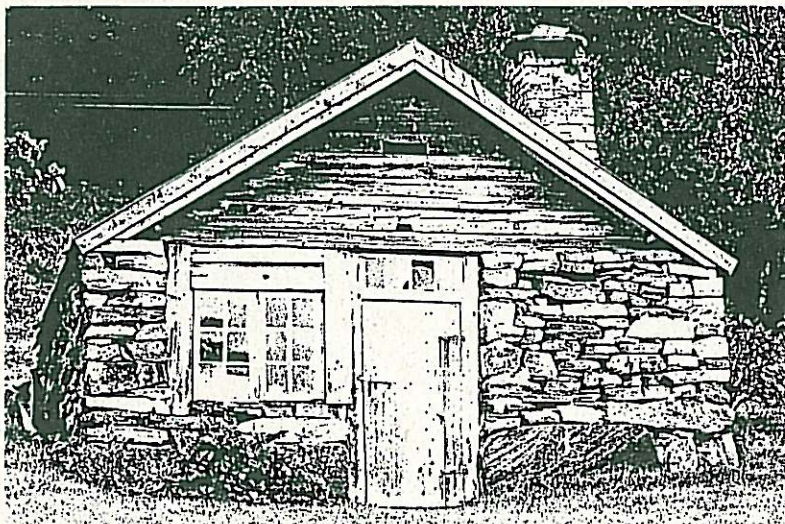


Erling Amble, Jon Guttu, Terje Nordeide

Boligen

Natur- og miljøvennlig bebyggelse i Tingvoll



BYGGFORSK

Norges byggforskningsinstitutt

Erling Amble, Jon Guttu, Terje Nordeide

Boligen

Natur- og miljøvennlig bebyggelse i Tingvoll

Prosjektrapport 115 – 1993

Prosjektrapport 115
Erling Amble, Jon Guttu, Terje Nordeide
Boligen
Natur- og miljøvennlig bebyggelse i Tingvoll

ISBN 82-536-0407-6
100 eks. trykt av
Lobo Grafisk A/S

100 g Cyclus/200 g Cyclus
resirkulert papir

© Norges byggforskningsinstitutt 1993

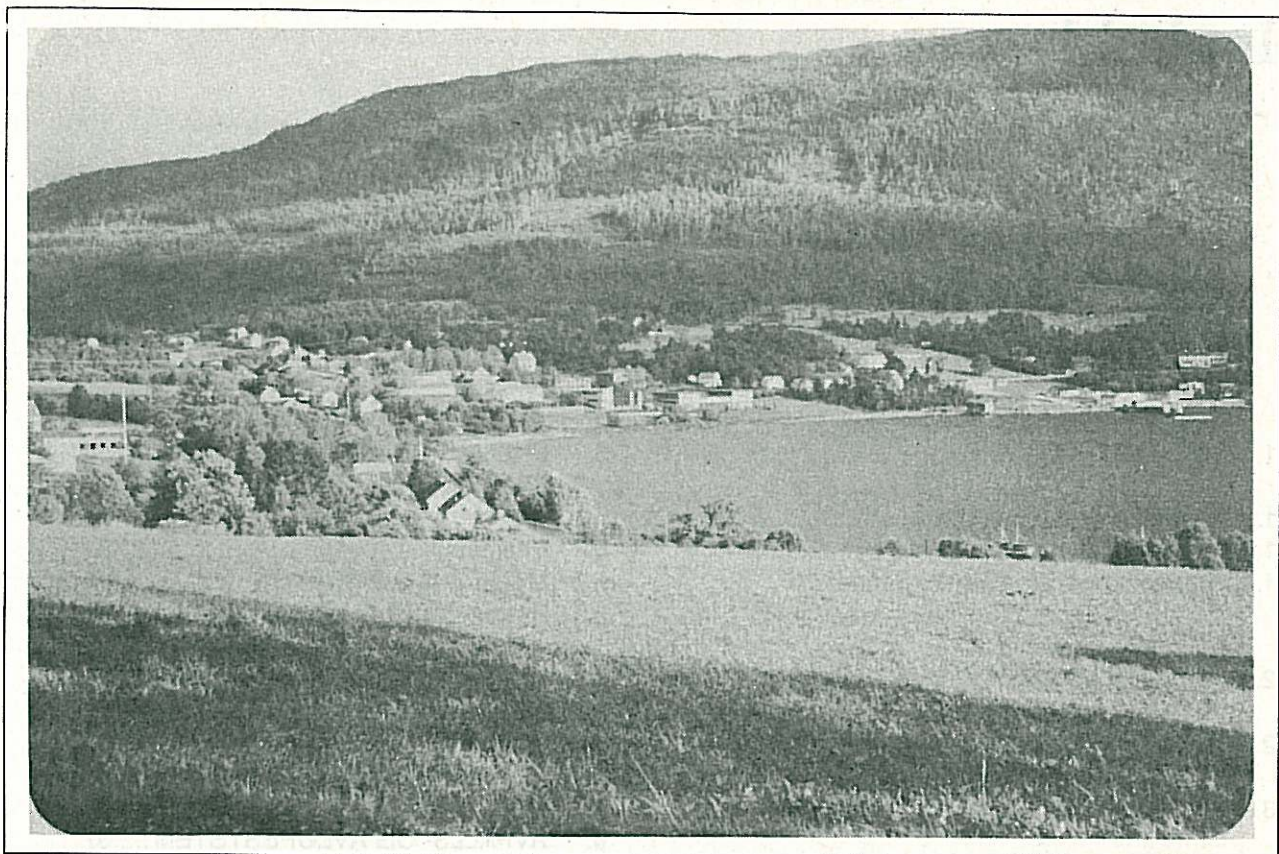
Adr.: Forskningsveien 3B
Postboks 123 Blindern
0314 OSLO

Tlf.: (02) 96 55 00
Fax (02) 69 94 38 og (02) 96 55 42

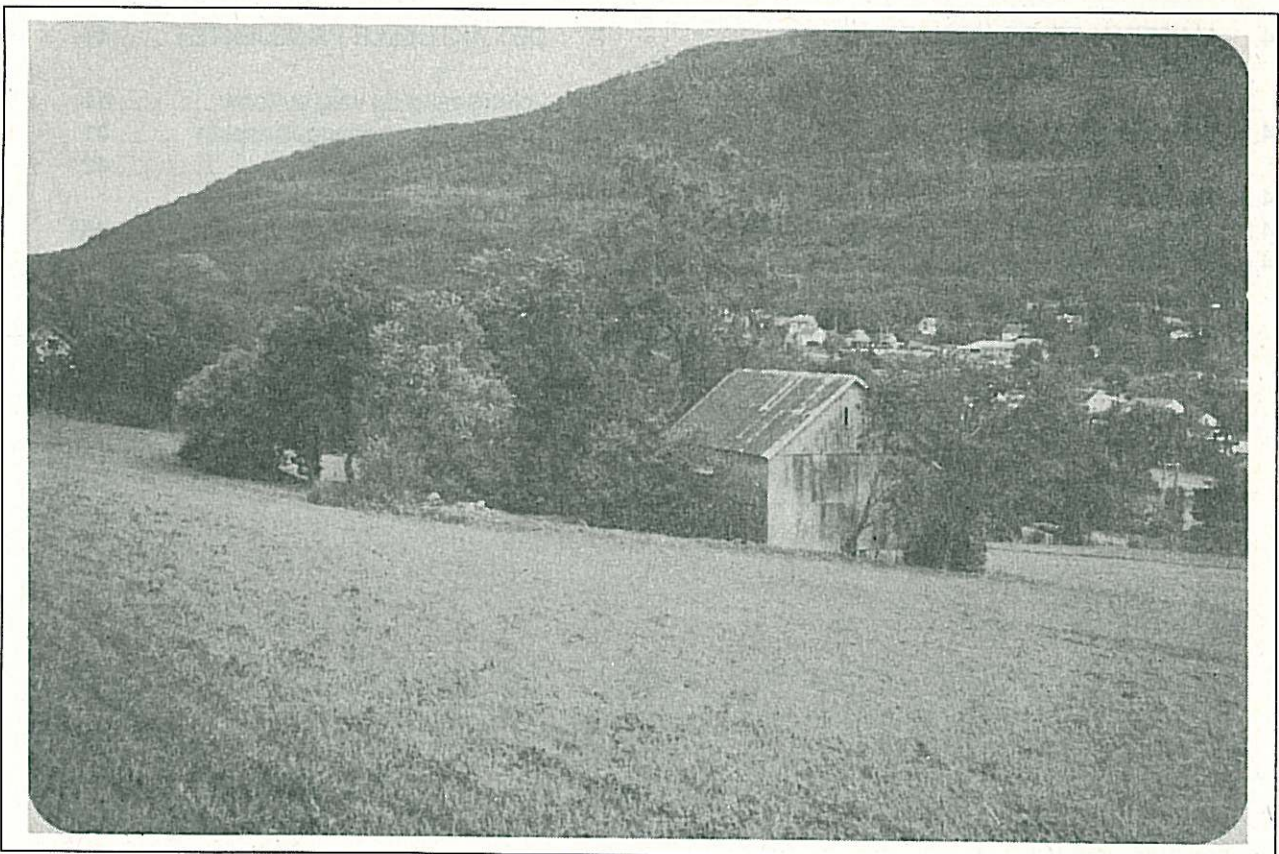
Fra 28. januar 1993 endres prefikset (02) til 22.

Innhold

1.	INNLEDNING	5	5.	ENERGI- OG VENTILASJONS- SYSTEM	24
1.2	Formålet med prosjektet	5	5.1	Energibruk i boliger	24
1.3	Fakta om Tingvoll kommune	6	5.2	Miljøkrav til energisystem	25
1.4	Rammer og målsetting for denne rapporten	6	5.3	Systemløsninger	27
2.	MILJØKRAV TIL BOLIGER	7	5.4	Ventilasjonssystem	31
2.1	Miljøkrav til boligens delsystemer	8	5.5	Miljøkrav til ventilasjonssystem	31
3.	UTFORMING OG PLANLØSNING	9	5.5	Systemløsninger	33
3.1	Utforming av huskroppen	9	5.6	Energisparende teknikker	35
3.2	Planløsning	11	5.7	Oppsummering	35
3.3	Boligens størrelse	15	6.	AVFALLS- OG AVLØPSSYSTEM	37
3.4	Forbruk av ressurser	15	6.1	Tilrettelegging for kildesortering	38
3.5	Oppsummering	17	6.2	Valg av toalettssystem – vannklosett eller biologisk klosett?	38
4.	MATERIALER OG KONSTRUKTIVT SYSTEM	18	6.3	Systemløsninger for avløpet	39
4.1	Miljøkrav til materialer og konstruksjoner	18	7.	DET AKTUELLE PROSJEKTET	41
4.2	Konstruksjoner	19	7.1	Lokalisering og valg av tomt	41
4.3	Materialer og overflater innvendig	22	7.2	Utforming av bebyggelsesplan	41
4.4	Miljøvennlige systemløsninger	23	7.3	Boligprosjektering	42
			8.	LITTERATUR	46



Tingvollvågen er administrasjonssenter i økokommunen Tingvoll



Tomta som ble valgt for boliggruppen, ligger sentralt i tettstedet, sørvendt og med utsikt.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for prosjektet

Som en del av arbeidet med å følge opp Brundtlandkommisjonens innstilling, har en rekke kommuner i Norden erklært seg som "økokommuner", kommuner som vil søke å legge økologisk tankegang til grunn for sin virksomhet.

Tingvoll kommune har utpekt seg selv til Norges 10. økokommune. I forbindelse med dette vedtaket bestemte kommunen seg for å arbeide med noen konkrete prosjekt:

- en mer miljøvennlig renovasjonsordning med kilde-sortering og resirkulering
- et tilleggsår på Tingvoll videregående skole med vekt på miljøfag
- en økologisk basert boliggruppe

Ansvar for denne siste oppgaven er lagt til det kommunale utbyggingsselskapet.

Tingvoll gard, eller Stiftelsen for Økologisk landbruk, er en viktig drivkraft i arbeidet for å skape økokommunen Tingvoll. Regjeringen har utpekt Tingvoll gard til nasjonalt kompetansesenter for økologisk landbruk. Allerede i dag trekker gården til seg mange besøkende med interesse for økologi og miljøvern i praksis.

Kommunen har også satt i gang en politikerkole om natur- og miljøvern. Miljøskolen er et prøveprosjekt med ca. 25 deltakere, politikere og ansatte i kommunedministrasjonen. Undervisningen tar sikte på å gi politikere kunnskap om miljøspørsmål og motivere dem til å utvikle økokommunen på flere områder.

Mye tyder på at Tingvoll kan bli et kraftsenter for økologisk tenkning i Norge. En økologisk basert bebyggelse er et viktig tilskudd til forsøkene i kommunen. På denne måten vil en også kunne bidra til å spre kunnskap om økologiske hensyn i planleggingen.

NB Arkitekter A/S (det tidligere arkitektkontoret i NBBL UTBYGGING A/S) har stått for prosjekteringen. Ansvar for forretningsførselen i Tingvoll Utbyggingsselskap har Møre Utbygging A/S (tidligere NBBL UTBYGGING A/S), avdelingskontoret i Kristiansund.

Norges byggforskningsinstitutt (Byggforsk) har også engasjert seg i en rekke problemstillinger tilknyttet en mer økologisk rettet planlegging. Prosjekter som "Bedre bebyggelsesplaner for småhusbebyggelse" og

"Lett kommunalteknikk" er eksempler på slike arbeider. "Natur- og miljøvennlige boliger" og "Natur- og miljøvennlig utbygging" er to forprosjekter som instituttet ønsker å videreføre. Prosjektet på Tingvoll egner seg godt til det.

Ut over dette har prosjektmedarbeiderne i Tingvollprosjektet erfaring fra det tverrfaglige prosjektet "Natur- og miljøvennlig tettstedsutvikling" (NAMIT) som Norsk institutt for by- og regionutvikling (NIBR) har hovedansvaret for. En rekke av problemstillingene her er også relevante for Tingvollprosjektet.

1.2 Formålet med prosjektet

Det er allerede bygd en rekke hus og mindre boliggrupper rundt om i landet hvor ulike økologiske/miljømessige aspekter er prøvd ut. Det dreier seg f.eks. om bruk av alternative energikilder, energisparing, vann- og avløpshåndtering, bruk av "friske" materialer m.m.

I dette prosjektet er ikke hovedsiktemålet å utforske avansert miljøteknologi. Formålet er heller å sette sammen kjent kunnskap til en helhet. Dette betyr selvsagt ikke at nyvinninger når det gjelder materialbruk eller spesielle tekniske løsninger er utelukket. Der det er aktuelt og mest naturlig sett i et helhetsperspektiv, vil slike elementer bringes inn.

Foruten de ressursmessige/økologiske aspektene, legger kommunen selv stor vekt på at prosjektet også ivaretar funksjonelle og estetiske krav – bl.a. tilpasning til eksisterende byggeskikk. Bebyggelsen må dessuten utformes på en slik måte at den er akseptabel for folk flest i kommunen. Boligene skal husbankfinansieres. Mesteparten av det som til nå er utviklet av økologisk orienterte prosjekter, forutsetter spesielt motiverende beboere. Tingvollprosjektet vil forsøke å gi et "økologisk tilbud" til vanlige boligsøkere.

Prosjektet kan deles inn i følgende fire faser:

- * Utredningsfasen
- * Prosjekteringsfasen
- * Byggefase
- * Driftsfase, inkl. etterprøving

I utredningsfasen har vi med utgangspunkt i natur- og miljøvennlige kriterier arbeidet med følgende problemstillinger:

- * Hva slags tomt bør en velge?
- * Hvilke bolig- og bebyggelsesplaner er aktuelle?
- * Hvordan bør enkeltboligen utformes?

I den første rapporten utredes tomtevalget (*Prosjekt-rapport 59, Byggforsk*). Den andre beskriver bebyggelsesplan og boligtyper (*Prosjektrapport 80, Byggforsk*). Denne rapporten, den tredje, tar for seg enkeltboligen.

1.3 Fakta om Tingvoll kommune

Tingvoll kommune ligger på en halvøy midt på Nordmøre. Det er ca. en times reisetid fra kommunesentret Tingvollvågen til byene Kristiansund og Molde og tettstedet Sunndalsøra. Kommunen har ca. 3500 innbyggere.

Tradisjonelt har Tingvoll vært en jord- og skogbrukskommune. Industriproduksjonen er preget av små bedrifter, med unntak av Sellgrens veveri, som ligger i kommunesentret. Dette er kommunens største private bedrift med ca. 40 sysselsatte. Sysselsettingen innen jord- og skogbruk er gått tilbake, mens servicenæringene har vært i stadig vekst. Kommunen satser også sterkt på å utvikle mer industri. Kommunen har et godt utbygd skoletilbud til og med videregående skole. Barnehagedekningen er over 50%. Ni av ti søkere fikk plass i 1988.

Kommunen har overskudd på boligtomter, og tilbyr ettmåls eneboligtomter til priser fra kr 40 – 80 000 (1988). Boligbyggingen ligger på ca. 25 boliger pr. år, alt vesentlig eneboliger. Omkring 60% av disse bygges i boligfelt. Utbyggingsstrategien har vært å gi tilbud på boligtomter i alle kommunens kretser. Det er snakk om små felt, med størrelse på ca. 10 – 30 tomter.

1.4 Rammer og målsetting for denne rapporten

De to foregående rapportene i prosjektet (om Tomtevalg og Bebyggelsesplan) tok for seg problemstillinger som har vært lite belyst i tidligere arbeider. Denne rapporten tar opp spørsmål som det etter hvert foreligger ganske mye litteratur om, nemlig hvilke krav som må stilles til det natur- og miljøvennlige huset. Emneområdet er omfattende med vurderinger både av ressursbruk, materialvalg, innemiljø, ventilasjon, energikonomi og avfallshåndtering.

Vi har valgt å lage en oversiktlig, samlet framstilling av krav til boligen, heller enn å gå i dybden på enkelte områder. Miljøkravene til boligen er presentert i kapittel 2 og udypet i resten av rapporten. Brukeraspektet og kostnadene er trukket fram ved siden av miljøvurderingene. (Vi har derimot ikke hatt mulighet til å gå inn på boligens nærmeste utearealer.)

Vi håper at rapporten skal gi en realistisk og brukerorientert plattform i arbeidet med natur- og miljøvennlige boliger i Tingvoll.

2. Miljøkrav til boliger

Miljøkrav til boliger er krav som bør stilles både på vegne av naturen og menneskene. I de to foregående rapportene baserte vi miljøkravene på NAMIT-prosjektets hovedmål. Målene for Natur- og miljøvennlig tettstedsutvikling passer imidlertid bare delvis når vi går ned på bolignivået. Vi kan derimot ta utgangspunkt i *strukturen* i NAMIT-målene når vi skal formulere målkrav til den enkelte boligen. NAMIT-målene beveger seg fra naturressurser og bærekraftsmål til venstre på skalaen, til miljøbetinget livskvalitet, menneskenes krav til miljøet, ut til høyre (se figur nedenfor).

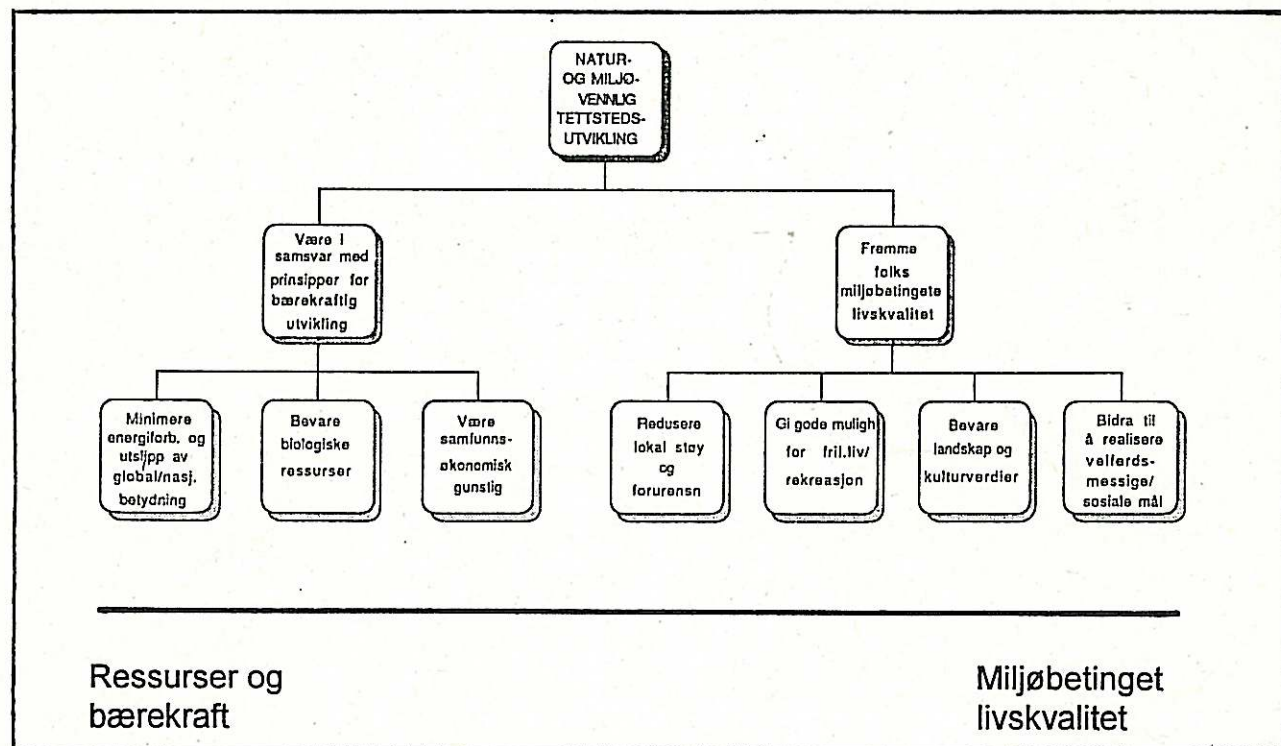
Målkravene for den enkelte boligen vil også bestå av de samme ytterpunktene. På den ene siden har vi krav om ressursbruk av f.eks. energi, på den andre krav til livsmiljøet for beboerne som f.eks. et godt innemiljø.

Vi kan sette opp følgende generelle målserie. Den natur- og miljøvennlige boligen skal:

1. gi vesentlig reduksjon av energiforbruk
2. ikke utnytte knappe eller ikke fornybare energi- og materialressurser
3. være samfunnsøkonomisk i produksjon og bruk
4. gi minst mulig forurensing av grunnen, vannet og lufta
5. gi et best mulig innemiljø
6. ha god byggeskikk
7. være en høvelig bolig for alle

For å gjøre målredskapet operativt for planleggeren, har vi konkretisert disse miljømålene og stilt dem til forskjellige deler av boligen. Vi har delt boligen inn i fem delsystemer:

- Utforming og planløsning
- Materialer og konstruktivt system
- Energisystem
- Ventilasjonssystem
- Vann-, avløps- og avfallssystem



NAMIT-prosjektets hovedmål

2.1 Miljøkrav til boligens del-systemer

Utforming og planløsning

- * Kompakt og enkel hovedform
- * Vindutjevneende husform
- * Enkel hovedform
- * Klimasoning av planløsningen
- * Riktig orientering og utforming av vinduer og glassrom
- * Livsløpsstandard og utvidelsesmuligheter
- * Tilrettelagt for kildesortering
- * Tilrettelagt for avløpshåndtering
- * Renholdsvennlig utforming
- * Nøktern boligstørrelse
- * Terrengtilpasning

Materialer og konstruktivt system

- * Materialer som er fornybare eller forekommer i store mengder
- * Resirkulerbare materialer
- * Minst mulig energibruk ved utvinning, produksjon og transport
- * Minst mulig forurensning ved utvinning, produksjon og bruk
- * Materialøkonomiske løsninger
- * Enkelt renhold
- * Lang levetid
- * Enkelt vedlikehold
- * God varmeisolasjon

Energisystem

- * Minst mulig bidrag til drivhuseffekten
- * Fornybare, helst lokale energikilder til oppvarming
- * God virkningsgrad for brænsel
- * Ikke forurensning av utemiljøet
- * Lett å regulere etter behov
- * Økonomisk i anskaffelse og bruk
- * Alternative energikilder for beredskap

Ventilasjonssystem

- * Tilstrekkelig luft med god kvalitet
- * Hindre kondens og fukt i konstruksjonen
- * Unngå trekk
- * Minst mulig energitap
- * Minst mulig støy
- * Enkelt renhold og vedlikehold

Vann-, avløps- og avfallssystem

- * Minimalisere lokale og globale forurensninger
- * Legge til rette for å utnytte avfall til gjenbruk og kompost
- * Legge til rette for å utnytte avløpsvann til dyrking
- * Utnytte energiresurser i avløpsvann
- * Gi god samfunnsøkonomi.

3. Utforming og planløsning

Dette kapitlet behandler i hovedsak den arkitektfaglige delen ved den natur- og miljøvennlige boligen. Vi ser på:

- * Utforming av huskroppen
- * Planløsning
- * Boligens størrelse
- * Forbruk av ressurser

Ved siden av de rene "miljømålene" kommer de tradisjonelle målene for god bolig slik de er nedfelt blant annet i Byggforsks og Husbankens anbefalinger. På en del punkter oppstår det konflikter mellom de tradisjonelle boligkvalitetene og de nye "miljømålene". Dette vil vi ta opp spesielt under hvert avsnitt og i oppsummeringsdelen av kapitlet.

3.1 Utforming av huskroppen

De viktigste kravene til huskroppen er:

- * Kompakt huskropp
- * Vindutjevne husform

Liten ytterflate i forhold til volum gir lite energitap til omgivelsene. Kuleformen er i så måte optimal og er brukt i flere eksempler på "økologisk bygging". Det knytter seg imidlertid flere minussider til kuleformen:

- Den gir sterke begrensninger for planløsning og møblering
- Dagens standard, komponenter og materialer kan vanskelig brukes
- Det er vanskeligere å bygge rasjonelt og billig
- Formen avviker sterkt fra norsk byggeskikk og hva folk er vant til.

I praksis har en kompakt kubisk form vært betraktet som optimal når det gjelder å forene krav til økonomi, energiøkonomi og bruk. Men også her kan utformingen gå på bekostning av brukskrav til planløsningen. Dype blokkleiligheter er både økonomiske å bygge og gir lite varmetap, men forutsetter at en større del av boligflaten mister dagslys. Vi må derfor ta stilling til hvilke rom som kan legges inne i huskroppen. Dette kommer vi tilbake til i planløsningsavsnittet.

Når det gjelder småhus, er det aktuelt med flere former for sammenbygde hus og eneboliger. I hånd-

boka "Energiøkonomisering – en håndbok for kommuner og E-verk" (Duun m.fl. 1985) antyder forfatterne et betydelig lavere energibehov som følge av hustype og form:

Energibehov til romoppvarming
Gitt bruttoareal på 120 m²

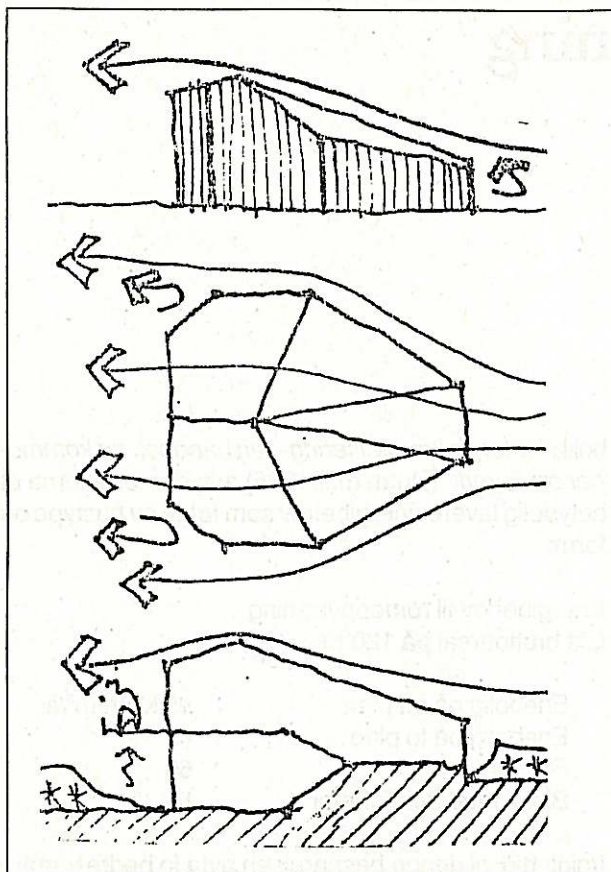
Enebolig på ett plan	95 kWh/m ² /år
Enebolig på to plan	85 "
Rekkehus	65 "
Blokk med 9 leiligheter	55 "

Imidlertid vil denne besparelsen avta jo bedre varmeisolasjonen er. Byggforsk har beregnet energibruk i en serie eneboligtyper, på ett plan med kjeller, med en etasje og underetasje, og med rom under skrå himling. Disse husene er tenkt som "lavenergi boliger", dvs. isolert med 200 mm mineralull i yttervegger og 300 mm itak og med varmegjenvinning av ventilasjonslufta. Det viser seg at forskjellen i varmetap (transmisjonstap) også her er vesentlig, opp til

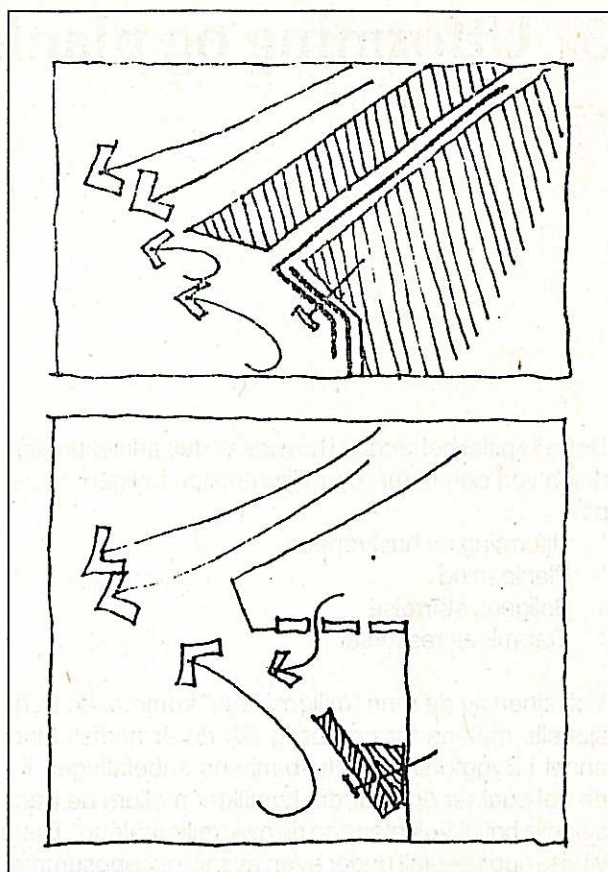
40 kWh/m²/år fra de mest kompakte til boligene på ett plan (for like store boliger). (Pers. medd. Sverre Fossdal, Byggforsk)

En kompakt huskropp er altså gunstig når det gjelder energi. Kompakt huskropp er i tillegg enklere å tilpasse og gir god byggeøkonomi. Men mye av småhusplanleggerens ambisjoner legges i å skape et skjermet *uterom* for opphold. Dette kan gjøres ved å splitte huskroppen slik at to bygningsvolumer skjermer om uterommet. Det gir stor yttervegsflate og øker dermed både byggekostnadene og energikostnadene. For å unngå minussidene vil det være riktig å satse på en kompakt huskropp for den delen som skal varmes opp, og skjerme uterommet med en uoppvarmet fløy (f.eks. garasje eller bod), eller bruke léskjermer, vegetasjon eller avtrapping av husrekker til å skape ly.

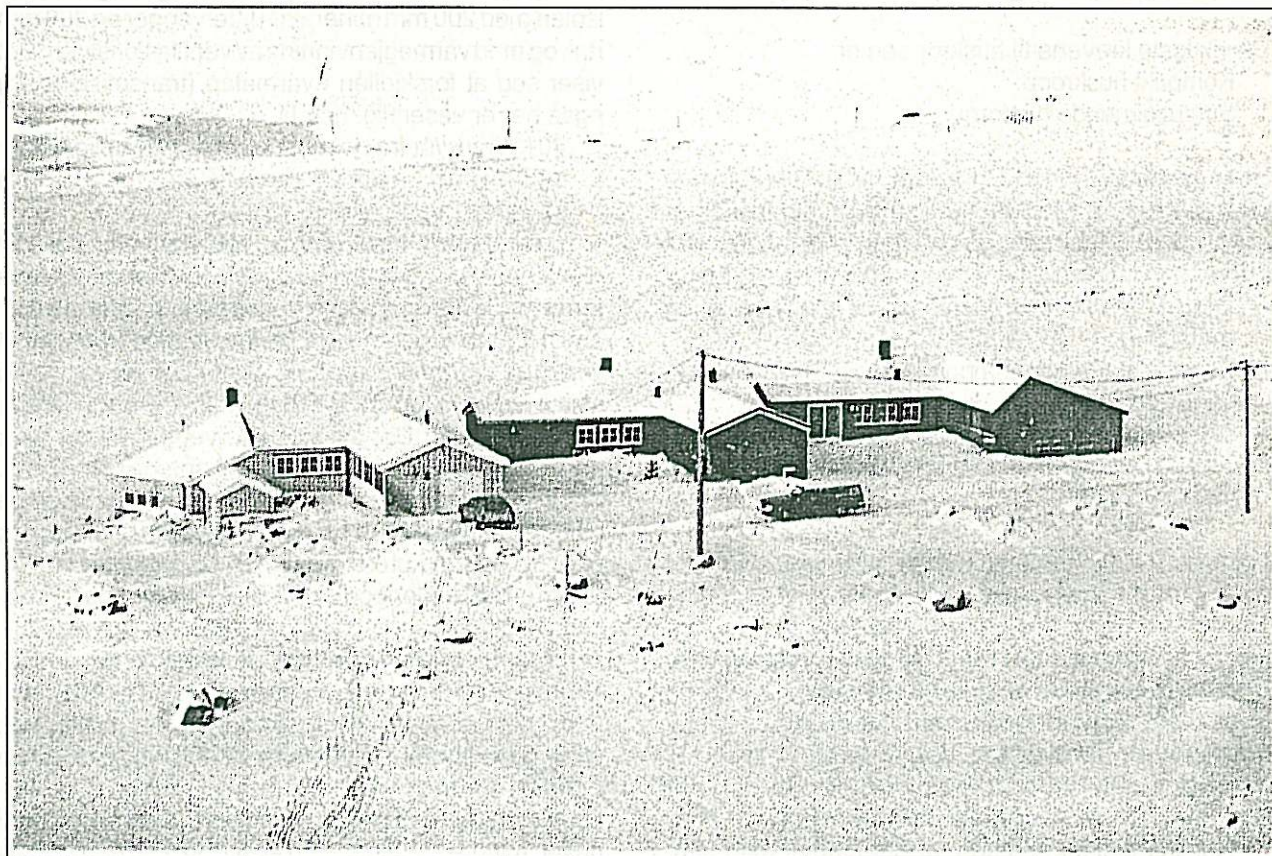
Skjerming mot vind har effekt både for energi- forbruket og trivselen utendørs. I tillegg til tiltak i bebyggelsesplanen (Prosjektrapport 80, s.14), kan selve huskroppen utformes for vindutjevning slik at en unngår sterke trykk- og sugvirkninger. En vindutjevne hovedform gir mindre turbulens rundt huset, mindre snølagring og et uterom som er lettere å skjerme (Børve 1984).



Vind og snødriftdepnde husform kan være et virkemiddel i spesielt vindutsatte strøk. Anne Brit Børve, 1984



Vindaviser i raft kan hindre snøinnblåsing på tak i vindutsatte strøk. Anne Brit Børve, 1984



Vinddempende, kompakt husform, kalde fløyer med inngangsparti og garasje. Felt 6, Hammerfest.

3.2 Planløsning

De viktigste kriteriene for en miljøvennlig planløsning er:

- * Oppdeling av boligen i forskjellige klimasoner
- * Riktig orientering og utforming av vinduer og eventuelle glassrom
- * Livsløpsstandard og utvidelsesmuligheter
- * God løsning på avfall og avløpshåndteringen
- * Renholdsvennlig planløsning

I dette avsnittet belyser vi først og fremst energiaspektene ved boligens planløsning.

Klimasoning

Forskjellige rom krever forskjellig temperatur alt etter bruken. For å spare energi er det riktig å gruppere rom etter temperatur og brukstid, og variere isolasjonsykkelsen deretter. Dette kalles klimasoning av boligplanen. Vi kan tenke oss to prinsipper for soning:

- De varmeste rommene i midten av boligen og kalde rom mot ytterflatene. Dermed utnyttes varmen best mulig.
- De varmeste, mest temperaturstabile rommene i bakkant mot terreng og rom med større temperaturveksling mot det fri.

Dette gir følgende gruppering av rom og mulig plassering:

- Bad- og dusjrom (temperatur 22 – 25 °C) bør ligge sentralt i huset, eventuelt mot terreng for å utnytte jordvarmen.
- Stue, kjøkken og barnerom (temperatur 18 – 22 °C) bør ligge i sektoren sørøst – sørvest og helst høyt for å få maksimalt sollys.
- Vindfang, gangareal og soverom som ikke brukes om dagen – temperatur 12 – 17 °C – kan ligge mot nordvest – nordøst
- Lagerrom og matboder (temperatur 2 – 10 °C) bør ligge mot nordvest – nordøst, mot terreng i underetasje eller i kjeller.
- Sportsbod og garasje (ingen krav til oppvarming) kan ligge i egen bygning eller fløy.

Alminnelige trivselshensyn tilsier at oppholdsrom, soverom og kjøkken ligger mot yttervegg for å få dagslys og sol. Hensyn til livsløpsstandard tilsier at oppholdsrom, kjøkken, ett soverom og bad/wc ligger på inngangsetasjen. Klimasoning i praksis vil bli et kompromiss mellom energihensyn og andre kvalitetskrav til boligen.

Glassrom

Som del av klimasoningen er mange "økologiske boligprosjekter" utstyrt med glassrom på den solvendte siden av huset. Slike glassrom vil alltid være attraktive tilskudd til boligarealet, en overgangssone mellom ute

og inne, med lys og utsikt, men skjermet mot vær og vind. Men som tilskudd til energibruken har de vekslende verdi, avhengig av flere forhold.

Glassrommet kan bidra til å redusere varmetapet fra boligen ved at temperaturforskjellen mellom ute og inne blir mindre for de veggflatene som vender ut mot glassrommet, og ved at friskluft som trekkes inn i boligen fra glassrommet forvarmes. Effekten blir best når glassflaten:

- dekker mest mulig av husets ytterflater
- er så liten som mulig i forhold til de vegg- og golvflater som vender ut mot glassrommet
- er orientert mot sør og med tak brattere enn 60°
- har god isolasjonsverdi

Effekten øker dessuten når de vegg- og golvflatene som vender ut mot glassrommet er mørke, varme-magasinerende og belyses direkte av solstrålene.

I praksis betyr dette at glasstildekking av atrier i huset eller nisjer i ytterveggen er å foretrekke fremfor glassverandaer som henger utenpå huset. Det finnes to prinsipielt forskjellige glassrom:

- det uoppvarmete glassrommet har enkelt eller tolags glass og materialvalg for øvrig som en åpen veranda
- det helt eller delvis oppvarmete glassrommet har høyisolert glass, kuldebrofrie profiler og kan ha grønne planter hele året.

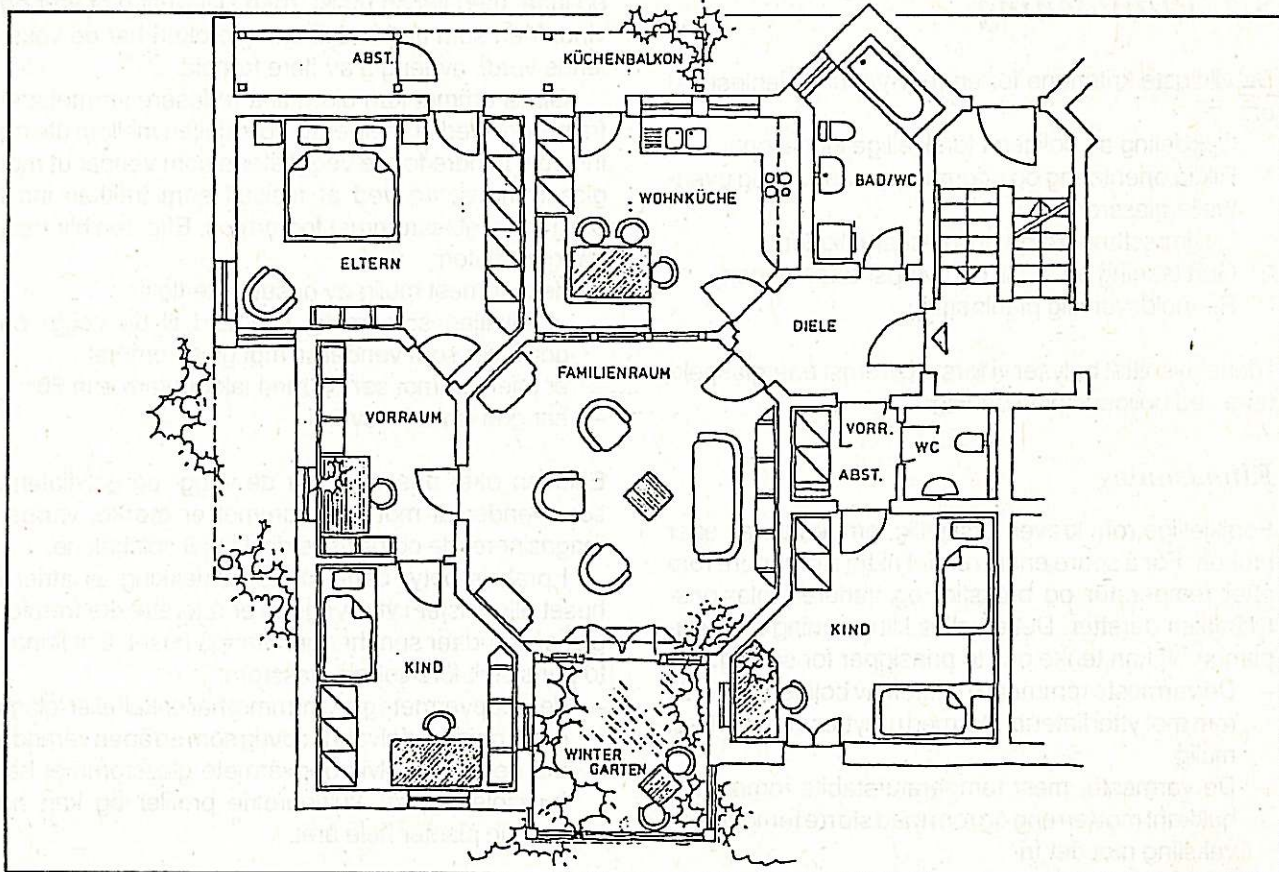
Det uoppvarmete glassrommet fungerer som en buffer mellom ute- og innklimaet. Temperaturen i et slik rom vil i vinterhalvåret ligge 5 – 10 grader høyere enn utenfor, avhengig av om det er brukt ett eller to lag glass. Ved solskinn vil temperaturen ligge enda høyere. Når sola ikke skinner, vil temperaturen om vinteren kunne ligge under 0 grader. Om våren og høsten vil glassrommet ha sommertemperatur. Om sommeren vil det være nødvendig med god utlufting for å unngå overoppheting (Moltke -90).

Det oppvarmete glassrommet må betraktes som en ren utvidelse av innearealet med tilsvarende eller høyere kvadratmeterpris. Slike glassrom vil vanligvis medføre et økt varmetap fra boligen, særlig dersom:

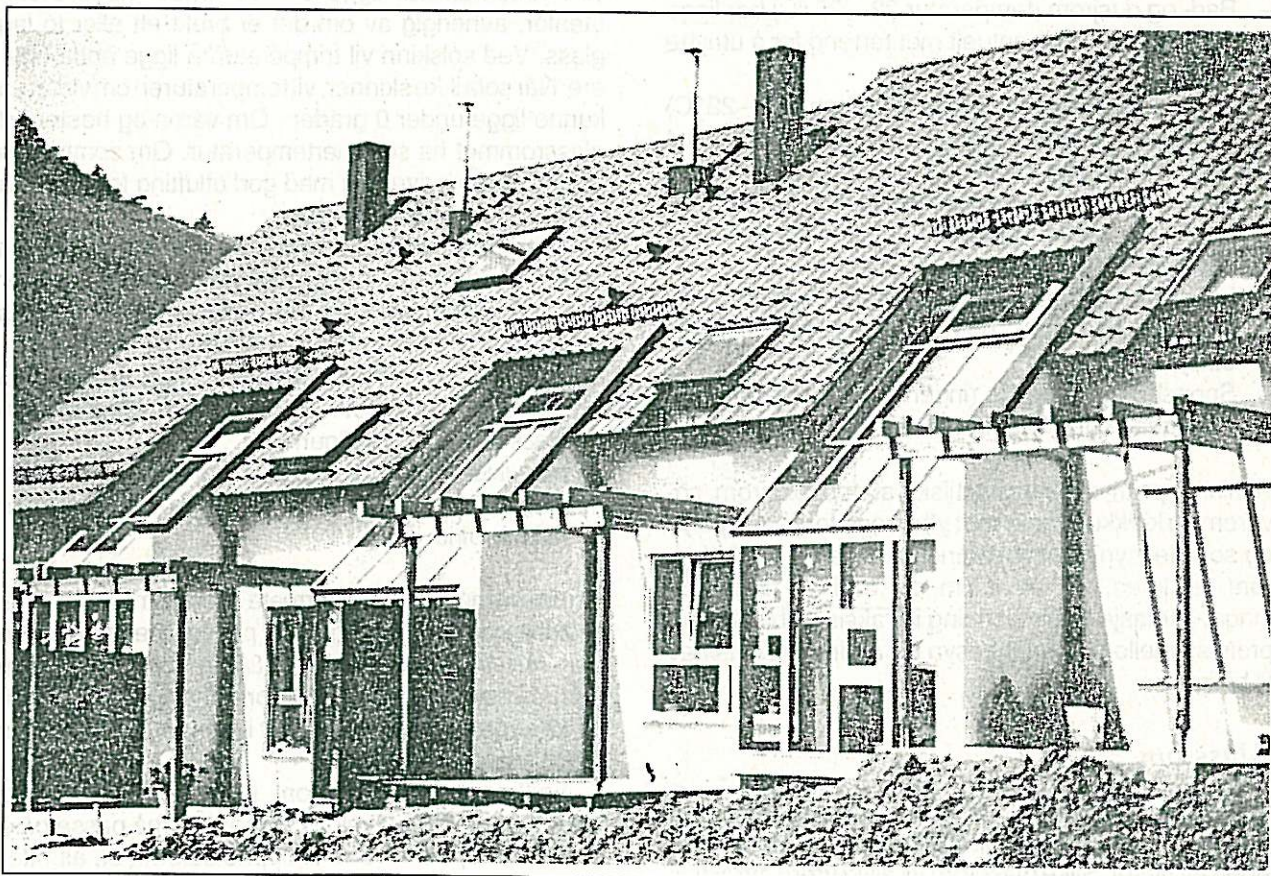
- det kreves høyere minimumstemperatur enn 5 grader
- det ikke er mulighet for effektiv avstenging mellom glassrommet og boligen
- man ikke sørger for nattesenking av temperaturen
- glassflatene ikke er høyisolerte, og profilene ikke er kuldebrofrie.

Fordelen med det oppvarmete glassrommet er bl.a. muligheten for å dyrke grønne planter året rundt. Men man må være klar over at ca. 2/3 av solenergien som faller på plantene, går med til fordamping slik at det blir mindre varme og mer fuktighet i rommet. Dette må tas med i energiregnskapet.

For begge typer glassrom gjelder at energisparing avhenger sterkt av bruken. Beboerne må passe på å lukke eller åpne dørene til oppholdsrommet, alt etter temperaturforholdene, og fremfor alt ikke bruke unødig energi for å holde glassrommet varmt. (Stoffet i det



Planløsningen for blokkboligene i Schafbrühl er bygd opp rundt et sentralt oppholdsrom – en energiøkonomisk løsning – og hyggelig med vinterhage utenfor. Soverommene ligger mot yttervegg.



Glasshus bør ligge delvis tilbaketrasket i bygningskroppen for å avgi varme til rommene og for å redusere utstrålingen (Bund -90).

vesentlige fra Bund -90, det tyske naturvernforbundet, og Molkte -90.)

Vinduer

Vinduene gir oss mulighet til å ta strålevarme fra sola inn i boligen. Samtidig står de normalt for ca. 1/3 av boligens transmisjonstap. Under planleggingen kan man sørge for å redusere dette varmetapet på forskjellige måter:

- Vindusflater mot vest, nord og øst gjøres så små som mulig.
- Man må unngå å legge vinduer i områder med skygge fra fremspringende bygningsdeler, andre bygninger, vegetasjon eller terreng.
- Innkikkproblemet kan løses på annen måte enn ved gardiner som reflekterer sollyset ut igjen.
- Huset kan ha vinduer med god isolasjonsverdi.
- Vindusflatene deles minst mulig opp, og har smale karm- og rammeprofiler med kuldebrytere. Samtidig er det også om å gjøre å unngå at lyset fra vindusflatene fører til innvendig overoppheting.

Vinduer som er orientert mot øst, vest og nord tar inn lite solvarme i vintermånedene og gir derfor nesten rent varmetap. Det samme blir tilfellet hvis de sitter dypt inne i tykke veggkonstruksjoner eller av andre grunner ligger i skyggen. Bruk av isolerte nattskodder for å redusere varmetapet gjennom slike vinduer ble tidligere sett på som en aktuell løsning, men det viser seg at bruk av ny vindusteknologi blir billigere, enklere og mer effektivt. Man klarer seg uten kompliserte mekaniske lukkemekanismer, trenger ikke betjening og reduserer varmetapet også på dagtid.

Hvite gardiner kan reflektere opptil halvparten av sollyset som vinduet tar inn. Slik kan de være effektive mot overoppheting sommerstid, men ellers bør innkikkproblemet løses på annen måte, ved orientering, brystningshøyde, bruk av planter m.v.

Vindusteknikken er under hurtig utvikling. De beste rutene består av tre lag glass, ev. er det midterste laget erstattet med en folie, og mellomrommet er fylt med argon eller annen gass som reduserer varmeledningen. Dessuten er det lagt inn lavemisjonsbelegg, som slipper gjennom det kortbølgede sollyset, men stanser den langbølgede varmestrålingen som kommer fra huset. Slike glass kan oppnå en U-verdi på ca. $1 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. (Samtidig er det under utvikling ruter som vil ha en U-verdi nede mot $0,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Det er likevel et stykke fram til slike vinduer kan tas i bruk i vanlig bygging.)

Dersom man også tar med i U-verdiberegningen det energitilskuddet et solvendt vindu kan gi, altså den såkalte effektive U-verdien, kan den for slike høyisolerte ruter, orientert mot syd, i Oslo, faktisk bli negativ. Det betyr at slike vinduer gir et varmetilskudd som er større enn varmetapet. Energikonomisk sett vil det da være ønskelig å gjøre slike vinduer forholdsvis store. På den annen side er de foreløpig kostbare. (Stoffet i det vesentlige hentet fra Molkte -90.)

Livsløpsstandard og utvidelsesmulighet

God ressursutnyttelse tilsier at planløsningen gjøres generell og fleksibel slik at den kan tilfredsstille varierende husholdninger og behov. Livsløpkravet står sentralt i denne sammenhengen, ikke bare som sosialpolitisk virkemiddel, men også som uttrykk for god ressursutnyttelse. I tillegg bør mulighet for å utvide boligen etter behov og økonomi være et krav til den miljøvennlige boligen.

Livsløpsstandard forutsetter et minimumsareal i inngangsetasjen på 55 m^2 . Vi har tidligere (*Prosjektrapport 80, Byggforsk s. 57*), pekt på de konfliktene som ligger i forskjellige krav til bebyggelsesplanen i bratt terreng. Det ligger også konflikter i planløsningen mellom krav til en kompakt, energikonomisk husform og krav til livsløpsstandard. Spesielt gjelder det i småboliger, som må bygges i én etasje for å tilfredsstille livsløpskravet.

Mulighet for å utvide boligen forutsetter at bebyggelsesplanen legger til rette for det. Energikravene til husformen tilsier at utvidelsen skjer som en forlengelse av huskroppen heller enn i tverrstilte fløyer. (Eventuelt kan vi tenke oss utvidelse over hele fasaden, men dette krever store inngrep i planløsningen.) En forlengelse av huskroppen forutsetter åpen plass til nabohus, og dermed eneboligform eller vertikaldelt tomannsbolig. Det finnes en rekke eksempler på prosjekter hvor denne typen utvidelsesmulighet er bygd inn i planen og gjennomført i praksis.

Det er aktuelt å kunne dele opp boligen for utleie, generasjonsbolig o.l. både som svar på småhusholdningenes behov, og for å utnytte boligmassen effektivt.

Avfall

Kildesortering av søppel krever en spesiell utforming av arbeidsbenken på kjøkkenet. Det er snakk om noe mer benkeplass til en uttrekksbakke eller vogn som kan romme forskjellige avfallstyper. Slike produkter er allerede utviklet og gjør at kildesortering ikke krever mer arbeid enn slik vi gjør det i dag, med alt i samme bøtte.

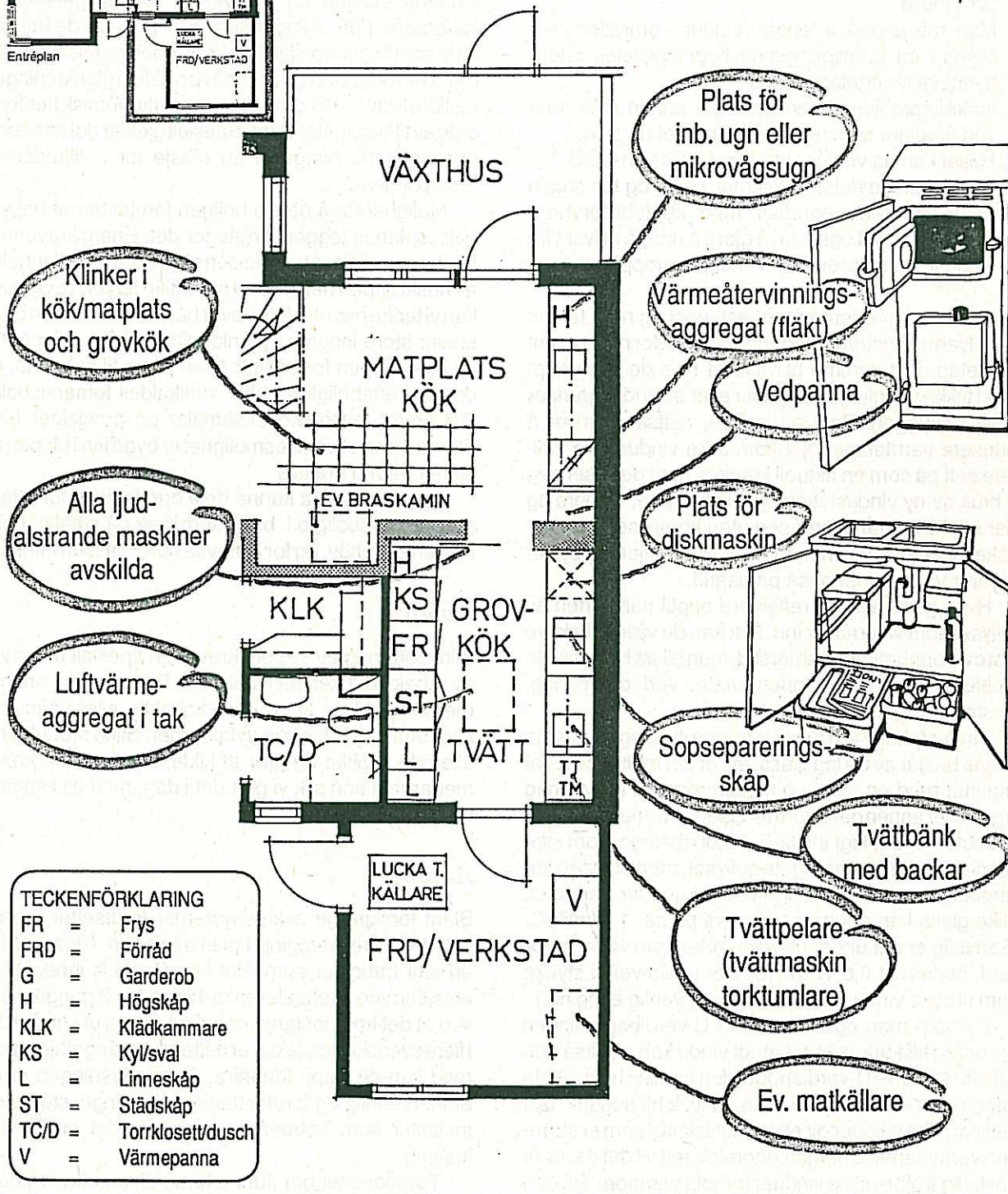
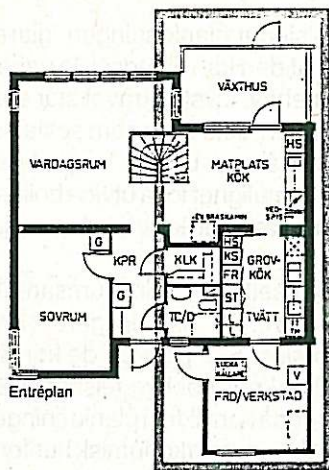
Avløp

Blant forskjellige avløpssystemer forutsetter tørrklosettet en tilrettelegging i planløsningen. Klosettet har en stor beholder som ikke kan få plass innenfor én etasjehøyde. Beholderen tømmes 1 – 2 ganger i året ved at det komposterte innholdet spaes ut i nedre del. I flere svenske prosjekter er dette løst ved eget kjellerrom med lem og trapp innenfra. Denne løsningen er lite brukervennlig og forutsetter egentlig unge, sterke entusiastere som beboere. I tillegg er det en kostbar løsning.

Tørrklosetter bør kunne tømmes utenfra, og dette er ofte mulig i Norge fordi vi bygger så mye i skrått terreng. Klosettrommet må plasseres i overetasjen, som utfra ønske om livsløpsstandard også bør være

EKO-KÖK

Åkesta
Västeråshus nr 42



TECKENFÖRKLARING

FR	=	Frys
FRD	=	Förråd
G	=	Garderob
H	=	Högsåp
KLK	=	Klädskåp
KS	=	Kyl/sval
L	=	Linnesåp
ST	=	Ståpsåp
TC/D	=	Torrklosett/dusch
V	=	Värmepanna

Organiseringen av kjøkkenregionen i "økobiligene" på Åkesta, Vesterås. Torrkløsettet tømmes gjennom kjellerlemmen i tilbygget, en tungvindt løsning.

inngangsetasje. (En annen sak er at det komposterte innholdet ofte er så kompakt og tungt å spa ut at det i alle fall er en uoverkommelig oppgave for bevegelseshemmete og eldre beboere. Det forutsetter dermed nabohep eller vaktmester.)

Renhold

I den siste tiden er vi blitt klar over hvor viktig et godt renhold er for innemiljøet.

Vi kan tilrettelegge for enklere renhold i planløsningen ved å:

- * unngå kriker og kroker og bittesmå rom hvor det er vanskelig å komme til.
- * unngå "støvsamlere", som rør, skaptopper, utspring etc. Skap bør gå til himling.
- * holde mest mulig av golvet fritt og tilgjengelig for renhold
- * unngå åpne planløsninger
- * legge opp til en "sluse" i inngangspartiet hvor støv og skitt utenfra kan filtreres bort.

3.3 Boligens størrelse

Den enkleste måten å redusere ressursforbruket, energibehovet og byggekostnadene er å stille beskjedne arealkrav. En miljøvennlig bolig bør ikke være større enn nødvendig. Hva er nødvendig boligstørrelse?

Byggforsk har definert "normal boligstørrelse" slik: "Normale boliger har minst to rom og minst ett rom for hver person i husholdningen, eller ett rom mer enn antall personer i husholdningen. For enpersonshusholdninger regnes det som normalt å ha to- eller treroms bolig." (Byggforskserien).

Instituttet har også beskrevet en norm etter areal som vist i figuren (side 16). Normen har en absolutt minimumsgrense på 55 m².

Husbanken stiller krav om minsteareal for boliger for ulike husstandsstørrelser:

To roms leiligheter for to personer	55 m ²
Tre roms leiligheter for tre personer	65 m ²
Tre roms leiligheter for fire personer	75 m ²
Fire roms leiligheter for fire personer	85 m ²
Fire roms leiligheter for fem personer	95 m ²

To roms leiligheten har fått økt arealet til 55 m² fra 1992 bl.a. for å ivareta kravet om livsløpstandard. Vi ser også at Husbanken fortsatt aksepterer to sengs soverom i større husholdninger.

Kravet om nøktern boligstørrelse retter seg imidlertid like meget mot overforbruk av bolig. Gjennomsnittlig boligflate fordelt på personer er økt sterkt de siste tjue åra og ligger nå på ca. 45 m². Gjennomsnittsstørrelsen for norske boliger er 108 m². Arealene er imidlertid svært ujevnt fordelt. Boliger som er større enn Husbankens arealgrenser, "særlig store boliger", utgjør 35% (1988).

Samtidig opererer Husbanken med et maksimumsareal på 120 m² BA for å gi finansiering. Beregnet areal (BA) fremkommer ved å multiplisere bruksarealet for boligens forskjellige etasjer med bestemte faktorer. Dette innebærer f.eks. at en bolig på én etasje med underetasje kan ha et bruksareal på hele 160 m² BRA og likevel være innenfor Husbankens maksimumsgrense. 160 m² BRA for en topersonshusholdning kommer i kategorien "meget romslig" etter Byggforsks norm og må i økologisk sammenheng regnes som overforbruk av boligareal.

I praksis vil det være umulig og urimelig å regulere antall mennesker som til enhver tid befolker en bolig. Derimot bør vi satse på nøkterne basisboliger som kan utvides og oppdeles etter behov. Det bør gjelde alle typer boliger, og både bebyggelsesplanen og utformingen av enkeltboligen bør legges til rette for dette.

Husbanknormene er bygd opp over rombehovene til enkelthusholdninger. Etter hvert har vi fått et innslag av mer kollektivt organiserte boliger. Denne tendensen er helt i tråd med intensjonene i vårt arbeid. Her ligger muligheter både for bedre ressursutnyttelse, lavere kostnader og et enklere og bedre hverdagsliv. Det viser seg at en rekke av de funksjonene vi bygger inn i enkeltboligen med fordel kan være felles (Prosjekt-rapport 80, Byggforsk, s. 56).

Hvor mye kan enkeltboligen reduseres i areal ved et større innslag av fellesanlegg? Erfaring bl.a. fra Friis-gateskollektivet i Oslo tyder på at boligen kan reduseres med 10 – 15 % dersom vel halvparten av dette arealet legges ut som fellesareal (pers. medd. Bård Isdahl). Husbanken premierer en slik form for ressurs-sparing med utvidet lån.

3.4 Forbruk av ressurser

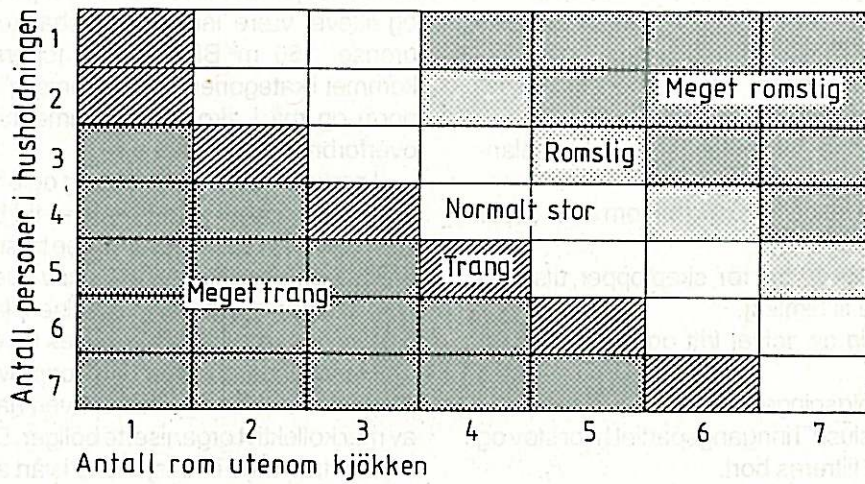
I kapittel 4 går vi nærmere inn på materialvalg. Her skal vi bare peke på noen enkle sammenhenger mellom bygningsutforming og ressursbruk.

Inngrep i terreng er kostbart og ødelegger biologiske ressurser. Å tilpasse hus til terreng betyr å unngå større inngrep for å skape et godt forhold mellom ute og inne i det ferdige huset.

En enkel hovedform kan gjøre huset lettere å bygge og vedlikeholde. Det enkle saltakshuset slik vi ser det bl.a. i trønderlånene, representerer tradisjonell norsk byggeskikk, som det kan være viktig å føre videre. Skrått tak har vært vanlig i småhusbyggingen med unntak av sekstiårsbebyggelsen. Byggforsk anbefaler fortsatt skrått tak som ett av de viktigste midlene for å unngå lekkasjer og ekstra omkostninger.

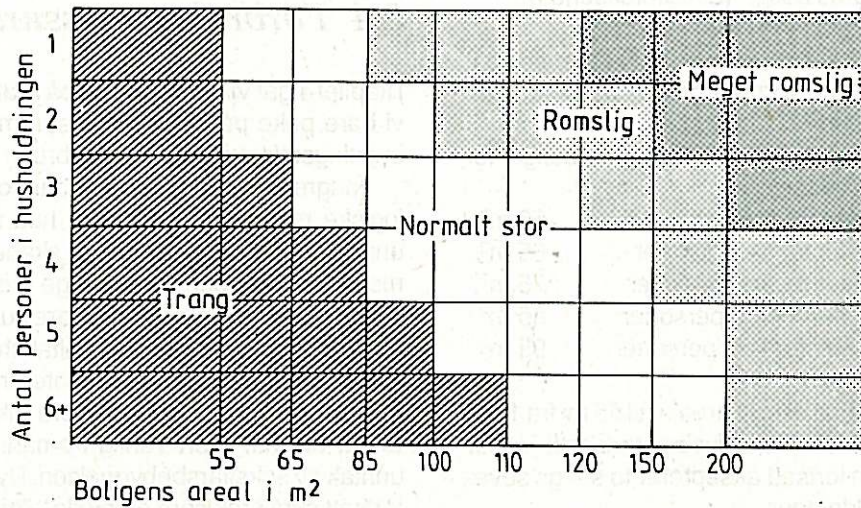
Enkle sammenføyninger mellom huskropper og mellom komponenter gir også mindre ressursbruk og mindre risiko for skader. "Velstandsvorter" (arker, karnapper o.l.) av forskjellig form bør derfor bort. Få materialtyper har vært et mål for mye av etterkrigsarkitekturen. Det gjør det mulig å utnytte materialene bedre og gjør oppsettingen av huset enklere for håndverkerne.

Norm etter antall rom



Trange, normalt store og rommelige boliger definert ut fra størrelsen på husholdningen i forhold til antall rom i boligen (romdefinisjonen)

Norm etter areal



Trange, normalt store og rommelige boliger definert ut fra størrelsen på husholdningen i forhold til boligarealet (arealdefinisjonen)

3.5 Oppsummering

Vi har berørt en rekke krav som kan stilles til planløsning og utforming av en miljøvennlig bolig. Hvilke av disse bør vi innarbeide i vanlig norsk boligbebyggelse? Hva krever det av brukerne og hva er kostnadskonsekvensene?

Vi har søkt å antyde noen svar på disse spørsmålene i skjemaet nedenfor.

Miljøkrav til utforming og planløsning

	Brukervennlighet	Byggekostnader
Kompakt husform	Kan komme i konflikt med livsløpsstandard	Betydelig reduksjon
Vindutjevneende husform	Avanserte løsninger kan virke fremmed for folk	Avanserte løsninger kan gi høyere kostnader
Klimasoning av planløsningen	Bad uten dagslys kan føles utrykelig Kan komme i konflikt med ønsker om utsikt og kveldssol	Ingen konflikt Sentralisert våtkjerne kan gi reduksjon
Orientering og utforming av glassrom og vinduer	Kan komme i konflikt med ønsker om utsikt og kveldssol	Glassrom kan bli energisluk Glassrom og superglass kan bli kostbare
Livsløpsstandard og utvidelsesmuligheter	Ingen konflikt	Utvidelsesmuligheter gir økte kostnader sammenlignet med rekkehus
Tilrettelegging for kildesortering	Ingen konflikt	Ubetydelig kostnadsøkning
Tilrettelegging for tørrklosett	Krevende og utradisjonelt. Forutsetter motiverte beboere	Avhengig av situasjon Økte arealkrav
Tilrettelegging for enkelt renhold	Ingen konflikt	
Husbankens arealkrav	Ingen konflikt	Stort sett reduksjon
Fellesløsninger med redusert areal	Utradisjonelt Forutsetter motiverte beboere	Reduksjon
Terrengtilpasning	Ingen konflikt	Reduksjon
Enkel hovedform med skrått tak	Ingen konflikt	Reduksjon

4. Materialer og konstruktivt system

I dette avsnittet lanserer vi først noen krav til natur- og miljøvennlige byggematerialer og konstruksjoner. Deretter bruker vi disse kriteriene til å vurdere:

- De mest aktuelle byggematerialene ved småhusbygging i Norge i dag, supplert med enkelte mer uvanlige alternativer.
- Noen av de vanligste måtene å sette sammen disse materialene på til konstruksjoner.
- En del materialer og overflater innvendig.

Det er fortsatt vanlig å undervurdere eller helt se bort fra miljøaspektet ved valg av byggematerialer. Men nå finnes det en økende vilje til å prioritere miljøhensyn, både blant byggherrer og i byggebransjen.

Det har også vært vanlig å undervurdere byggeprosessens betydning for et godt resultat. En tørr og ren byggeprosess kan være avgjørende for et godt innemiljø.

I diskusjonen om miljøvennlighet har skillet naturlig/syntetisk blitt trukket fram som kriterium. Det holder ikke ved nærmere vurdering. Det finnes plaststoffer og andre "syntetiske" materialer som kan anbefales også miljømessig, og det finnes materialer som markedsføres som "naturlige" som likevel kan være miljøfarlige. Dessuten kan det stilles spørsmålstegn ved å bruke spesielt naturvennlige produkter hvis de må transporteres langt eller har kort varighet. Miljøgevinsten går da tapt mot energibruken og forurensningen fra transportarbeid eller i stadig vedlikehold og utbedring.

Det er for tida stor usikkerhet og uenighet om miljøkonsekvenser av byggematerialer. Flere større forskningsprosjekter som starter nå, vil forhåpentligvis gi et sikrere vitenskapelig grunnlag for å velge riktig i framtida.

4.1 Miljøkrav til materialer og konstruksjoner

Vi foreslår disse miljøkraven til materialer og konstruksjoner:

- * Fornybare og/eller materialer som egner seg for gjenbruk

- * Minst mulig energibruk ved utvinning og produksjon
- * Minst mulig transport
- * Minst mulig forurensning
- * Materialøkonomiske løsninger
- * Energiøkonomiske løsninger
- * Enkelt renhold
- * Enkelt vedlikehold

Fornybare og/eller materialer som egner seg for gjenbruk

Bygningsmaterialer bør være fornybare eller forekomme i så store mengder at det ikke kan bli mangel på dem. Alternativt bør det være mulig å bruke dem om igjen i en eller annen form.

Bygg og anlegg står for 70 % av det faste avfallet i Norge. Ubrennbare stoffer (stein, tegl osv.) utgjør ca. 50 % (vekt) av bygningsavfall på kommunale fyllinger. Materialer med lengre levetid enn bygget bør kunne demonteres og brukes om igjen. Teglstein og takstein er eksempler på resirkulerbare materialer.

Minst mulig energi til utvinning og produksjon

Nils Skaarer (1981) refererer en undersøkelse av energiforbruk ved fremstilling av en del viktige bygningsmaterialer:

Materiale:	kWh/tonn	kWh/m ³
Aluminium	32 000	85 000
Plast	11 000	11 000
Stål	10 000	82 000
Mineralull	6 000	180
Glass	5 700	15 000
Maling	2 000	2 500
Sement	1 400	1 900
Teglstein	1 200	2 200
Betong	200	460
Sagtømmer	290	100

(Vi vet ikke helt hva tallene i tabellen står for. En ny undersøkelse er i gang og vil gi oppdaterte og sikrere tall. Personlig meddelelse, Sverre Fossdal, Byggforsk.)

Sagtømmer og betong er de minst energikrevende av byggematerialene i Skaarers tabell. Mineralull krever også lite energi målt pr. volumenheter.

Det bør presiseres at det bare er rundt 6 % av en boligs totale energiforbruk som går med til materialproduksjon, transport og bygging. Hele 94 % går altså med til oppvarming m.v. mens huset er i bruk (Skaarer). Det kan derfor godt forsvares ut fra et energiregnskap å øke forbruket av mineralull fordi dette kan bidra til å redusere husets totale energiforbruk betraktelig.

Energiforbruket ved produksjonen av et materiale må også ses i forhold til materialets log byggverkets evetid. For eksempel er levetiden for teglstein så lang (det finnes flere tusen år gamle teglsteinskonstruksjoner som fortsatt er intakte) at man nærmest kan se bort fra energiforbruket ved fremstilling.

Lokalt tilgjengelige materialer

Transportarbeid krever energi og bidrar til lokal forurensning og til drivhuseffekt. Transportarbeid til byggeplasser utgjør en ikke uvesentlig del av transportarbeidet i Norge, og en omlegging i retning av lokalt eller regionalt produserte byggevarer kan redusere miljøbelastningen.

Materialer som ikke forurenser

Med forurensende materialer mener vi materialer som avgir skadelige gasser, fibre, partikler eller stråler. Vi må se på materialet under hele dets "livssyklus" – både hvordan det utvinnes/produseres, hvordan dette transporteres og lagres under montering på byggeplassen og mens huset er i bruk, og til slutt hva som skjer med materialet når bygningen en gang skal rives eller komme til å brenne eller forvitne.

Materialøkonomisk løsninger

Dette kravet kan begrunnes både ut fra økonomi og naturvennlighet. En fordobling av isolasjonstykkelsen i veggene reduserer varmetapet med 50 %, mens en firedobling bare reduserer med 75 %. Man kommer altså til et punkt der økt materialforbruk bare vil medføre økte kostnader, uten at energieffekten og annen nytteverdi øker tilsvarende. Hva dette konkret vil bety mht. anbefalte veggtykkelser m.v., må beregnes ut fra situasjonen i de enkelte tilfellene.

Enkelt renhold

Vi bør unngå løsninger der støv blir liggende på vanskelig tilgjengelige steder og ikke velge materialoverflater som er vanskelige å holde rene. Renhold bør fortrinnsvis kunne skje med tørre metoder.

Enkelt vedlikehold

Vi kan tredele materialene:

- En del byggevarer/produkter markedsføres som

"vedlikeholdsfrie". Det betyr ofte at det er umulig å vedlikeholde dem, og at de må skiftes.

- En del materialer og overflater blir fort nedslitte slik at de stadig vekk må pusses opp, males eller skiftes ut.
- En del materialer trenger svært lite vedlikehold. Vi tenker f.eks. på tegl, naturstein, fliser og ubehandlet tre (innvendig). (Også disse materialene må selvsagt holdes rene.)

4.2 Konstruksjoner

Vi kan skille mellom lette og tunge konstruksjoner i småhusbygging. Lette konstruksjoner, f.eks. bindingsverk av tre, kan ha høy isolasjonsevne og gir rask oppvarming av rommene, men har liten kapasitet til å lagre varmen.

Tunge konstruksjoner, f.eks. massive murkonstruksjoner, er trege å varme opp, men har god evne til å lagre varme. For å kombinere en lett velisolerende bindingsverkskonstruksjon med en varmelagrende, tung konstruksjon, finner vi i flere "økoboliger" en tung kjernevegg i mur eller betong, og betongbjelkelag.

I de følgende avsnittene vurderer vi noen aktuelle konstruksjonstyper for norske småhus ut fra kravene foran:

Fundamenter og grunnmurer

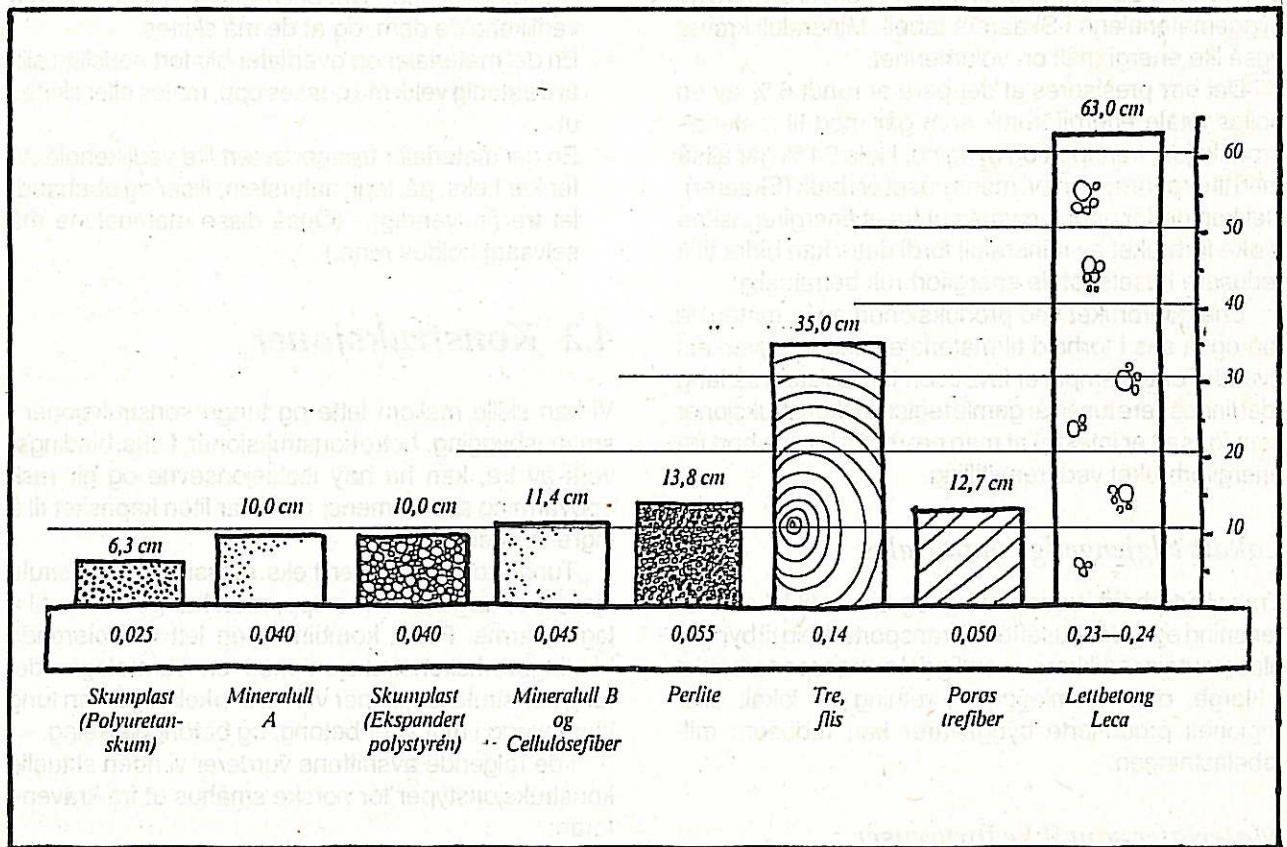
Fundamenter og grunnmurer skal tåle laster og fuktighet i grunnen. Plate-på-mark-konstruksjon er den dominerende formen for fundamentering av småhus, og egner seg spesielt godt for bygging i berglendt terreng. Konstruksjonen består av en støpt plate, isolert mot grunnen, som kan være en sprengsteinsfylling eller et dreneringslag over jord- eller leiremasser.

Platen har gode varmelagringsevner og kan dessuten knyttes til et spesielt varmelager med større kapasitet. Materialene kan brukes om igjen som tilslag. Den er heller ikke skadelig ved destruksjon. Sement produseres bare på to steder i Norge og må fraktes mellom regioner. En betenkelighet knytter seg til radonholdig grunn. Radongassens spaltingsprodukter kan feste seg til lungevevet ved innånding og avgi radioaktive strålingsdoser ved at gass siver opp gjennom sprekker i konstruksjonen. Strålingsfaren kan elimineres ved tetting av konstruksjonen eller spesielle ventileringstekniske tiltak.

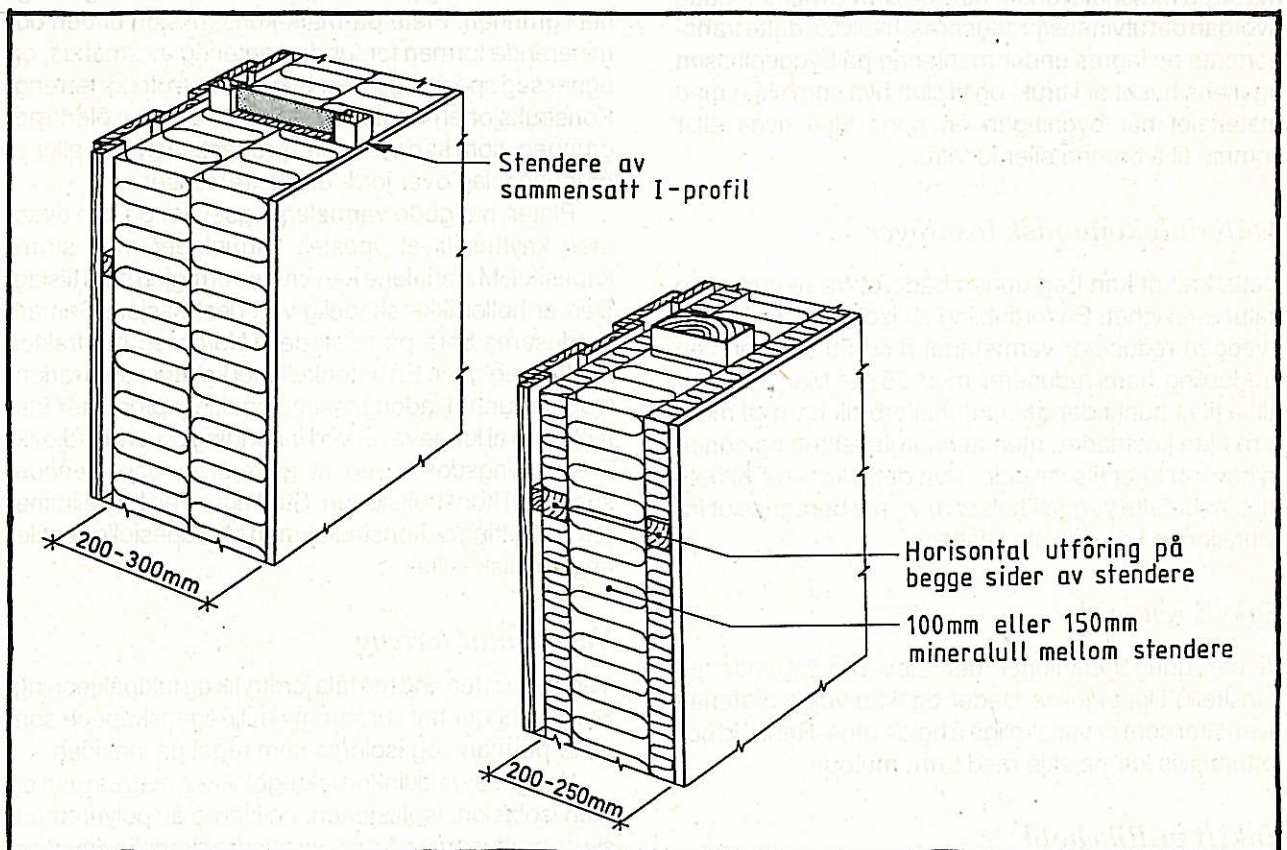
Vegger mot terreng

Vegger mot terreng må tåle jordtrykk og fuktpåkjenning. Støpte vegger har de samme miljøegenskapene som plate-på-mark, og isoleres som regel på innsiden.

Vegger av lettklinkerbetongblokker leveres med og uten isolasjon. Isolasjonen, en kjerne av polyurethanskum produseres nå med en mindre skadelig drivgass. Avdunstingen inne i veggene er minimal og uten konsekvenser for innemiljøet. Lettklinkerbetong produseres



Varmeledningsevne for endel materialer. Kolonnehøyden angir hvilke materialtykkelser som er nødvendige for å oppnå samme isolasjon som 100 mm mineralull kvalitet A.



Eksempel på ytterveggkonstruksjoner med stor isolasjonstykkelse. Energiøkonomisering i boliger (Byggforskserien)

i flere regioner, som gir moderat transportarbeid. Blokkene går i stykker ved demontering, men kan brukes som tilslag i nye blokker. Veggelementer i betong eller lettbetong leveres isolert med polyuretanskum eller mineralull. Det er få lokale produsenter, noe som gir mer transportarbeid. Elementene kan i prinsippet brukes på nytt.

Yttervegger

Yttervegger over terreng skal ha høy isolasjonsverdi, være uten kuldebroer, være tette mot vind og tåle slagregn og fuktig klima.

Lett bindingsverk i tre er den helt dominerende typen i norske småhus. Kravet til isolasjonstykkelse har frembragt I-profiler, med flenser av treverk og steg av trefiber- eller sponplate. Dette gir god materialøkonomi og minimal kuldebrevirkning. Utvendig kledning kan være panel eller plater. Innvendig finnes flere gode alternativer, som panel, spon- eller gipsplater.

Vurdert mot miljøkravene får bindingsverket god karakter. (Det er med god grunn denne konstruksjonsmåten markedsføres av tyske naturvernere som "det miljøvennlige huset".) Betenkeligheter har vært reist i forhold til mineralull som isolasjon og plastfolie som innvendig dampspærre. Betenkelighetene ved mineralull knytter seg etter vår mening heller til produksjonen enn bruk. Produksjonen er energikrevende og materialet avgir fibre i produksjon og byggeprosessen. Brukt som isolasjon i tett hulrom kan vi ikke se noe ufordelaktig ved den. Et alternativ til mineralull er cellulosefibre som er framstilt av resirkulert avis-papir, i seg selv et miljøvennlig konsept. Cellulosefibre kan oppta og gi fra seg mer fuktighet enn mineralull og kan dermed bidra til en viss fuktighetsregulering av konstruksjonen.

Når det gjelder plastfolie som lages av polyetylen, vil avgassingene være svært beskjeden og representerer i så måte et marginalt inneklimateproblem. Kritikken har derimot vært reist mot dampettheten mot innsiden som skal hindre huset i å "puste". Formålet med folien er å hindre fuktig luft å trenge inn i veggen og kondensere der. Den dampåpne pappen på utsiden gjør at fuktighet i veggen kan slippe ut. Det må alltid være en betydelig større dampåpenhet i forhudningspappen enn i dampspærren (minst 5:1). Ved mer dampåpne diffusjonsspærre ("dampbrems") må åpenheten i vindtett-pappen være desto større for å unngå fuktproblemer (Homb, Byggforsk -91).

Isolert lettklinkerbetong er det mest aktuelle materialet blant de tunge veggkonstruksjonene. Den vesentligste innvendingen knytter seg til isolasjonsevnen til blokkene, som bare såvidt tilfredsstillende dagens byggeforskriftskrav. En kan tenke seg tilleggisolering utvendig eller innvendig, men da blir konstruksjonen heller kostbar, og poenget med den enkle bygge-metoden som egner seg til selvbygging, faller bort.

Stampejordsveggen er en konstruksjon som nå prøves på nytt i Norge. Konstruksjonen bygger på en urgammel tradisjon som vi finner mange steder i

verden, kanskje med unntak av de store skogområdene. I Norge har en flere ganger opp gjennom historien forsøkt å introdusere byggemetoden, men ikke vunnet gjennom. Stampejordsveggen skårer godt på en del miljøkrav, forutsatt at en finner egnet jord på stedet (bl.a. uten radon). Materialet er resirkulerbart, energigivning i produksjon og kan gi et godt innneklima forutsatt god isolasjon. Betenkeligheter knytter seg til vedlikehold i områder med mye slagregn, og til byggekostnadene. Det er også en viss motsetning mellom bæreevne og isolasjonsevne. Tilleggisolasjon er antakelig påkrevd. Et forsøk på rasjonell oppsetting er gjennomført i Østfold (Ark.kont. GAIA). Med stor tilgang på billig arbeidskraft som egeninnsats eller dugnadsarbeid, burde stampejordsveggen være et miljøvennlig alternativ. Det kan imidlertid by på problemer å bygge om vinteren og i regnvær.

Innvendige vegger og bjelkelag

Innvendige bærekonstruksjoner skal være tilstrekkelig stive, tåle belastningen og bær i en del tilfeller være lydisolerende. Også her kan vi skille mellom lette og tunge konstruksjoner. De lette (trekonstruksjonene) har liten evne til varmelagring og følger derfor utetemperaturens bevegelser. Støpte og murte konstruksjoner har en betydelig lagringsevne og er av den grunn brukt i flere svenske "økohus". Slike konstruksjoner bær imidlertid ikke ligge til soverom hvor vi ønsker rask nedkjøling om kvelden. Problemer knytter seg til oppføringen, som blir mer komplisert med flere håndtverksfag inne i byggeprosessen.

Takkonstruksjon

Den vanlige takkonstruksjonen i norske småhus består av sperrer eller takstoler med isolasjonssjikt og utvendig tekking.

I-profiler kombinerer lavt materialforbruk med stor bæreevne og liten kuldebroeffekt. De gir også plass til en ønsket isolasjonstykkelse på 250–300 mm. De kan produseres lokalt og kan brukes om igjen.

Takstein av tegl eller betong krever forholdsvis lite energi ved framstilling. Teglstein er imidlertid ikke tilgjengelig lokalt. Materialet lages ikke i Norge lenger, og må importeres fra Danmark eller Sverige. Takstein kan brukes om igjen og har dessuten gode lydtekniske egenskaper mot utvendig støy.

Torv er av flere grunner blitt lansert som et natur- og miljøvennlig takmateriale. Det tilfredsstillende alle kravene til konstruksjoner vi stilte opp i innledningen forutsatt at det er tilgang på brukbar torv i nærheten. I tillegg har det meget gode støyisolerende egenskaper. På minussiden kommer stor tyngde, som krever oppdimensjonering av bæresystemet. Betalt arbeidskraft kan gjøre taket forholdsvis kostbart å montere, det kan derimot egne seg godt for egeninnsats.

Et bordkledt tak kan også lett assosieres med miljøvennlighet. Det forutsetter imidlertid naturlig impregnerte materialer (malmfuru) til erstatning for

impregneringsmidler. Regnvann som har rent over impregnerte materialer, kan ikke drikkes, og kreosot regnes som et farlig materiale å ha mye hudkontakt med. Saltimpregnert virke kommer bedre ut.

Papptak har, i likhet med kreosot, tjærestoffer som kan være kreftfremkallende i dampform og ved hyppig berøring. Som undertekking regnes pappsjiktet som helt nødvendig og skulle heller ikke gi spesielle problemer i bruk.

4.3 Materialer og overflater innvendig

Vi stiller de samme miljøkravene til innvendig kledning og overflatebehandling som til de konstruktive delene av bygningen. Innvendige materialer har direkte innvirkning på inneklimate, og kravene om minst mulig forurensing i bruk, lang levetid og enkelt renhold kommer dermed mest i fokus.

Vi kan skille mellom avgivelse av støv, partikler og fibre på den ene siden og kjemiske forurensinger på den andre. Enkelte stoffer er lette å identifisere og velkjente med hensyn til risiko for helseskader. Det gjelder asbest (fibre), formaldehyd (gass), radon (gass), kasein (avgassing).

En bør merke seg at materialer og overflater på selve bygningen står for mindre enn 50 % av avgassing. Størsteparten skriver seg fra tekstiler, møbler, kjemikalier osv. (Tobakksrøyk som en dominerende kilde, holder vi utenfor her. Persoling meddelelse, Eimund Skåret, Byggforsk.)

For øvrig gjelder en grei vær varsom plakat:

- Bruk materialer som er velkjente og med liten avgassing.
- Unngå ukjente og uprøvde materialer eller materialer som vi vet kan være skadelige.
- Sørg for å holde materialene tørre før, under og etter byggeprosessen.

Innvendig kledning

Både trepanel, gips, trefiberplater og sponplater gir liten avgassing til innemiljøet. Panel har den fordel at materialet kan stå uten overflatebehandling eller få en lasur med vannbeis. Liggende panel innendørs har imidlertid lett for å samle støv i fugene. Gips- og sponplater blir som regel sparklet og malt eller tapetsert. Overflatebehandlingen kan dermed utskille organiske gasser og damper av løsemiddeltypen.

Malt glassfiberstrie og tapet på badet er spesielt utsatt for muggvekst, særlig på de nedre delene. Et godt alternativ er keramiske fliser.

Maling

Det fins en lang rekke typer og produkter på markedet. De vanligste produktene til innendørs bruk er vannbaserte eller løsemiddelbaserte. I tillegg fins malinger

med svært lite løsemidler og malinger som herder i reaksjon med en spesiell herder (to komponent maling).

Vannbaserte malinger (lateks eller akrylmaling) avgir ikke store mengder organiske stoffer under påføring og i bruk. Problemet er at avgassing pågår i lang tid, opp til ett år. De er dermed mindre risikofylte for håndverkerne. Langtidseffekter for beboerne vet vi lite om, men det er all grunn til å være på vakt.

Den vanligste løsemiddelbaserte malingen er alkydøljemaling med white spirit som løsemiddel. Avgassing her går fort, og tar ca. 14 dager, men er desto sterkere mens den står på. Yrkesutøverne er derfor utsatt for løsemiddelskader, mens beboerne kan føle seg relativt trygge etter tørkeprosessen. I alle fall er det fornuftig å lufte godt ut under tørkingen, ev. kombinert med høy temperatur for å "bake" ut gassen.

Linoljemalingen har få løsemidler og kan tilsettes tørkende oljer for å påskynde tørkeprosessen.

Epoksymaling regnes som spesielt slimhinneirriterende under påføring.

Mieralske malinger har som regel ingen avgassing, men gir en lite renholdsvennlig overflate.

Det vi vet, er at lav fuktighet i byggeperioden og god ventilasjon den første tiden i boligen, kombinert med oppvarming, kan redusere problemene (Hus og Helse, Statens bygningstekniske etat 1992 og Byggforskserien).

Golvbelegg og overflater

Tregolv, linoleum, keramiske fliser og naturkork er materialer med lite avgassing. Overflatebehandlingen er imidlertid like viktig som selve materialet. Lakktyper og bonemidler kan ha negativ innvirkning på innemiljøet.

Problemmaterialer kan være plastprodukter f.eks. vinyl, som avgir stoffer over lang tid og spesielt ved økende temperatur. Limte materialer, selvutjevne sparkelmasser, fugemasser og løsemiddelbaserte malinger i golvoverflaten kan til sammen gi en avgassing som vi ikke kjenner den samlede virkningen av.

Kombinert med fukt kan mange materialer oppføre seg lite miljøvennlig. Typiske eksempler kan være nedbrutte golvbelegg, sparkelmasser eller tilfarergolv over et fuktig betongdekke.

Spesielt golvtepper samler mange typer forurensinger fra innelufta. Formaldehyd, luktstoffer, sopp-sporene og støv er eksempler. Golvtepper, spesielt tepper i ull, er vanskelige å holde rene. Vi bør unngå fastlimte tepper som ikke kan tas ut og bankes eller renses (Byggforskserien).

4.4 Miljøvennlige systemløsninger

Vi har drøftet en del miljøegenskaper ved forskjellige konstruksjoner og materialer. Er det mulig å si noe om bruksegenskaper og kostnader ved aktuelle systemløsninger?

For å gi en enkel oversikt har vi sett på noen konstruksjoner for boligbygg som vanligvis assosieres med miljøvennlighet.

	Brukervennlighet	Byggekostnader
Bindingsverksvegg	Vanlig i Norge Lett å regulere varmen Enkel å endre Kjent teknologi ved vedlikehold	Rasjonell og rask å sette opp Må bruke fagfolk
Lettlinkerbetongstein	God varmekapasitet Mindre godt egnet til lavenergi-bolig Mindre fleksibel Godt egnet for egeninnsats som arbeid med grunnmur og yttervegg	Større egeninnsats kan senke kostnadene
Teglvegg	God varmekapasitet Må ha tilleggisolasjon Lite fleksibel God holdbarhet Lite vedlikeholdskrevende Lydisolerende	Forholdsvis kostbar Lite egnet for egeninnsats
Jordvegg	God varmekapasitet Mindre egnet som lavenergi-bolig Mindre egnet i fuktig kystklima Vanskelig å endre romoppdeling Fremmed byggemåte i Norge Krever veiledning ved selvbygging	Krever stor egeninnsats for å senke kostnadene Arbeidsintensiv Billig råmateriale hvis det kan tas i nærheten av byggeplass
Torvtak	Holdbart, forutsatt at underlaget er godt utført Krever ikke noe vedlikehold Støydempende	Krever egeninnsats for å senke kostnadene Krever mer av bæresystemet

5. Energi- og ventilasjonssystem

Utviklingen av husbyggingsteknikken de siste 20 årene har gitt oss tettere og bedre isolerte hus. Samtidig med disse forbedringene har imidlertid et nytt problem oppstått, nemlig dårligere inneklime. Vi har derfor valgt å gi energiøkonomi og inneklime en samlet vurdering.

5.1 Energibruk i boliger

Energiøkonomi i tilknytning til husets form og planløsning er diskutert under hovedpunkt 2. Her skal vi kort gå gjennom en del energitekniske spørsmål og se dem i forhold til boligens inneklime.

Å spare energi i boliger er helt sentralt i en økologisk tankegang. Et av hovedmålene i NAMIT-prosjektet er å "minimere energiforbruk og utslipp av nasjonal/global betydning". Energiforbruket i boliger utgjør så mye som 20 % av det samlede energiforbruket i Norge (OED -86).

Energibalanse

Vi bruker energi i boligertil oppvarming, lys og husholdningsapparater. En del energi fra lys og apparater kan nyttiggjøres til romoppvarming i fyringssesongen.

Varmetapet i en bolig går i hovedsak som transmisjon ut gjennom boligens ytterflater og som avtrekksluft i ventilasjonssystemet. I tillegg til varmetap i ventilasjonen, forsvinner varme som infiltrasjon i utettheter i ytterflatene. Varmetapet kan gjøres minst mulig ved god varmeisolasjon og vindtetting og ved riktig utforming og bruk av ventilasjonssystemet.

Isolering er den mest effektive og én av de mest rentable måtene å redusere energiforbruket på. Den er effektiv fordi den stort sett er upåvirket av brukervaner og fordi den gir størst energibesparelse på de tidspunktene når varmebehovet er størst (Moltke -90).

Varmetilskuddet i boligen skjer ved solstråling, som kan utnyttes på mange vis, ved energiavgivelse fra personer, fra husholdningsapparater og lys, ved varmtvannsberedning og som tilsiktet romoppvarming. Solstråling og varme fra personer er gratisvarme. Varme fra apparater og lys kan også betraktes som "gratis" i den forstand at vi kjøper energien til andre formål enn oppvarming.

Energibruk i lavenergibolig

Ser vi på en ny husbankbolig bygd med noe bedre isolasjon enn byggeforskriftene krever, vil det totale beregnede energibudsjettet for kjøpt energi være ca. 150 kWh/m²/år (Oslo/Tingvoll). Dette fordeler seg omtrent slik:

Transmisjonstap (pga. temperaturforskjell inne/ute)	ca. 40 %
Ventilasjon og infiltrasjon (pga. utettheter)	ca. 20 %
Varmtvannsberedning	15 - 20 %
Lys	10 - 15 %
Husholdningsapparater	10 - 15 %

Omkring 60 kWh/m²/år går til lys, varmtvann og husholdningsapparater, og er altså uavhengig av hustype og beliggenhet.

Dersom vi øker isolasjonstykkelsen og innfører et balansert ventilasjonssystem med varmegjenvinning i det samme huset, kan energibudsjettet reduseres til ca. 100 kWh/m²/år. Vi kan dermed spare ca. 3 - 4000 kr pr. år i energikostnader i en vanlig enebolig (1991).

Energibudsjetter for vanlig bolig og "lavenergibolig" målt i kWh/m² (circa-tall):

	Totalforbruk kWh/m ²	Tilsiktet oppvarming kWh/m ²	Varmtvann kWh/m ²	Lys kWh/m ²	Koking/hushold.- apparater kWh/m ²
Vanlig isolert bolig	150	90	24	18	18
Lavenergibolig	100	40	24	18	18

Andelen energi som går til lys, varmtvann og husholdningsapparater i en lavenergibolig vil være så høy

som 60 % av totalforbruket og er blitt dominerende i energibudsjettet. Hvis man ønsker å redusere energiforbruket videre, vil det være mest effektivt å redusere varmtvannsforbruket og ta vare på varmen i varmtvannet som forsvinner ut av boligen. Reduksjon av energi til lys og husholdningsapparater vil også ha positiv virkning, men en del av sparingen må erstattes i økt oppvarming i fyringssesongen.

5.2 Miljøkrav til energisystem

Hvilke krav skal vi stille til et oppvarmingssystem som både skal ivareta miljøkrav, komfort- og brukskrav og samtidig være rimelig i anskaffelse og bruk?

I dette avsnittet skal vi først gi en kortfattet oversikt over energibruk i boliger, deretter skal vi vurdere forskjellige oppvarmingsmåter som kan være aktuelle i miljøvennlige boliger. De følgende kravene er viktige for vår målsetting:

- * Energibruken skal ikke være basert på forbrenning av fossile brensler. Fornybar energi
- * Minst mulig bidrag til drivhuseffekten
- * Bruk av lokale energikilder til oppvarming
- * God virkningsgrad for utnyttelsen av brensel
- * Ikke forurensning av utemiljøet
- * Lett å regulere etter behov
- * Økonomisk i anskaffelse og bruk

Ikke fossile brensler, bruk av fornybar energi

Boligoppvarming basert på olje og petroleum, kull og koks bør på sikt opphøre helt. For nye, høyisolerte boliger finnes flere alternativer som er belyst i det følgende. Ved og annen bioenergi kommer i en mellomstilling. Så lenge tilveksten er større eller lik avvirkningen, regner vi ved som fornybar energikilde (Klimagruppen -91). I Norge er skogvolumet økt betydelig de siste 60 årene, økningen tilsvarer den karbonmengden som frigjøres ved 6 års oljeforbruk (Bioenergi nr 2-89).

Minst mulig bidrag til drivhuseffekten

All forbrenning (også forråtnelse) av organisk materiale gir CO₂ og bidrar dermed til drivhuseffekt. Elektrisk kraft står, sammen med solenergi, i en særstilling som "ren" energikilde. Bioenergi er en energiressurs som ikke gir noe nettotilskudd av CO₂ til atmosfæren så lenge tilveksten er større enn det som brennes. (På den andre siden vil trevirke, brukt som bygningsmaterialer, være CO₂ i bundet form.)

Lokale energikilder

Å bruke lokale energikilder er et av målene i NAMIT-prosjektet. Lokale energikilder kan være spillvarme fra industri, forbrenningsanlegg for avfall, sjøvann med bruk av varmepumpe eller bioenergi. Bruk av lokale energikilder reduserer transportkostnader og belaster ikke elnettet. Som oftest forutsetter lokale energikilder vann som energibærer.

God virkningsgrad

Virkningsgraden i et varmeanlegg defineres som den prosentdelen av den tilførte energien som går over i nyttbar varme i rommene. Direkte elektrisk oppvarming har f.eks. 100 % virkningsgrad. De fleste andre energibærere har fra 10 – 40 % tap av den tilførte energien. I tillegg er det viktig å vurdere systemvirkningsgraden for å fastslå hva som går tapt i distribusjonsnettet etc.

Ikke forurensning av utemiljøet

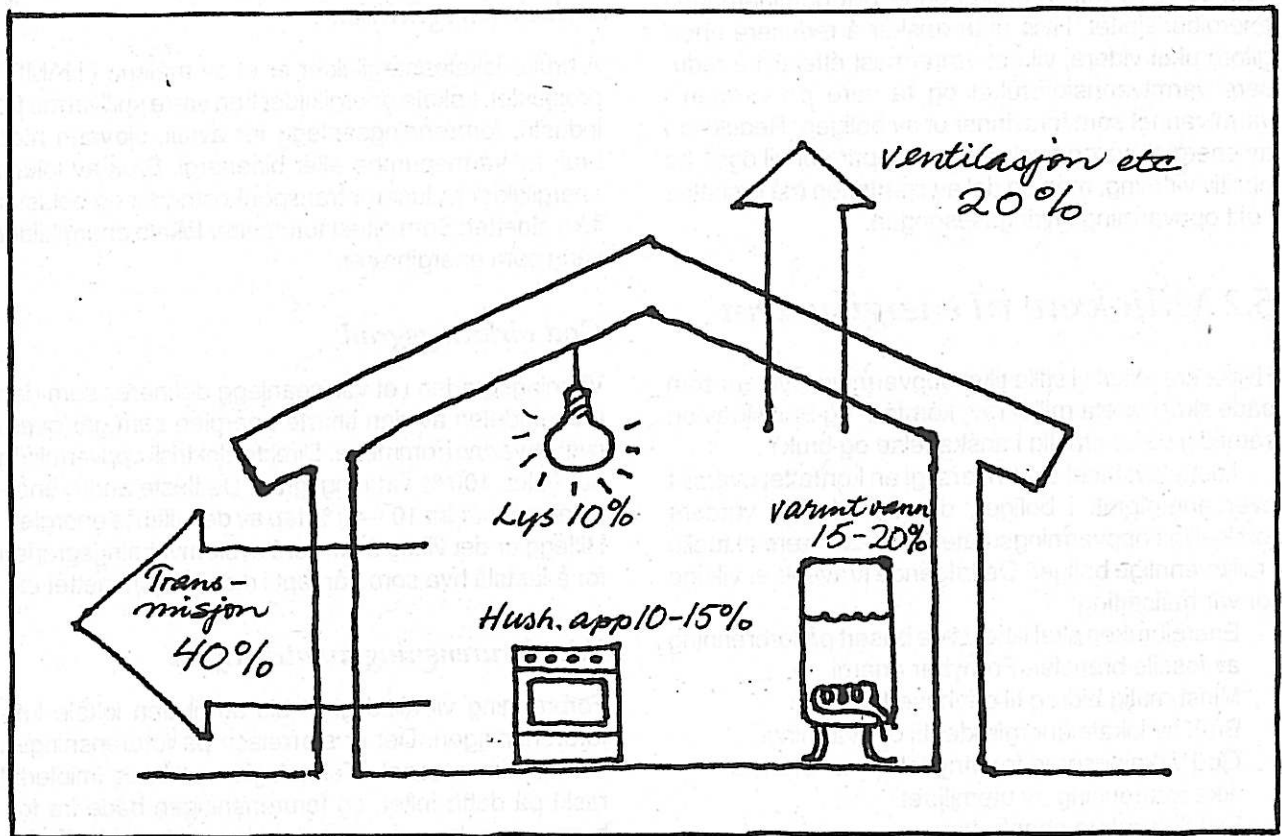
Forbrenning vil alltid gi et bidrag til den lokale luftforurensningen. Det er størrelsen på forurensningen som er interessant. Teknologien utvikles imidlertid raskt på dette feltet, og forurensningen både fra forbrenningsanlegg, varmesentraler og individuelle ildsteder kan reduseres vesentlig. Jo bedre virkningsgrad varmeanlegget har, jo mindre avgasser vil komme ut i lufta.

Lett å regulere

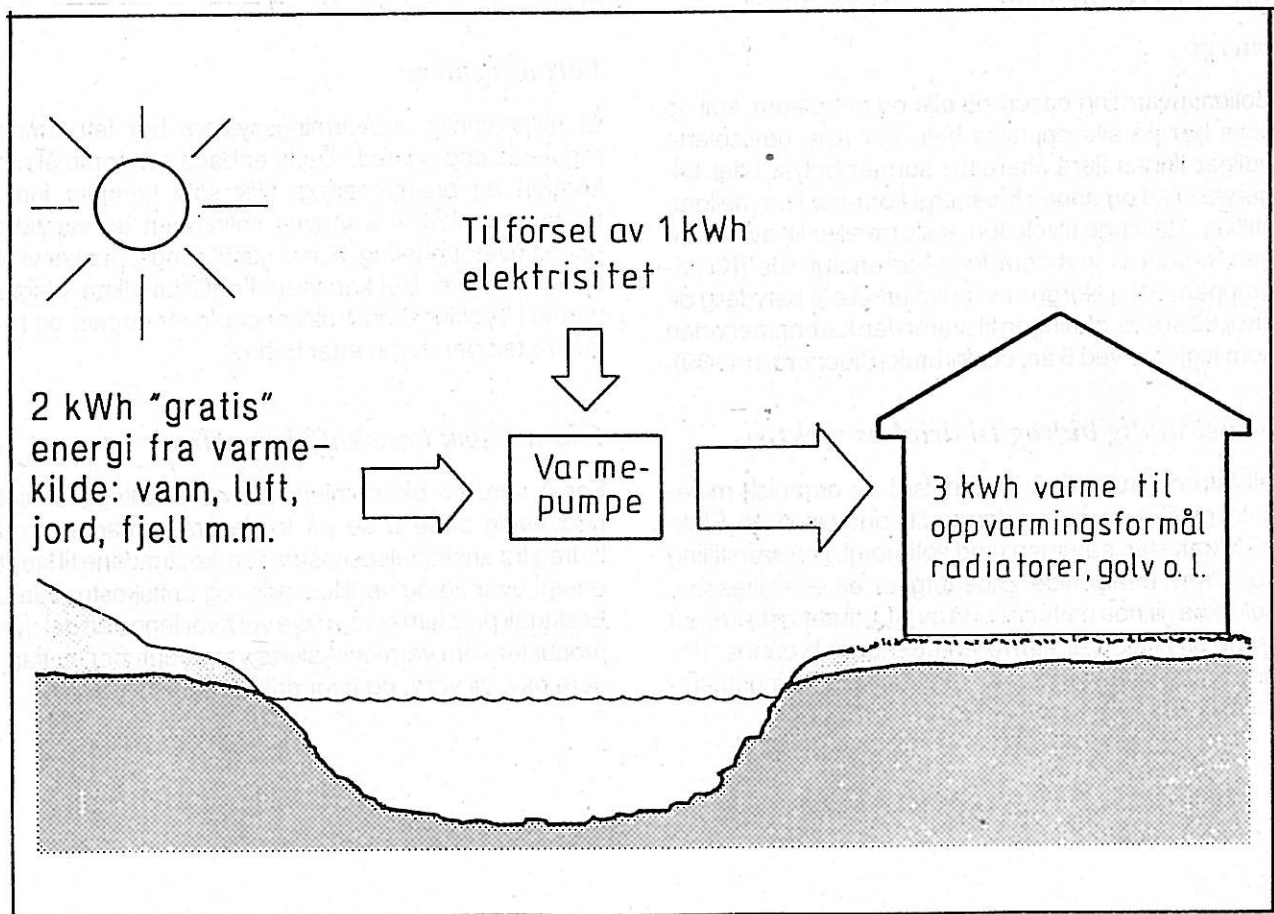
Et miljøvennlig oppvarmingssystem bør lett kunne reguleres opp og ned. Dette er både et spørsmål om komfort og energisparing. Når sola kommer inn i boligen, ønsker vi å utnytte solvarmen og samtidig unngå overoppheting. Når vi går til sengs, ønsker vi et kjølig soverom. Det kan være konflikt mellom å lagre varme i bygningskonstruksjonene over døgnet og regulere temperaturen etter behov.

Økonomisk i anskaffelse og bruk

For å vurdere økonomien i et varmeanlegg er det nødvendig både å se på totale årskostnader, med bidrag fra anskaffelseskostnaden, kostnadene til kjøpt energi over tid og vedlikeholds- og driftskostnadene. Et aktuelt problem er at vi ikke vet hvor lenge en del nye produkter som varmevekslere, varmepumper, solfangere osv. vil vare, og hvor driftsikre de vil være.



Energibudsjett for kjøpt energi i ny bolig



Varmepumpeteknikken er i ferd med å bli konkurransedyktig i forhold til elektrisk kraft

5.3 Systemløsninger

Kilde	Bærer	Utstyr
Vannkraft/ vindmølle	Elektrisitet	Panelovner (nye typer) Varmekabler/ varmefolier
Varmepumpe sjøvann	Vann	Golvslynger eller radiator
Flis	Vann	Golvslynger/ radiator
Ved	Direkte forbrenning	Ovn m/ kataly- sator
Solvarme, aktiv	Luft, vann	Solfangere i tak/vegg, varmelager
Solvarme, passiv	Luft	Glassvaranda, varmelager

De mest aktuelle systemene for miljøvennlig boligoppvarming er illustrert i skjemaet. Ved å skille mellom kilde, bærer og utstyr i energisystemet, får vi fram en rekke kombinasjonsmuligheter. I tillegg er det naturlig å kombinere flere systemer i én og samme bolig. Her beskrives for enkelthets skyld noen aktuelle muligheter.

Vannbåret system

Fjernvarme og sentralvarmeanlegg er eksempler på dette. Tidligere har det vært vanlig å bruke olje som energikilde. Avfall har også vært brukt som kilde i fjernvarmeanlegg. I den siste tiden har en del anlegg vært basert på olje i kombinasjon med tilfeldig elektrisk kraft, som selges til redusert pris.

Et miljøvennlig alternativ er fjernvarmesystem basert på varmepumpe. Det forutsetter ca. 30 % tilført elektrisitet, mens varmepumpa sørger for de resterende 70 %. Den tilførte energien kan skaffes fra vindmøller. Langs store deler av norskekysten er vindstyrken høy i vinterhalvåret (gjennomsnittlig vindhastighet i januar 3 – 8 m/s). Varmtvannet kan brukes til oppvarming og tappevann, og dekker dermed vel 60% av energibehovet i en lavenergibolig. Varmepumpealternativet forutsetter at drivgassen i systemet ikke lekker ut ved utskifting av maskiner og utstyr slik at atmosfæren blir skadet.

Det er også mulig å utnytte ved eller flis som kilde

i et fjernvarmeanlegg. I kommuner som Tingvoll er tilgangen på ved stor, og vi kan forutsette at ressursen er fornybar. Virkningsgraden på et flisfyringsanlegg kan forbedres bl.a. ved etterbrenning med katalysator som sørger for at sot og svoveldiosyd ikke slipper ut.

Hva slags *utstyrbør* vi bruke i et vannbåret system?

Golvvarme fordeler varmen over store flater, og dette har flere miljøfordeler: Det er mulig å holde lavere lufttemperatur i rommet uten at det virker kaldt, dvs. en effektiv form for energisparing. Golvslynger innstøpt i betong overfører varmen effektivt til golvoverflaten og gir lite varmetap. Den lave overflatetemperaturen gir en behagelig varme.

Betongen har imidlertid stor varmekapasitet, slik at systemet er tregt å regulere etter ønsket temperatur. Det egner seg derfor best for rom hvor vi ønsker forholdsvis stabil temperatur. I rom hvor vi vil utnytte solvarmen best mulig og i soverom hvor vi ønsker nedkjøling om natten, fungerer ikke golvvarmen raskt nok. I situasjoner hvor vi har behov for hurtig oppvarming av rommet, kan det derfor være en fordel å holde en lav basistemperatur på f.eks. 15 grader og supplere golvvarmen f.eks. med en vedovn eller en elektrisk panelovn.

Radiatorer, som også er brukt ved vannbåret varme, bør ha stor overflate for å kunne holde lavere romtemperatur. Tyske "økobolig"prosjekter bruker store radiatorer plassert på vegger f.eks. i trapperom.

Installasjoner for vannbåret varme faller en del dyrere enn f.eks. elektriske panelovner.

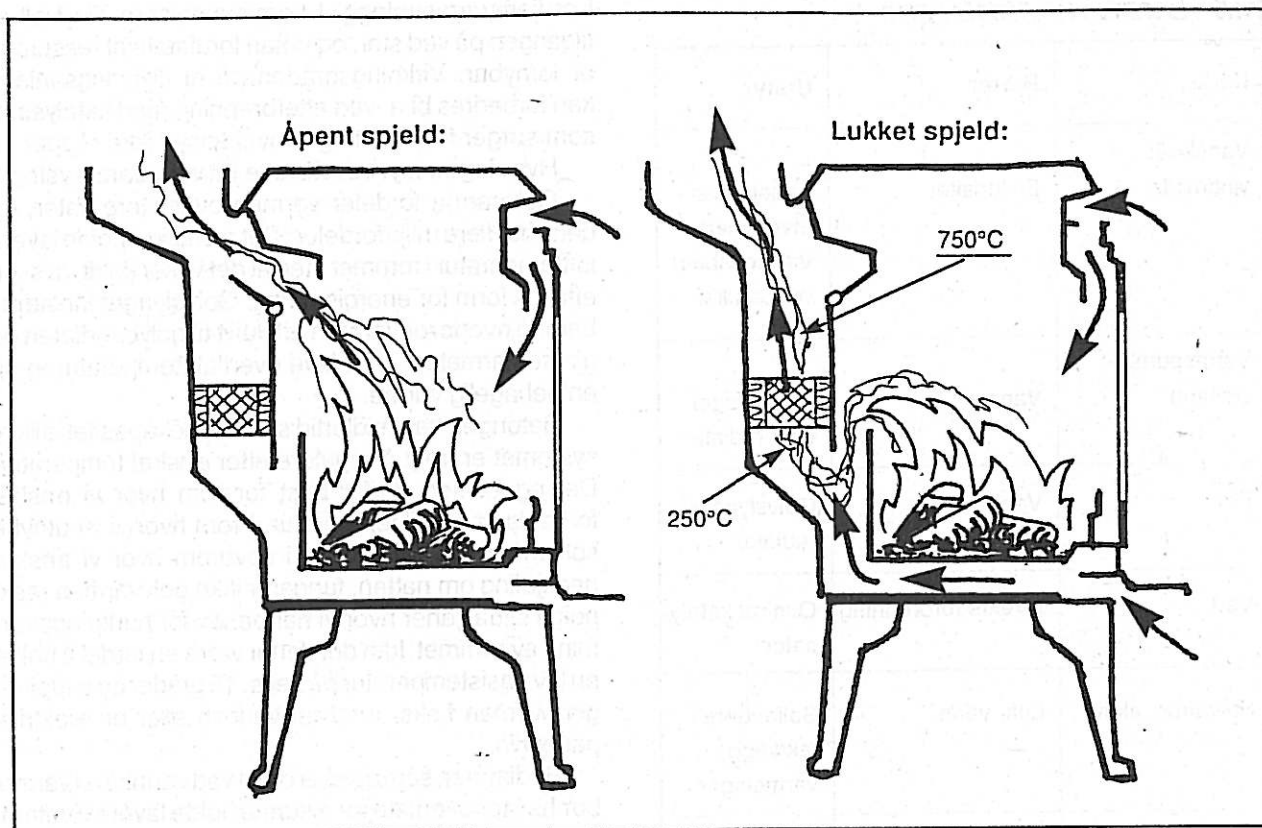
Elektrisk oppvarming

Norge er ett av få land i verden med elektrisk oppvarming basert på vannkraft. Oppvarmingen er "ren". Systemet har lave anleggskostnader, spesielt fordi boligen i alle fall skal ha et elektrisk opplegg. Utstyret er enkelt å betjene, billig å anskaffe og gir effektiv og rask oppvarming av rommet. Virkningsgraden er 100 % når vi ser bort fra tap i overføringsnettet. I en fullisolert bolig vil tilsiktet romoppvarming utgjøre en mindre del av energiforbruket i forhold til lys, varmtvann og husholdningsapparater som i alle fall må være basert på elektrisitet. Brukerundersøkelser viser at folk tenker mer fyringsøkonomi når de bruker individuelle panelovner enn når de har sentralvarme og radiator-systemer (Fossdal -90).

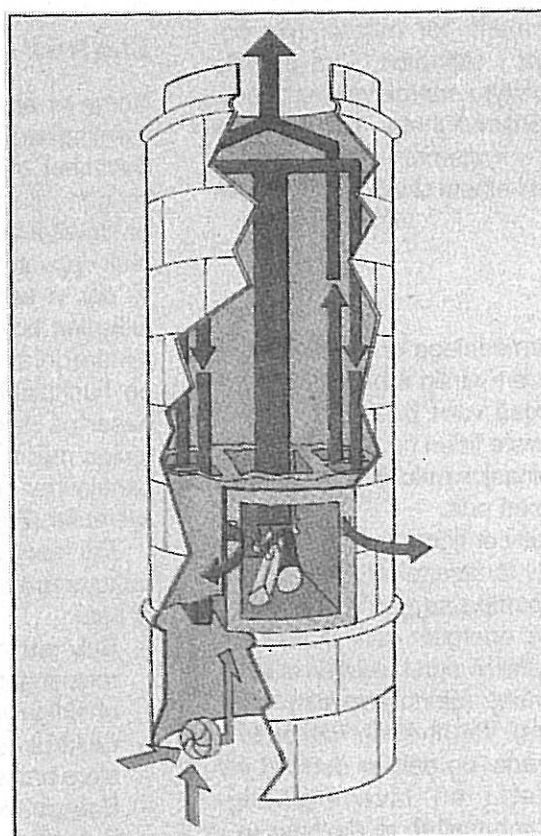
På tross av alle disse fordelene ved elkraften, diskuteres andre energikildertil oppvarming. Årsakene er flere:

- Selv om vassdragsutbygging ikke gir direkte forurensninger, har endringene i vannføringen flere uheldige virkninger på økosystemet.
- Elektrisk kraft regnes som et kvalitetsprodukt med store bruksområder og mulighet for eksport.
- Energibruk i boliger kan for en stor del baseres på lavtemperatursystemer.

Elektrisk energi produsert med lokale vindmøller, bølgekraft o.l. svarer bare på det første av disse



Prinsipp for ovn med katalysator. Katalysatoren får røykgassene til å forbrenne ved så lav temperatur som 250°C (Jøtul).



Kakkelovner er konstruert med et system av røykkanaler som utnytter varmen opptil 90 %. (Kakkelovnsmakeriet A/S)

Elektrisk energi produsert med lokale vindmøller, bølgekraft o.l. svarer bare på det første av disse spørsmålene, men er likefullt et godt alternativ til den delen av energiforbruket som må være basert på elektrisk kraft.

Når det gjelder installasjoner for elektrisk oppvarming, finnes flere muligheter:

Varmekabler i golv gir lav og behagelig overflate-temperatur, men har på samme måte som vannslynger ulemper når det gjelder hurtig temperaturregulering. Det er en forholdsvis kostbar installasjon, og levetiden er omdiskutert.

Gjennomstrømningsovner fungerer slik at lufta sirkulerer gjennom ovnen. Dette gir effektiv oppvarming. Det har vært hevdet at gjennomstrømningsovner kan føre til at svidde støvpartikler virvles opp i innelufta. I nyere produkter er denne ulempen betraktelig redusert. Det er dessuten et spørsmål om renhold. Vifteovner derimot, som har atskillig høyere overflatetemperatur, regnes som helseskadelige, spesielt for allergikere.

Panelovner er lukket mot innelufta og varmeoverføringen foregår i større grad ved stråling. For å senke overflatetemperaturen produseres nå panelovner med oljekanaler, i prinsippet elektriske radiatorer.

Elektrisk takvarme er et lavtemperatur strålevarmesystem. Oppvarmingen skjer ved at interiøret som mottar strålevarmen, får høyere temperatur og avgir varmen til lufta. Systemet kan gi ubehagelig varmestråling mot hodet og anbefales ikke.

Alle elektriske ovner har liten varmetreghet og egner seg for temperaturstyring med tidsur for nattsenkning.

Fyring med ved

Vi har tidligere nevnt ved som energikilde. Her skal vi si litt om ovner og fyringsmåter ved vedfyring. Særlig to ovnstyper kan bidra til å redusere forurensingen og øke virkningsgraden, nemlig katalysatorovner og kakkelovner.

Katalysatoren fungerer på samme måte som katalysatorene som brukes til biler. Edelmetallet får røykgassene til å antenne ved en betydelig lavere temperatur, og vi får dermed en mer fullstendig forbrenning. I boligen utnyttes denne varmeproduksjonen positivt til oppvarming. Katalysatorovnen kan forbrenne røykgasser ved mindre trekk og egner seg derfor til langtidsbrenning. Produsenten regner med 0,6–0,7 kg ved pr. time, mot ca. 2 kg for en vanlig ovn. Brukstiden for katalysatoren regnes til ca. 12 000 timer, og den kan skiftes ut når den er utslitt. Merkostnaden ved en katalysatorovn er ca. kr 1 500,- (Produsentopplysninger).

Kakkelovnen er en god og gammel ovnstype, som er blitt populær i det siste, nettopp som en del av et miljøvennlig konsept. Den består av et forbrenningskammer og mange meter røykkanaler. Røykkanalene gjør at opptil 90 % av energien utnyttes. Den skal fyres kraftig opp, deretter magasineres varmen i det store volumet. Kakkelovnen har lav og behagelig overfla-

tetemperatur. Den løser imidlertid ikke helt problemet med giftige røykgasser som slippes ut i lufta. Av denne grunn, og på grunn av kostnadene ved anskaffelse (kr 30 – 40 000,-), anbefaler ikke det tyske naturvernforbundet kakkelovner.

For all fyring med ved gjelder at forurensingen er avhengig av fyringsmåten. Vedovner skal fyres med tørr ved og kraftig oksygentilførsel (trekk) til flammesonen. Etter hvert som veden går over til trekull, skal trekken strupes og stenges helt når alt er utbrent. Vanlige vedovner egner seg ikke til rundfyring,

Passiv solvarme

Solvarmeanlegg som fungerer uten tilførsel av energi kalles passive systemer. Dersom solvarme skal kunne erstatte annen energi, må varmen lagres over døgnet, uka og helst sesongen. Varmelagring i bygningskonstruksjonene har imidlertid noen ulemper både når det gjelder energisparing og bruk. For å spare energi og for å kunne sove i et kaldt soverom, ønsker beboeren en viss nattsenkning av temperaturen. Hele poenget med døgnlagring er derimot at lageret gir fra seg varme når utetemperaturen synker. Et eget varmelager, fritt fra bygningskonstruksjonene, kan løse problemet, men er en større investering.

En skiller mellom direkte og indirekte varmelagring. Ved direkte system varmer sola opp bygningsdelen ved direkte bestråling, mens det indirekte systemet forutsetter at bygningsdeler og møbler med liten varmelagringsevne gir fra seg varme til lufta, som igjen varmer opp et varmelager. Direkte varmelagring er mest effektivt, fordi varmelageret kan ha betydelig høyere temperatur enn romlufta.

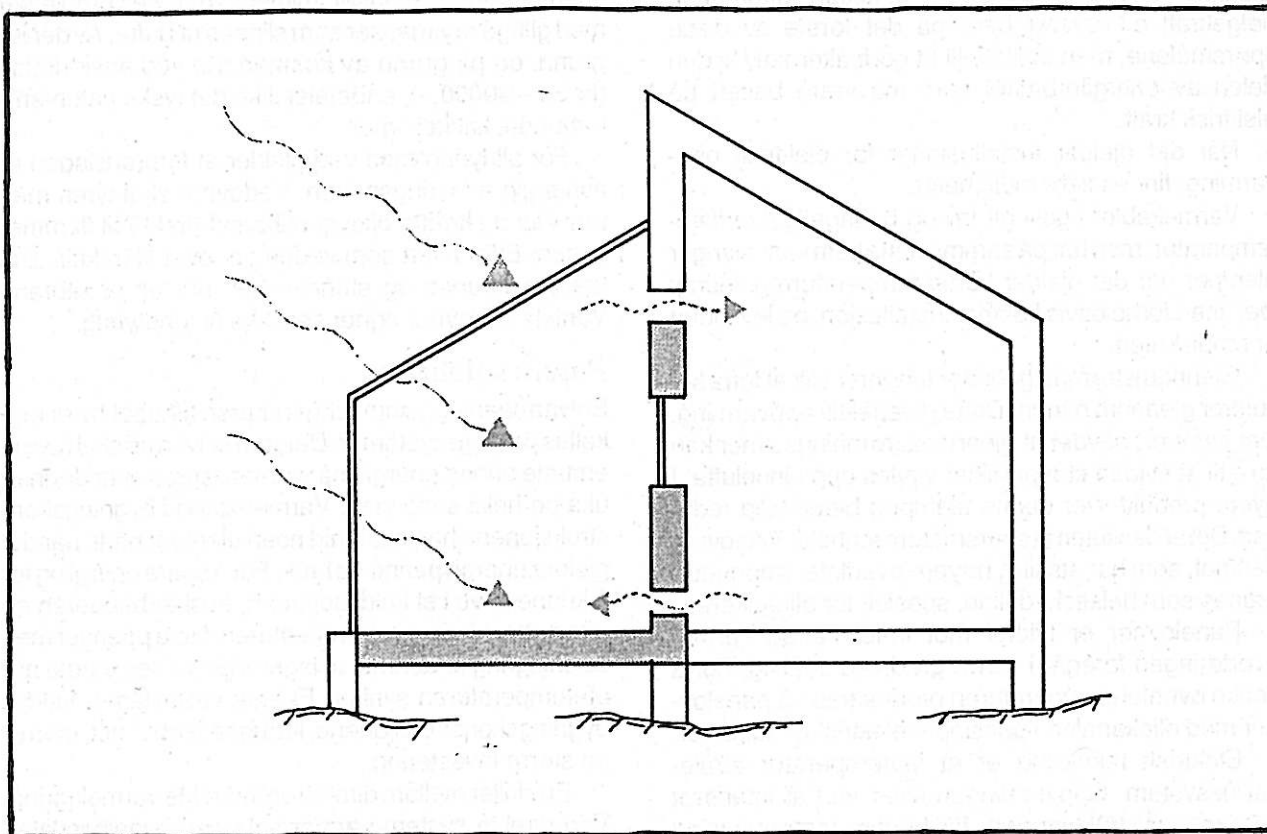
Bund -90 er skeptisk til passiv solvarme som oppvarmingsmåte enten det dreier seg om aktive eller passive systemer. De argumenterer ut fra at energiforbruket i et lavenergihus er så lite fra før, at solvarmen i liten grad kan utnyttes i vintersesongen og anbefaler at pengene legges i isolasjonstykkel, lufttetthet og varmegjenvinning.

Aktiv solvarme

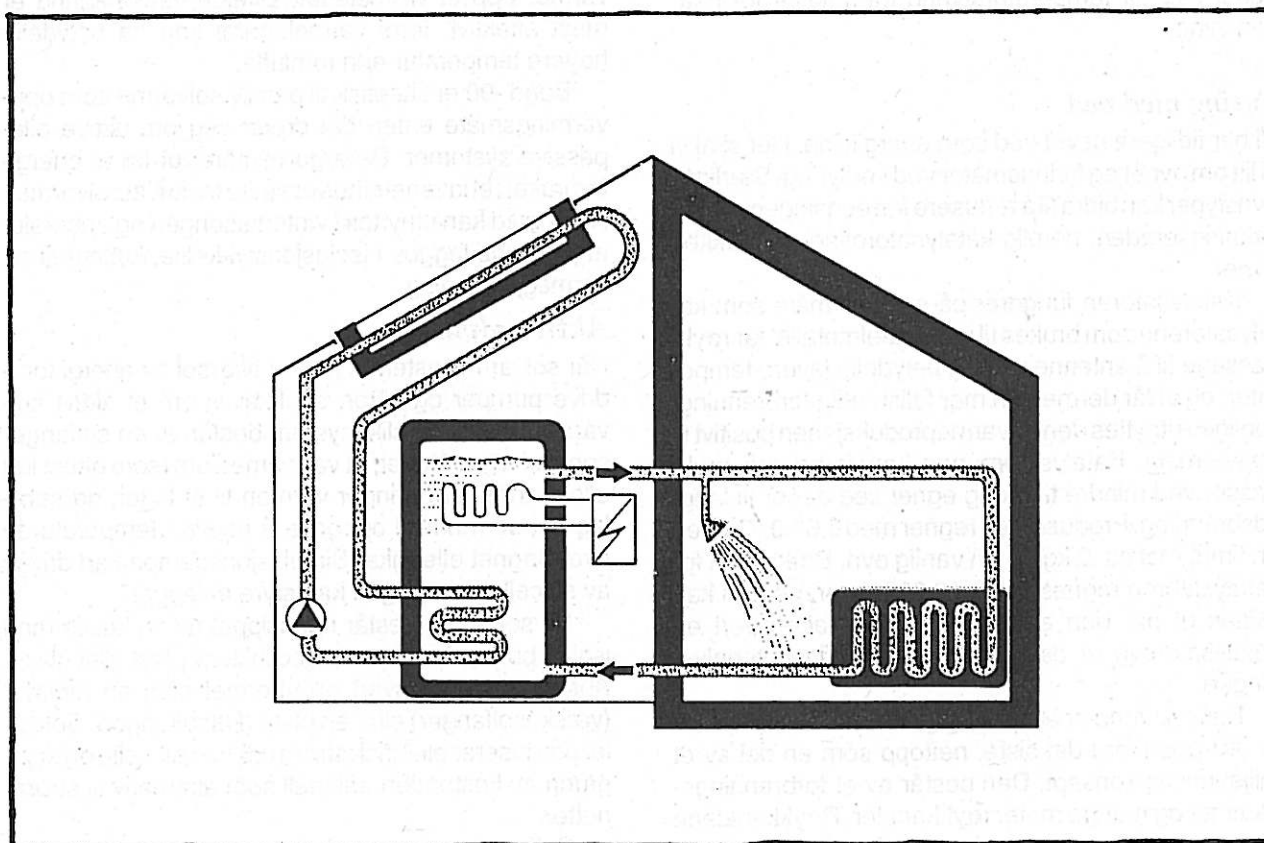
Når solvarmesystemet krever tilførsel av energi for å drive pumper og vifter, snakker vi om et aktivt solvarmesystem. Et slikt system består av en solfanger som kan ligge i taket, et varmemedium (som oftest luft eller vann) som bringer varmen til et lager, og selve lageret som har til oppgave å utjevne temperaturen over døgnet eller uka. Sirkulasjonspumpa kan drives av solceller, som også kan styre anlegget.

En solfanger består i prinsippet av en kasse med isolert bunn, absorbat, med lokk av plast eller glass. Absorbatoren er svart og utformet som en radiator (væskesolfanger) eller en plate (luftsolfanger). Solceller produserer elektrisk strøm 0,5 Volt pr. celle og er på grunn av kostnaden uaktuell som alternativ til strømmettet.

Solfangersystemer som er i handelen, kan produsere ca. 60 % av varmtvannsforbruket ved å bruke 4–6 m² solfanger og 2–300 l varmtvannsbeholder som varmelager (Moltke -90).



Prinsipp for passivt solvarmesystem med glasshus. Ved forvarming av friskluft i glasstilbygget kan energibehovet reduseres med 10 – 25 % (NTNF-91).



Prinsipp for aktivt solvarmesystem. Strålingen absorberes i solfangeren og transporteres som varme til et forbrukssted. Varmelageret sørger for at energien tas vare på til vi har bruk for den (NTNF-91).

Aktiv solvarme er først og fremst aktuelt til oppvarming av vann, fordi fyringssesongen er kort og konsentrert til midt på vinteren i en energibolig. Ifølge Bund -90 ville en bolig trenge et varmelagervolum på ca. 30 m³ for å dekke varmebehovet i vintersesongen. Forsøk med å lagre varme over sesongen ved å bruke smeltevarme er i gang, og kan bety at aktive systemer blir aktuelle også til romoppvarming (Moltke, -90).

5.4 Ventilasjonssystem

Målet å spare energi i boligen stiller nye og større krav til ventilasjonen av boligen. Vi ønsker et lavt energiforbruk, men ikke på bekostning av helsa.

- Kvaliteten på innelufta avhenger av flere faktorer:
- avdunsting fra materialer og møbler
 - avdunsting fra mennesker og dyr
 - renholdet
 - fuktighetsforhold
 - elektrostatisk forhold
 - graden av luftskifte

Ventilasjonen skal sørge for et tilstrekkelig luftskifte, men kan ikke ses løsrevet fra de andre faktorene. Om vi f.eks. reduserer avgassing fra materialer, eller slutter å røyke inne, vil kravene til ventilasjon bli mindre.

5.5 Miljøkrav til ventilasjonssystem

Viktige miljøkrav til ventilasjonssystemet i boligen er:

- * Tilstrekkelig luft med god kvalitet
- * Hindre kondens og fukt
- * Unngå trekk
- * Minst mulig energitap
- * Minst mulig støy
- * Enkelt renhold
- * Lave vedlikeholdskostnader

Tilstrekkelig luftskifte

Hittil har det vært vanlig å foreskrive en boligventilasjon på 0,5 oms/h, dvs. at en luftmengde som tilsvarer bygningens halve luftvolum skiftes ut pr. time. Dette anses etter hvert som for lite, og nye krav er på trappene. I nye boliger kan det være ønskelig med høyere luftskifte fordi bygningsmaterialer avgir spesielt mye gass til innelufta det første året. For å "bake ut" forurensninger før innflytting, kan boligen ventileres godt, kombinert med oppvarming.

Luftgangen bør være fra "rene" til "forurensete" rom for å utnytte frisklufta best mulig og hindre forurenset luft å spre seg.

Kondens og fukt

Fuktig inneluft kan føre til mugg- og soppdannelser på

materialoverflater. Høy luftfuktighet gir også høyere forekomst av husstøvmidd, som kan forårsake sykdomsreaksjoner hos allergikere. Et poeng for å unngå husstøvmidd kan være å holde maks. 40% fuktighet i tre måneder om vinteren. På den andre siden kan et tørt inneklima, dvs. mindre enn 15–20% relativ fuktighet (RH), gi problemer med uttørring av slimhinner i øyne og svelg, problem med statisk elektrisitet og støvdannelser på overflatene i rommet.

Som hovedregel bør man unngå kunstig fukting i boliger, såfremt en ikke merker klare miljømessige forbedringer. Hva som oppleves som behagelig fuktighet, henger i høy grad også sammen med lufttemperaturen og renheten i luften. Nyere undersøkelser indikerer at det vil være uheldig å befukte lufta til mer enn 35% RH også fra komfortsynspunkt (personlig meddelelse, E. Skåret, Byggforsk).

Når boligen ikke benyttes, vil det være behov for en minsteventilasjon for å unngå kondens, muggsoppdanning og opphopning av forurensninger i lufta. Spesielt våtrom bør stå under svakt undertrykk for å hindre at fuktig luft trenger ut i tak- eller veggkonstruksjonene.

Trekk

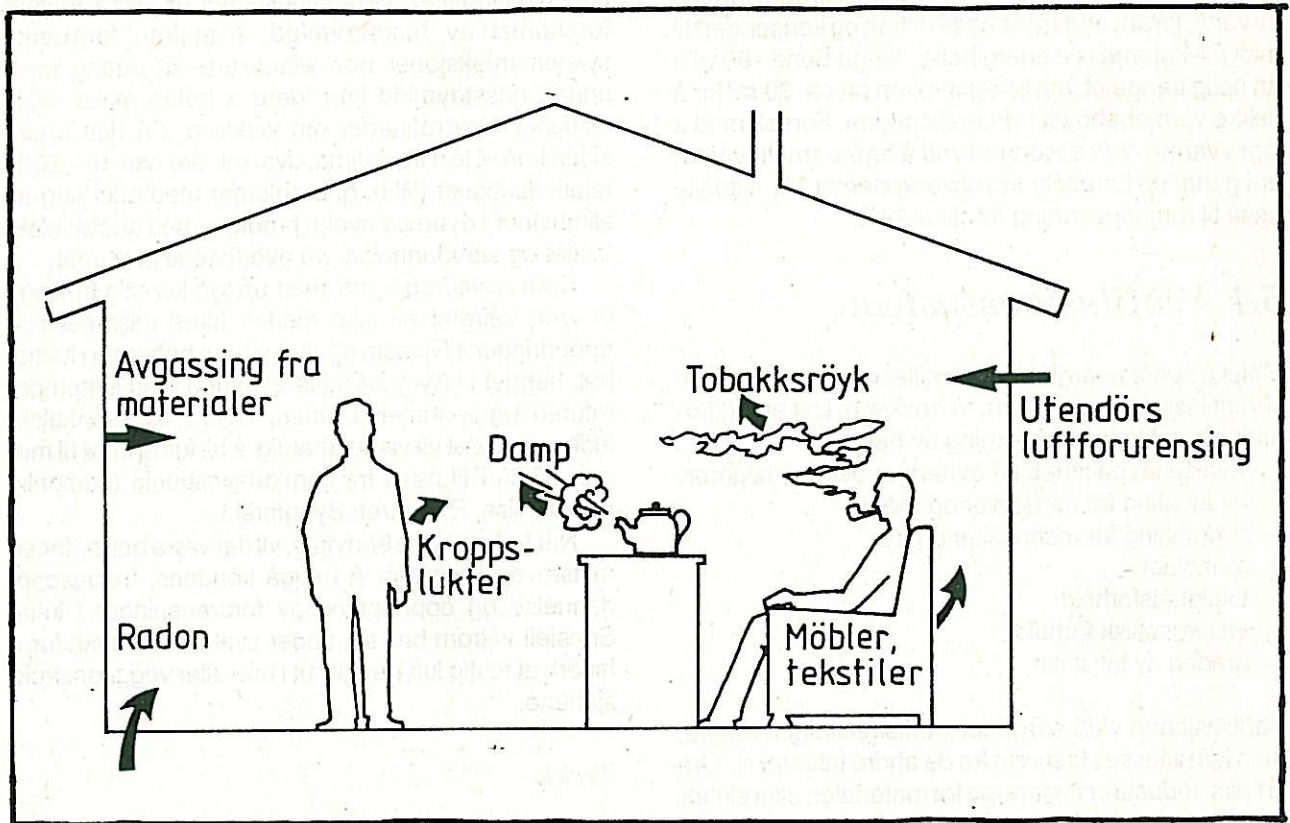
Mange mennesker er ømfindtlige overfor trekk. Trekk oppstår ofte i forbindelse med ventiler, spesielt i boliger med mekanisk avtrekk. Trekkfølelse i forbindelse med ventilasjon av boliger kan føre til at beboere senker frisklufttilførselen til under det forsvarlige.

Energitap

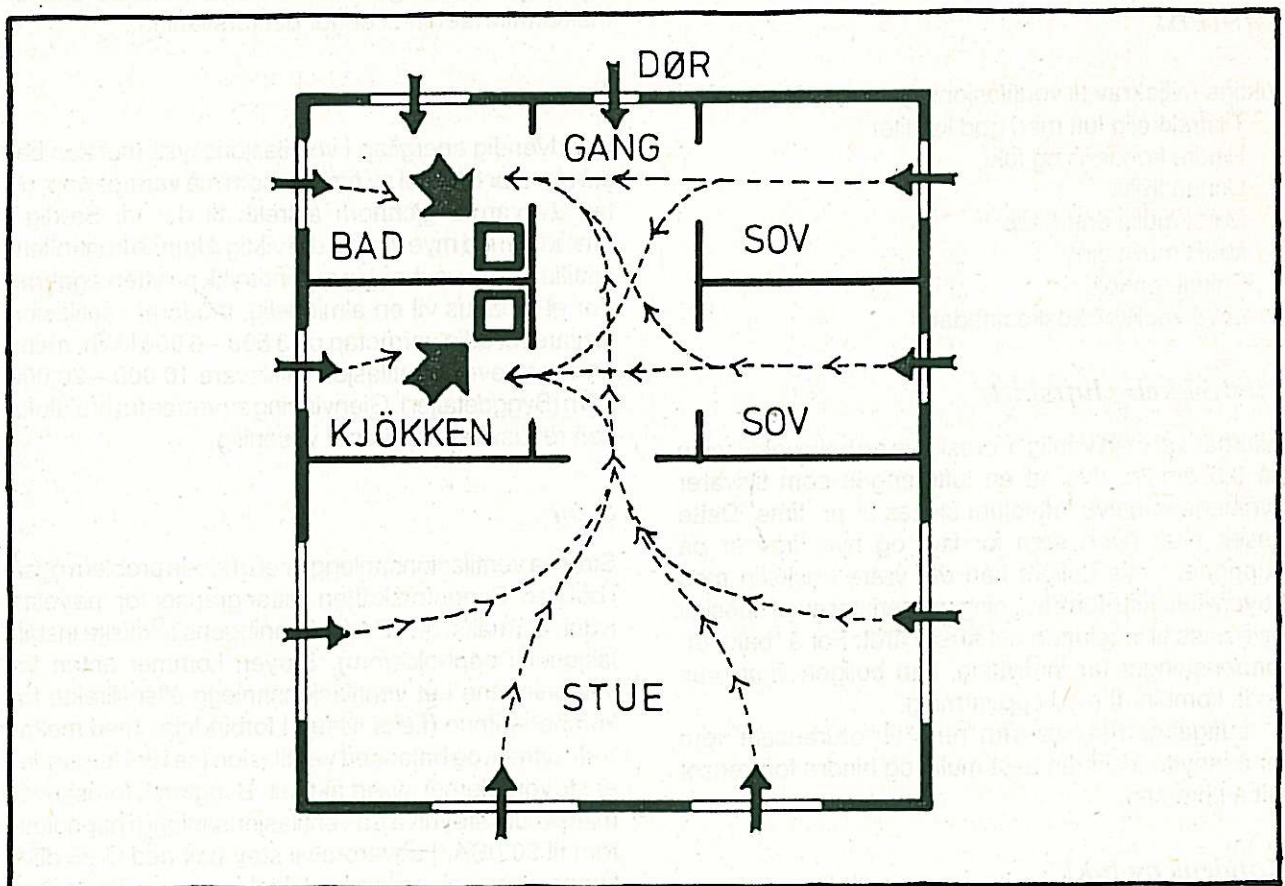
Unødvendig energitap i ventilasjonssystemet kan bestå i for stor tilførsel av friskluft som må varmes opp, og tap av varme gjennom avtrekk til det fri. Særlig i områder med mye vind er det viktig å kunne kontrollere lufttilførselen uavhengig av vindtrykk på ytterveggene. For et småhus vil en alminnelig, moderat ventilasjon tilsvarer et årlig varmetap på 3 500–6 000 kWh, mens en overdreven ventilasjon vil tilsvare 10 000–20 000 kWh (Byggdetaljer). Gjenvinning av varme fra bruklufta kan redusere energitapet vesentlig.

Støy

Støy fra ventilasjonsanlegg er et økende problem også i boliger. Byggeforskriften setter grenser for "høyeste lydnivå" (maks. 32 dBA fra bygningens tekniske installasjoner i oppholdsrom). Støyen kommer enten fra luftåpningene i et ventilasjonsanlegg eller direkte fra komponentene (f.eks. vifte). I forbindelse med mekanisk avtrekk og balansert ventilasjon (se i det følgende) er støyproblemet svært aktuelt. Byggforsk foreskriver maksimum støy nivå fra ventilasjonsanlegg i oppholdsrom til 30 dBA. I soverom vil støy helt ned til 25 dBA kunne være sjenerende. I kjøkken og våtrom bør støyen ikke overstige 35 dBA.



Det er mange forurensningskilder innendørs. God ventilasjon er helt nødvendig både for å holde luftfuktigheten og konsentrasjonen av forurensninger nede. (Byggforskserien)



Ventilasjonsluftens gang i en bolig med avtrekksventilasjon (Byggforskserien).

Renhold

Godt renhold av komponentene er viktig både for å opprettholde avtrekkskapasiteten, for å hindre brannfare og for å unngå forurensning av innemiljøet. Avtrekkskanal fra kjøkken bør kunne rengjøres i hele sin lengde, og alle komponenter i et mekanisk anlegg bør lettvis kunne demonteres og rengjøres i varmt såpevann (Byggforskserien). Renholdsaspektet er ett av flere argumenter mot dagens ventilasjonsanlegg i boliger.

Vedlikeholdskostnader

Høye vedlikeholdskostnader vil kunne spise opp energigevinstene ved ventilasjonssystemet. Det er derfor avgjørende at teknologi og utførelse har nødvendig kvalitet.

5.5 Systemløsninger

Parallelt med utviklingen av byggeteknikken er det også utviklet ventilasjonssystemer med forskjellige egenskaper. Her skal vi spesielt vurdere miljøvennlighet mot brukskrav og kostnader.

Naturlig avtrekksventilasjon

Tradisjonelt har småhus blitt bygd såpass utette at luften slapp inn i rikelige mengder, samtidig virket skorsteinen som avtrekkskanal. Den store luftsirkulasjonen førte imidlertid til et stort varmetap, og utetthetene medførte trekk.

Etter hvert som husene ble bygd tettere, ble et system utviklet, basert på friskluftventiler i ytterveggene og avtrekk gjennom kanaler over tak. I dag er det vanlig at friskluftventilene plasseres under eller over vinduet, som spalteventil i vinduskarmen. Avtrekksventilene plasseres i de rommene som har størst ventilasjonsbehov; våtrom og kjøkken.

Fordelene ved ventilasjon basert på naturlig avtrekk er en billig installasjon med lite vedlikehold. Det har ingen støyproblemer.

Ulempene ved prinsippet er at ventilasjonen blir ujevn, etter oppdrift og vind. Frisklufttilførselen blir for liten. Den punktvisse innsugningen av luft kan gi trekkproblemer. Spesielt uheldig er forholdene i våtrom, som kan bli altfor fuktige.

Mekanisk ventilasjon

Et mekanisk ventilasjonssystem er utviklet som svar på disse problemene. Det består av avtrekk gjennom kanaler, en vifte som sørger for tilstrekkelig utsug, og friskluftventiler i ytterveggene. Anlegget kan innstalleres på loft eller i kjeller. Plassering i kjelleren gir enklere vedlikehold og er lettere å støyisolere. Mekanisk avtrekksventilasjon kan kombineres med varmpumpe, som utvinner varme fra avtrekksluften.

Fordelene ved mekanisk avtrekk er at det gir stabil ventilasjon, at det er forholdsvis billig å installere, med fleksibel og lite plasskrevende kanalføring. Kombinert med varmpumpe gir det god energiøkonomi.

På minussiden kan vi anføre større trekkproblemer enn med naturlig avtrekksventilasjon. Det vil alltid knytte seg vedlikehold til mekanikken, og noe støy kan ikke unngås. Det mekaniske avtrekket kan konkurrere med røykavtrekket og gi problemer med dårlig trekk for fyring i skorsteinen.

Balansert mekanisk ventilasjon

Dette systemet benytter vifter både ved avtrekk og tilførsel av luft. Kombinert med en varmeveksler kan varmen i avtrekksluften overføres til friskluften. Dermed kan trekk gjennom spalteventiler elimineres. Den mekaniske innblåsningen kan også gi mulighet til å filtrere friskluften. Systemet forutsetter minst en tilluftsventil eller en avtrekksventil i alle rom.

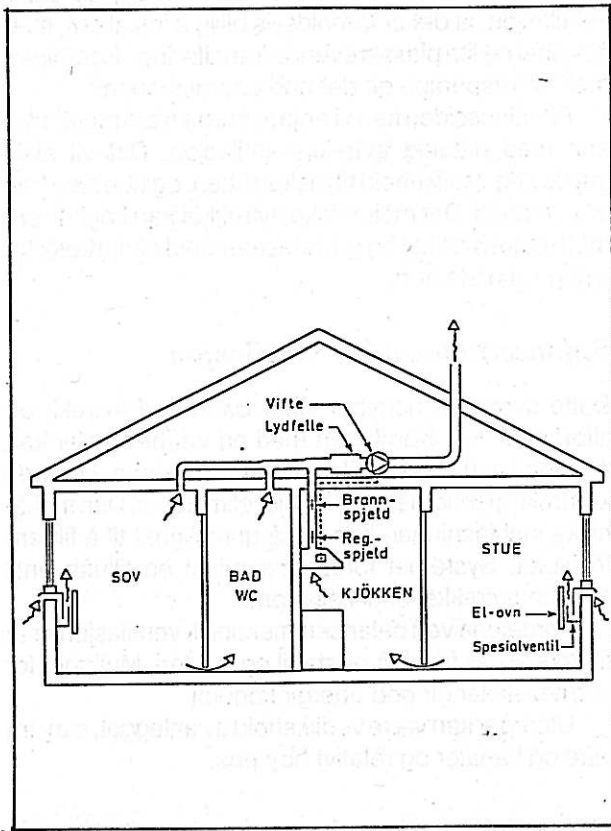
Fordelene ved balansert mekanisk ventilasjon er at tilførselen av friskluft er stabil og trekkfri. Mulighet for varmeveksler gir god energiøkonomi.

Ulemper kan være vedlikehold av anlegget, støy fra vifte og kanaler og relativt høy pris.

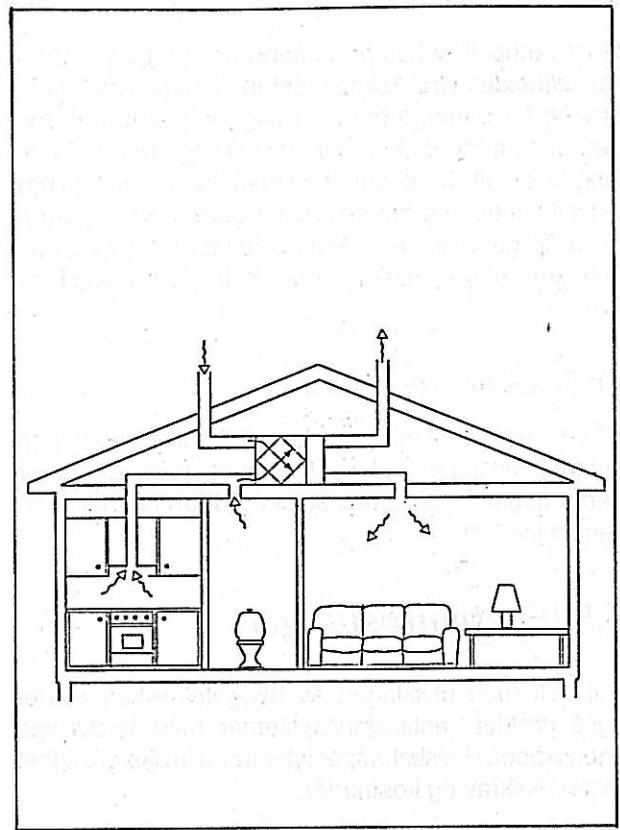
Diffus innsugning gjennom større flater, motstrømsprinsipp

Prinsippet kalles også "dynamisk isolasjon" og bygger på tanken om å suge luft inn gjennom større flater i vegger og tak ved å ha et permanent undertrykk i huset. I Norge har prinsippet vært brukt i landbruksbygninger, hvor innsugningen er skjedd gjennom isolasjonssjiktet i himlingen. Systemet forutsetter en luftåpen konstruksjon uten dampspærre. Prinsippet bygger på at friskluften som siver sakte inn gjennom veggen, blir oppvarmet på vei fra ute til inne. Dermed skal man kunne unngå enhver følelse av trekk. For å skape stabilt undertrykk inne, er det sannsynligvis nødvendig med uttrekksvifte.

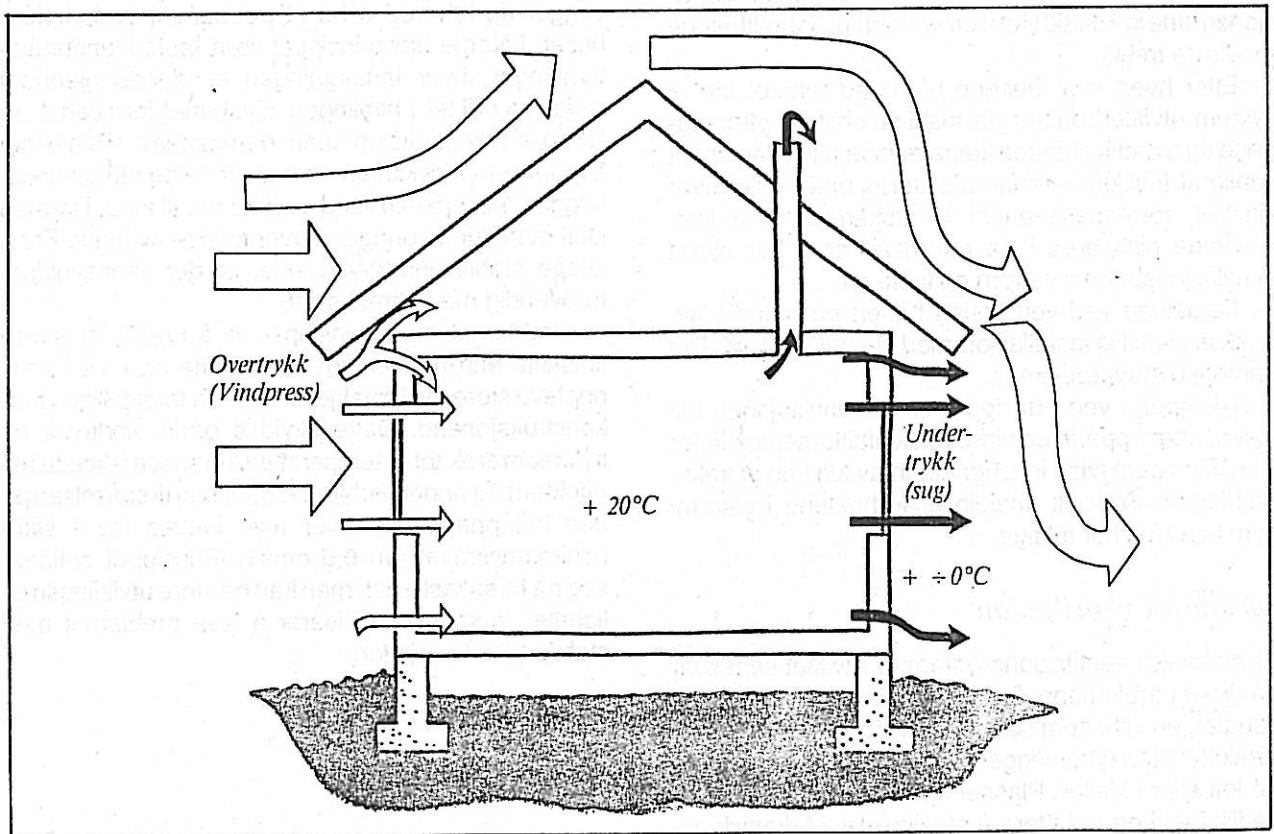
Problemet med prinsippet er å unngå et større luftskifte enn nødvendig. Mellom ute og inne kan vi oppleve store trykkforskjeller over de forskjellige ytterkonstruksjonene. Dette skyldes både vindtrykk og trykksom er skapt av temperaturredifferansen (skorsteins-effekten). Et annet problem knytter seg til størrelsen på den luftåpne flaten, hvor mye kreves for å sikre minimumskravet om 0,5 oms/h. Prinsippet befinner seg på forsøksstadiet, men kan ha store utviklingsmuligheter, dersom man klarer å løse problemet med stabile trykkforskjeller.



Prinsipp for mekanisk avtrekk. Lufta suges inn gjennom ventileri ytterveggen og taes ut gjennom et kanalsystem over himlingen. Varmepumpe kan knyttes til varmtvannsbereder (OED/Byggforsk).



Prinsipp for balansert mekanisk ventilasjon. Avsug fra "forurensede" rom, tilluft til oppholdsrom (OED/Byggforsk).



Trykkforhold langs ytterveggen ved vind. En av grunnene til at motstrømsprinsippet kan gi vekslende ventilasjon (OED/Byggforskserien).

5.6 Energisparende teknikker

Det finnes en rekke tekniske hjelpemidler som gjør det mulig å spare energi. Her nevnes kort noen teknikker som det kan være aktuelt å bruke i vanlige norske boliger.

Nattsenkning

Energitalpet gjennom en yttervegg er proporsjonalt med temperaturforskjellen inne/ute. Ved å regulere romtemperaturen etter døgnrytmen til beboerne kan varmetapet minskes. Besparelsene er større jo lettere konstruksjoner (mindre varmekapasitet) bygningen har. I lette småhus av tre ligger forholdene godt an. I like store bygninger av mur eller betong kan man anslagsvis regne 50 – 60 % av disse besparelsene (Byggforskserien).

Det finnes forskjellig utstyr med ulike reguleringsmuligheter og følsomhet. I et hus bygd etter forskriftene og med tre lag glass kan man regne med besparelser i tilsiktet romoppvarming på mellom 1 300 – 2 000 kWh pr. år, alt etter beliggenhet (på Tingvoll ca. 1 800 kWh). Det er her forutsatt at temperaturen senkes både om natten og formiddagen (bortsett fra lørdag og søndag) i stue og kjøkken. Soverommene er holdt kjølige (15°C) hele døgnet. Dersom innerveggene isoleres (50 mm mineralull), kan besparelsene økes

med ytterligere 700 – 1200 kWh pr. år. Isolasjon i innerveggene kan anbefales for å minske støypenger også mellom husholdningens medlemmer (Byggforskserien).

Vannsparende armatur

En husholdning kan spare betydelige vannmengder og dermed energi ved å installere dusjhoder og vannmengderegulatorer. Til dusjing regnes det med en reduksjon fra 20 – 30 liter pr. minutt til ca. 10 liter pr. minutt.

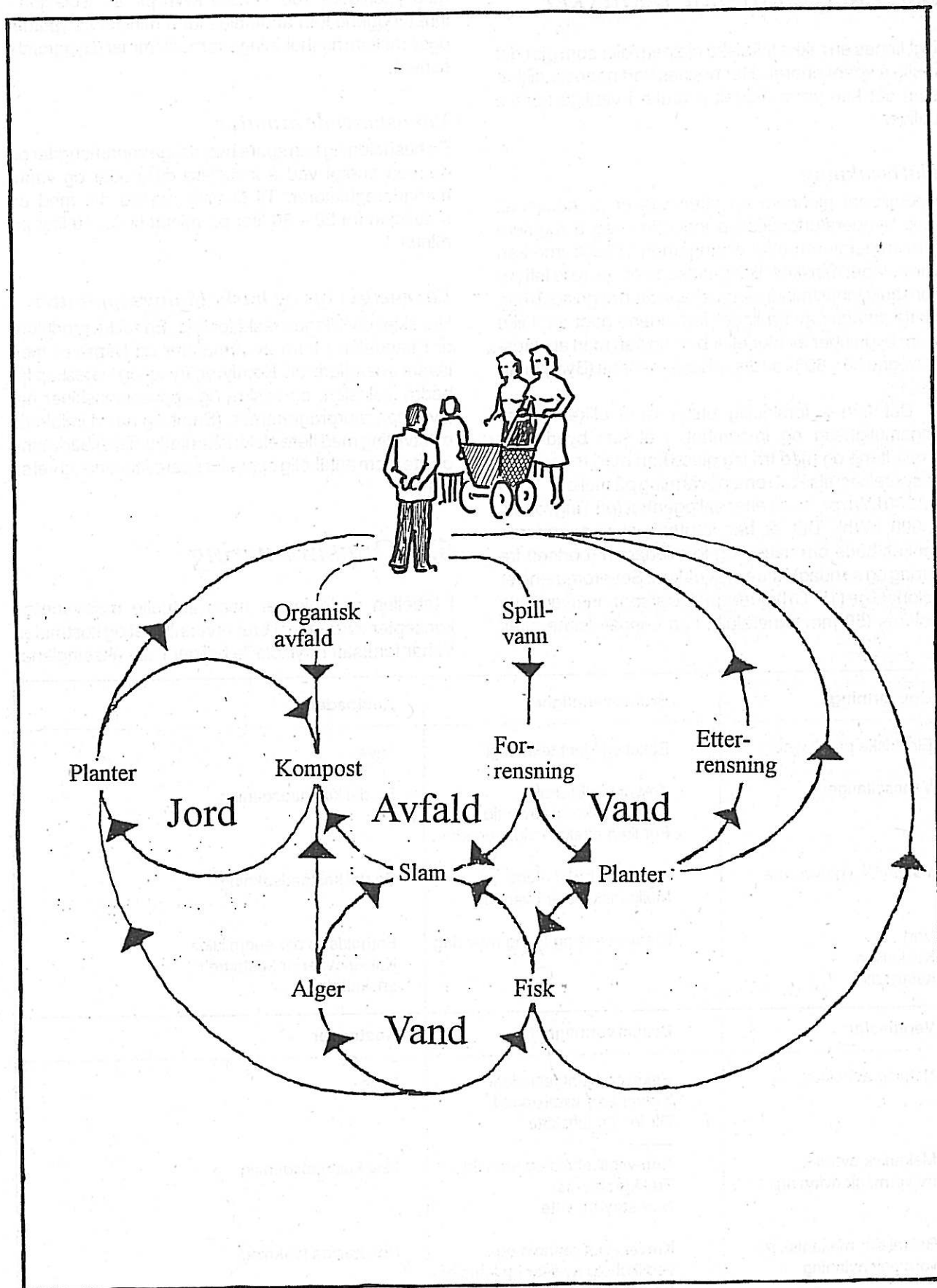
Lavenergi i lys og husholdningsapparater

Her skjer utviklingen raskt for tida. En rekke produkter er i handelen i form av armaturer og lyspærer med lavere energiforbruk. Komfyrer, fryse- og kjøleskap får bedre isolasjon, og vaske- og oppvaskmaskiner har lavtemperaturprogrammer. (Samtidig har vi imidlertid en utvikling med flere elektriske hjelpemidler både inne og ute, som antakelig oppveier sparetiltakene og vel så det.)

5.7 Oppsummering

I tabellen nedenfor er noen aktuelle miljøvennlige konsepter vurdert mot brukervennlighet og kostnader. Vi har forutsatt høyisolerte boliger i alle eksemplene:

Oppvarming	Brukervennlighet	Kostnader
Elektriske panelovner	Enkel og kjent teknologi	Lave
Vannsolfangere	Krever vedlikehold Mulige lekkasjer over tid For liten effekt i kuldeperioder	En del kostnadsøkning
Vannbåren golvvarme	Noe tregt brukt alene Mulige lekkasjer over tid	En del kostnadsøkning
Ved Kakkelovn katalysator	Krever pass og fyring hver dag	Forholdsvis dyr energikilde Kakkelovner er kostbare i anskaffelse
Ventilasjon	Brukervennlighet	Kostnader
Naturlig avtrekk	Enkel og kjent teknologi Krever ikke vedlikehold Gir for lite luftskifte	Lave
Mekanisk avtrekk m/ varmegjenvinning	Noe vedlikehold og renhold Trekkproblemer Noe støy fra vifte	Noe kostnadsøkning
Balansert, mekanisk m/ varmegjenvinning	Krever godt renhold og vedlikehold av filter og kanaler En del støy	Noe kostnadsøkning
Diffus innsuging ("dynamisk isolasjon")	Lite utprøvd Usikkert resultat	Usikkert



På hvilket nivå de ulike avfallskomponentene skal resirkuleres—den enkelte boligen, bebyggelsen eller tettstedet—må vurderes for hver konkret situasjon. Her spiller det eksisterende systemet, f.eks. med hensyn til avløp, en viktig rolle. Valg av tekniske løsninger i boligen må ses i sammenheng med valg av løsninger for tettstedet den tilhører. Illustrasjon fra Anne Ørum-Nielsens og Bent Vestergaards rapport "Integrerte Systemer"

6. Avfalls- og avløpssystem

Enkelthuset fungerer vanligvis som en enveiskanal hvor forbruksvarer blir tilført, forbrukt og avfall sendt bort.

Utviklingen av avfalls- og avløpssystemene er gått fra individuelle løsninger til oppsamling via kommunale systemer.

Målene for en natur- og miljøvennlig behandling av avløp og avfall er å:

- * minimalisere lokale og globale forurensninger
- * utnytte ressursene i avfall/avløp
- * være samfunnsøkonomisk lønnsom

Det viktigste virkemidlet for å nå disse målene er å danne lukkede kretsløp. Hvor stort kretsløpet bør være, vil variere fra komponent til komponent. Skal det etableres innenfor hver boligenhet, bebyggelse, hvert tettsted eller hver region?

Avfall som ressurs

I følge en undersøkelse fra Oslo i 1981, fordeler husholdningsavfallet seg som følger (Byggforsk: Håndtering av forbruksavfall):

Komposterbart materiale:	17 %
Papir og kartong:	40 %
Plaststoffer:	7 %
Finstoff	14 %
Annet:	22 %

Dette vil si at kompostering av organisk materiale kan redusere avfallsmengden ut fra hver bolig med 17%. Kildesortering og innsamling av papir kan redusere avfallsmengden til kommunal fyllplass med 40%.

Det må derfor tilrettelegges for kildesortering og kompostering ved utformingen av boligen og bebyggelsen.

Avløpsvann som ressurs for dyrking

Avløpsvann inneholder i hovedsak alle de næringsstoffene som planter trenger for å leve. Ser vi på de viktigste næringsstoffene nitrogen og fosfor, produserer én person hvert år ca. 1,1 kg fosfor (P) og 4,9 kg nitrogen (N).

Disse næringsstoffene kan utnyttes til dyrking, dersom avløpsvannet tilføres rotsonen (10 – 15 cm dybde), resorpsjon.

Av de plantene som har nytteverdi og som kan egne seg til resorpsjonsanlegg (må tåle høy fuktighet), er rabarbra, solbær og rips. Normal gjødsling for engvekster er:

- 10,0 g N/m²
- 2,7 g P/m²
- 8,0 g K/m² (Kalium/m²)

Vi ser her at avløpet har rikelige med næringsstoffer til dyrking.

Avløpsvann som energiresurs

Vannforbruket for en familiebolig, eksklusivt vannforbruket for WC, er normalt 320 l/døgn. Antar vi at energiforbruket til oppvarming av varmtvann er 3 500 kWh/år, gir dette ca. 34 °C som gjennomsnittstemperatur på det "grå" avløpsvannet. Dette representerer en betydelig energiresurs som kan utnyttes til romoppvarming eller forvarming av varmtvann.

Dersom det grå avløpsvannet avkjøles til normal golvtemperatur ved å sirkulere i et golvvarmesystem, dvs. til ca. 24 °C, utnytter vi ca. 1475 kWh. Det vil si at vi gjenvinner 42 % av energien som er tilført varmtvannet. Utnytting av denne ressursen krever at avløpssystem og oppvarmingssystem blir vurdert samlet.

Være samfunnsøkonomisk lønnsomt

Det sentrale virkemidlet for å oppnå dette har vært å etablere kretsløp, slik at avfallet finner ny anvendelse. På hvilket nivå skal vi resirkulere avløpet/avfallet?

Mange av pilotprosjektene innenfor natur- og miljøvennlig utbygging har søkt å gjøre hver boligenhet i størst mulig grad selvforsynt, f.eks. ved at avfallet ble utnyttet på egen tomt. Dette må imidlertid vurderes ut ifra hva som er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Svaret vil variere fra prosjekt til prosjekt, avhengig f.eks eksisterende avløps/avfallssystem. Over tid har vi investert store summer i kommunaltekniske anlegg som tar hånd om avfall på tettsted/kommunenivå. Dersom vi skulle erstatte vann- og avløpsnett, ville det i 1988 kostet ca. 100 milliarder kroner.

Kan vi dra nytte av og bygge videre på disse investeringene? Eller er miljøproblemene og driftskostnadene knyttet til dagens system så store at det er økonomisk lønnsomt å gå over til et helt annet system? Ut i fra den konklusjonen vi kommer fram til, kan en så sette opp kravene til det enkelte boligen.

6.1 Tilrettelegging for kilde-sortering

Det er viktig at boligen er innredet slik at sorteringsarbeidet ikke blir tungvint. Godt planlagte detaljer i innredningen kan spare mye ekstraarbeid i den daglige husholdningen.

Erfaringer fra svenske undersøkelser (Byggforskning 4/1989) viser at så godt som alle synes at kjøkkenbenken under oppvaskkummen er det mest hensiktsmessige stedet for å samle avfallet. Kilde-sortering krever imidlertid mer plass enn til ett søppelposestativ på innsiden av skapdøren, slik de fleste er vant til. Det er derfor om å gjøre at vannlåsen og avløpet fra oppvaskkummen utformes på en minst mulig plasskrevende måte.

Hvor mange beholdere og hvor mye plass som kreves, avhenger av hva slags innsamlingsordninger som skal etableres og hvor ofte innsamlingen skjer. Normalt bør en tilrettelegge for skille mellom organisk avfall, papir, glass og restavfallet (ulike plaststoffer og annet materiale som er vanskelig å resirkulere).

I bebyggelseplanen må det være oppsamlingssteder for det sorterte avfallet. Disse må ha lett atkomst fra boligene, samtidig som det må være enkelt for renovasjonsbilen å komme til. Dette er nærmere omtalt i prosjektrapport 80: *"Natur- og miljøvennlig bebyggelse i Tingvoll. Bebyggelseplanen."*

6.2 Valg av toalettssystem – vannklosett eller biologisk klosett?

I prinsippet kan begge toalettssystemer kombineres både med et infiltrasjons- og resorpsjonssystem på den enkelte tomte og et kommunalt avløpssystem. Men de skiller seg med hensyn til fordeler og ulemper. Rammebetingelsen i det enkelte prosjektet vil derfor være avgjørende for hva som bør velges.

Vannklosettet har klare privathygieniske fordeler framfor de fleste andre klosettssystemene. Det er lett å bruke og krever lite stell og vedlikehold. Ulempen er at det forbruker store vannmengder til å transportere bort avfallet. Det vil si at transportkostnadene og renseskostnadene for å gjenvinne avfallet blir høye. Det mest vanlige vannklosettet bruker 6–10 liter hvergang det tømmes, og gir et normalavløp fra en enbolig på 65–100 liter pr. døgn.

Dersom avløpet blir tatt hånd om i et infiltrasjons- eller resorpsjonsanlegg, må volumet på slamavskiller og lagringstank økes med 100 %, vurdert i forhold til et anlegg hvor vannklosett ikke er tilknyttet. Det er imidlertid utviklet nye klosetttyper som bruker mindre vann, ned til 1–3 liter pr. spyling.

Et system som er lite utbredt, er klosetter med resirkulerende vann. Klosettet virker slik at det åpnes en ventil for avfallet som faller ned i en oppsamlingstank. Ventilen stenges, og en innebygd pumpe renser skålen med vann fra spyletanken. Etter spylingen renner vannet tilbake til spyletanken for å brukes på nytt. Vannet resirkuleres til man selv ønsker utskifting. Klosettet bruker ca. 0,1 liter pr. spyling ved normal utskifting. Dersom en går over til vannsparende klosetttyper i et eksisterende anlegg, bør en imidlertid være oppmerksom på at en kan få dårlig selvrensing i det kommunale ledningsnett, på grunn av reduserte vannmengder.

Det biologiske klosettet bryter avløpet ned til stabilt organisk materiale som kan benyttes som jordforbedring. Klosettet har altså ikke avløp til ledningsnett. En effektiv nedbryting er avhengig av at massen blir godt blandet, eller at den dekkes med nytt avfall, f.eks. kjøkkenavfall.

Komposteringstanken må stå i oppvarmet rom eller være isolert. Plasseringen må være slik at den er lett tilgjengelig for inspeksjon og vedlikehold hele året. Det vil si at den normalt må stå under tak, i kjeller eller tilbygg. Det kan være en fordel om beholderen stikker ut i bod, garasje eller tilsvarende med lett atkomst om vinteren. Dersom deler eller hele beholderen legges i friluft eller uoppvarmet rom, må den isoleres godt.

Alle biologiske klosetter trenger ventilasjon, for å transportere bort vanddamp og avgasser fra komposten, og for å hindre spredning av lukt i bygningen. Ventilasjonssystemet for klosettet må ses i sammenheng med ventilasjonen for bygningene for øvrig, og kan være basert på naturlig eller mekanisk ventilasjon. Der det er mulig, bør komposteringstanken legges slik at ventilasjonskanalen kan legges rett opp uten bøyer og føres gjennom taket nær mønet eller losiden på huset. En bør ved den endelige utformingen vurdere forholdet til omkringliggende bebyggelse, luftinntak, vinduer, verandaer o.l. Framherskende vindforhold, vegetasjon og topografi har også betydning.

Bruk av biologiske klosett stiller andre og flere krav til utforming av bebyggelsen og det enkelte huset, enn når en benytter vannklosett. For å tilstrebe at de biologiske klosettene fungerer som forutsatt, har Statens forurensningstilsyn (SFT) utarbeidet normer og initiert en kvalitetskontroll av klosettene. Kontrollerte klosetter utstyres med et eget bevis der det gis opplysninger om bruksområde og kapasitet.

For mer detaljert informasjon, se Byggforskseriens byggdetaljer blad A 553.4567.

6.3 Systemløsninger for avløpet

Ut ifra hovedkravene til en natur- og miljøvennlig løsning, er det mange mulige kombinasjoner. Hva som er den beste løsningen, er avhengig av rammebetingelsene for det enkelte prosjektet. Nedenfor har vi satt opp en oversikt over de mest aktuelle systemløsningene, kommentert med hensyn til de viktigste fordelene, ulempene og i hvilken situasjon de er mest aktuelle.

Alternativ A Vannklosett knyttet til kommunalt avløpsnett og renseanlegg

Fordeler Enkelt for bruker
Medfører få bindinger for husets planløsning

Ulemper Høye kommunale anleggs- og driftskostnader
Kostbart å oppnå fjerning av nitrogen
Renset slam må transporteres videre til forbrukerne

Aktuell bruks-situasjon: I sentrumsområde med godt utbygd kommunalt ledningsanlegg og renseanlegg

Alternativ B Vannklosett knyttet til slamavskiller og resorpsjonsanlegg. Slamavskiller med overløp til kommunalt ledningsanlegg og renseanlegg

Fordeler: Utnytter næringsstoffene i avløpet til dyrking i egen hage
Reduserer nitrogen i vekstsesongen
Reduserer belastningen på det kommunale anlegget

Ulemper: Stiller krav til bebyggelseplanen og grunnforholdene
Må etablere ordening for henting av slam fra slamavskiller på hver tomt/boliggruppe i tillegg til slamhåndteringen på det kommunale renseanlegget

Aktuell bruks-situasjon I tettbebyggelse med tilgang til kommunalt nett, men hvor dette har kapasitetsproblem
Kostnadene for å fornye det kommunale anlegget overskrider kostnaden for alternativet

Alternativ C Vannklosett tilknyttet resorpsjonsanlegg

Fordeler Utnytter ressursene i avløpet
Er uavhengig av kommunalt anlegg

Ulemper Forutsetter opplegg for henting og videre behandling av slammet.

I vintersesongen må anlegget kunne fungere som infiltrasjonsanlegg, eller ha en lagertank for oppsamling av avløpet. Bruk av vannklosett gir forholdsvis store slamavskillere eller lagertanker.

Aktuell bruks-situasjon

I tettbebyggelse med gode infiltrasjonsmuligheter, men kostbar tilknytting til eksisterende anlegg

Alternativ D Biologisk klosett og gråvann til resorpsjonsanlegg

Fordeler Utnytter ressursene i avløpet
Kan kombineres med egen kompostering av organisk husholdningsavfall
Redusert vannforbruk

Ulemper Krever mer av brukerne, enn et system med vannklosett
Binder husets planløsning mer enn et system med vannklosett

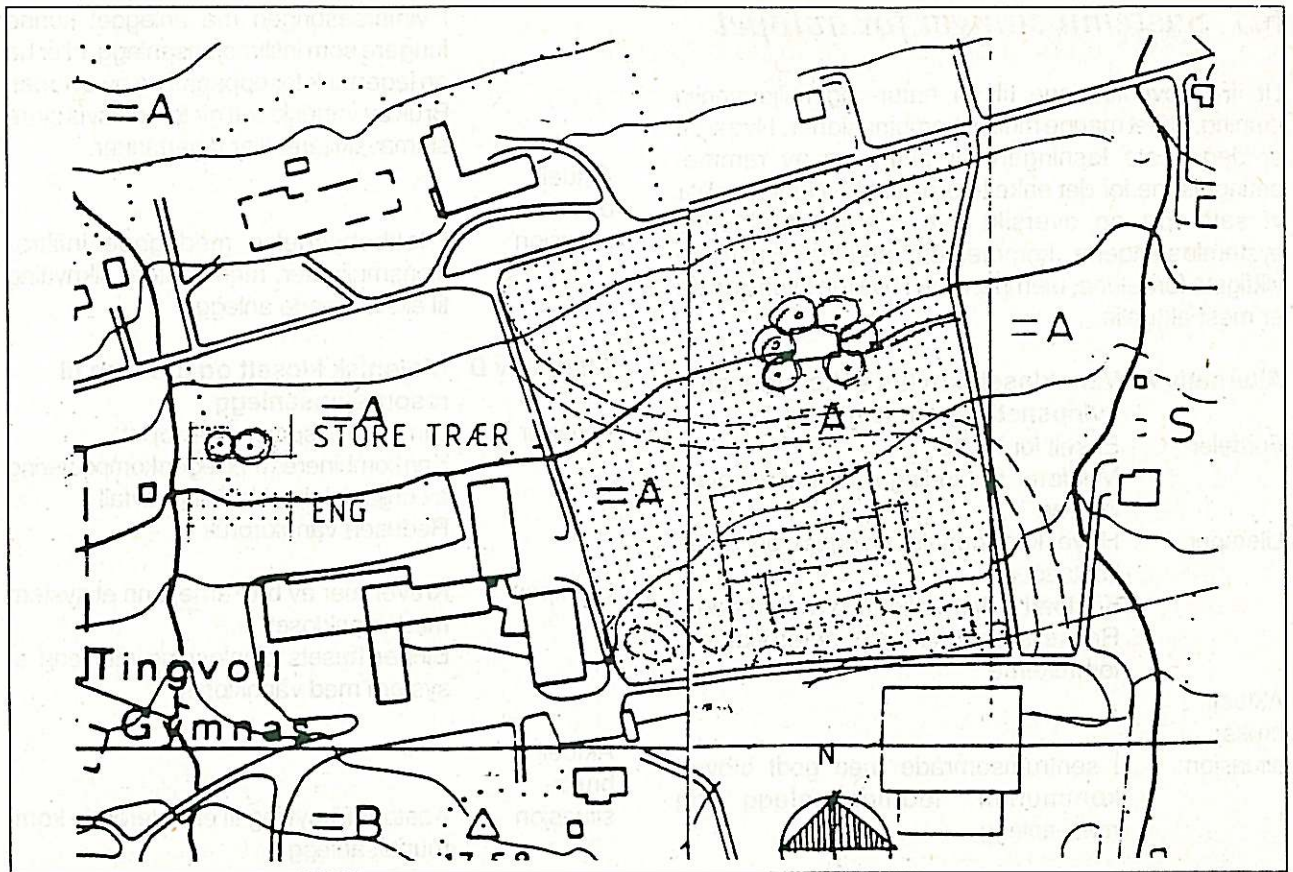
Aktuell bruks-situasjon Kostbar tilknytting til eksisterende kommunalt anlegg
Avfallet kan benyttes til dyrking på egen tomt

Tar vi utgangspunkt i situasjonen for Tingvollvågen, og den aktuelle tomte som er valgt, "Megarden", så kan vi knytte oss til et kommunalt vann- og avløpsnett med god kvalitet og kapasitet. I denne situasjonen mener vi at den optimale løsningen er å knytte oss til det kommunale systemet, og at avfallsproblemene løses, det vil si at kretsløpet lukkes på tettstedsnivået. Men det kan være aktuelt å justere den eksisterende løsningen, for å utnytte enkelte ressurser i avløpsvannet.

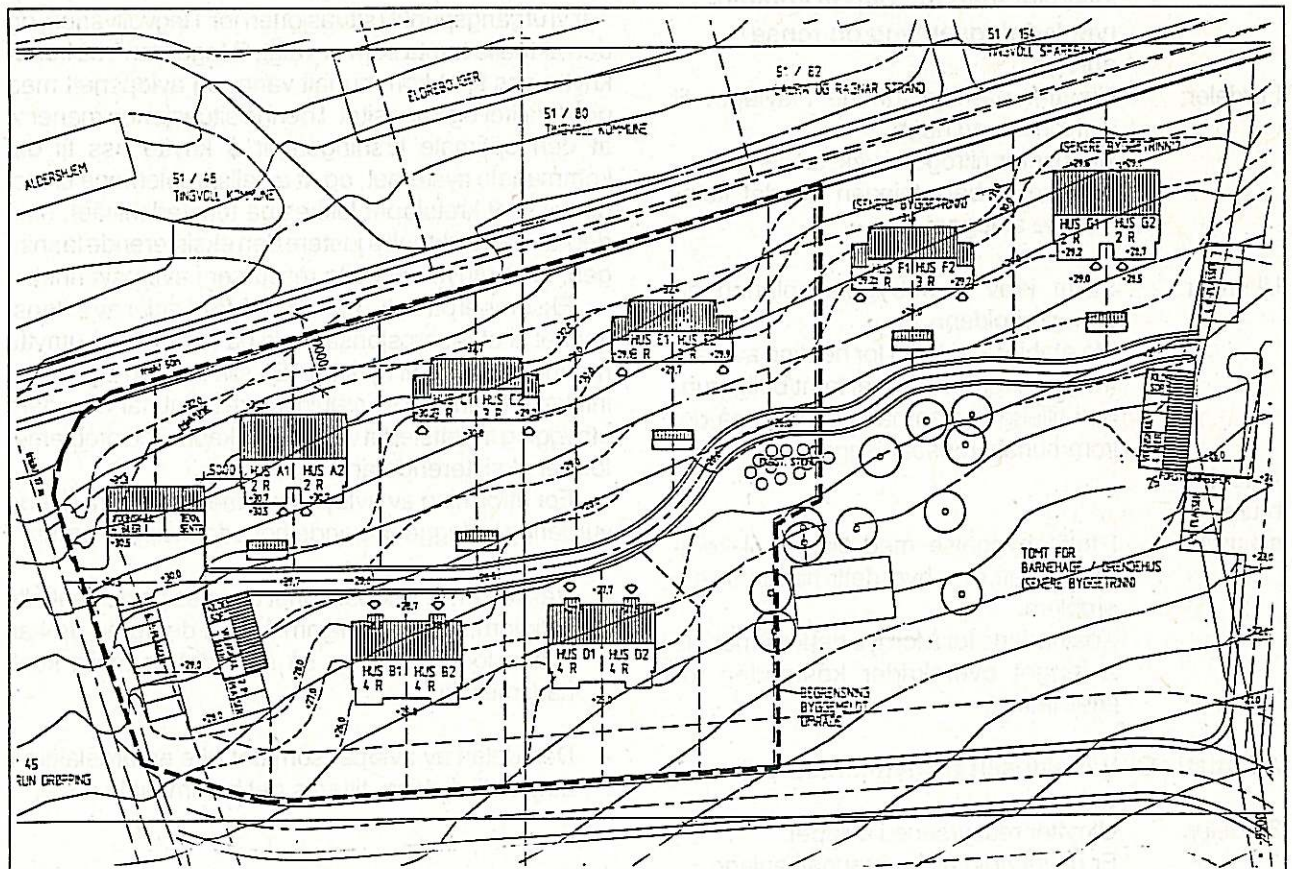
Eksempel på dette kan være å føre deler av avløpsvannet til et resorpsjonsanlegg på tomte, for å utnytte næringsstoffene til dyrking. En slik løsning og/eller et infiltrasjonsanlegg er særlig interessant når en videre utbygging av tettstedet vil medføre kapasitetsproblemer for det eksisterende anlegget.

For utforming av avløpssystemet vil vi ut fra denne vurderingen legge følgende hovedprinsipp til grunn:

- Ressursene i avløpsvannet utnyttes på den enkelte boligtomte eller i boligområdet, i den grad de kan nyttes for dyrking og så sant det er mulig kostnadmessig.
- Den delen av avløpet som det ikke er fordelaktig å utnytte til dyrking, tilføres det kommunale nettet.



Megardstomta ligger sentralt og har gode solforhold.



Bebyggelsesplanen har tomannsboliger på dype tomter langs en slynget gangveg.

7. Det aktuelle prosjektet

Et hovedpoeng med Tingvollprosjektet er at utredningsarbeidet skal følges opp av en realiseringsfase. På grunnlag av erfaringene fra utredningsarbeidet er det planlagt et boligfelt med 10 boliger i første byggetrinn. I dette avsnittet beskriver vi hvilke miljøkrav vi har lagt vekt på ut fra de lokale forholdene i Tingvoll, og hvordan prosjektet er blitt utformet.

7.1 Lokalisering og valg av tomt

Anvisningene fra Prosjektrapport 59, *Tomtevalg*, kan sammenfattes slik:

- En bør velge en tomt som totalt sett gir det laveste energiforbruket. Det blir da viktig å lokalisere boligene i nærheten av arbeidsplasser, skoler og servicefunksjoner slik at transportbehovet blir minst mulig. Det er også av betydning å finne en tomt med et gunstig lokalklima, med god soleksponering og i ly for kalde vinder. En tomt nær lokal energikilde bør foretrekkes.
- En bør unngå områder hvor bygging vil innebære ødeleggelse av biologiske ressurser. Dette betyr at en bør unngå bygging på høyproduktiv skogsmark, dyrket mark, dyrkbar jord eller beite eller i verdifullt natur- eller kulturlandskap.
- En bør velge en tomt der utbygging vil medføre minst mulig kostbare terrenginngrep.
- En bør unngå tomter som er utsatt for støy.
- En bør velge en tomt som gir gode muligheter for å oppholde seg utendørs, og med grei tilgang til større sammenhengende friarealer.
- En bør velge en tomt der utbygging vil berike landskapet og stedets identitet, og unngå tomter der utbygging vil virke skjemmende.
- En bør unngå tomter hvor barn og voksne kan bli utsatt for trafikkfare.

I Tingvoll lanserte kommunen seks tomtealternativer som ble vurdert ut fra disse kravene. Ved slike vurderinger vil en ofte bli nødt til å veie ulike miljøhensyn mot hverandre. I Tingvoll ble det lagt størst vekt på:

- Lavt energiforbruk
- Kostnader
- Rekreasjonsmuligheter
- Vern av landskaps- og kulturverdier

Det ble valgt en tomt som var sørvendt og sentral, med kort vei til skoler, nærservice og diverse institusjoner. Tomta lå på dyrkbar mark, og utrederne og tomteselskapet ble derfor kritisert lokalt for ikke å ha lagt stor nok vekt på jordvern.

7.2 Utforming av bebyggelsesplan

Anvisningene fra Prosjektrapport 80, *Bebyggelsesplan*, kan sammenfattes slik:

- Bebyggelsen bør utformes slik at en oppnår best mulig energiøkonomi. Dette innebærer skjerming mot kalde vinder og orientering mot sola. Det er også et poeng at den enkelte boligen får liten ytterflate i forhold til volum.
- Bebyggelsen bør utformes slik at biologiske ressurser på tomta tas vare på. Dette betyr at en bør unngå unødvendige terrenginngrep, at naturmark bevares og at muligheter for dyrking og planting på tomta ivaretas.
- Planen bør legge opp til en nøktern standard på boligene, lavest mulig kostnader til tomteopparbeiding, veier og ledningsnett og et optimalt antall boliger.
- Lokal støy og forurensning bør unngås. Bebyggelsen bør utformes slik at den skjermes mot støy og forurensningskilder. Unødvendig biltrafikk inn i området bør unngås. Overvann og avløpsvann bør om mulig kunne håndteres i området. Det bør legges opp til kildesortering av avfall og kompostering av organisk avfall på tomta.
- Bebyggelsen bør utformes slik at boligene får gode felles og private utearealer.
- Landskaps- og kulturverdier i området må tas vare på.
- Planen må gi muligheter for et praktisk hverdagsliv og ha livsløpsstandard. Det bør legges opp til sosialt fellesskap og felles løsninger på tekniske og praktiske spørsmål.

I Tingvoll ble det valgt en løsning der sju tomannsboliger blir gruppert på begge sider av en kjørbare gangvei. Gangveien får atkomst i begge ender. I tilknytning til garasjene legges boder for kildesortert avfall. På tomta

har det ligget en gammel løe som nå er revet, og rundt denne står en treklynge, bl.a. noen flotte lerketrær. Det anlegges et felles uteoppholdsareal i tilknytning til denne treklyngen. De private tomtearealene er små, fra vel 300 til i underkant av 500 m². En har søkt å legge husene slik at de får størst mulig sammenhengende privat uteareal på solsiden. Det plantes lévegetasjon til vern mot de kalde øst-vestgående vindene på stedet.

7.3 Boligprosjektering

I denne tredje rapporten har vi delt boligen inn i fem delsystemer og stilt miljøkrav til hvert system.

- Utforming og planløsning
- Materialer og konstruktivt system
- Energisystem
- Ventilasjonssystem
- Vann-, avfall- og avløpssystem

Utforming og planløsning

Målet her var å komme fram til en enkel, kompakt og vindutjevne husform og en planløsning med klimasoning.

Løsningen framgår av tegningene. Utvikling av plan- og fasadeløsning innebærer at ulike miljøhensyn stadig må veies mot hverandre. De endelige løsnin-gene blir derfor preget av kompromisser som er inngått underveis. De viktigste poengene i planløsningen er:

- Våtrom, hvor temperaturen er høyest, inne i huset
- Opphold mot sør, soverom, boder, trapp mot nord
- Glassveranda for utnyttelse av passiv solvarme
- Livsløpstandard
- Påbyggingsmulighet på gavl

Materialer og konstruktivt system

Her har det bl.a. vært om å gjøre å finne løsninger med

- god energiøkonomi
- bruk av lokalt tilgjengelige, fornybare materialer som gir enkelt vedlikehold
- "sanne" materialer.

Husene har støpt plate-på-grunn, men isolasjonen er 150 mm ekspandert polystyren mot normalt 60 – 80 mm. Kjelleryttervegger utføres i plassstøpt betong, innvendig isolert med 150 mm mineralull. Yttervegger settes opp i bindingsverk, men med 200 mm mineralull mot normalt 150 mm. Bjelkelag og takkonstruksjon utføres med I-bjelker, yttertak isolert med 350 mm mineralull.

Utvendig kles ytterveggene med liggende dobbeltfaset panel. Taket tekkes med betongstein. Av hensyn til det værharde klimaet på Nordmøre kles isolasjonen med dobbelt vindspærre. Innvendig benyttes diffusjonstett folie. Veggene er kledd med liggende, 15 mm ubehandlet granpanel, som et alternativ til 13 mm gipsplate. I himling legges gipsplater. Som undergolv legges sponplater med krav om

formaldehydinnhold under 0,01 %. Alle golv har linoleum banebelegg, med unntak av baderom der både golv og vegger får keramiske fliser. Til innvendige malte flater er beskrevet naturmaling, utvendig oljebeising.

Energi og ventilasjonssystem

Hensikten er å sørge for et inneklime med passende temperatur, luftfuktighet og tilstrekkelig frisk luft, uten at beboerne utsettes for skadelig trekk eller annen sjenanse. Et miljøvennlig energisystem forutsetter lokale, fornybare, ikke-forurensende energikilder.

Boligfeltet i Tingvoll har en lokal fjernvarmesentral som en av sine nærmeste naboer. Denne drives i dag dels med oljefyring og dels med "tilfeldig kraft" fra samkjøringsnettet i Nordmøre. Det er planer om å supplere den med en varmepumpe som kan hente energi fra sjøvannet i Tingvollvågen like nedenfor. Dette vil i tilfelle bli et tilbud om svært "ren energi". Boligfeltet er derfor planlagt for oppvarming med fjernvarme. Varmen er forutsatt fordelt i boligene som golvvarme eller med radiatorer. Men systemet innebærer langt høyere investeringskostnader enn elektrisk oppvarming, og det er i øyeblikket (oktober 1992) usikkert om det lar seg realisere.

I tillegg til at solvarmen utnyttes passivt med glassveranda og vindusflater mot sør, er det også planlagt et eget solfangeranlegg med en varmelagre tank. Dette systemet er utelukkende tenkt brukt til oppvarming av forbruksvann.

På ventilasjonssiden er det ikke lagt opp til eksperimentering med "dynamiske" veggkonstruksjoner e.l. Det er foreslått et balansert ventilasjonssystem med varmegjennvinning for hver bolig.

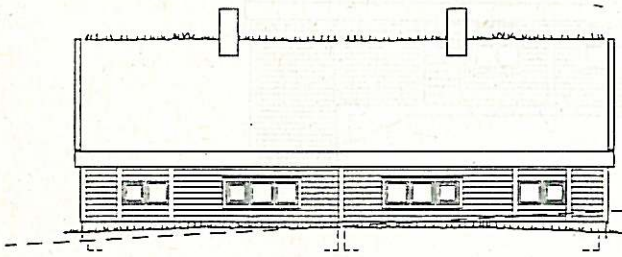
Avfall- og avløpstem

Dette systemet skal sørge for at ressursene i avfallet og avløpsvannet tas vare på i stedet for å forurense omgivelsene. Når det gjelder husholdningsavfallet er det lagt opp til følgende:

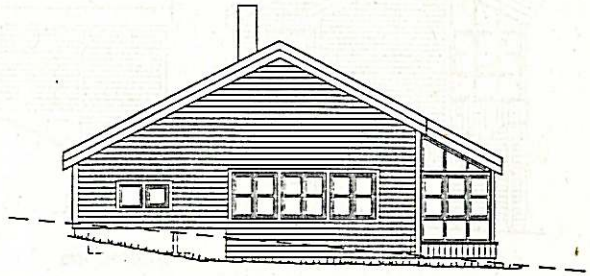
- Kjøkkeninnredningen leveres med dobbel avfallskurv for kildesortering. Avfallsbodene er dimensjonert rommelige, for midlertidig lagring av papir, glass og annet som kan samles inn regelmessig. For øvrig forutsetter vi at beboerne selv sørger for kompostering av kjøkken og hageavfall.

Det er vanskelig å finne alternativer til vannklosett som ikke innebærer en eller annen komplikasjon, i form av krav til bygningsmessige forhold, tungvint tømning, store arealer til resorpsjon/infiltrasjon i grunn, eller redusert komfort for brukerne. Samtidig ligger de lokale forholdene usedvanlig godt til rette nettopp for vannklosettet. Det går en avløpsledning tvers gjennom tomten, som leder til lokalt renseanlegg og deretter ut i Tingvollvågen, en resipient med langt større kapasitet enn tettstedet har behov for.

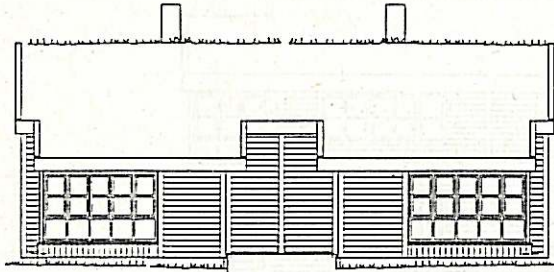
Vi har derfor bestemt oss for å bruke vanlig vannklosett i Tingvollprosjektet.



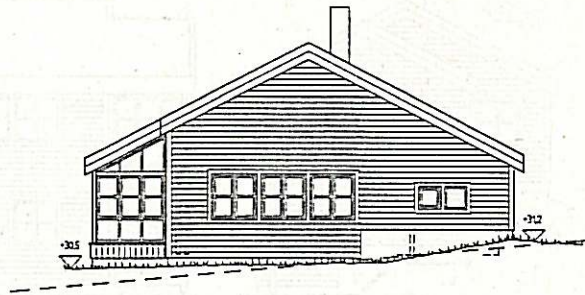
FASADE MOT NORD



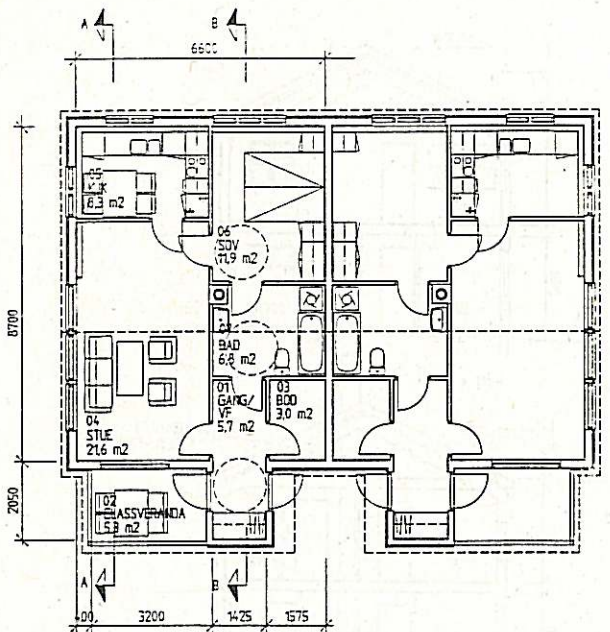
FASADE MOT VEST



FASADE MOT SYD



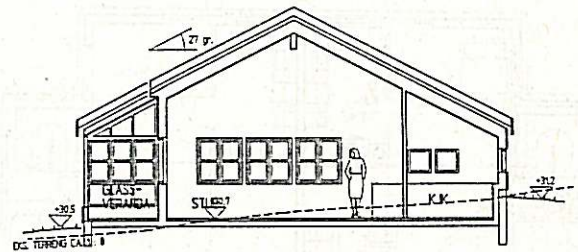
FASADE MOT ØST



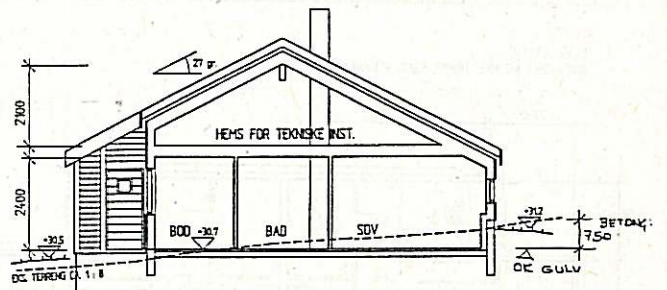
LEIL. A1

BRA 59,8 m² ESKL. GLASSVERANDA

LEIL. A2



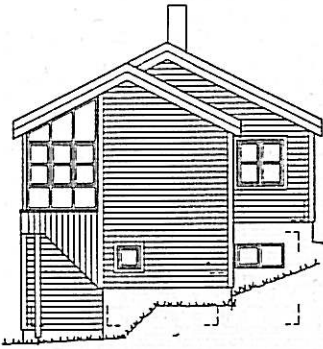
SNITT A-A



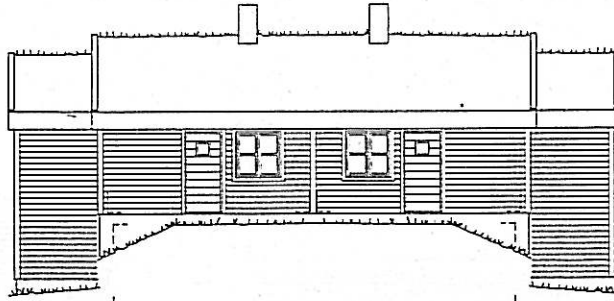
SNITT B-B

B BYGGEMLDING		10 04 92 EA
A FLYTTET KLUNGEN HV.		21 01 92 EA
REVISJON NR.	TEKST	DATE
PROSJEKT	TINGVOLL UTBYGGINGSSKAP AS	9128
	NERTRØA BORETTSLAG	TEKING NR.
	BYGGEMLDINGSPROSJEKT	022
	HUS A1 & A2 (TOROMSLEIL)	REVISJON NR.
	PLAN & SNITT	B
DATE	16.01.92	SCALE
	EA	1:100
NB		ARKITEKTER AS
		TEKING NR. 022
		PROSJEKT NR. 9128
		DATE 10.04.92
		SCALE 1:100

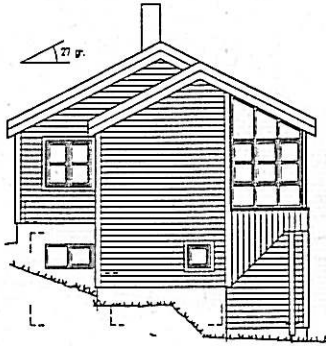
De minste boligene har én etasje, to rom og livsløpsstandard.



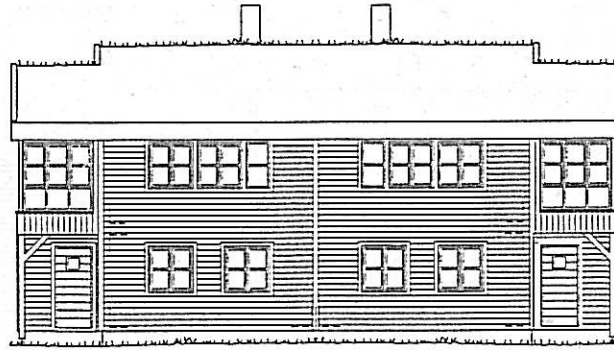
FASADE MOT ØST



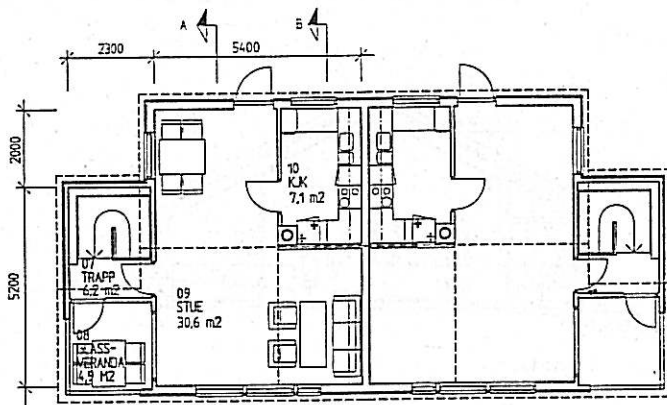
FASADE MOT NORD



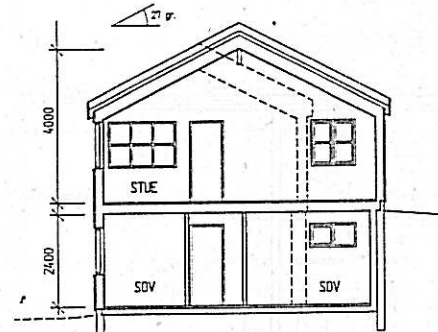
FASADE MOT VEST



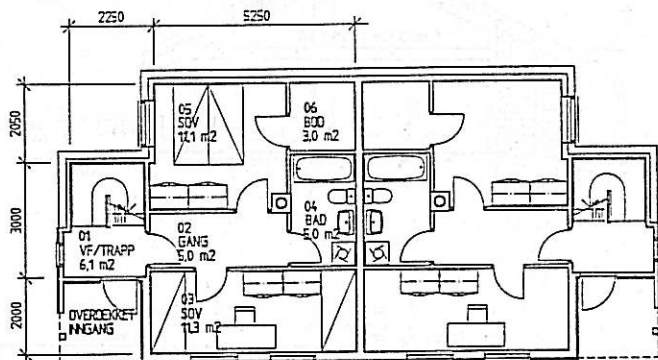
FASADE MOT SYD



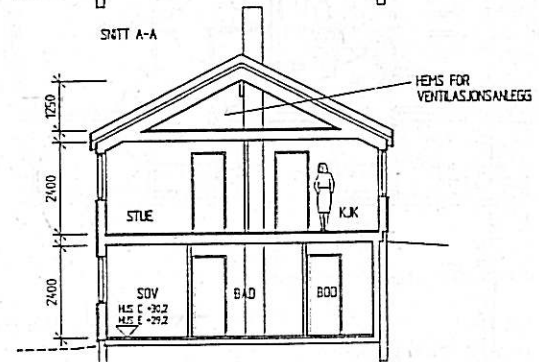
PLAN 1. ETASJE
BRA = 39,7 m² INKL. TRAPP, ESKL. VERANDA



SNITT A-A



PLAN UNDERETASJE
BRA = 43,9 m²
UTV. BOO Plasseres fritstående, KFR. BEB.PLAN

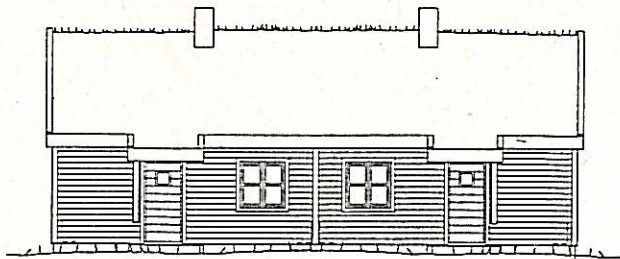


SNITT B-B

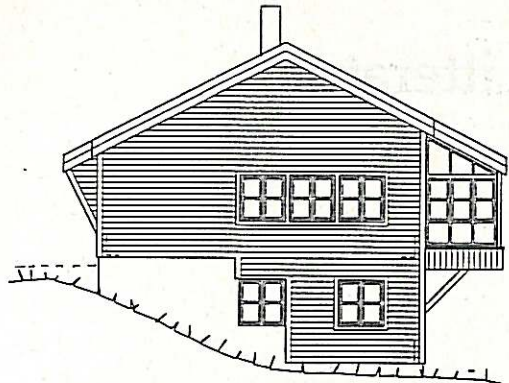
SAMLET BRA PR. LEL
83.6 m²

B BYGGEMELDING		10 04 92 EA	
A VEST TRAPP/VERANDA DETALLE		23/192 EA	
PROSJEKT NR.	9128	TEKNIK NR.	024
BYGGEMELDINGSPROSJEKT HUS E1, C2, E1 & E2 (TREROMSLEIL)		ARKITEKTER AS	
PLANER & SNITT		<small> 00000000-0000 00000000-0000 00000000-0000 00000000-0000 00000000-0000 </small>	
DATE	15.01.92	SCALE	1 : 100
REVISJON NR.	EA	REVISJON NR.	B

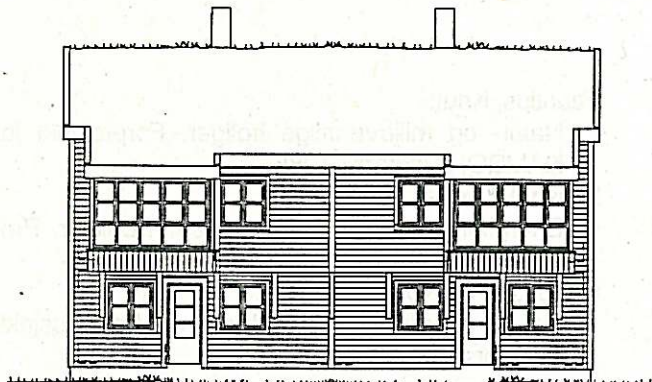
Treroms bolig med inngang fra sør. Trappeatkomst til hovedetasje



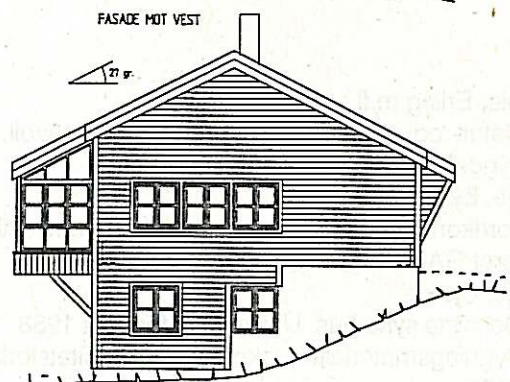
FASADE MOT NORD



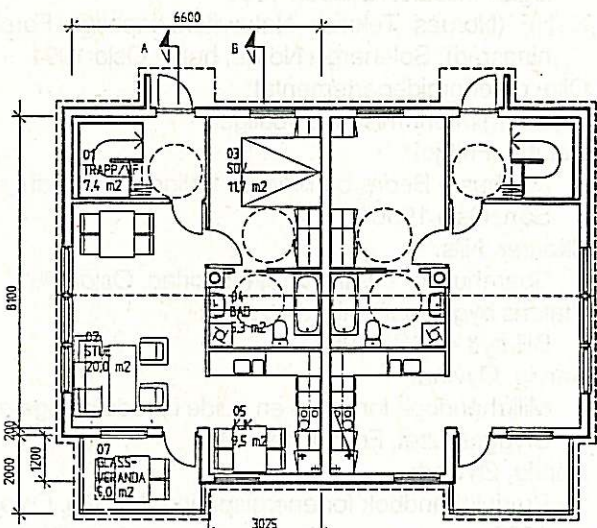
FASADE MOT VEST



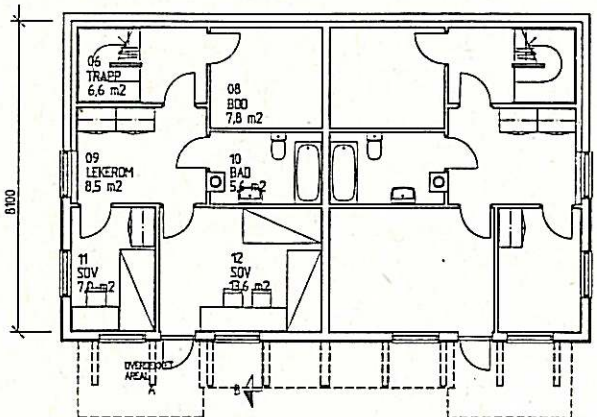
FASADE MOT SYD



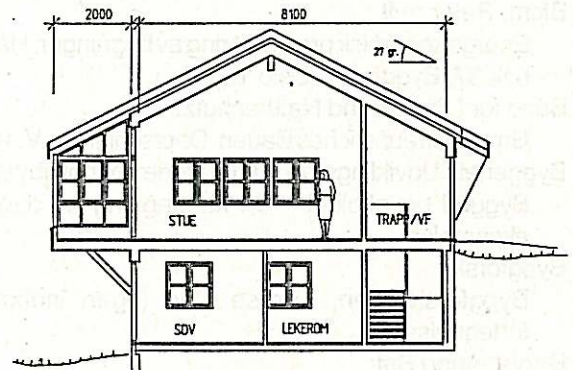
FASADE MOT ØST



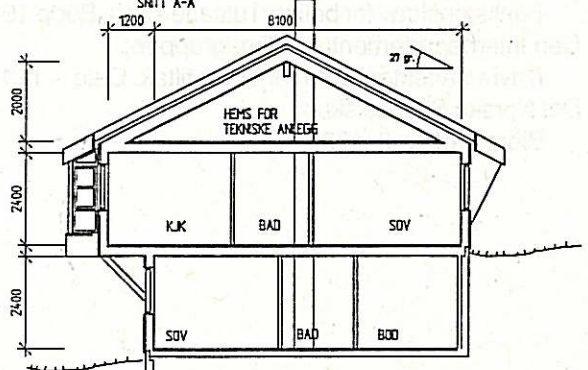
PLAN UNDERETASJE
BRA = 56,6 m² ESBL. GLASSVERANDA



PLAN ØVERETASJE
BRA = 51,7 m²



SNITT A-A



SNITT B-B

B BYGGEMELDING		10 04 92 EA
A BYTTET PÅ K.K. & SOVROM, LÅSTERT VINDU		21 01 92 EA
REVISJON NR. 1	TEKST	DATE
PROSJEKT	TINGVOLL UTBYGGINGSSKLP AS	PROSJEKT NR. 9128
	NERTRØA BORETTSLAG	TEGNING NR. 026
	BYGGEMELDINGSPROSJEKT	
	HUS B1, B2, D1 & D2 (FIREROMSLEIL)	
	PLANER & SNITT	
DATE 10.01.92	SKISSE EA	MAK 1:100
	REVISJON NR. B	

SAMLET BRA PR. LEILIGHET
108,3 m²

Fireroms bolig med inngang fra nord og livsløpsstandard

8. Litteratur

- Amble, Erling m.fl.:
Natur- og miljøvennlig bebyggelse i Tingvoll, Bebyggelsesplan. Byggforsk 1991
- Berge, Bjørn:
Jordkonstruksjoner. Udateret notat fra arkitektkontoret GAIA
- Berge, Bjørn:
Det siste syke hus. Universitetsforlaget 1988
Bygningsmaterialers økologi. Universitetsforlaget 1992
- Bjartnes, Jon:
Miljøboka 1990. Norges Naturvernforbund/Forbrukerrådet/Cappelen 1990
- Blom, Peter m.fl.:
Energøkonomisk prosjektering av bygninger, Håndbok 37, Byggforsk, Oslo 1991
- Bund für Umwelt und Naturschutz:
Umweltsfreundliches Bauen. Deutschland e.V. 1990
- Byggeriets Utviklingsråd, Laboratoriet for boligbyggeri
Byggeri og økologi – en kartlægnings av danske eksempler
- Byggforsk:
Byggforskserien, diverse blad (egen innholdsfortegnelse)
- Børve, Anne Brit:
Funksjonskrav for boliger i utsatte strøk, Bodø 1984
- Den Interdepartementale Klimagruppen:
Drivhuseffekten, virkninger og tiltak. Oslo – 1991
- Det Norske Skogselskap:
Bioenergi nr. 2, 1989
- Fabritius, Knut:
Natur- og miljøvennlige boliger. Forprosjekt for NAMBO, Byggforsk 1988
- Fossdal, Sverre:
Energiforbruk og varmekostnader i boliger. Prosjektrapport 65. Byggforsk 1990
- Guttu, Jon og Nordeide, Terje:
Natur- og miljøvennlig utbygging. Forprosjekt. Byggforsk 1990
- Moltke, Ivar:
Energi i arkitekturen. Energiteknologi. Dansk Teknologisk Institut, Taastrup 1990
- NTNF (Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd); Solenergi i Norge, hefte, Oslo 1991
- Olje- og energidepartementet:
Energioptimalisering i boliger
- Rojahn, Frithjof:
Jordhus – Bedre og billigere boliger. Grøndahl og Søn, Oslo 1950
- Skaarer, Nils.
Sparehus for 80-åra. Dreyers forlag, Oslo 1981
- Statens bygningstekniske etat:
BE-nytt 4, Oslo 1990
- Aarvig, Øyvind:
Miljøhåndbok for hus – en guide i produktjungelen. Bryggerhuset, Fredrikstad 1989
- Aarvig, Øyvind:
Produkt håndbok for energisparing. Miljøko, Oslo 1982

