

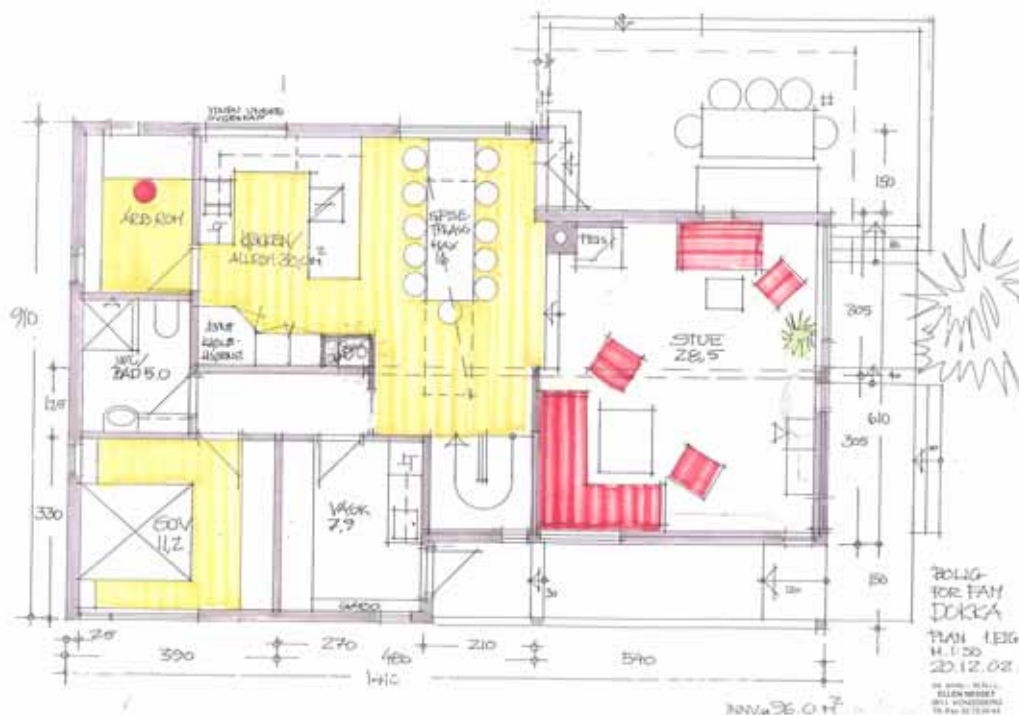
Boliger med halvert energibruk Arkitekttegnet enebolig på Kongsberg



Figur 1: Fasade NV.



Figur 2 Syd- og vestfasaden i desember 2003.



Figur 3: Planløsning for 1 etasje.

Det er under oppføring en arkitekttegnet enebolig på Nordre Madsebakken i Kongsberg. Dette er en lavenergibolig, der målsetningen har vært ca. halvert totalt energibehov. Boligen vil ligge i et barnevennlig strøk, og tomten vender mot friområde (skogen). Det relativt nye byggefeltet Nordre Madsebakken ligger ca. 1.4 km fra Kongsberg sentrum.

Boligen har en hovedleilighet på ca. 220 m², et hjemmekontor på ca. 20 m², og en utleieleilighet på ca. 55 m². I tillegg er det en uoppvarmet kjeller/verksted på ca. 25 m². Tomten er på ca. 1.2 mål.

Boligen har noe skjerming fra terreng og trær mot øst og syd, men har gode solforhold mot vest og NV (ettermiddags- og kveldssol).

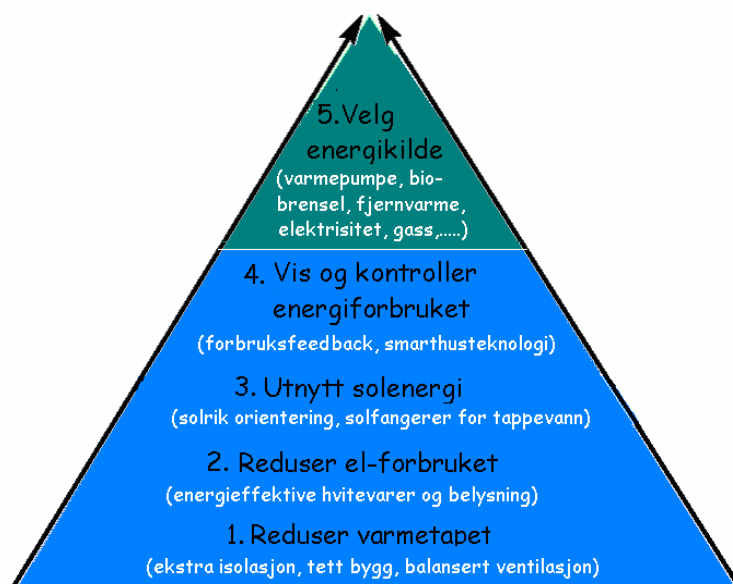
Boligen ligger i et område med hovedsakelig enebolig- og rekkehusbebyggelse, og har kort vei til skole og barnehage.

Lavenergikonsept og energimålsetning

Prosjektet har fra starten av hatt fokus på lav energibruk og liten miljøbelastning. Det er forsøkt å beholde mest mulig vegetasjon på tomten. Det er også forsøkt å bruke materialer med liten miljøbelastning og lite avgassing. Men hovedfokuset har vært å få til et prosjekt med lavt behov for kjøpt energi, konkret er det satt et mål på ca. 85 kWh/m² pr. år, noe som er ca. halvparten av energibehovet (totalt energibehov) til en ordinære enebolig oppført i Kongsberg klima (typisk innlandsklima: tørt, lite vind, kalde vintre og varme sommere). Energiforbruket til romoppvarming skal være meget lavt (ca 20 kWh/m²).

Det er hele veien satset på robuste og utprøvde løsninger, som også er brukevennlige. Ytterligere krav til konseptet er det skal gi behagelig inn klima, samt være kostnadseffektivt.

For å nå målsetningen er det brukt en framgangsmåte kalt passiv energidesign, som er illustrert i figuren nedenfor. Tankegangen er å først redusere varmebehovet og el-forbruket mest mulig, og til slutt velge en energikilde ut fra resterende varmebehov, kostnader og lokal infrastruktur/tilgjengelighet.



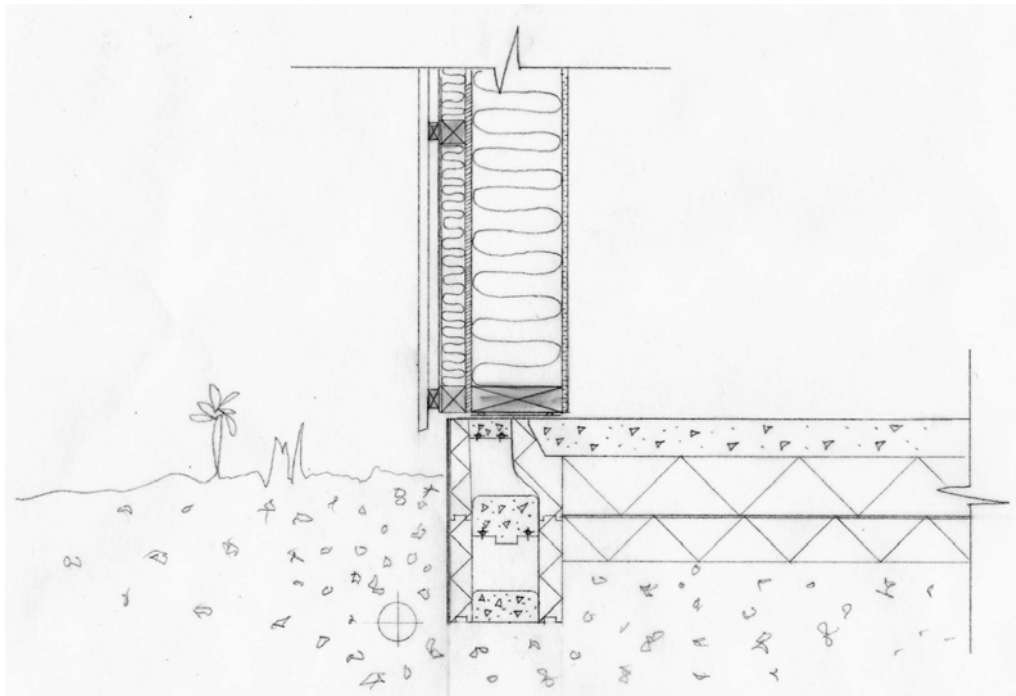
Figur 4 Fremgangsmåte ved passiv energidesign.

Reduser varmetapet

For å redusere varmetapet mest mulig er det brukt:

- ✚ Vinduer med en trelags glass, argongass-fylling, to lavemisjonsbelegg og trekarm med lavt varmetap. Dette gir en U-verdi på ca. $0.95 \text{ W/m}^2\text{K}$. To vinduer har også kryptongass-fylling, noe som senker U-verdien ytterligere ned til ca. $0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- ✚ Ytterdører og balkongdører med en U-verdi på $0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- ✚ Yttervegger med 8" bindingsverk (198 mm) og 50 mm utvendig isolasjon (krysslekting), til sammen 250 mm isolasjonstykkelse. Dette gir en U-verdi på $0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- ✚ Yttertak med i snitt 370 mm isolasjonstykkelse, med en U-verdi på $0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- ✚ Gulv mot grunn isolert med 250 mm ekspandert polystyren, som gir en U-verdi på $0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$ (inkludert varmemotstand i grunnen).
- ✚ Nøye gjennomtenkte konstruksjonsløsninger i overgang gulv på grunn-yttervegg, yttervegg-etasjeskiller og yttervegg-tak, som gir neglisjerbare kuldebroer ($\psi \leq 0.02 \text{ W/mK}$). Dette er oppnådd bl.a. ved å bruke prefabrikert ringmurselement og utvendig kryssisolerte vegger.
- ✚ Bruk av dobbel vindtetting, både på vegg og rundt dører og vinduer. Fokus på god lufttetting rundt A-takstoler og sperrer. Dette er anslått å gi en tetthet over 4 ganger bedre enn forskriftskravet ($n_{50} \leq 0.8 \text{ oms/t}$)
- ✚ Bygningsintegrert ventilasjon med roterende varmegjenvinner, med årsvirkningsgrad på ca. 82 %. Den roterende gjenvinneren har så høy virkningsgrad at det ikke er montert ettervarmebatteri. Det

bygningintegreerte ventilasjonssystemet bruker et konvensjonelt ventilasjonsaggregat (VillaVent), men har bygningintegreerte tillufts- og avtrekksåpninger, som gir korte luftføringsveier med lavt trykktap og lavt støynivå. Alle kanalføringer gjøres innenfor klimaskjermen slik at man unngår perforering av diffusjonssperren.



Figur 5 Detalj overgang gulv på grunn-ringmur-yttervegg.

Reduser el-forbruket

For å redusere elforbruket til belysning brukes det lysarmaturer med sparepærer i soverom og på våtrom. I kjøkken og stue er det brukt downlights med dimming. I stue er downlights kombinert med energieffektive uplights. Videre installeres det A-merket (EU-merking) vaskemaskin, oppvaskmaskin og kombiskap, og C-merket tørketrommel. Det bygningintegreerte anlegget med lavt trykktap gir også lavt elbehov til viftedrift (SFP: 1.5-1.8 kW/m³/s).

Vis og kontroller energiforbruket

For hver etasje er det et sentralt bryterpanel hvor man kan slå av eller dimme belysningen, slik at det er enkelt å slå av belysning nattetid og når man forlater huset. Et separat panel for styring av ventilasjon er plassert i entreen for å gjøre det enkelt å justere luftmengde (min-normal-max) og tilluftstemperatur etter behov.

I samarbeid med energileverandøren skal det skal installeres et web-basert energioppfølgingsystem, som skal vise reelt energiforbruk opp mot simulert energiforbruk for bygget, med valgbar oppløsning (dag-uke-måned-år).

Velg energikilde

Pga. de bygningsmessige og ventilasjonstekniske tiltakene er romoppvarmingsbehovet meget lite. Det vil derfor kun bli installert en panelovn sentralt i stue (1 etg.). Ut fra komfortsyns installeres det varmekabler i våtrom og inngangsparti. Ventilasjonssystemet vil distribuere varmen til andre rom.

I tillegg til eller som alternativ til eloppvarming er det også peis med energieffektiv og rentbrennende peisinnsett. Det er beregnet at tømmer felt på tomta (se figur 6), vil kunne varme opp huset i ca 10 år (forutsatt at 80 % av varmebehovet til bygget dekkes av vedfyring). Peisinnsett gir også god energifleksibilitet og beredskap, siden den har nok effektkapasitet til å dekke hele byggets oppvarmingsbehov.



Figur 6: Tømmer fra tomta, som skal brukes til ved.

Elektrisitet brukes til tappevannsoppvarming, men det brukes en ekstraisolert (skumisolert) beredertype som reduserer varmetapet fra berederen med ca. 25 %.

Energibesparelse

Simulert energibruk (kjøpt energi) for hovedleiligheten på 223 m² er vist i tabellen nedenfor, og sammenlignet med referansenivå (ordinær ny enebolig) for Kongsberg klima. Simuleringen antyder noe i underkant av halvert energibruk. På en såpass stor bolig vil energibesparelsen i kroner bli betydelig, som vist i tabellen.

Energipost	Energibehov ordinær enbolig	Simulert energibehov lavenergibolig
Oppvarming	<i>85 kWh/m²år</i>	<i>16 kWh/m²år</i>
Tappevannsoppvarming	<i>35 kWh/m²år</i>	<i>30 kWh/m²år</i>
Vifter og pumper	<i>3 kWh/m²år</i>	<i>5 kWh/m²år</i>
Belysning	<i>26 kWh/m²år</i>	<i>14 kWh/m²år</i>
Teknisk utstyr	<i>26 kWh/m²år</i>	<i>20 kWh/m²år</i>
Total spesifikk energibruk	<i>175 kWh/m²år</i>	<i>85 kWh/m²år</i>
Total energibruk (223 m ²)	<i>39 000 kWh/år</i>	<i>18 800 kWh/år</i>
Energikostnad (75 øre/kWh)	<i>29 300 kr/år</i>	<i>14 000 kr/år</i>

Inneklima, komfort og brukervennlighet

Foruten å spare energi fører også det valgte konseptet til bedre komfort og inneklima, ved at:

- ✚ Ekstraisolerte og kuldebrofrie konstruksjonsløsninger gir høye overflatetemperaturer.
- ✚ Superisolerte vinduer som gir meget lavt varmetap og høy overflatetemperatur. Høy overflatetemperatur på glassflatene fører til at kaldras og kaldstråling fra vinduene blir eliminert, noe som bedrer den termiske komforten.
- ✚ Høye overflatetemperaturer fører også til at lufttemperaturen kan senkes noe med samme termiske komfort, noe som igjen bedrer opplevd luftkvalitet siden kjøligere luft føles friskere.
- ✚ Et balansert ventilasjonssystem med høyeffektiv varmgjenvinning, sikrer nødvendig luftutskiftning og trekkfri lufttilførsel til en hver tid.

- ✚ Bruk av fortrenningsventilasjon, ved at luft tilføres ved gulvnivå og avtrekkes ved himlingsnivå, fører til god luftkvalitet i puste- og oppholdssonen.
- ✚ Bruk av materialer med lite avgassing: hovedsaklig ferdig lakkert parkett, granpanel, keramiske fliser, pusset leca og gipsplater, bidrar også til god luftkvalitet.
- ✚ En lufttett bygningskropp som minimerer ukontrollert lufttilførsel og trekk. Nødvendig luftskifte blir besørget av det balanserte ventilasjonssystemet i fyringssesongen. Om sommeren og i varme perioder kan man, om man ønsker, slå av ventilasjonsanlegget, og ventilere med vinduslufting og åpne balkongdører.
- ✚ Mulighet for vedfyring med synlig/åpen flamme bidrar også til god komfort i kalde perioder.

Til sammen skal dette gi en bolig som er komfortabel, robust og har lite veldikeholdsbehov.

Kostnader og lønnsomhet

Ekstrakostnader for energikonseptet er beregnet til ca. 50 000 kr, eller 2.2 % økte byggekostnader. Da er det tatt hensyn til ekstra materialkostnader og arbeidskostnader, men trukket fra sparte kostnader til panelovner og varmekurser(el).

Forutsatt en elpris på 75 øre/kWh vil dette være tilbakebetalt i løpet av 3.5 år. Nåverdien av de fremtidige besparelsene over en 20 årsperiode er på ca. 100 000 kr (4 % effektiv rente). Investeringen må derfor sies å være meget lønnsom.

Aktører i prosjektet

Byggherre: Hanne og Tor Helge Dokka

Byggmester: Tor Helge Dokka (selvbygger)

Ansvarlig kontr. tømrerarbeid: Byggmester Ole Jonny Dokken

Arkitekt: Ellen Nasset, M.N.I.L.

Entreprenør grunnarbeid: Terje Sollid AS

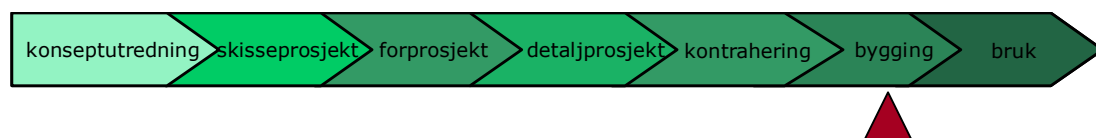
El: Forenede Montører AS, Kongsberg.

VVS: Rørleggermester Roar Omholt

Murararbeid: Murmester Hellik Dokka & Kjell Dokka.

Fremdrift

Medio Mars 2004 er status i prosjektet at innvendige overflater er ferdig, parkett, belistning og innredning(kjøkken, bad og garderober) pågår. Utvendig kledning gjenstår. Planlagt innflytting hovedleilighet er 30 Juni 2004.



Verktøy

Energisimuleringene er utført med verktøyet Energi i Bygninger 3.5 fra ProgramByggerne (www.programbyggerne.no)

Annen informasjon

For utarbeidelsen av denne brosjyren har det vært brukt midler fra forskningsprosjektet IEA Task 28 "Kostnadseffektive lavenergiboliger", som er finansiert av NFR, Enova og Husbanken.

Kontaktpersoner

Tor Helge Dokka, SINTEF (tor.h.dokka@sintef.no)

Referanser

T. H. Dokka, "*Lavenergibolig på Kongsberg - Arkitekttegnet bolig med halvert energibehov*", Foredrag på seminar om lavenergiboliger ifb. med Bygg Reis Deg- messen, Sept. 2003.