffusjonsåpent undertak vil det være viktig at dampsperran utføres nøye for å unngå vanndamp oppover i konstruksjonen. Dampsperran vil bli inntrukket 48mm for å unngå gjennomhulling, samt tapet og klemt i alle skjøter.

Vinduer og lufttetting inkl. tetthetstest

I passivhus er gode vinduer helt avgjørende. For glass og ramme bør U-verdien være mindre enn 0,8 W/m²K. I dette prosjektet ble det brukt tyskproduserte passivhusvinduer fra Häussler. Vinduene er innadslående med doble tettelister og 3 lags glass. For å redusere kuldebroer er karmen splittet med isolasjon i midten. Denne vindustypen har en U-verdi på 0,7 W/m²K.

I og med at det ble brukt Rockwool Vindsperre, som gikk rett over vindusåpningene, blir dette også vindtettingen rundt vinduene. Vinduene ble montert slik at karmen fluktet med det vindtette sjiktet.



Det ble montert klosser i bunnen av vindusåpningen på ca 15 mm for å kunne sentre vinduet mest mulig i vindusåpningen. Det ble klebet RockTett Ekspanderende fugebånd direkte på vinduskarmen, og deretter ble vinduet satt på plass. Etter at fugebåndene var ferdig ekspandert mellom vinduskarmen og bindingsverket ble åpningen skummet innenfra med PUR-skum. Tilslutt ble hullene etter kilene også skummet. Rocktett Ekspanderende fugebånd tillater bevegelser i konstruksjonen uten at funksjonen for det

påvirkes negativt. Fugebåndet består av et levende materiale som følger bygningens bevegelser – både sommer og vinter.



Det ble laget en foring mellom vinduskarmen og kledningen. Denne ble skrudd sammen som en fast ramme og deretter montert mot vinduskarmen. Det ble også fuget med RockTett Fugemasse mellom vindsperran fra veggen og vinduet slik at denne ble klemt mot utforingen.

Tetthetsmåling

I et vanlig småhus er lekkasjetallet i de nye byggeforskriftene skjerpet til maksimalt 2,5 luftvekslinger pr. time ved 50Pa. For å kunne klassifiseres som et passivhus kan imidlertid normen med maks 0,6 luftvekslinger pr. time brukes. I praksis betyr dette at under en trykkbelastning på 50 Pascal (tilsvarer frisk bris) så skal ikke mer enn 60 % av luften sive ut (lekke ut) i løpet av en time.

En tetthetsmåling kan for eksempel utføres ved at en ramme med vindtett membran blir montert opp i en dør. I membranen monteres så en datastyrt vifte som avgir luft med 50 Pascals trykk. Når så alle åpninger i konstruksjonen er lukket, gjennomføres testen.



Testen som ble gjennomført for passivhusprosjektet i Grimstad ble utført før isolasjon, dampsperre og utvendig kledning var satt opp. Testen ga et resultat på 0,3 luftvekslinger pr. time ved 50 Pa. Dette er et meget godt resultat som med god margin tilfredsstillende normen.

Ny trykktest planlegges utført etter at huset er ferdig. Dette blir gjort for å dokumentere at etterfølgende arbeid ikke har medført noen flere luftlekkasjer.



Isolering av yttervegger og tak

Godt isolerte konstruksjoner er en grunnleggende og svært viktig forutsetning for et passivhus. Både vegger og tak isoleres i flere sjikt – noe som innebærer at kuldebroer minimeres og skjøtene kan forskyves. En godt isolert og tett klimaskjerm, sammen med et balansert ventilasjonssystem, reduserer boligens energiforbruk vesentlig.

Før selve isolasjonsarbeidet ble påbegynt var vindusåpningene vindtettet og taket tekket.

Yttervegger



Ytterveggene består av en dobbelt konstruksjon der den ytre delen av 36 x 148 mm stender var montert. I 1. etasje var det også nødvendig å sette opp den indre vegg av 48 x 98 mm stendere fordi denne også er bæring av bjelkelaget. Før isolasjonen ble montert var det viktig at bindingsverket hadde tørket godt ut. I 2. etasje, der den indre vegg ikke var satt opp ennå, ble det først montert 15 cm Rockwool Flexi A-plate. Deretter ble den indre vegg av 48 x 98 mm stendere (med en avstand på 5 cm fra den ytre vegg) satt opp. 5 cm Flexi A-plate ble montert i det kuldebrofrie sjiktet mellom veggene og 10 cm Flexi A-plate ble montert i den indre veggdelen.



1. etasje hvor begge veggene var satt opp, ble isoleringsarbeidet ikke fullt så enkelt. Der måtte isolasjonsplatene i noen tilfeller ”smyges” rundt den indre veggen for å få de plassert riktig. I begge etasjene ble det valgt en løsning med inntrukket dampsperre, leker 48 x 48 mm og 5 cm Flexi A-plate.

U-verdien for ytterveggen som nå er isolert er 0,12 W/m²K.

Tak



Takkonstruksjonen, er som ytterveggen, delt opp i flere lag for å unngå kuldebroer og oppnå en velisolert bygningsdel. Hele den isolerte takkonstruksjonen har en U-verdi på 0,09 W/m²K.

Den øverste delen av takkonstruksjonen består av 48 x 198 mm takbjelker som ble isolert med 20 cm Rockwool Flexi A-plate. Under dette ble det hengt opp en 48 x 98 mm planke med patentbånd i takbjelkene. Planken ble montert med en avstand på 10 cm fra takbjelken, slik at det ble et kuldebrofritt sjikt her. Deretter ble det isolert med 20 mm Rockwool Takstolplate.



Det neste som ble gjort var å montere en dampsperre på 0,2 mm med tapede skjøter. Under dampsperran ble det lektet ned ytterligere 10 cm og isolert med 10 cm Flexi A-plate. Dermed var det god plass til føringer av el-kabler etc.

Luft- og damptetting

Formålet med en dampsperre er å hindre fuktvandring ut i konstruksjonen (enten ved diffusjon eller ved konveksjon).

Det er viktig å unngå hull i dampsperran og å montere den slik at alle skjøter blir tette. En inntrukket dampsperre vil være mindre sårbar for gjennomhulling når el-rør og lignende skal monteres. Gjennomføringer i dampsperran er viktig å utføre nøyaktig og tette rundt.

Montering av dampsperre

Målsettingen ved montering av dampsperran i passivhuset, var at den skulle gå i ett kontinuerlig sjikt fra bunnsvill til bunnsvill via taket. Derfor ble det på forhånd lagt inn remser med plastfolie langs ytterveggene forbi bjelkelaget og over innvendige bærevegger. Ved montering av dampsperran ble skjøtene tapet med RockTett Tape.



Inn mot vinduene ble dampsperran brettet inn på bindingsverket i vindussmyget og deretter tapet inn på baksiden av foringssporet på vinduet. Denne blir klemmt når foringen blir satt inn.

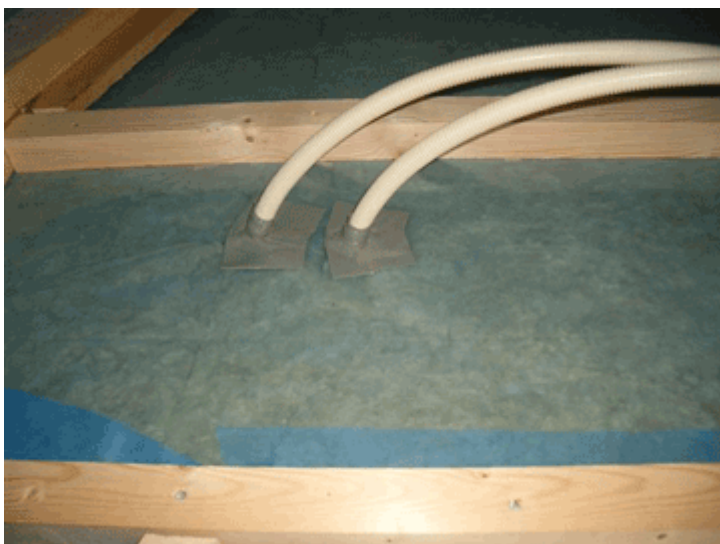


Tetting rundt gjennomføringer i ytterkonstruksjonen

I den delen av huset hvor det er brukt gipsplater ble det brukt RockTett Fugemasse utvendig, samt RockTett Butyl tettebånd innvendig mot dampsperrer rundt gjennomføringene.



I den andre delen av bygget der det ble brukt Rockwool Vindsperre ble det først brukt RockTett Tape for å få heft på vindsperren. Deretter ble det brukt RockTett Butyl tettebånd, både innvendig og utvendig. Totalt sett ble dette en meget god og tett løsning.



8 EKSEMPLER FRA DIVERSE PASSIVHUSPROSJEKTER

8.1.1 Innledning

Norge står i en særstilling når det gjelder oppvarming av boligene sine. Mens kull- og vedfyrte ovner i resten av den vestlige verden etter hvert ble erstattet med moderne varmeanlegg som dog fremdeles baserer seg på fossile brensler gikk man i Norge mer og mer over til elektrisk oppvarming. Denne overgangen skjedde stort sett i de siste 40 – 50 år. Det er mye billigere å installere direkte elektrisk oppvarming enn et varmeanlegg som bruker vannbasert varmedistribusjon. Med rikelig tilgang til billig elektrisk energi er dette en meget praktisk og rimelig måte å varme opp boliger med. Elektrisk energi har tradisjonell vært atskillig dyrere i land der elektrisitet produseres hovedsakelig i varmekraftverk. Derfor er elektrisk oppvarming ikke noe reell alternativ. Vannbåren varme i boliger er mye mer utbredt i utlandet enn her i Norge.

Etter hvert har vi nådd toppen av oljeutvinning og energi som er produsert fra fossilt brensel vil øke i prisen i takt med økt etterspørsel. Samtidig øker Norge sin eksport av elektrisk kraft pga. større kapasitet med flere nye sjøkabler til kontinentet. Dette fører etter hvert til økning av kraftprisene i Norge. Den globale krisen er en forbigående situasjon som ikke er representativ over en lengre tidsperspektiv.

8.1.2 Funksjonskrav

Norske hus må blir bygd med tanke på mindre tilgang på fossile brensler og dermed økende kraftpriser. Fornybare energikilder må brukes i større grad og varmetapet må reduseres for å minske energibehovet.

På kontinentet har man kommet allerede et stykke videre, og det tyske Passivhusinstituttet i Darmstadt har fått en sentral stilling innenfor passivhus-begrepet.

Passivhuset er huset for fremtiden

Passivhuskonseptet er det som tilsvarende best kravene som stilles til boliger i fremtiden. Det fungerer med lite CO₂-utslipp og egner seg godt for å benytte fornybare energi.

- Passivhus er termohus: lite energitilførsel gir allerede et behagelig boklima.
- Passivhus er sparebøsser: de fremdeles eksisterende prisforskjellene mellom fossil og fornybar energi spares in hundre ganger i husets levetiden.[i]

8.1.3 Fortolkning av krav og konsekvenser

Norge skal få et eget sett med krav og regler for bygging av lavenergi- og passivhus. Inntil regelverket er på plass orienterer man seg etter de tyske reglene. Det er klart at reglementet må tilpasses norsk klimaforhold. Det er ikke mulig å overføre krav på isolasjon fra f. eks. Tyskland eller Sveits til Norge. Varmetapene ville blitt mye større med våre lange og kalde vintre dersom man legger samme isolasjon til grunn.

Videre må håndverkere som arbeider på byggeplassene opplæres til å følge nøye de kravene som stilles til et passivhus. Dette gjelder spesielt tetthet og kuldebroer.

Myndighetene burde opprette et eget, uavhengig kontrollorgan som utsteder et kontrollbevis med for eksempel tetthetsmåling og termofotografering.

8.2 EKSEMPLER

8.2.1 Eksempler fra Danmark

8.2.1.1 Komforthusene i Skibet vest for Vejle

Her bygges det totalt ti hus etter passivhus-standart. Tomtene ble kjøpt 1. kvartal 2007 og husene ble ferdigstilt og solgt i slutten av 2008. Området er meget attraktiv. Det er 500 m til skolen og 6 km til Veile sentrum.

Størrelsen på husene ligger mellom 170 og 250 m².

Husene ble bygd med respekt for danske byggetradisjoner med hensyn på fassaden og byggestil. Ellers ble bygging utført i henhold til standardene for passivhus. Dette betyr bl. a. at det ikke installeres tradisjonelle varmeinstallasjoner. Dette krever tett samarbeid mellom arkitekter, rådgivende ingeniører, typehusprodusenter og produsenter av byggematerialer. Under hele prosjektet ble det samarbeidet i et nettverk. Dette samarbeid var preget av utviklings- og læreprosesser som førte til helt nye metoder for framdrift av slike passivhus. Siden prosjektet stilte spesielle krav til aktiv deltagelse ble produsenter/entreprenører som skulle stå for byggingen valgt ut gjennom prekvalifikasjon.

Husene bygges med forskjellige veggkonstruksjoner med hensyn på kledning både utevendig og innevendig. Alle har til felles en meget god isolasjon med tilsvarende tykke vegger for å oppfylle passivhus-kravene. Balansert ventilasjon med varmegjennvinner. En tett vind- og dampspærre. Meget god isolasjon i gulvet.

Hver hus er individuell konstruert med hensyn på materialvalg og utføring. Der er brukt forskjellige arkitekter og entreprenører for hver av husene. Informasjon om dette finnes mer utførlig på komforthusets nettside: <http://www.komforthusene.dk/sw27715.asp> flere detaljer under: <http://www.komforthusene.dk/sw27833.asp>

8.2.1.1.1 Stenagervænget 12

Huset er bygd etter tradisjonell dansk byggeskikk. Ytterveggene er laget som fullmurt hulmur med 400 mm isolasjon. I taket er det brukt 600 mm isolasjon. Ellers er bygningsdedaljene tilpasset passivhus-standard.

Detaljert informasjon kan finnes under: <http://www.komforthusene.dk/sw27843.asp>

Der finner ma også lenker til ytterligere beskrivelser.



I motsetning til de fleste passivhus brukes her ikke rør i bakken (kulvert) til forvarming/kjøling av ventilasjonsluften. En er bekymret for bakterie- og soppvekst pga. stor mulighet for fukt og kondensvann i rørene, derfor benytter man seg av rør fylt med væske og en væske/luft varmeveksler i ventilasjonssystemet. Dette gir meget god sikkerhet mot bakterier og sopp. Denne løsningen blir mer og mer vanlig i Tyskland, Østerrike og Sveits. I Danmark er dette derimot lite kjent. Mer informasjon om systemet finnes under: <http://www.sole-ewt.de>.

Figur 8.1: Tverrsnitt av veggen

8.2.1.1.2 Stenagervænget 28

Huset har ytterveggene som er laget som hulmur med teglstein som ytterskall, 380 mm med isolasjon og 100 mm porebetong som innervegg. Huset har fått en såkalt intelligent vegg sentralt plassert som har mange funksjoner.

Detaljert informasjon kan finnes under: <http://www.komforthusene.dk/sw27841.asp>

Der finner man også lenker til ytterligere beskrivelser.



Figur 8.2: modell av ytterveggen

8.2.1.1.3 Stenagervænget 37

Dette huset er bygd med trestenderverk, gips på innsiden og utvendig isolasjon med puss.

Detaljert informasjon kan finnes under: <http://www.komforthusene.dk/sw27811.asp>



Figur 8.3: tverrsnitt av modell for ytterveggen



Figur 8.4: ytterveggen i praksis

8.2.1.1.4 Stenagervænget 39

Dette huset er bygd av prefabrikerte veggelementer med I-stendere og kryssfinerplater. Det er ingen bilde tilgjengelig av veggene, men tegninger, skisser og yttelige opplysninger finnes under <http://www.komforthusene.dk/sw27921.asp>

8.2.1.1.5 Stenagervænget 41

Dette huset er bygd med dobbel trestenderverk i veggene. Utvendig er det kledd med teglstein. Ytterlige informasjon på nettsiden: <http://www.komforthusene.dk/sw27753.asp>

8.2.1.1.6 Stenagervænget 43

Dette huset har yttervegger av massivtre-elementer og på innsiden er konstruksjonen kledd med gipsplater. Utsiden er kledd med en to-trinns trekledning på lektere. Ytterlige informasjon på nettsiden: <http://www.komforthusene.dk/sw27845.asp>



Figur 8.5: tverrsnitt gjennom vegg

8.2.1.1.7 Stenagervænget 45

Veggene i dette huset er betong-sandwichelementer med 400 mm isolasjon imellom. For ytterlige informasjon se: <http://www.komforthusene.dk/sw27924.asp>



Figur 8.6: tverrsnitt gjennom veggen bygd i betong-sandwich-elementer

8.2.1.1.8 Stenagervænget 47

Dette huset har yttervegger av hulmur, bakmur i lettbetongstein, teglstein som ytterskall. Videre informasjon på nettsiden: <http://www.komforthusene.dk/sw27758.asp>

8.2.1.1.9 Stenagervænget 49

Momentstive trerammer som er utvendig lukket med kryssfiner er brukt til tak og fassade. Innsiden avsluttes med gipsplater på vegger og tak. Ytterst avsluttes med isolasjon og puss. Mer informasjon på nettsiden: <http://www.komforthusene.dk/sw27838.asp>



Figur 8.7: Detaljer fra takkonstruksjonen i huset. Legg merke til nedføring av taket for å få plass til ventilasjon, isovær dampsperre og omhyggelig tetning rundt gjennomføringer



Figur 8.8: Detalj fra overgang vindu mot vegg. Dampsperreren er i skjøtene omhyggelig tett med teip.

8.2.1.1.10 Stenagervænget 51

Ytterveggene for dette huset er av massivtre-elementer med gipsplater innerst. Veggen er

lektet ut ytterst og kledd med skallmur.

Spesielt for huset er takkonstruksjonen som er en ventilert takkasette av kryssfiner med sinkkledning. Luften som oppvarmes i luftlaget under kryssfineren nyttiggjøres ved hjelp av en varmepumpe. Videre informasjon på nettsiden:

<http://www.komforthusene.dk/sw27847.asp>

8.2.2 Eksempler fra Tyskland

I Tyskland er man kommet langt med prosjektering og bygging av passivhus. Dette gjelder både eneboliger og større bygg. Det finnes omfattende informasjon på nettet.

En mulig inngangsport er: <http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php>

Nettsteder finnes det imidlertid mange flere, dessverre de fleste kun på tysk. Nettstedet som siteres ovenfor har også en engelsk del. Nettstedet inneholder passiv- og lavenergihus fra nesten hele Europa og kan være et godt utgangspunkt for søk. Dessverre finnes det stort sett kun passivhus der tyske entreprenører eller arkitekter har vært involvert. Oversikten er derfor ikke på langt nær fullstendig. *Alle husene har et ID-nummer. Den brukes også i de etterfølgende kapitlene.*

I de siste årene har det blitt arrangert "Passivhusens dag" (Tag des Passivhauses). Der kan man besiktige hus over hele Tyskland.

Elektrisk energi har i Tyskland tradisjonell aldri vært ansett som varmekilde for bygninger. Prisen for elektrisitet er atskillig høyere enn for andre energikilder som brukes til oppvarming. Nå er det stort sett vannbåren varme i de fleste hus etter at ovnene etter hvert har blitt byttet ut med kjeler. Disse varmes enten med gass, olje eller fast brensel som kan være kull eller trebasert (pellets, briketter, flis). Selv om varmebehovet for passivhus er lite, vil dette kombineres med tappevannsoppvarming. Til det brukes fossile brenslere, varmepumpe og i stor grad solvarme til å varme opp eller forvarme tappevannet.

8.2.2.1 Besøkte hus i Tyskland under Passivhusdagene 2008

8.2.2.1.1 Frittstående enebolig i D-24568 Kaltenkirchen, ID 0042

Boligen er bygd i tre med delvis skall av murstein.

Et særtrekk ved huset er en fullstendig automatisert styring av de tekniske innredningene i huset. Bl.a. er det installert en spesiell vaskemaskin som får tilført varmt vann med den temperaturen programmet krever. Med dette sparer man strøm til oppvarming av vaskevannet. For nærmere informasjon se:

<http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php?lang=en&detail=42>



Figur 8.9: Eksteriør



Figur 8.10: Styringen for vanntemperatur for vaskemaskinen

8.2.2.1.2 Frittstående enebolig i D-30890 Barsinghausen, ID 1138

Huset er bygd massiv med "Neopor" som isolering. Dette er et videreutviklet isolermateriale på basis polystyren. Som forskjell til vanlig isopor inneholder Neopor grafitt som sørger for at IR-stråling blir spredt i materialet. Dette reduserer varmetransporten slik at det kan brukes plater som er 30% tynnere eller 50% mindre tett enn det tradisjonelle styropor.ii



Figur 8.11: Eksterioret med solfangere på taket



Figur 8.12: Kombiberederen for tappevann og oppvarming



Figur 8.13: Interiør



Figur 8.14: ventilasjonsanlegg med varmeveksler

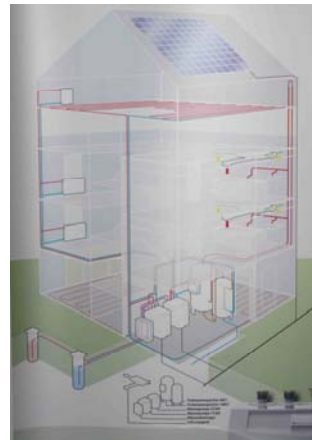
8.2.2.1.3 Bolig og forretningsbygg i D-30167 Hannover, ID 1156

Etter rekonstruksjon av en eldre leiegård/forretningsbygg har man oppnådd passivhusstandard for hele bygget. En detaljert beskrivelse finnes under:

<http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php?detail=1156>



Figur 8.15: Bolig og foretningsbygg i Hannover



Figur 8.16: Sjema for solvarmevarmepumpeopplegg



Figur 8.17: Varmepumpen for hele huset



Figur 8.18: Detaljer av oppvarmingssystemet

Varmepumpen får varmen fra brønner i bakken, se figur 8.16. I tillegg er det installert solfangere på taket.

8.2.2.1.4 Tomansbolig i 30173 Hannover – Grasdorf, ID 1298

Huset var under bygging ved passivhusets dag 2008. Huset er bygd i ytong (gasbeton) med et isolasjonslag utenpå av neoporsom får ett pusslag. På billede Figur 8-9 [iii] er det tydelig å se hvordan veggen er bygd opp siden den andre halvparten av tomannsboligen ikke er reist enda. Ytterlige opplysninger i lenken: <http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php?detail=1298>



Figur 8.19: veggen av Ytong kledd med Neopor

8.2.2.1.5 Rekkehus i D-30539 Hannover Kronsberg, ID 0073

Her dreier det seg om et rekkehusanlegg som allerede i 1998 ble bygd som passivhus. Det var et offisielt registrert prosjekt til EXPO 1998. Huset er bygd som bindingsverk med ekstra tykk isolasjonslag og gresstak. Oppvarming skjer med kun en radiator i baderommet.



Figur 8.20: Rekkehus i Hannover Kronsberg

Ytterlige informasjon: <http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php?detail=73>

8.2.2.1.6 Enebolig i D-25346 Tornesch, ID 1059

Huset er bygd i tre og i nordtysk stil. Det viser at passivhus med stor takvinkel ikke er umulig.

Fassaden er delvis kledd med murstein og delvis med tre (lerk). Som isolermateriell ble cellulose brukt. Oppvarming skjer via ventilasjonsanlegg. Varmen produseres vha. en liten gasdrevet varmeveksler (Gastherme) med 500 l buffertank. Om sommeren varmes tanken vha. termiske solfangere og varmeveksler.



Figur 8.21: Enebolig i D-25346 Tornesch

8.2.2.1.7 Enebolig i D-25337 Elmshorn, ID 0523

Enebolig i tre med synlige trestokker som støttepilare i oppholdsrommet. Oppvarming via ventilasjonsanlegg. Beboere i huset har ikke installert kjøkkenhette. Etter egen utsagn er ventilasjonen så effektiv at det ikke er nødvendig.



Figur 8.22: Enebolig i D-25337 Elmshorn [3]



Figur 8.23: Interiør av eneboligen [iv]



Figur 8.24: Luftinntak til kulverten under huset for å temperere ventilasjonsluften (ikke helt ferdig enda). [3]



Figur 8.25: Ventilasjonsluft fra kulverten inn i huset. [3]

8.2.3 Eksempel fra Sverige

8.2.3.1 Passivhus i Gøteborgstraktene

Også i Sverige er man blitt oppmerksom på fordelene passivhus har. Både med hensyn til energiforbruk og komfort. Under konferansen "Passivhus 2009" ble det organisert besiktigelse av noen prosjekter. En av disse presenteres kort her.

8.2.3.1.1 I Alingsås ble boligblokker fra 70-tallet rekonstruert slik at de oppfyller passivhus-standardene

De eksisterende yttervegger ble føret ut med ytterlig isolasjon. Boligene fikk hver sitt balansert ventilasjonsanlegg og hele huset er kledd med frostsikre keramikkplater som kan byttes ut enkeltvis. På figur 8-13 er vegg-oppbygging godt synlig. Boligene har tilgang til fjernvarme dersom det behøvs.



Figur 8.26: Oppbygging av ytterveggen i Brogården-prosjektet i Alingsås [v]. "Trekassen" nederst bak illustrerer plassering for den gamle veggen.

8.3 SUPPLERENDE LITTERATUR:

<http://www.arkitektnytt.no/page/page/preview/10831/news-4-2835.html>

<http://www.passivhusnorden.se/download/18.3d9ff17111f6fef70e980054884/Studeibesök+phn09.pdf>

i oversatt fra: <http://www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/bauen-und-modernisieren/hausbau-regenerative-energie/passivhaus-bauen/passivhaus-ausblick.html>

ii <http://de.wikipedia.org/wiki/Neopor>

iii Foto: Magne Våge, UiA

iv http://www.passivhusprojekte.de/image.php?file=fotos/0523_EG-Essen_K_che_klein.jpg

v Foto: Jan Burgold, UiA