

Rapport

R64:1982

Jordtäkta hus

Förstudie

Torbjörn Winqvist

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *ser*

*R
ANV*

Byggeforskningsrådet

R64:1982

JORDTÄCKTA HUS
Förstudie

Torbjörn Winqvist

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
791342-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till VBB AB, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R64:1982

ISBN 91-540-3716-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

LiberTryck Stockholm 1982

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	7
1. INLEDNING	9
2. REDOVISNING AV PROJEKTARBETET	13
3. RESULTAT	17
Beräkningar av energiflöde	17
Uppvärmnings- och ventilations- system	31
Arkitektskisser	38
Samråd	52
4. DISKUSSION AV ERHÅLLNA RESULTAT	55
5. FORTSATT ARBETE	61
6. LITTERATURFÖRTECKNING	63
Bilaga 1 Beräkning av energiomsättningen hos två referenshus	65
Bilaga 2 TEMPFEM - MANUAL Finit element- program för tvådimensionella värmeledningsberäkningar	69



Tjänstebostad i Wild River State Park nära Minneapolis, USA. Husets väst- och nordsidor är jordskyddade liksom taket. Den nedre våningen är nedsänkt så att fönsterbrädningen befinner sig c:a 20 cm över markytan. Huset har det lägsta specifika energibehovet av de åtta som utvärderats inom Minnesota Housing Finance Agency's försöksprogram. (Arkitekt: McGuire, Engler and Davis, Stillwater, Minnesota).

SAMMANFATTNING

I denna andra etapp om jordtäckta eller jordskyddade hus har ett demonstrationsprojekt förberetts. I Gallsäter, 15 km ost Kramfors, finns tomter för 2-3 enplans enfamiljshus och i Åryd, 15 km sydost Växjö, finns tomter för ca 12 tvåplans radhus. Alternativa husutformningar har skisserats ur arkitekt- och landskapssynpunkt. Parallellt med skissarbetet har husens energibeteende studerats med hjälp av en finit elementmodell och ett lämpligt uppvärmnings- och ventilations-system har utvecklats. Arbetet har haft formen av ett växelspel mellan arkitekter och energiberäknare. Kontaktgrupper med kommunerna, bygg- och brukarintressen har bildats. Samråd har ägt rum med bostadsstyrelsen, bostadsdepartementet, planverket, inst för byggnadsfunktionslära vid LTH samt med Underground Space Centre, University of Minnesota.

Jordskyddade hus är synnerligen energisnåla. Ett enfamiljshus i Kramforstrakten om ca 110 m² värmeyta beräknas för uppvärmning behöva tillföras 35-53 kWh/m², år betald energi för tvåplans- resp enplanshus vilket är 50 % resp 35 % mindre än beräkningsvärdena för motsvarande traditionella hus uppförda i enlighet med SBN 80. Om 50 % av värmeinnehållet i frånluften återvinnes sjunker de angivna behoven med ca 13 kWh/m², år. Årsbehoven av betald energi uppgår då till ca 2 400 kWh för tvåplanshus och 4 400 kWh för enplanshus. Ett system där förutom passiv solvärme även enkel aktiv infångning av solenergi utnyttjas, har studerats men befunnits oekonomiskt.

De dimensionerande (maximala) effektbehoven är genom husens värmetröghet extremt låga, ca 25 W/m², vilket för boytan 110 m² motsvarar 2,8 kW. Den dimensionerande utetemperaturen i Kramfors blir -13°C, vilket kan jämföras med LUT 1, som är -24°C.

Bl a genom sin stora täthet lämpar sig jordskyddade hus väl för luftburna värmeförsörjningssystem. Lufttillförseln föreslås ske via ett nedgrävt rör (inom jordschakten), varigenom en viss värmeväxling med jorden åstadkoms. Uppvärmningen föreslås ske via ett varmluftsgolv, varigenom risker för kalla golv elimineras. Balanserad sk FT-ventilation föreslås, vilken ger hög luftkvalitet och möjliggör god värmeåtervinning. För att undvika radonproblem kan dock ett litet övertryck i husen relativt luften i marken behöva upprätthållas.

Vid samråden har inga anmärkningsvärda invändningar mot principerna med jordskydd framkommit, vare sig ur normsynpunkt eller som boendemiljö. Enligt gällande regler kan endast begränsat statligt bostadslån erhållas. För demonstrationsprojektet kan dock förhöjning av belåningsvärdet beviljas.

Som nästa steg föreslås projektering av husen med syfte att i en slutlig etapp uppföra och utvärdera dem.

1. INLEDNING

Earth-sheltering, på svenska tills vidare översatt med jordskydd eller jordtäckning, är en teknik som vinner allt större spridning, framför allt i USA. Begreppet rymmer flera element. Först och främst täcks väggar och ofta även tak med jord för att skydda ett hus mot drastiska temperaturförändringar, dvs huset får erfara ett mildare klimat. Passiv solvärme utnyttjas systematiskt. Jordtäckningen resulterar i låga energi- och effektbehov för uppvärmning och, som ofta är aktuellt i USA, för kylning. De jordtäckta väggarna och taken ger nya möjligheter till gestaltning och formspråk. Husen är tacksamma att infoga i känsliga och krävande miljöer. Jorden kan även utnyttjas som skydd mot insyn, trafikbuller m m. En utförligare presentation ges i BFR-rapporten R10:1980 Jordtäckta hus - presentation av en översiktlig studie med Torbjörn Winqvist som huvudförfattare.

Intresset i USA är spritt på många håll. Vid Texas Tech. University i Lubbock, University of Texas i Arlington, Oklahoma State University i Stillwater m fl institutioner pågår kontinuerliga utvecklingsprogram. De största ansträngningarna görs dock vid Underground Space Center inom University of Minnesota i Minneapolis med ett 25-tal medarbetare. Underground Space Center svarar för såväl teoretiska studier som omfattande fullskaleförsök vilka finansieras med delstatsmedel. Centret utgör en central för information i ämnet. En ansevärd del av resurserna går åt till att svara på frågor eller på annat sätt assistera allmänheten.

Vid årsskiftet 1980/81 beräknas ca 6 000 jordtäckta eller jordskyddade byggnader ha uppförts i USA. Merparten utgörs av enfamiljshus, men en växande andel av andra slag av byggnader börjar märkas. Främst är det kontorslokaler för företag, vilka mestadels har någon anknytning till energiområdet. Exempel finns också på offentliga lokaler som skolor, bibliotek, garageanläggningar m m. Sedan 1979 utkommer en kommersiellt driven tidning i ämnet med titeln EARTH SHELTER DIGEST & energy report.

Om detta projekt

BFR-projektet 78 08 04-0 med titeln "Energihushållning i undermarksanvändning. Samarbetsprojekt med Underground Space Center, University of Minnesota, Etapp 1", bestod av två delar varav den ena, som rör jordtäckning, redovisas i den ovan nämnda BFR-rapporten. I föreliggande rapport redovisas fortsatt utredningsarbete om jordtäckning. I BFRs kontrakt med VBB AB anges att projektet avser preciserat program för jordtäckt bebyggelse m m. Mer konkret har projektarbetet bestått av följande delar:

- Kontaktverksamhet med olika kommunala förvaltningar om intresse att delta i ett försöks- och demonstrationsprojekt
- Lokalisering och studium av lämpliga, byggbara tomter (i Gallsäter utanför Kramfors och i Åryd utanför Växjö)
- På basis av preliminära program och designstudier har detaljerad analys av byggnadernas energikarakteristika utförts och lämplig värme- och ventilationsanläggning utformats. Jämförelse görs med konventionella hus av motsvarande storlek
- Samråd har hållits med representanter för bostadsdepartementet, bostadsstyrelsen och planverket om normfrågor och belåningsunderlag. Ett seminarium har hållits vid inst för byggnadsfunktionslära vid tekniska högskolan i Lund om boendeaspekter
- Samråd och underhandskontakter har hållits med berörda kommunala förvaltningar och med byggar- och förvaltarintressen för att förbereda genomförande av demonstrationsprojekt i Gallsäter och Åryd
- Samråd har hållits med Underground Space Center, University of Minnesota, i första hand med dess chef, dr Ray Sterling och med dr George Meixel

I projektarbetet medverkade från VBB AB

ark Henrik Berg von Linde, arkitekt och koordinator
Gallsäter
lark Karin Finné, landskapsarkitekt Gallsäter
tekn dr Hans Hydén, energiberäkningar
ing Johnny Kellner, byggnadsteknik
ark Bo Kjellberg, koordinator Åryd
ark Lotta Lindstam, arkitekt Åryd
ark Martin Lindstam, arkitekt Åryd
ark, lark Lars Nyberg, landskapsarkitekt Åryd
civ ing Torbjörn Winqvist, koordination, projektansvarig

ark, civ ing Lars Engström, referensperson, projektledare

ark Birger Jansson, referensperson

från Hugo Theorells Ingenjörbyrå:
civ ing Peter Kjaerbo, passiv soluppvärmning (numera VIAK AB)

från Arlanda VVS-konstruktioner AB:
civ ing Kjell-Åke Henriksson, ventilations- och värmesystem
ing Rolf Nilsson, -"-
civ ing William Shafer, -"-



Figur 1

Jordskyddade byggnader i USA enligt tidskriften Earth Shelter Digest & Energy Report

Det finita elementprogrammet för tvådimensionella värmeledningsberäkningar, Tempfem kallat, har utvecklats av Clifford Voss, VBB.

Projektarbetet har bedrivits som ett växelspel mellan arkitekter och energitekniker varvid lösningar successivt har arbetats fram. Arkitekter och landskapsarkitekter har samverkat från början. Projektgrupperna för Gallsäter- och Årydsprojekten har samverkat sinsemellan.

Syfte med projektet

I och med de resultat som redovisas i denna rapport finns tillräcklig kunskap framtagen för att på ett medvetet sätt kunna projektera och uppföra jordskyddade hus i Sverige. Likaså finns intressenter och lämpliga

tomter för demonstrationsprojekt. Dessa projekt, som förhoppningsvis kommer att förverkligas, är motiverade av två skäl, nämligen:

- 1:o verifiera beräknade energidata och föreslagen byggnadsteknik
- 2:o visa att jordskydd inte behöver medföra någon sänkning av gestaltnings- eller boendekvalitet

Synpunkter på hur projekten bör fortskrida tas upp i det avslutande avsnittet.

Stockholm i augusti 1981

Torbjörn Wingqvist

2. REDOVISNING AV PROJEKTARBETET

Som bakgrund till de resultat som redovisas i avsnitt 3 ges här en beskrivning av de olika arbetsinsatser som utförts, och de olika underlagsmaterial som tagits fram.

Kontaktverksamhet

Arbetet med föregående forskningsetapp och publicitet kring de presenterade idéerna resulterade i ett avsevärt intresse från kommuner, företag och enskilda. Denna etapp inleddes med att kontakter togs med olika kommuner (Danderyd, Kramfors, Linköping, Nacka och Växjö). Intresse från berörd kommuns sida bedömdes vara viktigt, inte minst från respektive byggnadsnämnd, då jordskydd är ett nytt och ovant begrepp. Behov av samråd i frågeställningar som ej förutsetts i gällande byggnorm och lånebestämmelser kan till exempel förväntas. Trots positivt intresse från första stund krävdes lång tid innan lämpliga tomter kunde utpekas och ett formellt stöd från kommunala organ erhållas. Kontaktverksamheten inleddes hösten 1979 och först ett drygt år senare (december 1980) kunde projektarbetet sätta igång på allvar.

Beskrivning av projektet i Gallsäter

I Gallsäter ca 2 mil norr om Kramfors studeras ett tomtområde för upp till tre hus. Tomten ligger nära E4 invid avtagsvägen mot Nordingrå och Höga Kusten. (På angränsande tomt finns ett nyuppfört vindkraftverk om ca 40 kW.) Området har karterats stereometriskt. Tomterna har ett fritt läge och storartad utsikt. En tomtplan har skisserats och preliminärt program för husen har upprättats. Enplans enfamiljshus studeras.

Intressenter till husen finns. Projektet har ett mycket starkt stöd i initiativtagaren och tillika närmaste grannen Sven Edström, som för mer än 10 år sedan skisserade jordtäckta hus. Han vill se husen byggda, förfogar över mark, maskiner m m och ser inte uppförandet av husen eller avsättning som särskilt stora problem. Kommunen har genom sin stadsarkitekt och byggnadsnämnd uttryckt stort intresse för projektet. På deras uppmaning har förhandslov sökts. Kommunen har även förklarat sig villig att anvisa alternativa tomter inom Kramfors tätort. Stadsarkitekten har kontinuerlig kontakt med projektgruppen.

Beskrivning av Årydsprojektet

I Åryd, 10 km ost Växjö har ett antal tomter anvisats i den norra randen av ett planlagt småhusområde, där exploateringen nyligen har påbörjats. Tomterna har mätts in och grundundersökts. Ett förslag till ändrad stadsplan har utarbetats. Alternativa förslag

till utnyttjande av området har tagits fram. Parhus och radhus i två plan studeras. Utrymme finns för 5-14 hus.

Kommunen stöder projektet och har ställt lämplig tomtmark till förfogande. Enligt en överenskommelse tar tekniska nämnden, ABV och VBB lika delar av de merkostnader för kommunen (60 000 kr) som projektet föranlett (ändrad ledningsdragnings och ändrad stadsplan) för den händelse projektet inte blir av. Den kommunala bostadsstiftelsen Varendshus har uttryckt intresse att följa projektet. En arbetsgrupp med representanter för kommunen, Varendshus, ABV och VBB har bildats.

Arkitektskisser

En serie arkitektskisser har tagits fram. De är baserade på preliminära program för husens innehåll. De beskriver dels olika typer av hus men också olika sätt att placera in husen i sluttnings, olika utformningar av tak osv. Under projektarbetets gång har naturligtvis en idémässig utveckling skett, både vad gäller gestaltning och energimässig utformning. Äldre skisser har dock ej modifierats. En skiss kan därför vara relevant i vissa avseenden, t ex takutformning och ofullkomlig i andra, t ex andelen fönsterarea i fasad. Det finns därför anledning understryka att de skisser som presenteras i rapporten utgör ett arbetsmaterial som kan illustrera olika tankegångar men som inte i något fall redovisar någon färdig lösning.

Energiberäkningar

Den matematiska modellen för beräkning av transmissionsförluster som togs fram i föregående etapp har vidareutvecklats. Modellen tar hänsyn till jordens värmelagringsförmåga. Ytskikten i husets innerväggar liksom luften inne i huset utgör numera beräkningsbara element. Bidragen från passiv solvärme beräknas separat. Modellens geometriska utformning och randvillkoren kan enkelt förändras. Uppskattade klimat- och soldata för Gallsätter och Åryd har lagrats in i VBBs dator. Ett antal principiellt olika alternativ har studerats med syfte att ge husen en energimässigt gynnsam utformning. Strävan har också varit att uppnå ur arkitektonisk och byggnadsteknisk synpunkt lämpliga lösningar. En närmare beskrivning av modellen och beräkningsförutsättningarna ges i nästa avsnitt och i bilaga 2.

Värme- och ventilationssystem

Arbetet med att utforma och dimensionera värme- och ventilationssystemet har skett i nära kontakt med arkitekt- och energistudierna. Målsättningen med arbetet har i första hand varit att åstadkomma ett

komfortabelt och lätt kontrollerbart inomhusklimat samtidigt som normenliga krav på luftväxlingar uppfylls. Energi- och byggnadsekonomiskt goda lösningar har givetvis eftersträvats men har i konfliktsituationer underordnats kvalitetskraven. Motivet härför är bedömningen att ett demonstrationsprojekt skall fungera väl. På grundval av de praktiska erfarenheter som kommer att vinnas kan i en framtid enklare lösningar övervägas. Radonproblemet har uppmärksamats.

Samråd

Under den föregående forskningsetappen gjordes en inventering av lagstiftning, bestämmelser, normer och utbildad praxis som kan försvåra eller förhindra tillkomsten av ett jordskyddat hus. På basis av de mer konkreta underlag som tagits fram under innevarande etapp har förnyat samråd hållits med representanter för bostadsdepartementet, bostadsstyrelsen och planverket. Ett seminarium kring boendeaspekter har hållits vid institutionen för byggnadsfunktionslära vid tekniska högskolan i Lund. Viss kontakt hålls med projektgruppen för BFR-projektet Småhus i berg vid högskolan i Luleå. I samband med konferensen Rockstore -80 i Stockholm hölls samråd med dr Ray Sterling från Underground Space Center i Minneapolis. Besöket återgäldades juni -80 i samband med Underground Space Conference i Kansas City, varvid våra resultat diskuterades med dr Sterling och dr George Meixel. Underground Space Center har också bistått gruppen med ett antal rapporter och dokumentation från andra konferenser om jordskydd som hållits i USA.

3. RESULTAT

Beräkningar av energiflöde

Allmänna förutsättningar

För att kunna ge huset en från energisynpunkt lämplig utformning har beräkningar av energiomsättningen genomförts. Strävan har också varit att uppnå ur arkitektonisk och byggnadsteknisk synvinkel lämpliga lösningar och under arbetets gång har ett antal principiellt olika alternativ studerats. Dessa diskuteras i det följande.

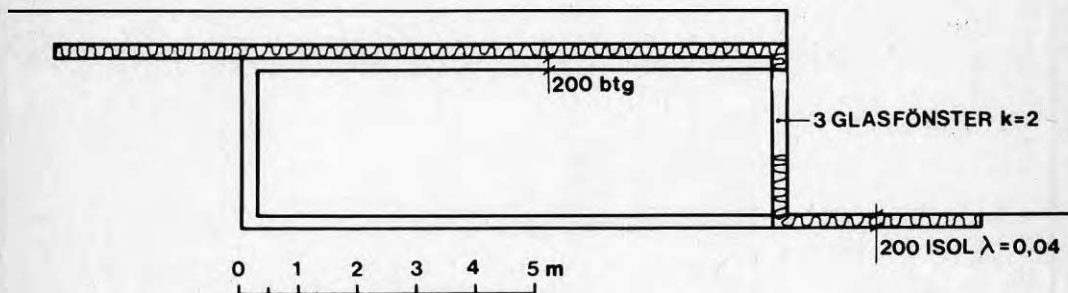
De gemensamma förutsättningarna för beräkningarna har varit klimatdata i form av temperaturdata för Härnösand och solstrålningsdata för Östersund. Husen har antagits vara orienterade mot söder med 10° horisontavskärmning. Beräkningarna har i huvudsak skett på månadsbasis vilket motiveras av husens stora termiska tröghet.

Med hänsyn till markförutsättningarna har antagits att enplanshusen är belägna på berg med värmelednings-talet = $3,5 \text{ W/m, } ^\circ\text{C}$ (gäller tomterna i Åryd) och tvåplanshuset på morän med = $2 \text{ W/m, } ^\circ\text{C}$. Vidare har förutsatts att inget rörligt grundvatten finns under husen. (Dräneringen runt husen, speciellt de på berg, måste utföras med tanke härpå.)

Önskvärd inomhustemperatur har antagits vara $+20^\circ\text{C}$. Ventilationen har antagits motsvara $0,5$ luftväxlingar per timme och basvärmen har antagits motsvara ett fyrpersoners hushåll.

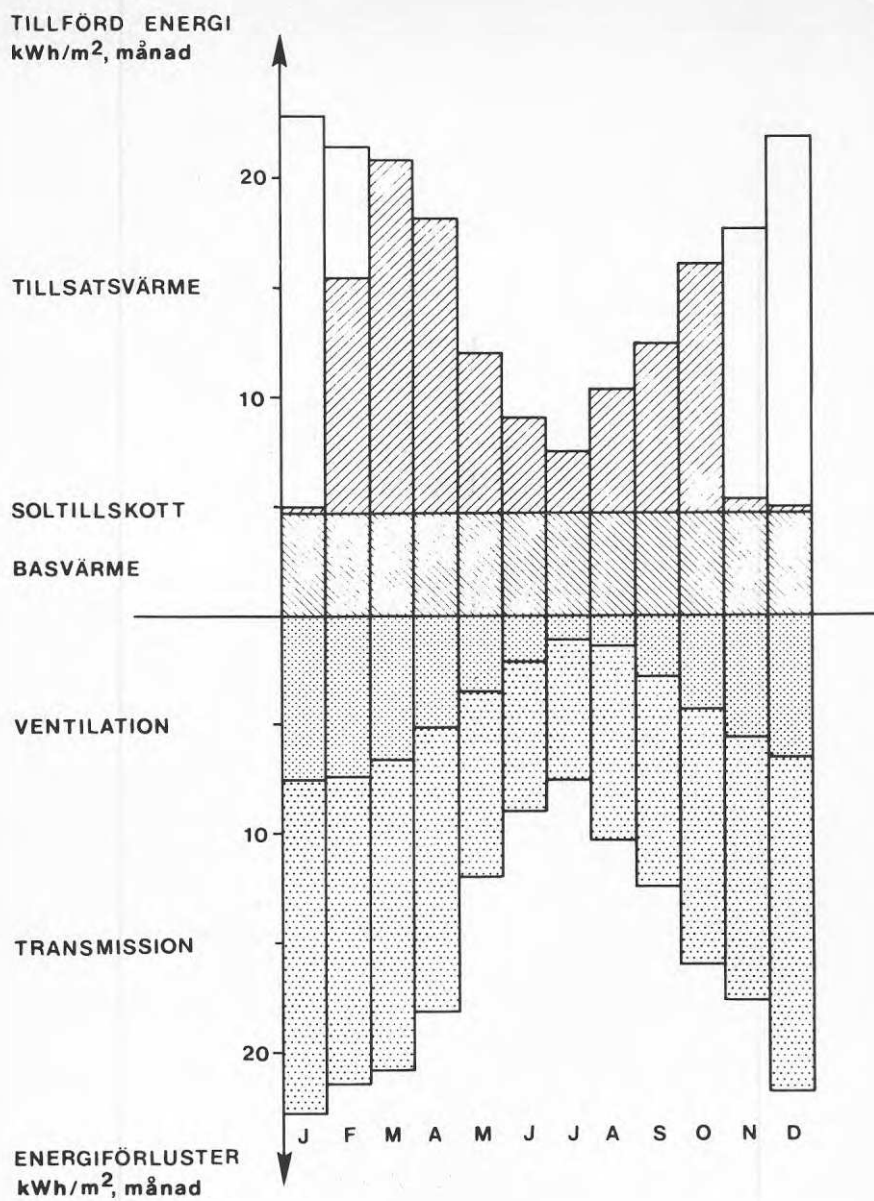
Beräkningsmodell

För energiomsättningsberäkningarna har använts en finit elementmodell, Tempfem, med vars hjälp temperaturfördelning och energiflöde i ett tvärsnitt genom huset och dess omgivning kan beräknas. En kortfattad manual för dataprogrammet återfinns i Bilaga 2.



Figur 2

Enplanshus, grundversion

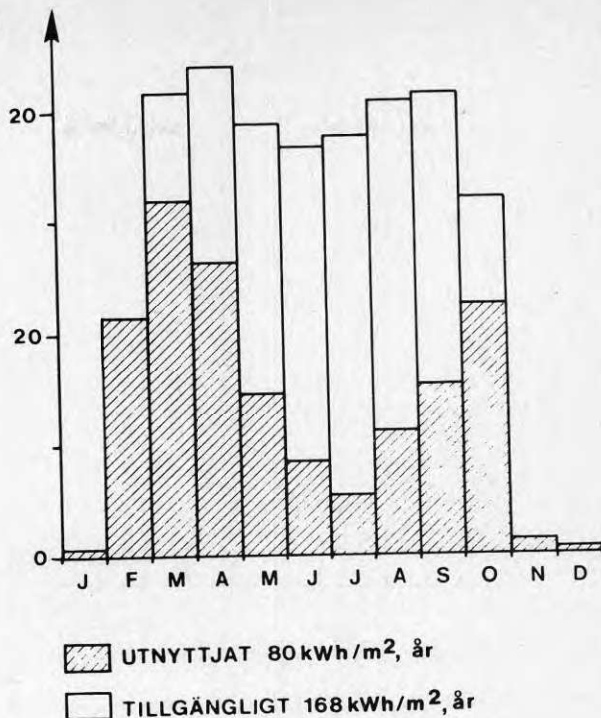


Figur 3

Beräknad värmebalans för enplanshus, grundversion
(kWh/m², månad)

Med modellen kan stationära eller transienta tvådimensionella värmeströmningsproblem simuleras. Värmeväxlingar och värmeväxlingar kan vara tidsberoende samt punktformiga eller diffusa. Randtemperaturen kan tillåtas variera med tiden. Värmeväxlingar och värmeväxlingstal kan vara temperaturberoende, varigenom tjälningförlopp i marken runt huset schematiskt kan simuleras.

SOLENERGI
kWh/m², månad



Figur 4

Omhändertagen solenergi, enplanshus, grundversion.
Fönsterarea 60 % av fasadarean.

Enplanshus, grundversion

Grundversionen utgör ett enplanshus med det horisontella "djupet" 8,5 m och med isolering enligt Figur 2 och med 0,5 m jordtäckte på taket. Underliggande mark utgörs av berg. Fönsterandelen i fasadväggen har antagits vara 60 %. Avskärmning av solinstrålning antas ske i den utsträckning som krävs enligt beräkningarna i det följande för att eliminera kylbehov sommartid. Av den infallande solenergin antas 50 % absorberas i golvet och 50 % reflekteras och absorberas i andra delar av rummet.

Värmebalansen i huset på månadsbasis redovisas i Figur 3. Det totala värmebehovet för huset är 190 kWh/m², år varav för ventilation åtgår 53 kWh/m², år (gäller alla versioner av hus). Värmebehovet tillgodoses med basvärme 56 kWh/m², år, solinstrålning 81 kWh/m², år och tillsatsvärme 53 kWh/m², år. Behov av tillsatsvärme föreligger under månaderna november t o m februari. Om värmeåtervinning i ventilationsluft sker till 50 % minskar behovet av tillsatsvärme till 40 kWh/m², år.

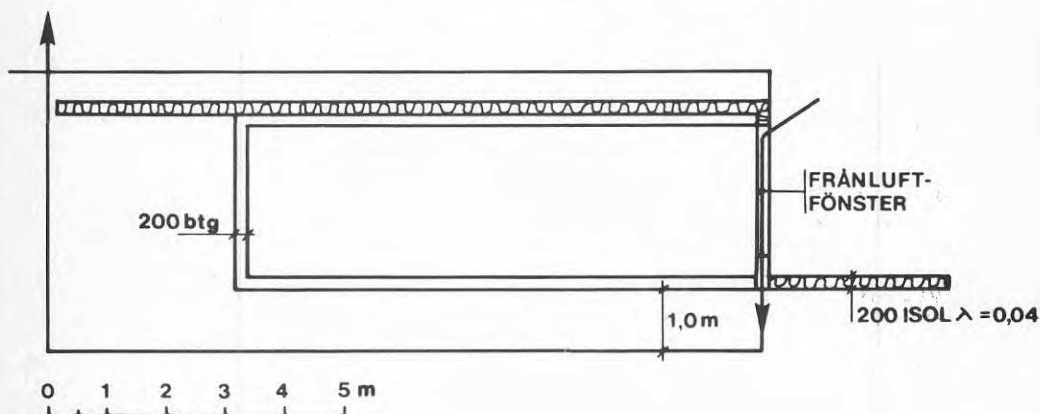
Den beräknade energibalansen förutsätter en med året varierande solavskärmning eftersom endast en begränsad del av tillgänglig solenergi kan utnyttjas. Tillgänglig resp utnyttjad solenergi redovisas på månadsbasis i Figur 4. Under månaderna november t o m februari sker ingen avskärmning. Under våren och sommaren ökar avskärmningen till ett maximum av 84 % under juli. För att den önskade värmebalansen ska uppnås bör därför varierbara solavskärmningar anordnas vilka justeras 1-2 ggr per månad.

Enplanshus utan jordtak

Det jordtäckta taket utgör genom sin tyngd en byggnadsteknisk komplikation. Av denna anledning har även studerats ett hus där jordtäckets ersatts med ytterligare 15 cm isolering. Ett sådant hus med konventionellt tak av tung konstruktion och kraftigt isolerat har en energiomsättning som är mycket likartad den hos grundversionen. Behovet av tillsatsvärme sjunker till och med något. Om arkitektoniska skäl ej talar för jordtäckes synes det därför ej finnas någon anledning att utföra detta.

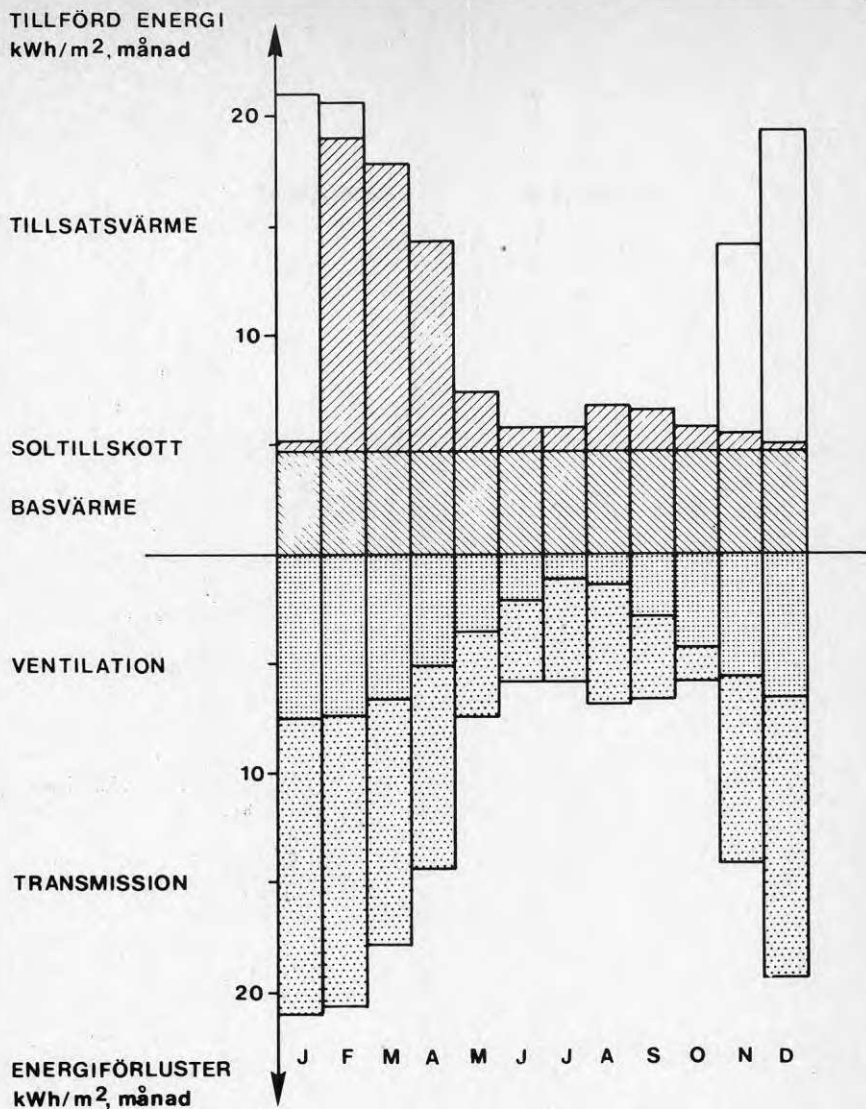
Enplanshus med värmelager

En stor del av den tillgängliga solenergin kan ej tillvaratas utan en mer aktiv säsongslagring än vad grundversionen medger. Detta har föranlett beräkningar för ett hus där marken under huset värms med varmluft från frånlufts-fönster, se Figur 5. För ett sådant hus behöver solavskärmning ej ske utan värmeflödet in i rummet regleras med luftflödet genom frånlufts-fönster och marklager. Alternativt, eller i kombination, kan även väggytor som ej upptas av fönster användas som solfångare. I exemplet nedan har antagits att 80 % av fasadväggen utnyttjas som solfångare.



Figur 5

Enplanshus med marklager och frånlufts-fönster



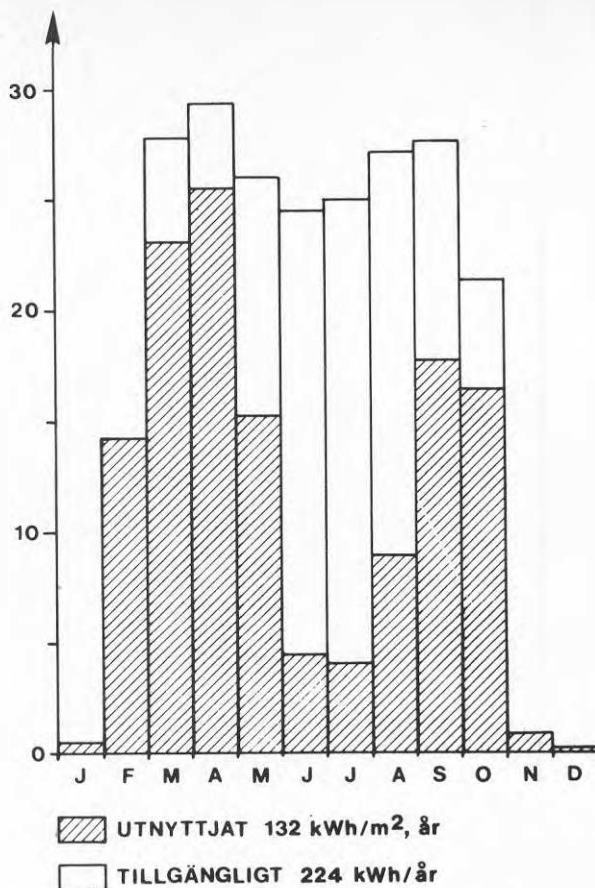
Figur 6

Beräknad energibalans för enplanshus med aktiv marklagring
(kWh/m², månad)

Laddningen av marklagret får dock ej drivas så långt att höga golvtemperaturer medför kylproblem i huset sommartid. I beräkningarna har antagits att laddning av lagret sker genom varmluftkanaler 1 m under husets golv. Urladdning av lagret sker genom naturlig värmetransmission uppåt mot själva huset och nedåt mot underliggande marklager.

I det följande redovisas beräkningsresultat för ett möjligt driftsätt av frånluftfönster och värmelager,

SOLENERGI
kWh/m², månad

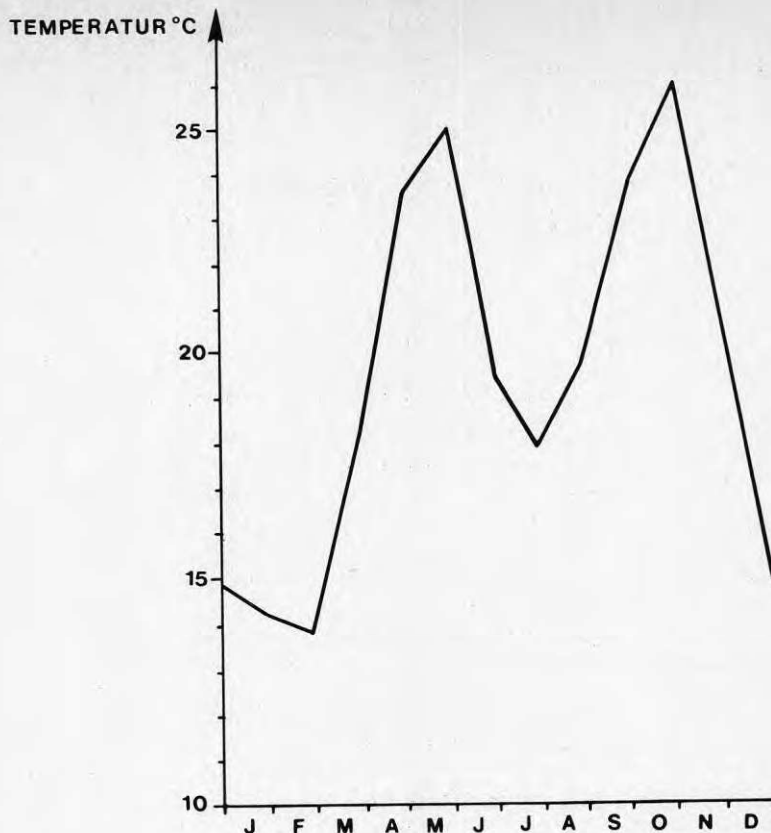


Figur 7

Omhändertagen solenergi, enplanshus med aktiv marklagring.
Fönsterarea 80 % av fasadarean.

där ett av målen varit att helt undvika kylbehov sommartid. Det är naturligtvis möjligt att finna andra driftsätt med en något större laddning av värmelagret som skulle kunna ge andra fördelar, men nedan redovisade slutsatser angående energiomsättningen i ett hus med värmelager torde ej påverkas.

Värmebalansen i huset på månadsbasis redovisas i Figur 6. Det totala värmebehovet för huset är 145 kWh/m², år (jfr grundversionen 190). Värmebehovet tillgodoses med basvärme 56 kWh/m², direkt solinstrålning till rummet (dvs ej via lagret) 49 kWh/m² och tillsatsvärme 40 kWh/m². Behovet av tillsatsvärme under februari har nästan helt eliminerats beroende på den ökade solinfångningen. Om värmeåtervinning i ventilationsluft sker till 50 % minskar behovet av tillsatsvärme till 27 kWh/m².



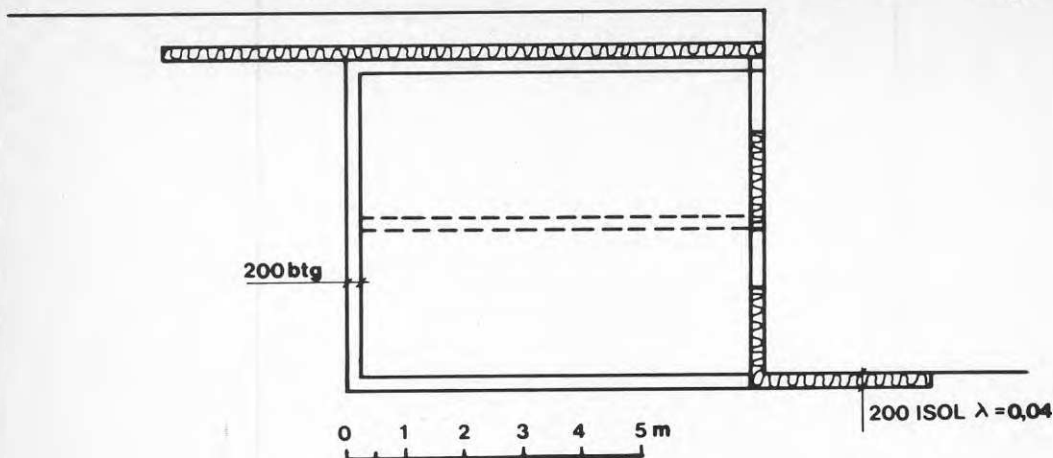
Figur 8

Temperatur i det aktiva marklagret under året (1 m under golvbjälklaget)

Figur 6 visar behovet av direkt solenergitillförsel till rummet. Härutöver utnyttjas även solenergi för laddning av lagret. Figur 7 visar totalt omhändertagen mängd solenergi (direkt rumsuppvärmning + lagring) för det studerade driftfallet jämfört med tillgänglig solenergi. Härav framgår att totalt utnyttjas 132 kWh/m², år av totalt tillgänglig mängd 224 kWh/m².

Att en större solenergi mängd ej kan utnyttjas beror på risken för alltför varma golv. Förhållandena illustreras i Figur 8 som visar temperaturvariationerna under året i centrum av värmelagret 1 m under golvet. Av figuren framgår att tillgänglig lagervolym ej är tillräcklig för långtidslagring. Lagret värms snabbt upp vid laddning men kyls sedan snabbt av och möjligheterna att täcka december och januari månads behov av tillsatsvärme är därför begränsade.

Det är tvivelaktigt om den uppnådda energivinsten motiverar merkostnaderna för utförande av frånluftfönster och värmelager.



Figur 9
Tvåplanshus

Tvåplanshus

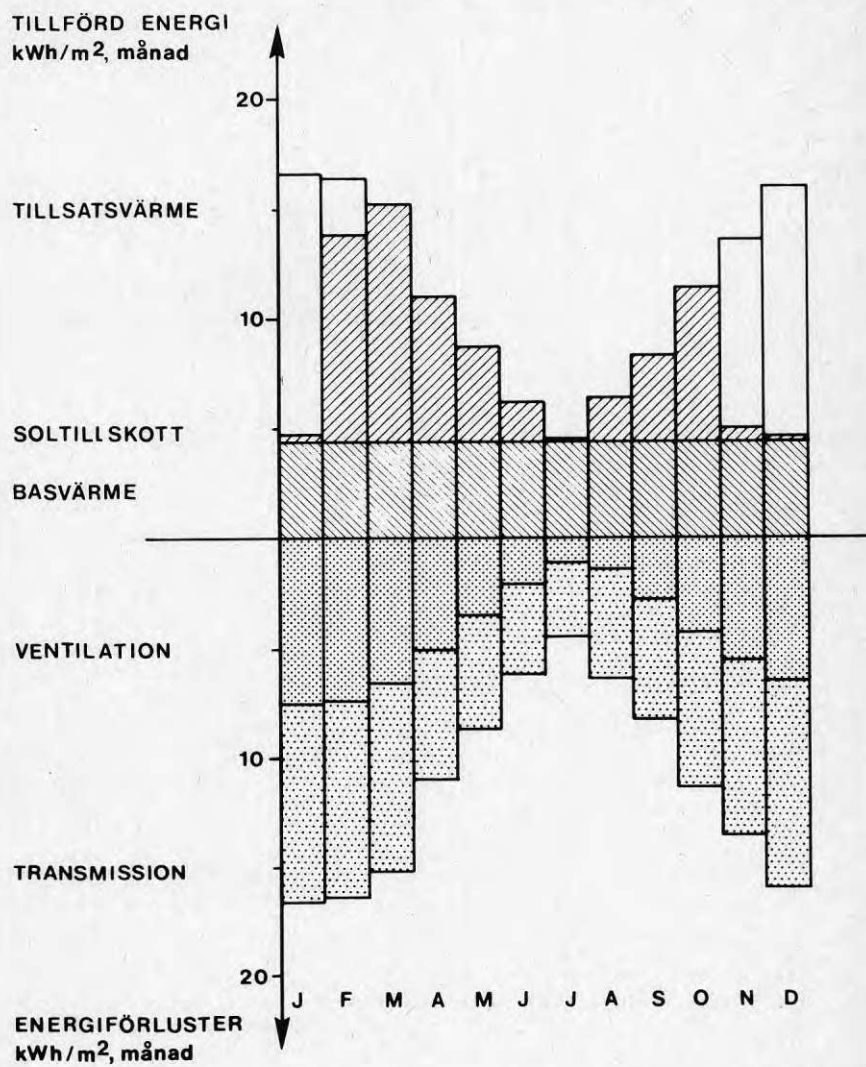
I Åryd gör terrängförhållandena ett tvåplanshus lämpligt. Beräkningar har därför genomförts för ett hus utan värmelager med tvärsnitt enligt Figur 9. Underliggande mark är här morän.

Den förhållandevis kompakta formen gör att fönsterarean kan minskas procentuellt sett. Beräkningarna har genomförts med 40 % fönsterarea av fasadväggen. Värmebalansen i huset på månadsbasis visas i Figur 10. Det totala värmebehovet för huset är 137 kWh/m², år. Värmebehovet tillgodoses med basvärme 53 kWh/m², soltillskott 49 kWh/m² och tillsatsvärme 35 kWh/m². Om värmeåtervinning i ventilationsluft sker till 50 % minskar behovet av tillsatsvärme till 21 kWh/m².

Figur 11 visar totalt omhändertagen solenergi med 40 % fönsterarea. Av totalt tillgänglig mängd på 146 kWh/m², år utnyttjas 49 kWh/m², år. Liksom för grundversionen av huset krävs en möjlighet att justera solavskärmningen under året.

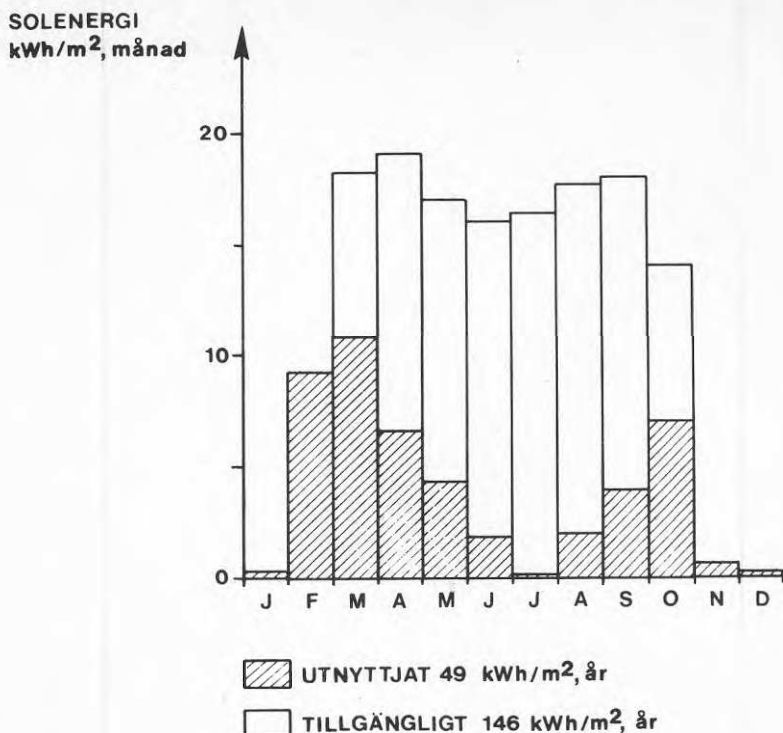
De från energisynpunkt gynnsamma resultaten för tvåplanshuset beror dels på den gynnsammare tvärsnittsformen ("formfaktorn") och dels på att värmeledningstalet är lägre för morän än för berg. Ett hus beläget i Åryd kommer dessutom att kräva ännu mindre energi eftersom klimatet där är gynnsammare än i Härnösand vars klimatdata genomgående använts i beräkningarna.

Den energivinst som kan uppnås med frånluftsfönster och aktiv värmelagring i marken under huset är mycket blygsam och knappast motiverad även om en större lagervolym än vid enplanshuset kan erhållas.



Figur 10

Beräknad värmebalans för tvåplanshus (kWh/m², månad)



Figur 11

Omhändertagen solenergi, tvåplanshus. Fönsterarea 60 % av fasadarean.

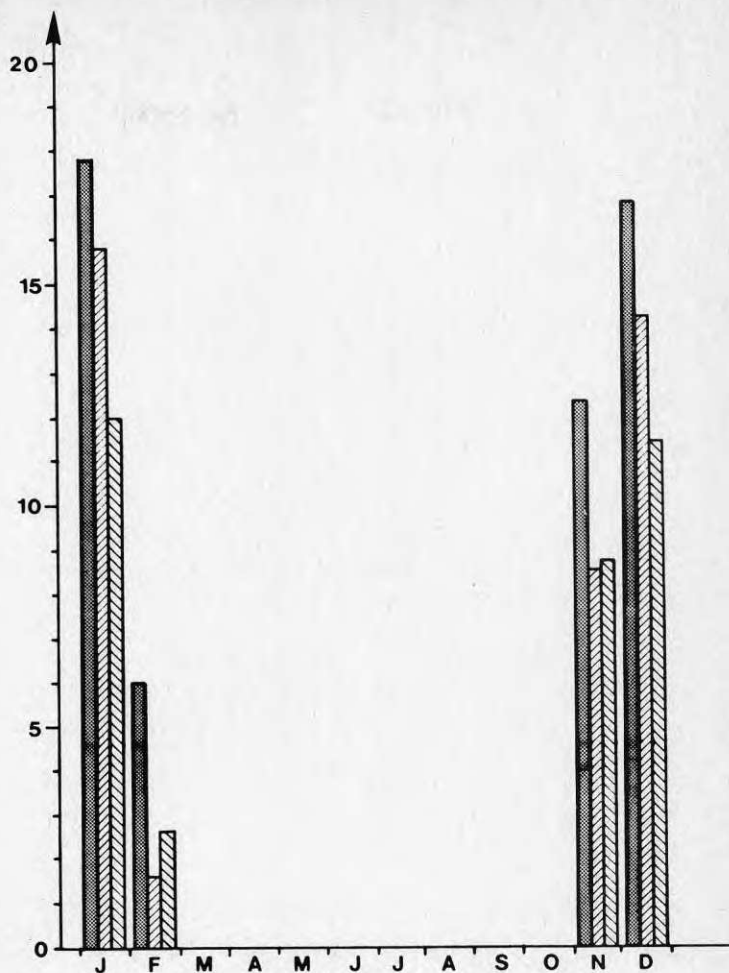
Diskussion av energiomsättningskaraktistika

En sammanfattande jämförelse av tillsatsvärmebehoven i de olika husen visas i Figur 12. Härav framgår att grundversionen är minst gynnsam. Samtliga studerade hustyper får dock betraktas som mycket energisnåla och besparingsåtgärder i form av värmelagring ger endast en blygsam energivinst.

Beräkningar har i huvudsak genomförts på månadsbasis vilket motiveras av husens stora termiska tröghet. En stor del av byggnadernas omslutningsytor gränsar mot jord i vilken temperaturen är praktiskt taget konstant under året. Detta förhållande framgår klart av Figur 13 som visar temperaturfältet runt grundversionen av huset den 1 juni resp 1 december. Skillnaderna är små utom närmast markytan.

Figur 14 visar effekterna av värmelagring under huset. I detta fall är temperaturen ofta högre i lagret än i själva huset. Om lagret laddas i lagom omfattning bör en hög komfort kunna uppnås i huset genom behagliga golvtemperaturer. Detta kan dock uppnås även i grundversionen genom framledande av ventila-

TILLFÖRD ENERGI
kWh/m², månad



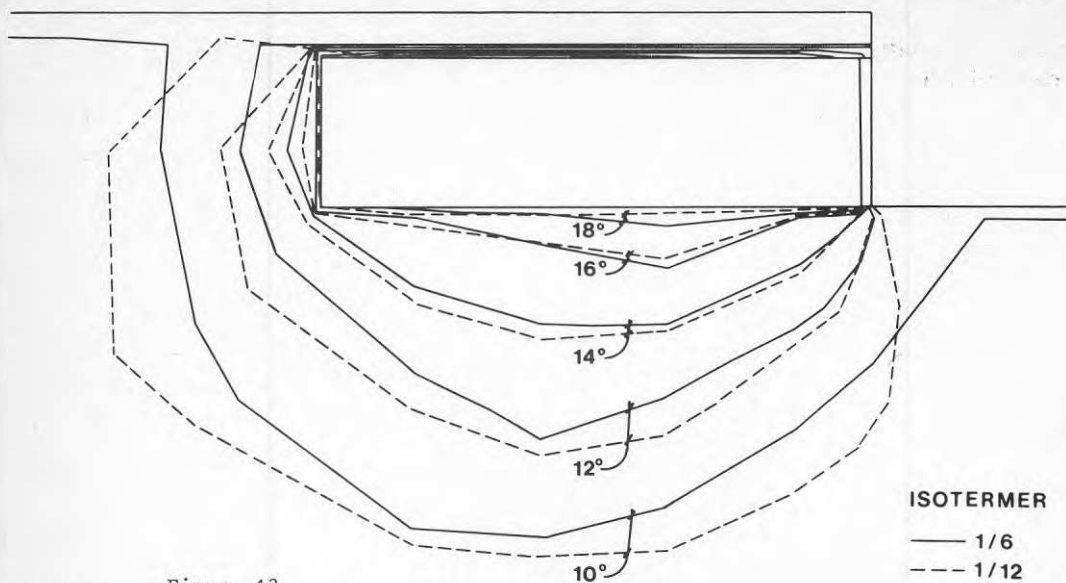
■ GRUNDVERSION TOTALT FÖR ÅR 53 kWh/m²
 ▨ HUS MED LAGER " " " 40 "
 ▩ TVÅPLANSHUS " " " 35 "

Figur 12

Behovet av tillsatsvärme för de tre studerade hustyperna

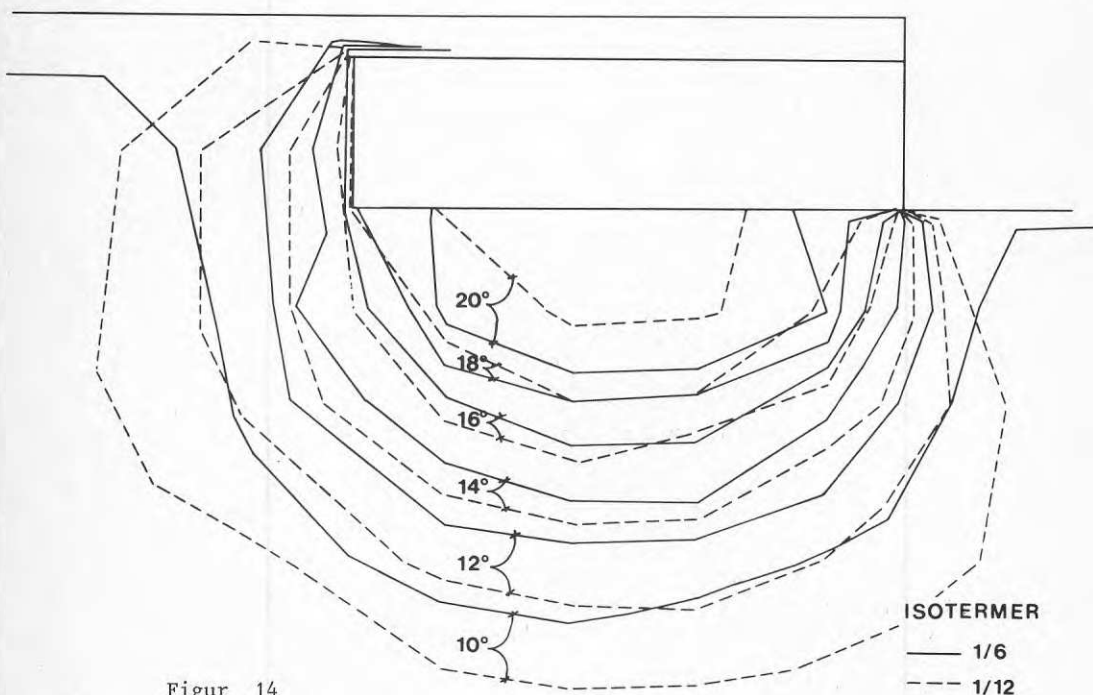
tionsluft/luftburen värme under ett övergolv. Ett enkelt golv skulle få en yttemperatur av ca 19°C.

Dygnsvariationer i husets klimat har ej studerats i dessa beräkningar. Dessa bör kunna utjämnas med hjälp av föreslagna värme- och ventilationssystem.



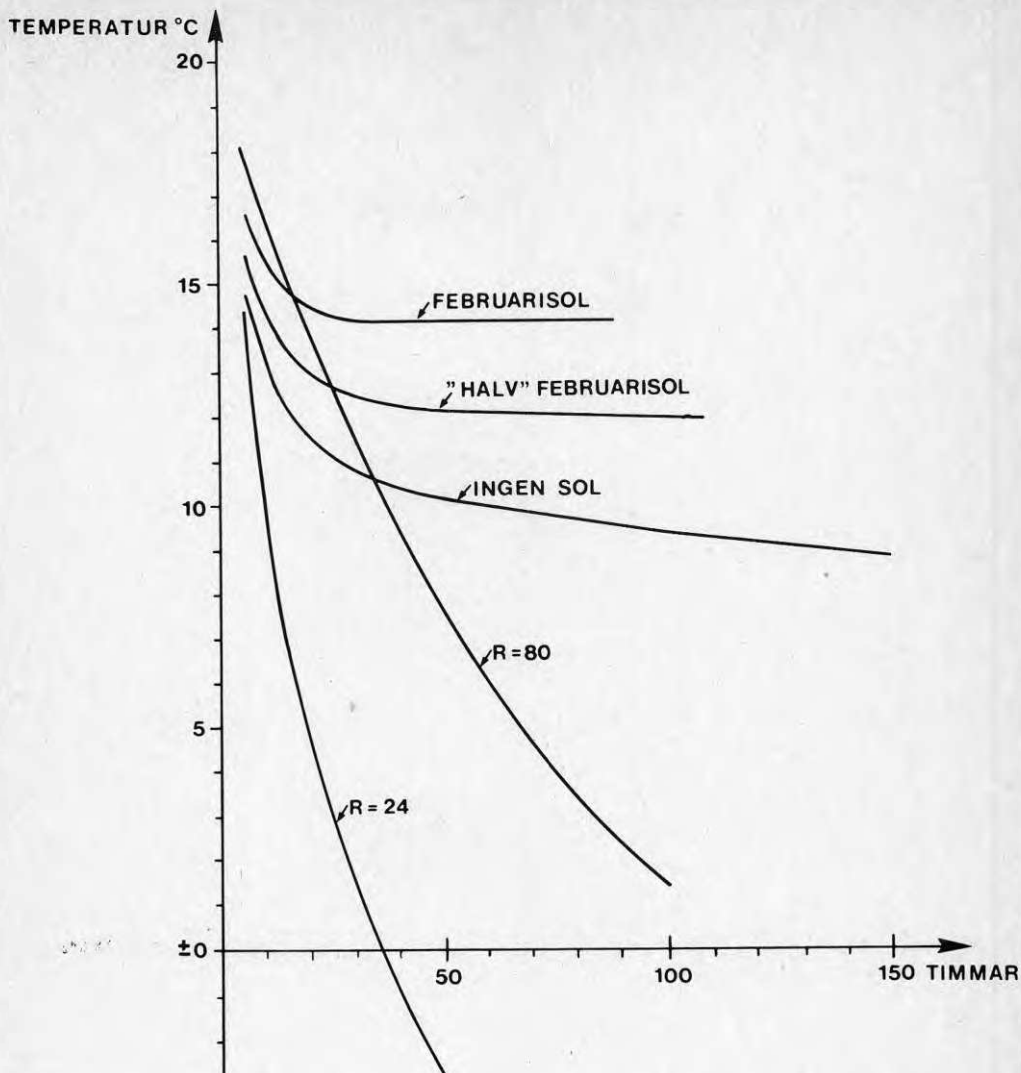
Figur 13

Beräknad temperaturfördelning i marken kring enplanshus, grundversionen, 1 juni och 1 december



Figur 14

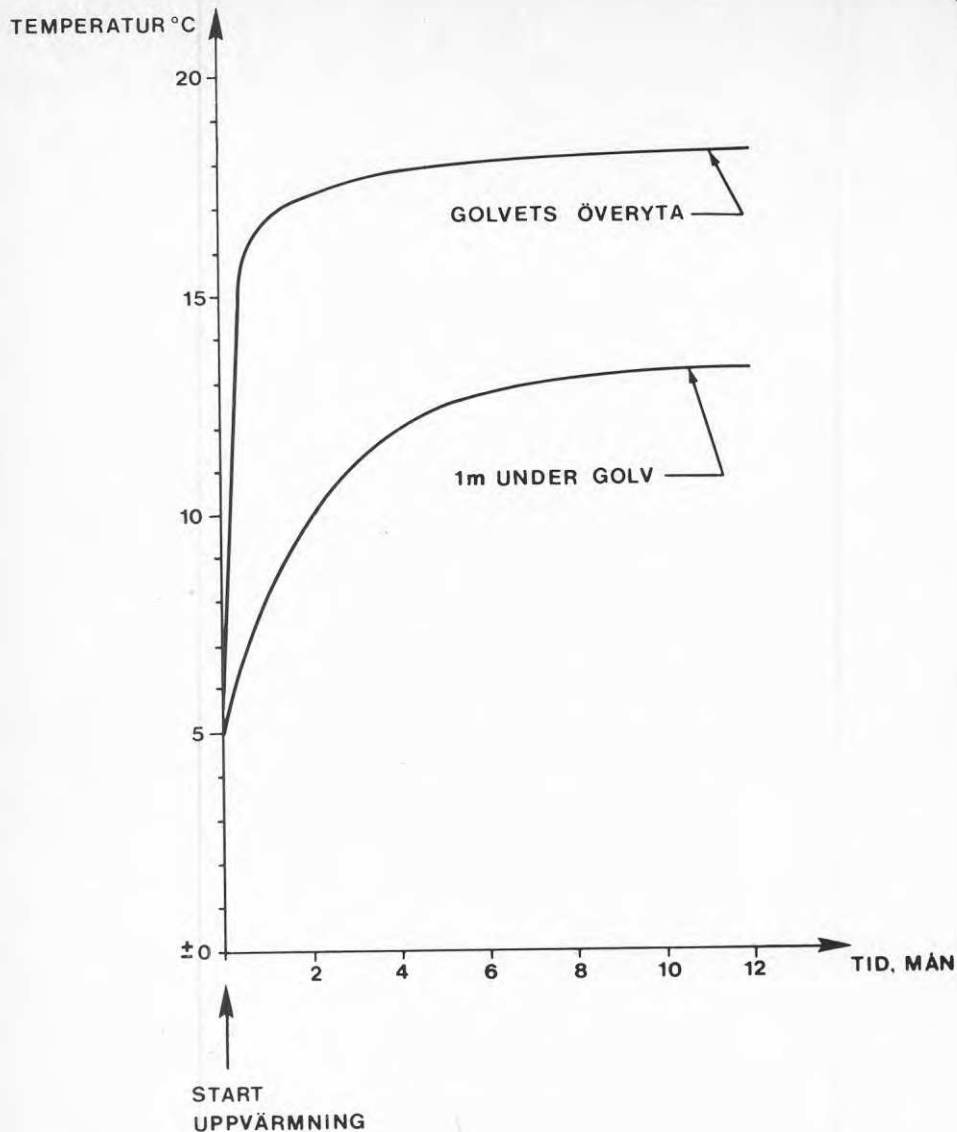
Beräknad temperaturfördelning i marken kring enplanshus med aktiv marklagring, 1 juni och 1 december



Figur 15

Beräknat temperaturfall hos enplanshus, grundversionen, från det ögonblick tillsatsvärmen slås ifrån. Utetemperaturen har antagits vara -6°C och ventilation om 0,5 luftväxlingar bibehålls. Motsvarande värden för trähus ($R=24$) och stenhus ($R=80$) uppförda i enlighet med SBN 80 anges

För bestämning av husets maximala värmeeffektbehov har husets tidskonstant bestämts. Inomhustemperaturen vid avstängd värmekälla sjunker ej logaritmiskt utan på sätt som framgår av Figur 15. Värdet på tidskonstanten ligger, beroende av hur lång tid man betraktar, i intervallet 100-400 h. Överslagsberäkningar visar att det kan vara rimligt att dimensionera för ett maximalt effektbehov som överstiger månads-



Figur 16

Beräknade temperaturförhållanden vid golvets överyta och 1 m under golvet från det ögonblick uppvärmning av ett enplanshus, grundversionen, påbörjas.

medelbehovet för kallaste månaden med 25 %, vilket för grundversionen av huset innebär ca 25 W/m^2 . Dimensionerande utetemperatur blir med de temperaturförhållanden som råder i Kramfors -13°C . (Att jämföra med LUT 1, som i Härnösand är -24°C .)

För att kunna jämföra det jordskyddade husets värmetröghet med den hos konventionella hus har i Figur 15 lagts in de temperaturfall som skulle ske i hus

med 24 resp 80 h tidskonstant. Under ca 1,5 dygn är det jordskyddade huset jämförbart med ett konventionellt tungt hus. För längre tidsperioder sker temperaturfallet i det jordskyddade huset däremot mycket långsammare.

Av betydelse för det praktiska genomförandet av ett husbygge är hur huset kommer att fungera under inledningsfasen efter färdigställandet. Beräkningar visar att huset även under de mest ogynnsamma omständigheter (kall jordtemperatur) kommer att snabbt närma sig ett dynamiskt jämviktsläge (3-4 mån), men att den sista delen av insvängningsfasen kan ta avsevärd tid och att golvttemperaturen i ett hus utan övergolv ännu efter 1 år ej nått högre än ca 18°C.

Slutsatser

Det studerade jordskyddade huset har i sin grundversion ett tillsatsvärmebehov av ca 50 kWh/m², år. Ett aktivt värmelager kan minska behovet med ca 30 % men detta innebär byggnadsmässiga fördyringar och en mer komplicerad driftstyrning. Återvinning av ventilationsvärme ger besparingar av minst samma storleksordning. Huset bör därför i första hand komma till utförande i sin enklaste version. (Se vidare avsnitt 4 "Aktiv värmelagring.")

Tvåplanslösningar innebär energibesparingar genom gynnsammare tvärsnittsform. Förläggning i morän är från energisynpunkt att föredra framför berg.

I samtliga studerade fall krävs att minst hälften av tillgänglig solenergi ventileras bort eller skärmas med en under året varierande solavskärmning.

Uppvärmnings- och ventilationssystem

Uppvärmningen av husen planeras ske med ett luftburet värmeförsörjningssystem. Detta medför ett antal direkta och indirekta fördelar.

Lågtemperaturuppvärmning med luftburet system karakteriseras av att cirkulerande luft för uppvärmning endast behöver ges en förhållandevis låg övertemperatur, maximalt (dimensionerande) ca 10° över rumstemperaturen. Därmed uppnås god flexibilitet inför framtida val av alternativa energikällor för värmeförsörjningen.

Med ett luftburet system faller behovet av ett traditionellt radiatorsystem bort. Detta ökar möblerbarheten och ger en bättre ytekonomi, som i sin tur innebär att en byggnad kan göras mindre med bibehållen boendestandard.

Ett luftburet system kan sommartid utnyttjas för kylning genom att sval nattluft får cirkulera genom huset.

Tilluften kan filtreras, vilket för personer som besväras av allergier är av stort värde. Med ett s k elektrofilter kan luften göras praktiskt taget helt dammfri.

Ett luftburet system ger möjligheter till individuell reglering av temperaturen i olika rum. I de flesta undersökningar anges 20-21°C som lämpligaste inomhus-temperatur. Värdet är dock inte generellt utan varierar från individ till individ. Barn vill t ex ha något lägre temperatur och äldre något högre. En naken människa i vila behöver ca 27°C. Ett kök bör hålla en temperatur på kanske 19°C medan ett vardagsrum eller arbetsrum kräver ca 22°C, eftersom den idealiska temperaturen beror av det arbete som sker i ett rum. Önskar man vistas naken i ett badrum kan temperaturer mot 27°C behövas medan en annan gång, när man handtvättar i samma badrum, 20°C är mer lämpligt. Önskad temperatur i sovrum varierar mellan olika människor.

Med ett lågtempererat värmesystem minskar risken för överdrivna vädringar genom att systemet återställer normal rumstemperatur tämligen långsamt, dvs långdragen vädring påverkar komforten märkbart.

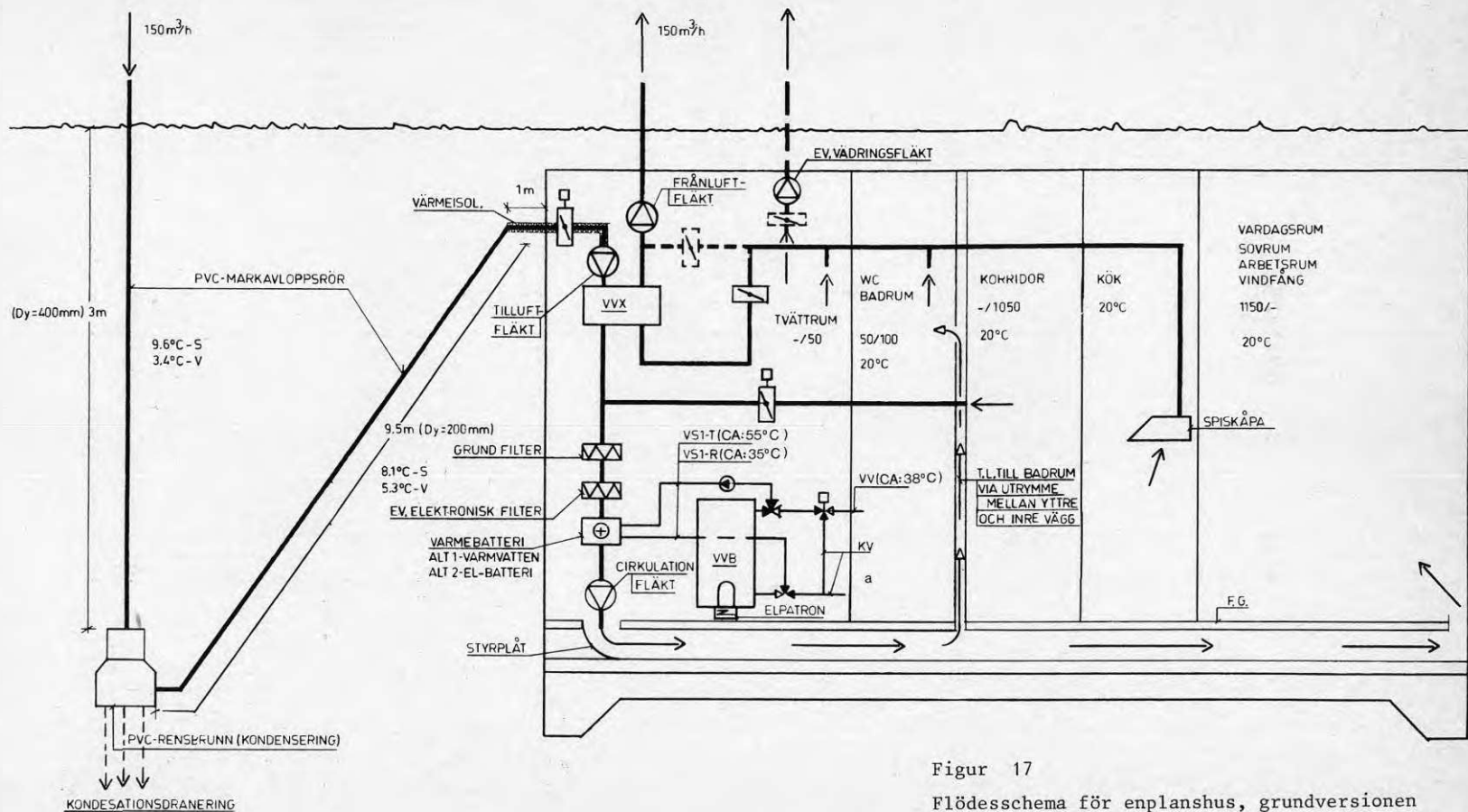
Med luftburna system kan luftfuktigheten på enkelt sätt regleras individuellt. Människan kan normalt anpassa sig till stora variationer hos den relativa ånghalten (relativa fuktigheten), från 90 % till ca 20 %. Vid lägre fuktighet blir andningsvägarna torra. Astmatiker behöver dock en högre och därtill jämn fuktighet. Samma sak gäller barn med falsk krupp.

Lufttillförsel

I Figur 17 visas schematiskt hur luft förs till och från huset. Sommartid behöver luften avfuktas för undvikande av kondens i golvbjälklaget. Tilluften leds genom ett nedgrävt rör. Den omgivande låga marktemperaturen kyler ned luften, varvid fukt faller ut. Kondensatet rinner ned i en rensbrunn med dränerad botten.

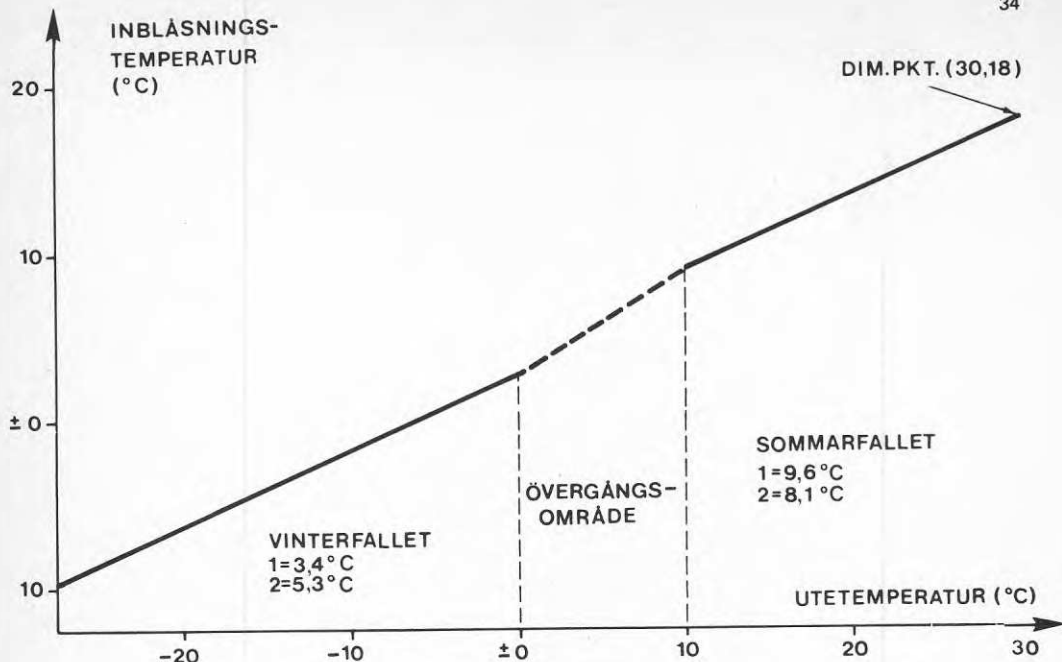
Vintertid kommer luften på motsvarande sätt att förvärmas. Den jordmassa som omger tilluftsröret kommer följaktligen att kylas ned vintertid men åter värmas sommartid, en form av värmeväxling. Man skulle kunna överväga att vintertid leda frånluften från huset via ett rör som ligger nära (omedelbart ovanför) tilluftsröret för att ytterligare förbättra förvärmningen.

Luftintaget är dimensionerat för en utelufttemperatur av +30°C och inblåsningstemperatur av +18°C vid luft-



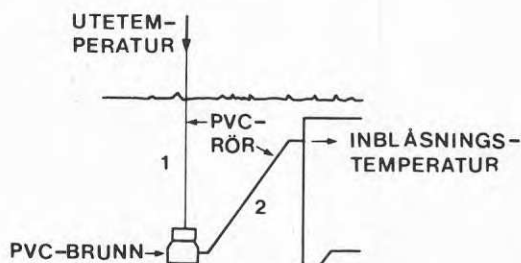
Figur 17

Flödesschema för enplanshus, grundversionen



Figur 18

Årsprofil över tilluften
vid luftmängden $150 \text{ m}^3/\text{h}$



1 OCH 2=JORDENS MEDELTEMP

mängden $150 \text{ m}^3/\text{h}$. Se figur 18. Luftintaget förses med värmeisolering ett antal meter utanför husets yttervägg för att inte den uppvärmda jordmassan kring huset ska kylas ned vintertid.

Värmeförsörjning

Huset uppvärms med varmluft, som antingen kan tillföras via kanaler i takbjälklaget eller via ett varmluftsgolv. Den luftmängd som krävs ur ventilationssynpunkt är otillräcklig, varför ett system med recirkulerande luft behövs. Det är önskvärt att den övertemperatur, som den värmebärande luften har, inte är högre än nödvändigt. Luftmängden (och inblåsningshastigheterna) får å andra sidan inte vara så stora att besvärande drag uppstår. För ett hus om ca 120 m^2 bostadsyta bör den recirkulerande luftmängden ej överstiga ca $1\ 000 \text{ m}^3/\text{h}$.



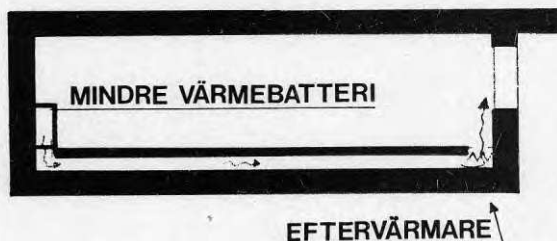
Figur 19

Tillförsel av värme via ett varmluftsgolv, grundalternativ för enplanshus

Som grundalternativ för ett enplanshus förordas att den värmda luften tillförs rummen via ett varmluftsgolv och don under fönstren samt i badrummens vägg. Luften kommer att vara övertempererad, inblåsningstemperaturen behöver vid dimensionerande utetemperatur vara ca $+30^{\circ}\text{C}$.

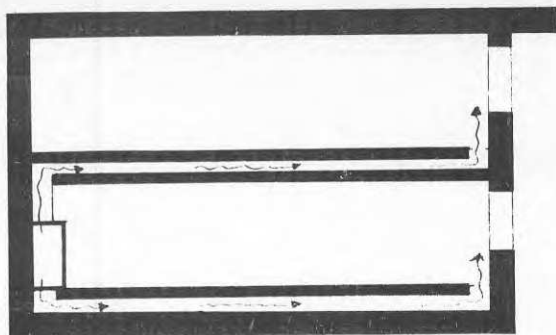
Detta innebär ett problem genom att temperaturskillnaden mellan betongplattans överyta och markytan kring huset ökar med upp till 10°C (från 14° till upp till 24° räknat på markens årsmedeltemperatur). Husets värmeförluster genom transmission kommer därmed under uppvärmningssäsongen att öka i motsvarande grad. Eftersom transmissionsförlusternas andel av de totala värmeförlusterna är av storleksordningen 15 % kommer emellertid en ökad temperaturdifferens inte att få alltför stora konsekvenser. Det bör dock vara motiverat att minska dessa förluster genom att lägga ut en isolermatta av 5-7 cm tjocklek på betongplattan. Innergolvets temperatur får å andra sidan av komfortskäl inte överstiga $+27^{\circ}\text{C}$.

En alternativ lösning är att recirkulera luft genom golvplattan med en temperatur kring eller något över 20°C , med syfte att motverka kalla golv. Vid inblåsningstillena värms luften upp via värmekabel eller annat slag av eftervärmare, så att den önskade lufttemperaturen uppnås. Om värmekabel utnyttjas får



Figur 20

Tillförsel av värme med $20-21^{\circ}\text{C}$ luft via varmluftsgolv som eftervärms vid inblåsningstillena



Figur 21

Tillförsel av värme via varmluftsgolv i såväl golv- som mellanbjälklagen

spänningen i denna ej överstiga 50 V. Önskas möjligheten att individuellt reglera temperaturen i olika rum fordras en transformator för varje rum. Alternativet är kostnadskrävande.

I 2-planshus kan grundalternativet utnyttjas varvid även mellanbjälklaget förses med varmluftkanaler. Ytterligare lösningar och kombinationer av olika lösningar är möjliga.

Värmekällan till det värmebatteri som värmer tilluften kan utgöras antingen av ett el-batteri eller varmvatten. Om alternativet med varmvatten väljs utnyttjas tappvarmvattnet som värmekälla. Värmebatteriet dimensioneras som ett lågtemperatursystem med tilloppstemperatur av ca +55°C. Därav följer att separata värmeledningar inte behövs, vilket sänker anläggningskostnaderna. (Av detta skäl föreslås inte vattenburen värme för de ovan nämnda eftervärmarna.) För att få en jämn blandning av tilluften och den recirkulerande luften bör en cirkulationsfläkt placeras efter värmebatteriet. Denna placering innebär samtidigt att värmebatteriet kan utnyttjas mer effektivt.

Ventilation

Den föreslagna ventilationen är balanserad, av s k FT-typ. Denna form av ventilationssystem kännetecknas av hög luftkvalitet samtidigt som en effektiv värmeåtervinning blir möjlig.

Med hänsyn till att den luft som ingår i marklagren runt huset kan innehålla oacceptabelt höga halter av radioaktiva partiklar, såsom torium -232, radium -226 och kalium -40, kan möjligheterna till inläckning via sprickor i betongplattan m m behöva utslutas. Detta kan ske genom att ett litet övertryck inne i huset relativt lufttrycket i marken upprätthålls,

dvs tilluftsmängden görs större än frånluftsmängden. Detta får dock till följd att den balanserade ventilationens fördelar ej till fullo kan utnyttjas. Man bör i sammanhanget notera att den mycket stora täthet som uppnås genom jordskydd får till följd att den ofrivilliga ventilationen vid blåst blir liten.

För det nämnda huset om ca 120 m² bostadyta behöver ca 150 m³ luft/h omsättas. Denna luftmängd skall ej förväxlas med de upp till 1 000 m³/h som krävs för uppvärmningen. Tilluften blandas dock i värmeaggregatets blandningskammare med luft från retursystemet.

Värmeinnehållet i frånluften bör i möjligaste mån återvinnas genom någon form av värmeväxling till tilluften. Detta kan ske på olika sätt.

1. Någon särskild värmeväxlare utnyttjas ej. Förvärmningen av tilluften i det nedgrävda tillufts-röret får utgöra den enda värmeväxlingen. Värmebatteriet behöver i detta fall ges större dimension än vid följande alternativ, då toppbelastningen (effektbehovet) i detta fall är störst.
2. Alternativ 1 kompletteras med ett frånluftsrör som placeras i ledningsgraven ovanför tillufts-röret. Med denna placering kommer tilluften fortfarande att nedkylas och därmed avfuktas sommartid. Vintertid ökar förvärmningen av tilluften. Dock kan sotningspliktiga kanaler enligt SBN 80 ej anslutas till detta system, vilket innebär att varm köksluft ej tas tillvara.
3. Frånluften bortföres via spiskåpa och våtrum till en värmeväxlare där värmeinnehållet i frånluften återvinnes. Värmeväxlaren kan vara av två typer:

Heat-pipeväxlare, som arbetar med ett tvåfasmedium, freon. Sommartid, när någon värmeväxling inte är önskvärd, sker ingen värmetransport i Heat-pipeväxlaren.

Plattvärmväxlare, i vilken frånluftens värmeinnehåll förs över till tilluften via ett lamellbatteri. Växlarinsatsen måste tas ur sommartid eller, alternativt, en spjällfunktion läggs in.

Skulle innetemperaturen sommartid tendera att bli för hög, den installerade FT-ventilationens fläktar till trots, kan en vädringsfläkt installeras. Med denna kan tilluftsflödet ökas så att t ex kylning med kall nattluft kan utnyttjas.

Luftmängden genom golvbjälklaget hålls över en bestämd lägsta gräns. Regleringen sker med ett motoriserat spjäll i returluftkanalen.

Med tanke på att luftmängder upp till 1 000 m³/h återförs till bostadsutrymmena bör ett grundfilter placeras efter blandningskammaren. Om höga krav på luftrenhet behöver ställas, kan ett elektroniskt filter installeras efter grundfiltret.

Övrigt

Ur VVS-synpunkt skiljer sig inte ett jordskyddat hus i något principiellt avseende från konventionella hus. Som nämnts bidrar jordtäckningen till att husen blir mycket täta. De har också en mycket förmånlig form ur aerodynamisk synpunkt, varför påverkan av vindar totalt sett är mycket låg. Förutsättningarna för god funktion hos luftdistributionssystemet är därmed större än hos ett konventionellt hus.

Det har visat sig att de största enskilda förlusterna hos energisnåla hus sker genom avloppsvattnet. För att kunna ta vara även på en del av denna värme, skulle avloppsvattnet, utom WC-avlopp, kunna ledas genom gjutjärnsrör under huset, gärna med viss fördröjning, varvid den värmekudde som utbildas i jordmassorna får ytterligare ett bidrag.

Arkitektskisser

Av topografiska skäl kan husen i Gallsätter förutsättas bli uppförda i ett plan medan husen i Åryd lämpligen uppföres i två plan. För båda områdena gäller att husen skall kunna finansieras med hjälp av statliga bostadslån och att de till storlek och innehåll överensstämmer med vad som kan uppfattas som normal standard i respektive områden.

Det har inte varit en målsättning att i detta skede ta fram förslag till färdiga lösningar av husen. Kontakter med presumtiva byggherrar eller boende har heller ej inkluderat sådana aspekter. I stället har arbetet ur arkitekt- och landskapssynpunkt haft följande målsättningar:

- ange rimliga program för husens funktion och innehåll
- omsätta programmen i huskroppar och orientering som underlag för energiberäkningarna och utformningen av uppvärmnings- och ventilationssystemen
- diskutera huskropparnas uppbyggnad ur byggnads-ekonomiska och boendeaspekter
- analysera konsekvenserna av jordtäckning ur mark- och landskapssynpunkt

- diskutera byggnadsutformning i för jordtäckning speciella avseenden som värmeisolering, fuktisolering, dränering, fönsterutformning, bjälklag m m
- m m

Nedan presenteras arbetet med hjälp av skisser och kommentarer. Flertalet frågor är generella varför någon strikt uppdelning av de två projektområdena inte görs. Dock utgår de flesta illustrationerna från Årydsprojektet eftersom markbehandlingsproblemen accentueras vid en tvåplanslösning.

Lokalprogram för enbostadshus i Gallsätter

Enbostadshuset i Gallsätter har förutsatts bli utnyttjade av ett hushåll bestående av två förvärvsarbetande vuxna med två barn. Även mindre hushåll kan bli aktuella såsom två äldre utan hemmavarande barn.

Som riktvärde för ett färdigt hus har antagits 3½-4 RK med uppvärmd area om maximalt 120 m² bruttoarea. Utrymmes- och funktionskrav enligt SBN 80 skall uppfyllas. Lägenheten skall vara anpassad för rörelsehindrade med avseende på kommunikationer och planmått.

Tillbyggnadsmöjligheter bör studeras och kan eventuellt tillgodoses i en fristående, gärna jordskyddad, byggnad. Exempel på lokaler inom en tillbyggnad är gästrum-/arbetsrum, bastu, förråd, vedbod, snickarverkstad/-hobbyrum, garage/carport.

<u>Lokaler</u>		<u>Rumsarea</u> <u>(m²)</u>
Entré	Förstuvist/motsvarande Vindfång (min 1,3x1,3)	2
	Rejäl entréhall med förvaringsutrymmen (del av förvaring enligt nedan)	6
Kök	Enligt SBN 80 för lgh 2½-3½ RK	
Matplats		
Samvarorum	Enligt SBN 80 min 20 m ² Samordnas med matplats och kan ev minskas Vedspis/motsvarande	20
Föräldrasovrum		12
Sovrum	2 rum à 7-10 m ²	15-20
Hygien	Klosett, tvättställ, badkar/dusch	3,5
	Klosett, tvättställ	2

Tvättstuga	Tvättbänk 1,0 m Tvättmaskin 0,6 m Utrymme för torkställning (Placering i anslutning till torkställning (Placering i anslutning till entréhall och kök.)	6
Förvaring	Högsåp/motsv 4,8 löpm Städ 0,6 löpm Förråd (ev kallförråd)	3,5 7
Teknikrum	Erforderlig yta beror av tekniska system	

Tomter och hus i Gallsäter

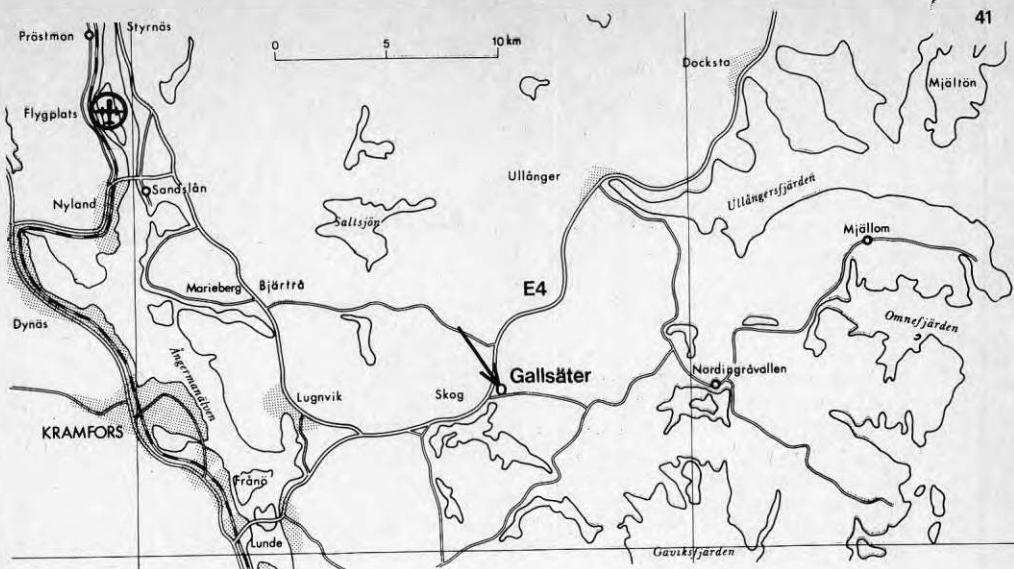
Gallsäter är en liten jordbruksby invid väg E4 ca 2 mil norr om Sandöbron och Ångermanälven, se fig xx. Samtidigt som södra tillfartsvägen till Höga Kustenområdet ansluter till E4 vid Gallsäter passeras Gallsäter speciellt sommartid av de bilburna turisterna på väg mot norra Sverige. Vid vägkorset mot Höga Kusten har vuxit upp en köpknut med bensinstation och motell samt några lågprisbutiker med ett sortiment som delvis anknyter till småindustrin inom kommunen.

De studerade tomterna ligger väl till för att kunna utgöra demonstrationsprojekt för allmänheten. Närmaste grannen och initiativtagaren Sven Edström har på den egna tomten uppfört ett vindkraftverk om ca 40 kW anslutet till kommunens kraftleverantör.

På för denna trakt traditionellt sätt ligger bostads- husen i huvudsak samlade på de högre terrängpartierna, medan den lägre, fuktiga och bördiga marken sparas för jordbruket. De tre tomterna ligger följaktligen insprängda mellan befintliga hus högt uppe på en skogbevuxen höjd, se fig. Husen får fritt, soligt läge med milsvid utsikt. Den bakomvarande skogen ger skydd för vinterns kalla norrvindar, men uteplats- er måste skyddas mot vindar från väst, syd och ost.

Tomtmarken utgörs delvis av gammal hagmark med berg i dagen på vissa ställen. Marken sluttar mot sydsyd- väst i lutning 1:10. Enplanshus bör kunna placeras in i terrängen på sådant sätt att man med endast mindre markuppfyllnad kan ge husen önskat jordskydd. Den forna hagmarkens miljö bör göra det möjligt att med planteringsåtgärder på ett enkelt sätt förankra de jordskyddade husen till omgivningen. Vegetation och jordvallar i kombination kan ge uteplatserna önskat vindskydd samtidigt som besvärande snöfickor vintertid måste motverkas.

Som underlag för tekniska överväganden och beräkningar har legat ett hus enligt fig. I detta skede har inga kontakter tagits med nyttjare till husen. Skissen redovisar ett enplans enbostadhus om ca 115 m² netto- area. För att motverka känslan av enkelsidigt hus



Figur 22

Översigtskarta varur framgår Gallsäters läge vid E4 och infarten mot Nordingrå och Höga kusten



Figur 23

Grundkarta över tomtområdet i Gallsäter.

och även ta tillvara tomternas utsiktsmöjligheter är ena gaveln uppglasad. Mot denna gavel redovisas en uteplats skyddad mot både vindar och insyn.

Planlösningar uppfyller kraven enligt lokalprogrammet. Huset är utformat med en del för måltider och umgänge samt en lugnare del för vila och enskilda sysslor. De båda husdelarna skiljs åt av entréhallen med tvätt-rum och extra wc. Entrén är försedd med vindfång. Ett praktiskt attribut i Norrland är den öppna förstuvkisten med tak.

Skissen redovisar kök och vardagsrum inom en sammanlagd yta om ca 42 m². Denna yta har fördelats på ett stort kök för matplats och samvaro samt ett mindre rum för lugnare samvaro och TV-tittande. I det stora bostadsköket kan familjen, där båda föräldrarna har arbete utanför hemmet och där barnen går i skolan under dagen, träffas och umgås i samband med kvällsmålet. Bostadsköket är också förankrat i en lokalt levande tradition. Om så önskas kan köket minskas och vardagsrummet göras större.

Tomtförutsättningar i Äryd

Det i Äryd disponibla området fyller flera grundläggande krav för jordskyddad bebyggelse. Tomten har ett fritt läge i söderslutning med lutningar på 1:3, 1:4 och 1:5.

Nivåskillnaderna är sådana att området bör bebyggas med hus i två våningar.

Grundförhållandena är goda. Vid den preliminära grundundersökningen påträffades inget berg, marken utgörs av fast lagrad morän och problem med grundvatten synes ej föreligga.

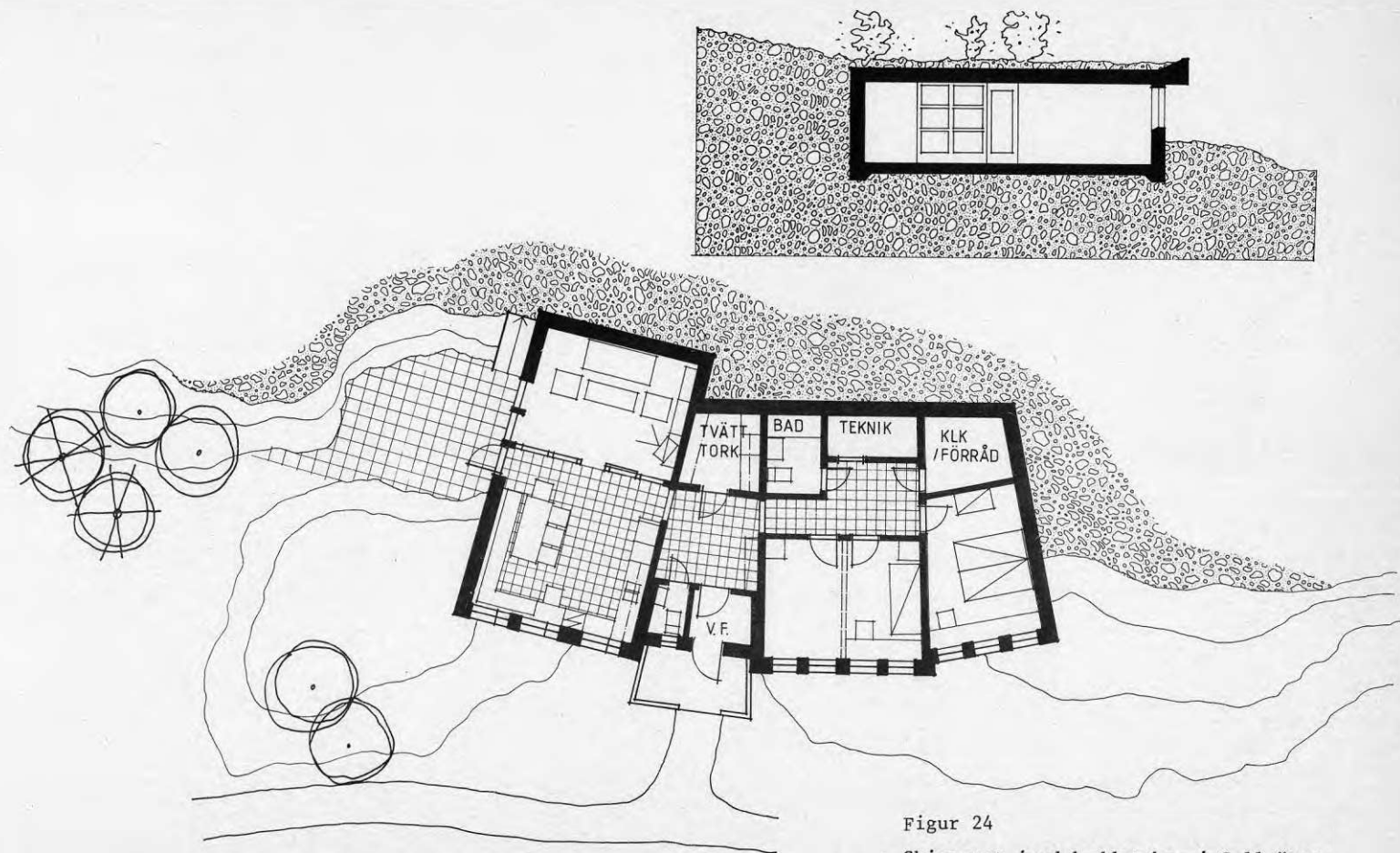
Norr om tomten finns ett kraftigt barrskogsparti. Vindarna är i huvudsak västliga, men under våren (febr-maj) utgör ost-sydostliga vindar ett markant inslag.

Ca 55 % av vindarna har en hastighet av 1-2 m/s. 15 % utgör lugnt väder och lika stor tid ligger vindhastigheterna i intervallet 3-5 m/s.

November + 2,8°

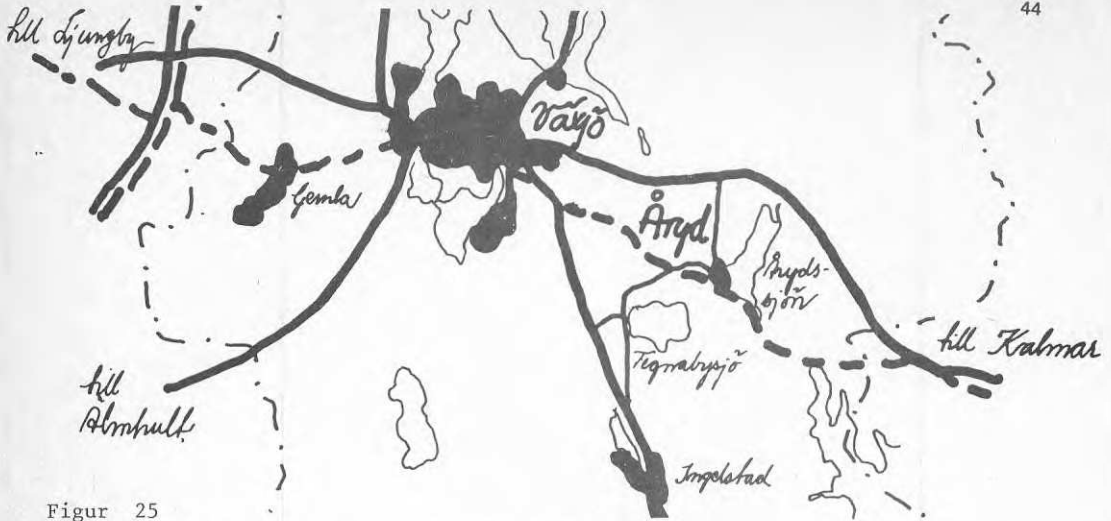
Årsmedeltemperaturen är +6,5°C.

Då tomten ligger i direkt anknnytning till tätorten finns också förutsättningar för goda sociala kvaliteter - en brukaraspekt.



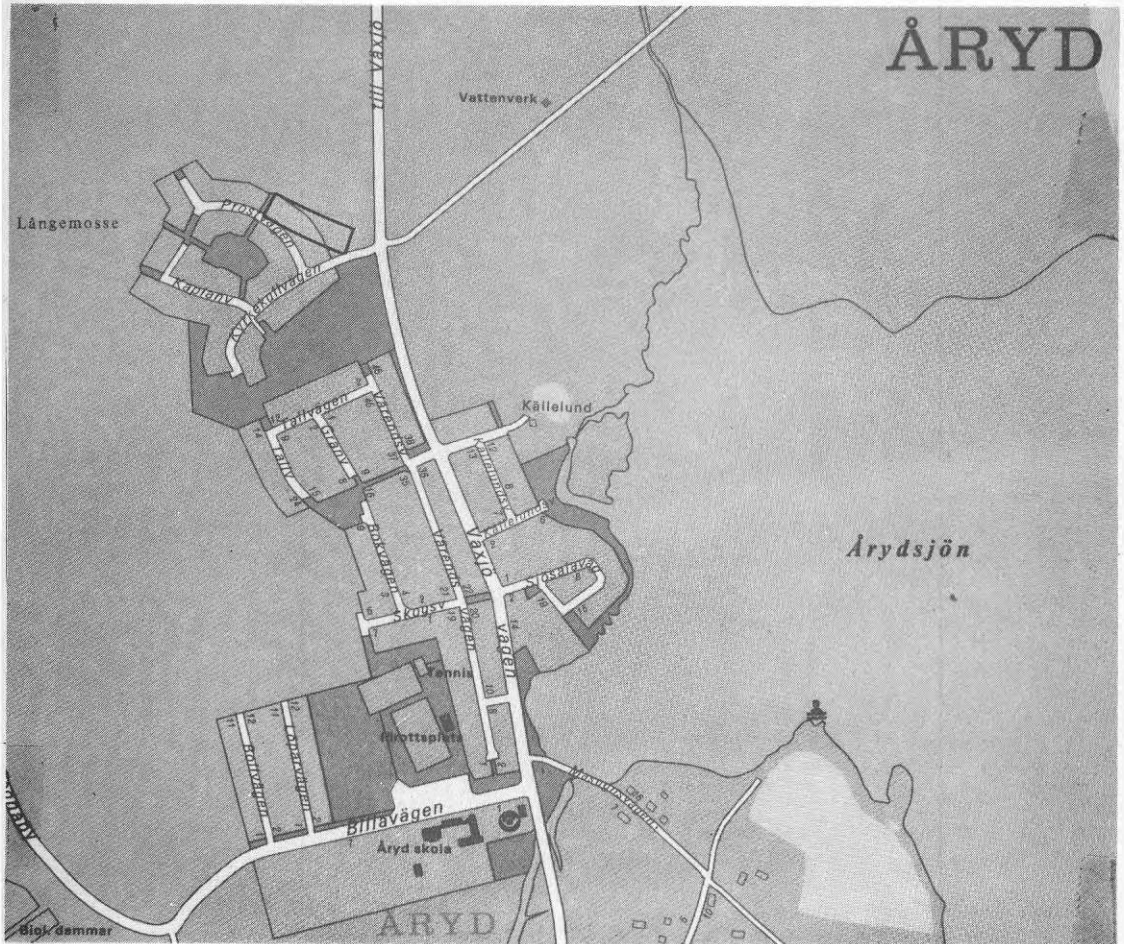
Figur 24

Skisserat jordskyddat hus i Gallsäter.
Plan och sektion.



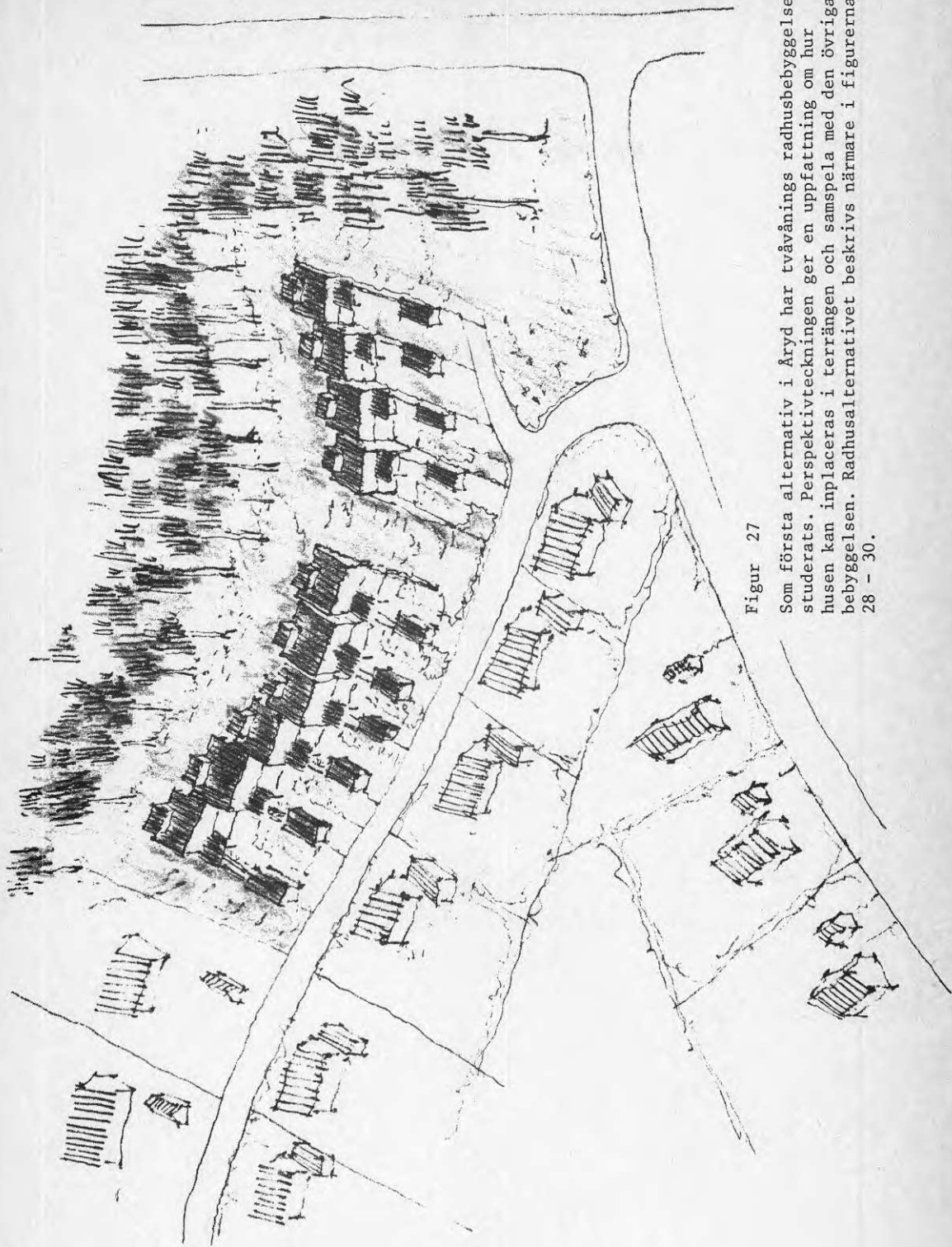
Figur 25

Kartan visar Åryds läge 15 km sydost Växjö



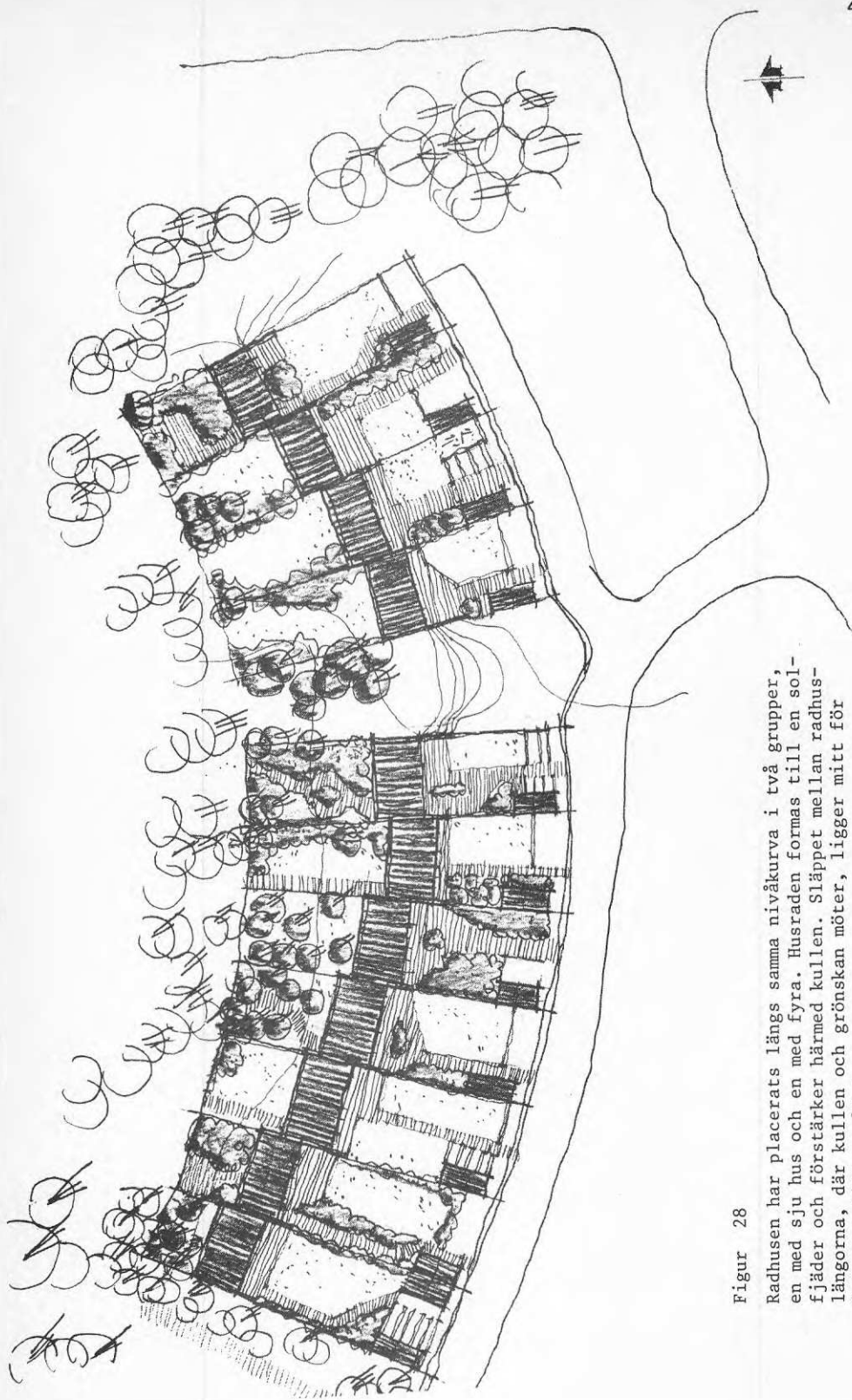
Figur 26

Tomtområdets läge i Åryds norra kant



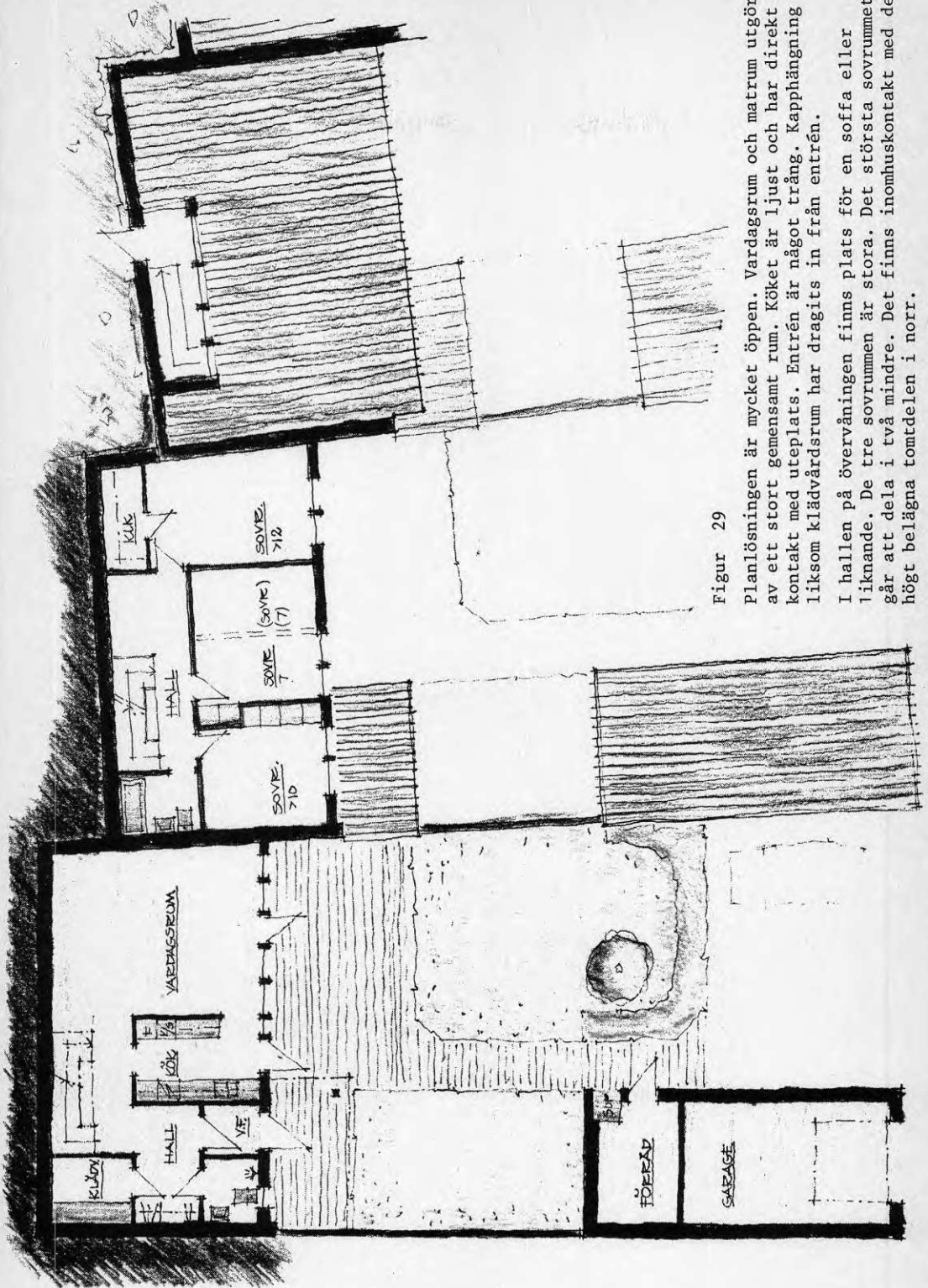
Figur 27

Som första alternativ i Åryd har tvåvånings radhusbebyggelse studerats. Perspektivteckningen ger en uppfattning om hur husen kan inplaceras i terrängen och samspela med den övriga bebyggelsen. Radhusalternativet beskrivs närmare i figurerna 28 - 30.



Figur 28

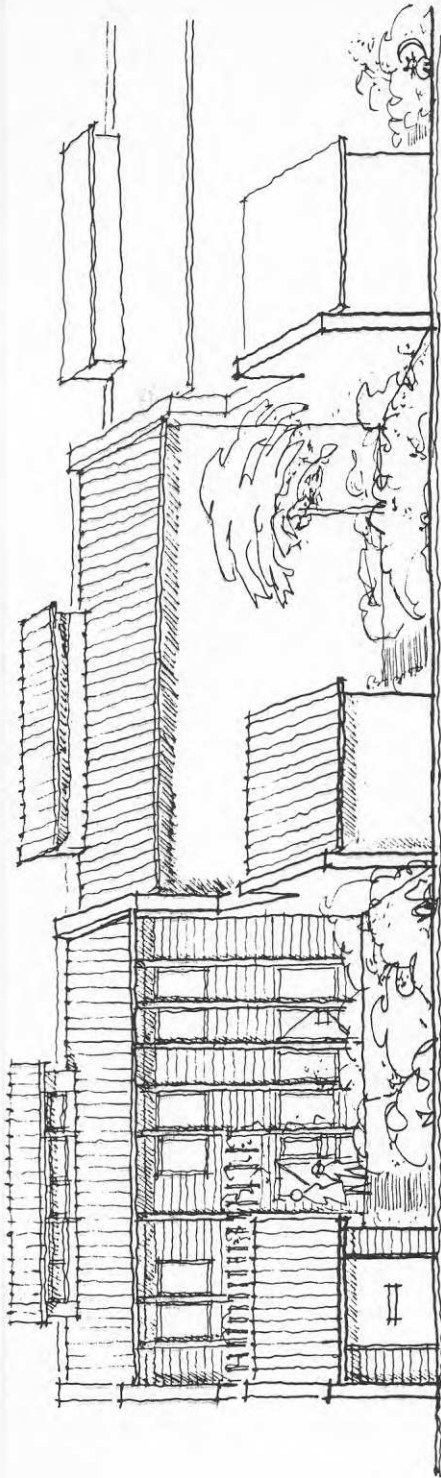
Radhusen har placerats längs samma nivåkurva i två grupper, en med sju hus och en med fyra. Husraden formas till en solfjäder och förstärker härmed kullen. Släppet mellan radhuslängorna, där kullen och grönskan möter, ligger mitt för infarten till området.



Figur 29

Planlösningen är mycket öppen. Vardagsrum och matrum utgörs av ett stort gemensamt rum. Köket är ljusst och har direkt kontakt med uteplats. Entrén är något trång. Kapphängning liksom klädvårdsrum har dragits in från entrén.

I hallen på övervåningen finns plats för en soffa eller liknande. De tre sovrummen är stora. Det största sovrummet går att dela i två mindre. Det finns inomhuskontakt med den högt belägna tomtdelen i norr.



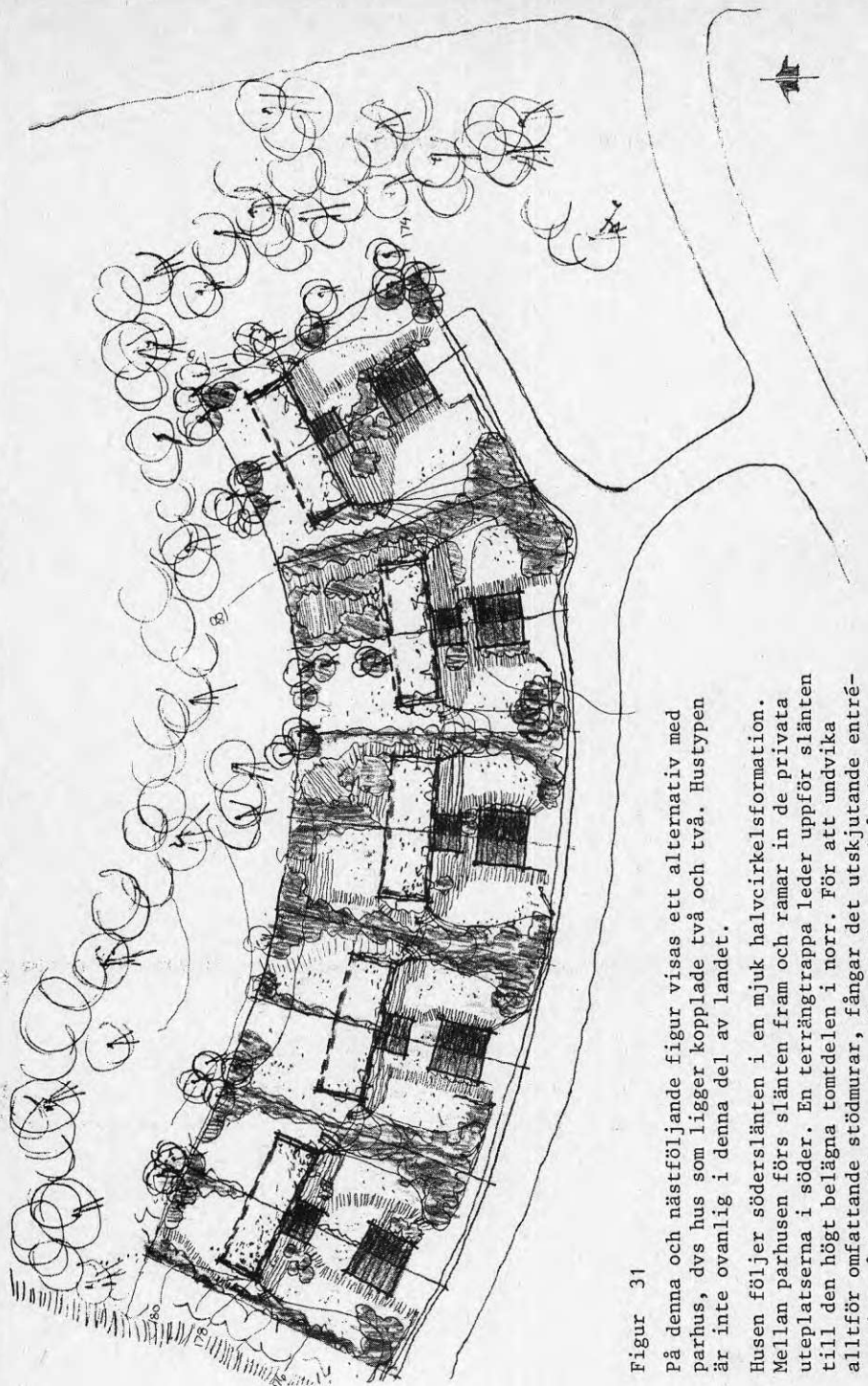
Figur 30

Radhusen har pulpettak. Takformen liksom ev murutformning överensstämmer med kullens form. Bostadshuset ligger något högre än garage-/förrådsbyggnaden ute vid gatan. Husen upplevs från gatan som vanliga radhus.

Statiskt infogas husen mellan kraftiga väggskivor i norr, öster och väster. Dessa skivor är markerade i fasad och ger husen en speciell arkitektonisk karaktär. Väggskivorna

kan övergå i murar, som skiljer/skyddar de privata söderträdgårdarna.

Söderfasaden har givits ett lätt uttryck, i motsats till de massiva omslutande fasaderna i övriga väderstreck. Den utformas av liggande träpanel mellan stående stolpmarkeringar, för att knyta an till den bakomliggande tallskogen. Den innehåller glasutor vars storlek beror av behovet av passiv solenergi. Garagets utformning ansluter till den totala.



Figur 31

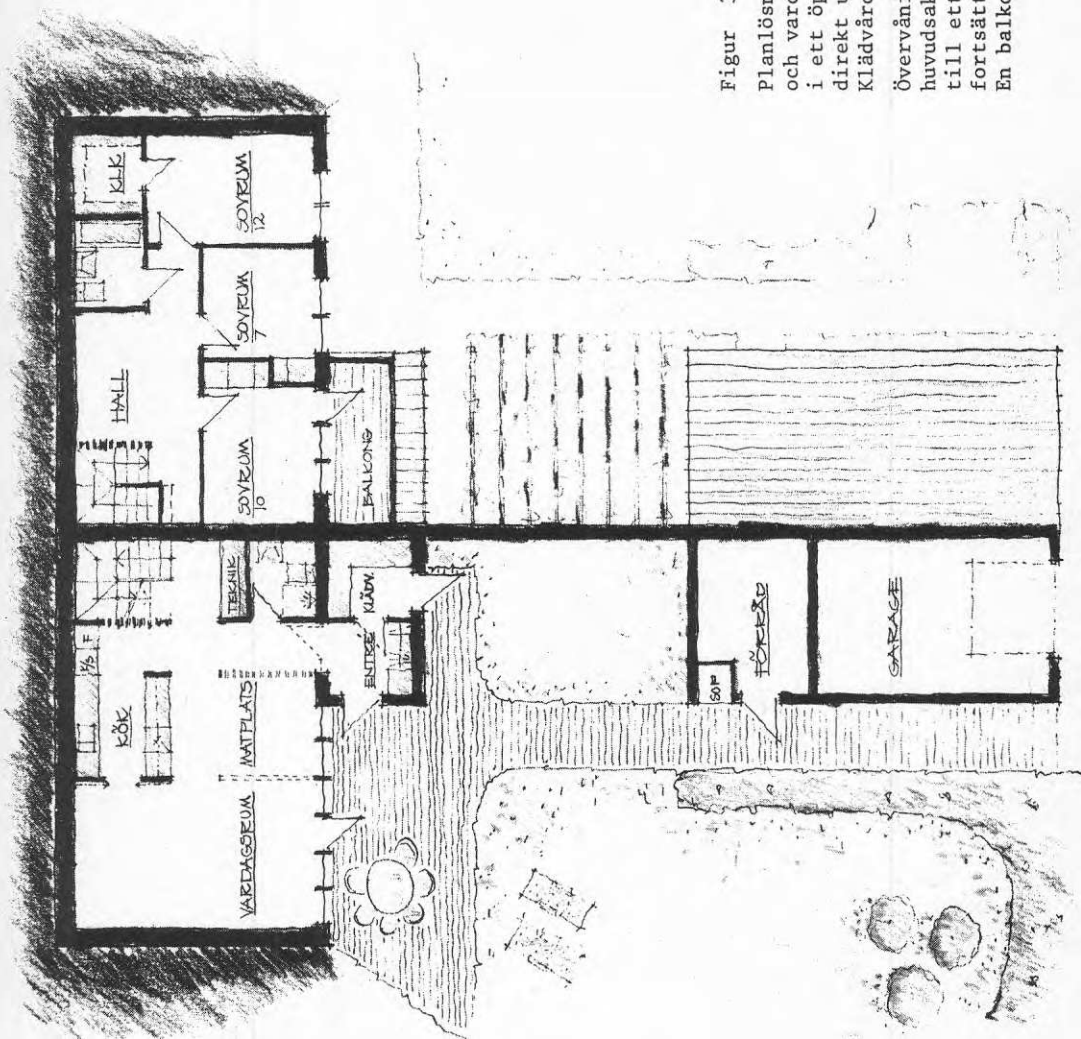
På denna och nästföljande figur visas ett alternativ med parhus, dvs hus som ligger kopplade två och två. Hustypen är inte ovanlig i denna del av landet.

Husen följer söderslätten i en mjuk halvcirkelsformation. Mellan parhusen förs slätten fram och ramar in de privata uteplatserna i söder. En terrängtrappa leder upp för slätten till den högt belägna tomdelen i norr. För att undvika alltför omfattande stödmurar, fångar det utskjutande entrépartiet på bostadshusen upp större delen av nivåskillnaden. Själva bostadshuset har jordtäckt tak, medan garage och burspråk har vanligt tak.

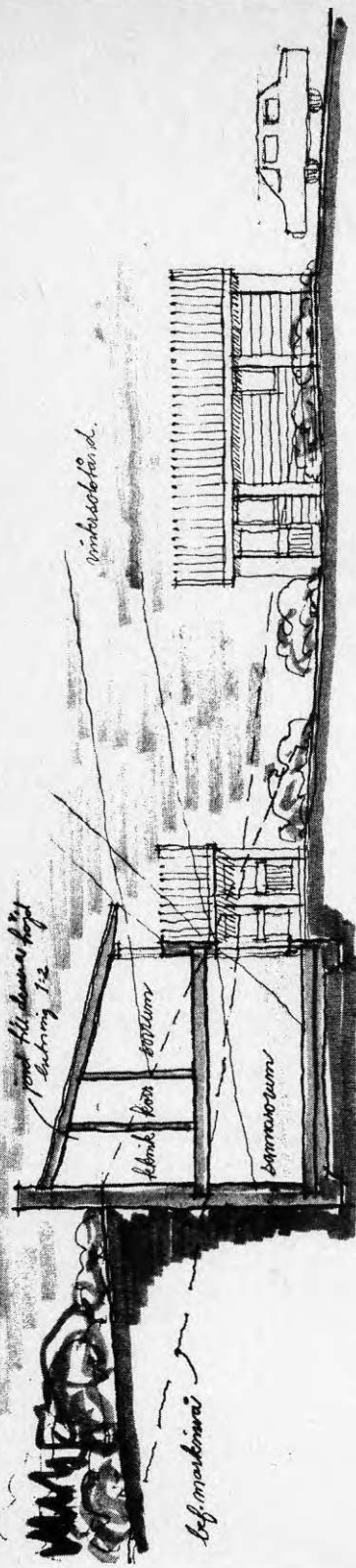
Figur 32

Planlösningen är mycket öppen. Kök, matrum och vardagsrum kan, om man så önskar, ligga i ett öppet samband. Köket har endast in- direkt utekontakt. Entrén är rymlig och ljus. Klädvärdrummet kan fungera som groventré.

Övervåningen är mer sluten. Den består huvudsakligen av sovrum. Hallen vidgar sig till ett litet rum invid trappan. Denna kan fortsätta upp till den nordliga tomtdelen. En balkong föreslås.



sommarsolbänd



Figur 33

Alternativa utformningar av taken. Även om jordtäckning ur energisynpunkt knappast är motiverat i vårt klimat, kan gestaltningsmässiga och andra skäl finnas för jord på taken. En billig lösning är det illustrerade, synliga pulpettak. Taket över det utskjutande entrepartiet är även det ett pulpettak. Garage-förrådsbyggnaden kan ha såväl sadel- som pulpettak. Taklutningarna avståms mot varandra. Bostads- husets norrvägg är något högre än anslutande tak för att förhindra tillträde till taket samt även för att ge arkitektonisk karaktär.

Samråd

I avsnittet sammanfattas resultaten av samråd med representanter för bostadsstyrelsen, bostadsdepartementet, planverket, institutionen för byggnadsfunktionslära vid LTH samt Underground Space Center, University of Minnesota.

Finansiering

Bostadsstyrelsen kan stödja forsknings- och utvecklingsprojekt genom att bevilja förhöjning av belåningsvärdet. För hus av okonventionell uppbyggnad, som är fallet vid t ex jordtäckning, är någon schablonmetod ej tillämpbar utan ett skäligt belåningsvärde får fastställas. Ekonomiskt kalkylerbara fördelar, t ex energibesparingar tillmäts därvid betydelse.

En utredning pågår inom bostadsstyrelsen om i vilken grad fördelar av lägre driftskostnader genom energibesparingar, vattenbesparingar m m, kan motivera högre byggkostnader. Förslag ska lämnas i oktober 1981. En strikt tillämpning av de regler som idag gäller innebär att jordskyddade hus endast delvis kan finansieras med hjälp av statliga lån. Beroende av utfallet av utredningen finns möjligheter att förutsättningarna för jordskydd förbättras i detta viktiga avseende.

Normfrågor

Avsteg från normenlig andel fönsterarea är möjliga, speciellt för passiva solhus. Ett krav är emellertid att en energibalansberäkning redovisas. Är beräkningsunderlaget av komplicerad natur, kan någon opartisk person, t ex institution vid teknisk högskola, intyga att beräkningarna är korrekta.

En byggnadsnämnd kan endast tillåta mindre avsteg från bestämmelserna i SBN. För större avsteg krävs regeringsbeslut. Samråd med aktuell byggnadsnämnd och, vid behov, med planverket rekommenderas innan ansökan om byggnadslov inlämnas.

Det kan emellertid konstateras att svårtolkade frågor som skorstenshöjder, ventilationsanordningars läge m m styrs av det funktionella kravet att olägenheter ej får vållas. Det handlar i dessa fall om praktiska problem, ej formella. Frågor som däremot kan vålla problem är begränsade utrymningsmöjligheter i händelse av brand, sovrum som endast får ljus via takfönster och andra begränsningar av utsikten. Dylika lösningar bör m a o undvikas.

Bostadsfunktionella aspekter

Jordskydd är i fallet enfamiljshus i första hand förknippat med söderorienterade och enkelsidiga planlösningar. Dessa speciella förutsättningar förhöjer vikten av brukarinflytande under förslags- och huvudhandlingsskedena.

Bostadsmiljön får ej försämrans genom jordskydd. De byggnadsfysikaliska problemen med betongvägg mot jord måste behärskas (källarmiljö undvikas). Några väsentliga skillnader mellan jordtäckta hus och t ex suterränhus föreligger emellertid ej.

Amerikanska erfarenheter

Några principiella skillnader i synsätt på husens funktion föreligger ej mellan de svenska och amerikanska erfarenheterna. Detta är knappast oväntat eftersom det pågående svenska projektet i allt väsentligt är inspirerat av amerikanska förebilder.

De generella förloppen i jordmassan kring ett jordskyddat hus synes vara väl kända, olika beräkningsmetoder ger tämligen likartade resultat. Emellertid råder vid Underground Space Center osäkerhet om randvillkoren runt husen, speciellt hur transmissionsförlusterna påverkas av att marken kyls av. Nedkylningsförloppet sker vid ökande väg genom jord mycket långsamt. Projektgruppen anser emellertid att den inom projektet framtagna beräkningsmodellen (Tempfem) är tillförlitlig i detta avseende.

Vid Underground Space Center har nu en betydande praktisk erfarenhet samlats. Mest problematisk synes tätningen mot inträngande fukt vara. Ett flertal metoder används, ensamma eller i kombination. Gemensamt är att sättet att applicera fuktisoleringen är avgörande. Bentonitskivor som appliceras utanpå en betongstomme anges som den kanske säkraste metoden. Om emellertid inte betongunderlaget är slätt kan vid återfyllningen bentoniten perforeras av utstående ojämnheter, och i dessa punkter erhålles naturligtvis ingen tätning. Det är m a o fråga om byggkompetens och medvetenhet om avsikten med olika åtgärder. Ytterligare ett förhållande som betonades var de betydande transporter av vatten som kan ske långa sträckor genom de spricksystem som utbildas i betong.

Av direkt intresse för det pågående projektet är erfarenheten att värmeisolerande markskivor som placeras på taket och fortsatt horisontellt utåt, senare brutits av på grund av att sättningar uppstått i återfyllnadsmassorna. En betydande köldbrygga har då i stället uppstått. Värmeisoleringen viks därför regelmässigt ned utefter väggen. Ytterligare ett motiv för denna placering är att den fuktisolering, som applicerats på väggen, därigenom inte riskerar skadas av återfyllningsmaterialet. Detta är speciellt betydelsefullt under återfyllnadsskedet.

4. DISKUSSION AV ERHÅLLNA RESULTAT

I detta avsnitt anges de väsentligaste slutsatser som dragits under projektarbetet. Resultaten har i många stycken en generell karaktär som ingalunda är begränsad till enfamiljshus eller ens till jordskydd.

Jämförelse av uppvärmningsbehovet med konventionella-
hus

För att kunna relatera de presenterade värdena på energiförbrukning och uppvärmningsbehov till traditionella hus har en jämförelse gjorts. Ett enplans- och ett tvåplanshus med lika stora uppvärmda ytor som hos de jordskyddade husen har energiberäknats, varvid motsvarande klimatiska förutsättningar antagits. Beräkningarna redovisas i bilaga 1.

Hushållskonsumtionen, dvs varmvatten och hushållsel, har antagits vara lika för alla hus och tas därför inte med i jämförelsen annat än som produktion av basvärme (värmeförluster som bidrar till husuppvärmningen). Dock bör totala omfattningen av detta energibehov, ca 8 400 kWh/år och hus, observeras. (Hushållskonsumtionens storlek beror bl a av hur många och gamla medlemmar hushållet har och är inte direkt relaterat till bostadsytan.) Jämförelsen kan sammanfattas i nedanstående tabell:

Typ av hus	Betalt uppvärmningsbehov kWh/m ² , år		Besparing %	Besparing för hus om 125 m ² boyta	
	jordskyddat hus	konv hus SBN 80		kWh/år	kr/år (vid 25 öre/kWh)
enplan	53	80	34	3400	840
tvåplan	35	70	50	4400	1090

Tabell 1

Jämförelse av uppvärmningsbehoven mellan jordskyddade och konventionella hus

Det framgår att energivinsten av jordskydd, trots de imponerande relativa besparingarna, är måttlig, storleksordningen 3-4 500 kWh per hus och år. Förklaringen till detta är givetvis att även konventionella hus som uppfyller SBNS krav är synnerligen effektiva ur energisynpunkt och att de besparingar som kan göras, mätt i absoluta mått, är små. Därav följer, om ett strikt ekonomiskt resonemang ska tillämpas, att investeringar med syfte att ytterligare minska energiomsättningen inte kan bli särskilt stora, med utgångspunkt från dagens energipriser.

Effekten av värmväxling

Med en värmväxlare som förmår återvinna 50 % av energiinnehållet i frånluften reduceras behovet av tillsatsvärme med 13-14 kWh/m², år. För en villa om 125 m² motsvarar detta storleksordningen 1 700 kWh/år. Med utgångspunkt från de ovan redovisade uppvärmningsbehoven förefaller det därmed realistiskt att i Kramforstrakten bygga jordskyddade hus av denna storlek med årsbehov av tillsatsvärme om 5 000 kWh resp 2 600 kWh för en- resp tvåplanshus (på berg resp moränmark). Dessa värden är anmärkningsvärt låga.

Uppskattning av energibesparingens betydelse

Om en real kalkylränta på 4 % antages, vilket ofta görs i offentliga utredningar, kan med nuvärdesberäkning anges en relation mellan en investering och den årliga besparing som kan åstadkommas med investeringen. Med 13 års avskrivningstid blir relationen 10 och med ca 40 års avskrivningstid blir den 20.

Med en värmväxlare kan ca 1 700 kWh/år inbesparas. Om energipriset 25 öre/kWh antages blir den årliga besparingen ca 425 kronor. Med 13 års avskrivningstid, vilket är rimligt, bör kostnaden för värmväxlaren enligt beräkningsmodellen inte överstiga 4 500 kronor. Extrakostnaden för en värmväxlare som är inkluderad i en luftuppvärmningsapparat är idag lägre.

Med ett motsvarande resonemang får, om avskrivningstiden 40 år kan accepteras, merkostnaderna för jordskydd inte överstiga 17 000 och 22 000 kronor för en- resp tvåplanshus. Sannolikt är merkostnaderna för jordskydd betydligt större. Denna sistnämnda relation påverkas ej av om värmväxling utnyttjas i de jämförda husen eller ej.

Aktiv lagring

Det aktiva infångnings- och lagringssystem, som beskrivits, behöver bestå av följande delar:

- ett extra glas framför fönstren och/eller mellanliggande fasadpartier
- rör (∅ 300), som från luftspalten leds under huset på största praktiskt möjliga djup under golvbjälklaget, 1 à 2 m, och på ett c/c-avstånd av 2-3 m
- ett hopsamlingsrör vid husets bakkant som förbind-er rören med ett frånlufts-rör med en samlings-brunn till markytan
- en fläkt med spjäll vid frånlufts-rörets mynning
- temperaturgivare i luftspalten och i golvbjälklaget, vilka kopplas till en enkel styrutrustning

Systemet arbetar genom att frånluftsfläkten (effekt ca 60 W) får gå när temperaturen i luftspalten är tillräckligt hög och temperaturen i lagret lägre än vad som med hänsyn till årstiden är tillrådligt. Det är ett synnerligen enkelt system, både att anlägga och driva.

Enligt antagandena i avsnitt 3 medför marklagring en reducering av behovet av tillsatsvärme om 13 kWh/m², år, dvs lika mycket som en värmväxlare. Som visats är orsaken till denna låga siffra inte en brist på solenergi utan den begränsade lagringskapaciteten hos marklagret. Investeringskostnaden är dock betydligt högre än för värmväxlare. En grov uppskattning slutar på ca 25 000 kronor, varav 18 000 kronor för rörläggning och samlingsbrunn.

En jämförelse mellan figurerna 3 och 6 visar att vid marklagring minskar transmissionsförlusterna över hela året, framför allt under hösten. Av figurerna 4 och 7 framgår att, trots att 65 % mer solenergi utnyttjas (större fönsterarea), fortfarande knappt 60 % av den tillgängliga solenergin har tagits tillvara. Tillgången under månaderna juni, juli och augusti är ringa utnyttjad och av septembersolen är en tredjedel ej tillvaratagen.

I den utförda beräkningen förutsätts att marklagret ej laddas i större utsträckning än att kylbehov pga värmeavgivning från golven sommartid undviks. Som framgår av figur 8 avbryts därför laddningen i maj och återupptas först i augusti. Från och med november finns ingen ytterligare solenergi tillgänglig.

Det har ej funnits medel för att ytterligare studera marklagring inom innevarande etapp. Några antaganden kan dock göras:

- Golvets temperatur kan tillåtas bli högre än vad som förutsatts i beräkningarna om kylning (t ex ventilering med nattluft) införs sommartid. Ur komfortsynpunkt är temperaturer upp till 25°C en fördel. Därmed vinnes en något ökad lagringskapacitet inför vintern
- Med djupare förlagda rör kan likaledes lagringskapaciteten ökas. Dock ökar därvid de totala transmissionsförlusterna (lagringsmetoden är i princip slösaktig genom att lagret är oisolerat, men det är obetald värme som slösas, jämför figurerna 13 och 14)
- En kombination av åtgärderna innebär att laddning kan påbörjas tidigare, att mer värme kan lagras och att urladdning kommer att ske långsammare. Av figur 8 framgår att urladdningen i beräknings-exemplet sker under november och december varefter lagret är inaktivt under januari och februari. Behovet av tillsatsvärme är väsentligt under perioden november-januari

- Med marklagring uppnås att insvängningsförloppet, dvs den tid det tar att värma upp jorden kring huset väsentligen är avslutat redan efter den första sommaren
- Med en annan geometrisk byggnadsform kan marklagring bli gynnsammare. Ett större lager innebär att randzonen mot markytan proportionellt sett blir mindre

Effektbehovet

Det beräknade effektbehovet för tillsatsvärme om 25 W/m^2 motsvarar för ett hus om 125 m^2 något över 3 kW. Det är ca hälften (48-54 %) av de teoretiska effektbehoven för motsvarande traditionella hus enligt ovan redovisade exempel. Den omedelbara konsekvensen är att avskrivningskostnaden för värmebatteriet blir låg.

Om huset uppvärms med elektricitet eller med fjärrvärme uppnås systemfördelar. Dels innebär det låga effektbehovet i sig låga krav på utbyggnaden av distributionssystemet. Dels uppstår inte effekttopparna i direkt samband med köldperioder, utan med en avsevärd fördröjning. Tillsammans innebär den stora värmetröghet, som kännetecknar det jordskyddade huset, att behovet av spetskraft är snarast försumbart. Om sådana hus blir dominerande inom ett försörjningsområde, är konsekvenserna ur samhällsekonomisk synpunkt mycket intressanta.

Jordskyddets betydelse ur uppvärmningssynpunkt

De amerikanska jordskyddade husen är mestadels verkligen jordtäckta, dvs de har jord på taken. Detta har en naturlig förklaring i det faktum att sommarklimatet i större delen av USA är så varmt att kylning behövs. Jordtäckta tak är effektiva kylare, dels genom att de fullständigt förmår utjämna temperaturvariationerna över dygnet och dels genom den avsevärda kyleffekt som vegetation på taket genom skuggning och transpiration kan åstadkomma.

I avsnitt 3 framhålles att kostnaderna för att täcka taket med jord inte kan motiveras ur uppvärmningssynpunkt. Detta är man medveten om också i USA. Ett antal exempel finns på passiva solhus 48 där jordskydd utnyttjas i mer begränsad utsträckning. Bakväggen (nordväggen) är som regel helt täckt med jord medan de öst- och västorienterade väggarna genom släntning är det endast delvis (varierar). Tvåplanshus är många gånger nedsänkta så att fönsterbrädningen i det nedre planet ligger strax över den framförvarande markens nivå.

Underlag för att dra några slutsatser om begränsat jordskyddade hus finns ej. Jämförelser med amerikanska erfarenheter är överhuvudtaget vanskliga att

göra, beroende dels på deras mycket lägre krav på isolering och täthet och dels på de radikalt annorlunda klimatiska förhållandena, bl a betydligt högre vintersolstånd - i Minnesota kring 20° mot 0-11° i Sverige.

Det synes emellertid vara klart att även mer begränsad jordtäckning, kombinerad med medvetet placerad och dimensionerad värmeisolering, resulterar i att en mycket betydande värmekapacitet uppnås. Detta generella konstaterande är ett av de viktigaste resultaten av projektet.

Täthet och vindskydd

Jordskydd resulterar i mycket god och säker vindtäthet och mycket liten exponering mot vindar. Som framhållits är därmed förutsättningarna för att ett lågtempererat luftburet uppvärmnings- och ventilationssystem ska fungera väl goda.

För traditionella hus har effekterna av vindpåverkan under senare tid alltmer uppmärksammats och det synes klart att dessa effekter tidigare underskattats. Vidare kan konstateras att det i praktiken inte är så lätt att bygga täta hus. De plastfilmer som används skadas ofta under byggnadstiden. Några erfarenheter av hur dessa material klarar sig på längre sikt, dvs över husens livslängd, finns inte heller.

Det finns alltså anledning förmoda att skillnaden i energibeteende mellan jordskyddade och konventionella hus är större än vad som framgår av de teoretiska beräkningarna.

Yttre underhåll

Riktigt utförda behöver de jordskyddade delarna av ett hus inte underhållas under sin livstid. Ett hus om 125 m² har en total av storleksordningen 120-175 m² fasadyta och 125-60 m² horisontell takyta, beroende på konfiguration och våningsantal. Framfasaden kan uppgå till 35-50 m². Av husens totala omslutande yta, exklusive golvbjälklaget, kan sålunda upp till 80-85 % jordskyddas. Arbete pågår i USA (E. Kiesling m fl, Texas Tech. University) på att ekonomiskt utvärdera denna aspekt, men några resultat har ännu inte redovisats. Att livslängden och livstidskostnaden för ett hus påtagligt beror av behovet av yttre underhåll är dock klart.

Planlösning och yttre utformning

Ett jordskyddat bostadshus skiljer sig från ett traditionellt hus främst genom att det normalt får fönster på endast en långsida. Känslan av ett enkelsidigt hus kan motverkas genom att en av husets gavlar helt eller delvis undantas från jordskydd.

Ett enkelsidigt hus kan också lätt få mycket stor skillnad i ljusföring mellan olika rum i huset. Sparsamt men medvetet använda överljus liksom ljus från husets gavlar kan användas för att motverka oönskade mörka rum. I detta sammanhang måste varnas för överljus via diffuserande takkupoler, som lätt ger ett alldeles för starkt, kontrastlöst ljus. Medvetet valda rumshöjder kan också vara ett medel att både reglera ljusinfall och motverka en känsla av instängdhet.

Om dagsljusinfall och rumssammanhang utformas medvetet och om möjligheterna till utblick och utsikt tillvaratas behöver ett jordskyddat bostadshus inte skilja sig från ett traditionellt hus i dessa avseenden.

När huset utformas för att passivt tillgodogöra sig solvärme får den södervända fasaden stor fönsterarea. Det gäller här att använda enkla och väl fungerande solskydd för att kunna reglera både ljus och värme.

Om huset utformas med endast en fasad mot det fria kan det vara svårt att ordna en insynsskyddad uteplats eller att hindra insyn i husets sovrum från entrén. Genom att ge huset entré från till exempel en gavel eller bakifrån blir framsidan skyddad för insyn. Alternativt kan en uteplats förläggas till en gavel.

Amerikanska erfarenheter från främst egenregibyggda jordskyddade hus visar att markbehandlingen får avgörande betydelse för intrycket av det färdiga huset. En oskickligt eller dåligt genomförd markbehandling blir förödande för den yttre miljön. Stödmurar i anslutning till huset utan annan funktion än att vara just stödmurar bör undvikas. Markbehandlingen måste ovillkorligen färdigställas i takt med det byggda huset.

5. FORTSATT ARBETE

Nästa steg bör vara att projektera och uppföra ett antal demonstrationshus. Med utgångspunkt från noggranna mätningar och energianalyser kan undersökas hur de olika element, som jordskydd begreppet rymmer, bidrar till energihushållning. Olikheterna i klimat och markförhållanden mellan Gallsätter och Åryd ger förutsättningar för en nyanserad analys. Byggar- och brukarerfarenheterna är av största intresse. Det till sist kanske viktigaste resultatet av ett fullskaleprojekt är dock att objektivt kunna påvisa möjligheten av jordskydd. Först då kan forskare och allmänhet ta till sig innebörden av begreppet jordskydd, utan subjektiva associationer av typen "fuktig jordkula". Erfarenheterna i USA är entydiga på denna punkt.

Nu är inte enfamiljshus det enda eller kanske ens bästa tillämpningsområdet för jordskydd. Det är emellertid det område som Byggforskningsrådet valt att först satsa på. Som inledningsvis nämndes finns i USA en lång rad exempel på jordskyddade kontor, skolor, kyrkor, bibliotek, affärer, parkeringsanläggningar m m. De har många gånger motiverats av brist på mark, hänsyn till befintlig omgivning och andra gestaltningsmässiga krav snarare än energibesparing. Ett näraliggande svenskt exempel är Sveriges Radios musikstudio Berwaldhallen i Stockholm, där en stor byggnadsvolym kunnat infogas i en känslig omgivning utan att några gestaltnings- eller upplevelsekväligheter gått förlorade.

Ett tredje område, där skyddande jord av lång tradition kommit till användning, är lagring av jordbruksprodukter. Stora lagringsanläggningar har framgångsrikt utförts i berggrum, med både anläggnings-, drifts- och, speciellt, energifördelar som resultat. Dessa anläggningar behöver, för att vara ekonomiska, vara tämligen stora och begränsas delvis av tillgången till bergformationer. Emellertid finns de volymmässigt största behoven av lager på lokal och regional nivå, dvs små och måttligt stora anläggningar. Jordtäckning kan visa sig vara ett sätt att åstadkomma enkla, billiga, väl skyddade, långlivade och energisnåla utrymmen för lagring av spannmål, potatis, kylda och frysta varor osv. Sannolikt bör sådana lager statiskt utformas som skalkonstruktioner, med tanke på jordlasterna. Dylika lager, som sedan ett par decennier framgångsrikt prövats i Kina, kan mycket väl visa sig vara lönsamma i Sverige. De stora behoven står emellertid att finna i utvecklingsländerna.

Man kan således med fog hävda att de teoretiska och praktiska erfarenheter att rationellt utnyttja jordskydd som ett genomförande av detta projekt kan ge, bör kunna vidareutvecklas och finna avsättning på ett stort antal tillämpningsområden.

6. LITTERATURFÖRTECKNING

Boyer, L.L. Proceedings, Earth Sheltered Building Design Innovations. National Technical Conference, Oklahoma City, Oklahoma, April 18-19, 1980, Oklahoma State University, 1980,

Earth Shelter Digest & Energy Report. WEBCO Publishing, Inc., St. Paul, Minnesota. 15 nummer utgivna sedan 1979.

Holthusen, T.L. The Potential of Earth-Sheltered and Underground Space: Today's Resource for Tomorrow's Space and Energy Viability. Proceedings of the Underground Space Conference and Exposition, Kansas City, Missouri, June 8-10 1981. Pergamon Press 1981,

Moreland, F.L. Earth Covered Buildings: Technical Notes (I) och Earth Covered Buildings and Settlements (II). Alternatives in Habitat: the Use of Earth Covered Settlements - Conference, Fort Worth, Texas, May 17-19 1978. U.S. Department of Energy 1979,

Sterling et al. Earth sheltered housing design - guidelines, examples and references. The Underground Space Center, University of Minnesota, Minneapolis 1978,

Svensk Byggnorm 80 (SBN),

Underground Space. Official journal of the American Underground Space Association, Pergamon Press. Senaste årgångarna,

Winqvist, T. Jordtäckta hus - presentation av en översiktlig studie. Rapport R10:1980. BFR 1980,

Bilaga 1Beräkning av energiomsättningen hos två referenshus

Som jämförelse till beräkningsresultaten för de jordskyddade husen i ett och två plan har motsvarande värden beräknats för två konventionella hus av motsvarande storlek. Husen uppfyller de krav i energihänseende som formuleras i SBN 80.

Förutsättningar

Månadsmedeltemperaturer för Härnösand. Soldata för Östersund, varvid 10 % horisontavskärmning tillämpats samt 10 % reduktion för 3-glasfönster. Av den totala fönsterytan antas 10 % vara orienterade mot norr, 23 % mot väster resp öster och 43 % mot söder. Ventilation motsvarande 0,5 luftomsättningar per timme. Inomhustemperatur +20°C. Följande dimensioner har antagits:

	Enplanshus 100 m ²	Tvåplanshus 108 m ²
Golvyta, m ²	100	54
Takyta, m ²	100	54
Väggyta, m ²	85	132
Fönsteryta, m ²	15	16
Dörryta, m ²	2,5	2,5

Beräkningsresultat

I tabellerna nedan anges specificerat husens energiförluster, tillskotten av energi ("gratisvärmen") samt behoven av betald energi. Kolumnerna har framräknats på följande sätt:

- 10) Genom värmeväxling kan 50-70 % av energiinnehållet i frånluften (kolumn 4) återvinnas. Behov föreligger under eldningssäsongen (framgår av kolumn 13)
- 12) Summan av kolumnerna 7, 8, 9 och 11
- 13) Summan av kolumnerna 3 och 4 minus 12
- 14) D:o. Överskottsvärme kan motverkas med solavskärmning, vädring eller mekanisk ventilation, varav det sistnämnda alternativet kräver energi
- 15) Summan av kolumnerna 5 och 6
- 16) Summan av kolumnerna 13 och 15.

Energiomsättningsdata för enplanshus, 100 m² b y

Period	Klimatdata		Förluster		Hushållskonsumtion		Tillskott					Totalt				
	Temp-skillnad	Grad-timma	Trans-mission	Ventilation	Varm-vatten	Hushålls-el	Basvärme				Solinstrålning gm fönster	Summa tillskott	Erforderlig tillsatsvärme	Överskottsvärme	Hushållskonsumtion	Summa betald energi
							Pers	Varm-vatten	Hushålls-el	Värme-växling						
										50-70%						
(1) °C	(2) °Ch	(3) kWh	(4) kWh	(5) kWh	(6) kWh	(7) kWh	(8) kWh	(9) kWh	(10) kWh	(11) kWh	(12) kWh	(13) kWh	(14) kWh	(15) kWh	(16) kWh	
Mån																
Jan	26,2	19493	1954	804	330	385	144	66	270		20	500	2258	0	715	2973
Feb	25,8	17337	1738	715	300	385	144	60	270		440	914	1539	0	685	2224
Mars	22,8	16963	1700	700	360	385	144	72	270		1123	1609	791	0	745	1536
April	17,8	12816	1284	529	400	385	144	80	270		1395	1889	0	76	785	785
Maj	12,2	9077	909	374	330	325	144	66	225		1544	1979	0	696	655	655
Juni	7,3	5256	528	217	330	325	144	60	225		1581	2010	0	1265	625	625
Juli	3,7	2753	278	114	170	325	144	34	225		1612	2015	0	1851	495	495
Aug	5,0	3720	373	153	300	325	144	60	225		1435	1854	0	1328	625	625
Sept	9,6	6912	693	285	360	385	144	72	270		1155	1641	0	663	746	746
Okt	15,1	10872	1090	448	370	385	144	74	270		1085	1573	0	35	755	755
Nov	19,3	14359	1440	592	420	385	144	84	270		36	534	1498	0	805	2303
Dec	22,7	16889	1692	697	380	385	144	76	270		10	500	1889		765	2654
Året	15,6	136447	15371	5628	4020	4380	1728	804	3060		11436	17018	7975	5914	8401	16376

Energisättningsdata för tvåplanshus, 108 m³ b y

Period	Klimatdata		Förluster		Hushållskonsumtion		Tillskott						Totalt			
	Temp-skillnad	Grad-timma	Transmission	Ventilation	Varmvatten	Hushållsel	Basvärme			Solinstråln gm fönster	Summa tillskott	Erforderlig tillsatsvärme	Över-skotts-värme	Hushållskonsumtion	Summa betald energi	
							Pers vatten	Varmvatten	Hushållsel							Wärmeväxling 50-70%
(1) °C	(2) °Ch	(3) kWh	(4) kWh	(5) kWh	(6) kWh	(7) kWh	(8) kWh	(9) kWh	(10) kWh	(11) kWh	(12) kWh	(13) kWh	(14) kWh	(15) kWh	(16) kWh	
Jan	26,2	19493	1801	868	330	385	144	66	270	21	501	2168	0	715	2883	
Feb	25,8	17337	1602	772	300	385	144	60	270	442	916	1458	0	685	2143	
Mars	22,8	16963	1568	755	360	385	144	72	270	1125	1611	712	0	745	1457	
April	17,8	12816	1185	570	400	385	144	80	270	1400	1894	0	139	785	785	
Maj	12,2	9077	838	404	330	325	144	66	225	1548	1983	0	741	655	655	
Juni	7,3	5256	485	234	330	325	144	60	225	1584	2013	0	1295	625	625	
Juli	3,7	2753	255	123	170	325	144	34	225	1615	2018	0	1640	495	495	
Aug	5,0	3720	343	166	300	325	144	60	225	1439	1868	0	1359	625	625	
Sept	9,6	6912	638	308	360	385	144	72	270	1159	1647	0	701	746	746	
Okt	15,1	10872	1005	484	370	385	144	74	270	1088	1576	0	87	755	755	
Nov	19,3	14359	1326	640	420	385	144	84	270	36	534	1432	0	805	2237	
Dec	22,7	16889	1560	752	380	385	144	76	270	10	500	1812	0	765	2577	
Året	15,6	136447	13306	6076	4020	4380	1728	804	3060	11467	17061	7582	5962	8401	15982	

Bilaga 2

TEMPFEM - MANUAL

Finitt elementprogram för tvådimensionella värmeledningsberäkningar

av Clifford Voss

TEMPFEM is a Galerkin finite element model which simulates transient heat conduction in two space dimensions. The main inputs to TEMPFEM are the finite element net and the thermal properties for the system to be simulated. TEMPFEM provides, as a result, the temperatures in the modelled system as they change with time.

TEMPFEM has options for:

- Steady state or transient temperature solution
- Constant or time-dependent point energy sources
- Constant or time-dependent areal energy sources
- Constant or time-dependent specified boundary temperatures
- Constant or temperature-dependent thermal properties
- Plotting (on line printer) of net, temperature solution and change in temperature

The thermal parameters of the system may vary from point to point in the model as they do in reality.

TEMPFEM is based on the following equation describing the energy balance in two-dimensional space with heat conduction:

$$C \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla_{xy} \cdot (K \nabla_{xy} T) = Q \quad (1)$$

where:

- T is temperature (°C)
- C is volumetric heat capacity (joule/m³·°C)
- K is thermal conductivity (joule/m·s·°C)
- Q is an energy source (joule/m³·s)

Note that C and K may be functions of temperature, and

$$C = \rho c \quad (2)$$

where:

- ρ is material density (kg/m³)
- c is specific heat capacity (joule/kg·°C)

The source term Q is made up of two parts:

$$Q = Q_p + Q_{A/b} \quad (3)$$

where:

- $(Q_{A/b})$ is an areal energy source (joule/m²·s)
- Q_p is a point energy source (joule/m³·s)
- b is the thickness (in z) of the system (m)

The point energy source is specified at a node:

$$Q_p = Q_i \delta(x-x_i)(y-y_i) \quad (4)$$

where:

- i is the source node number
- Q_i is the point source strength at i (joule/s)

In the TEMPFEM input data, the source strength, Q_i , is required, - not Q_p ! Also, $(Q_{A/b})$ is required as the areal energy source in the input.

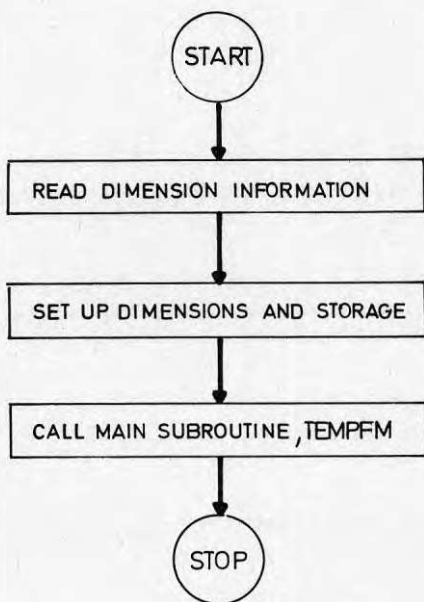
Further information may be found in the TEMPFEM list of input data and flow charts which follow, as well as in the AQUIFEM manual which serves as a prototype for this model.

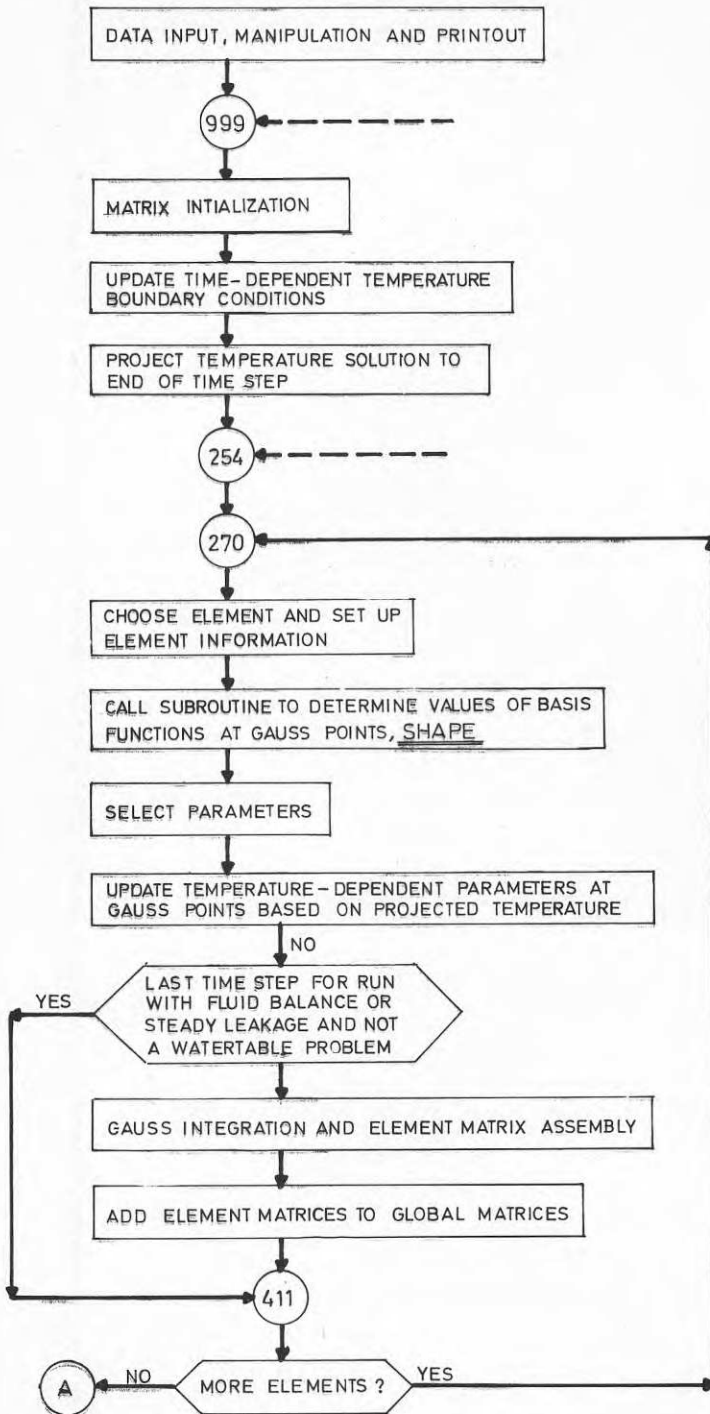
User-supplied programming is required as follows:

- SUBROUTINE TPARAM - must be programmed to supply C and K as functions of temperature. Note that the values provided by this routine are later multiplied by the input data values of C and K .
- SUBROUTINE SOLTIM - must be programmed to supply values of the areal source, $(Q_{A/b})$, when it is time-dependent.
- SUBROUTINE HEATIM - must be programmed to supply values of point source strength Q_i , when it is time-dependent.
- SUBROUTINE TEMTIM - must be programmed to supply values of temperature boundary conditions when these are time-dependent.
- The temperature projection calculation in SUBROUTINE TEMPFM must be adjusted for heat conduction with phase change calculations.

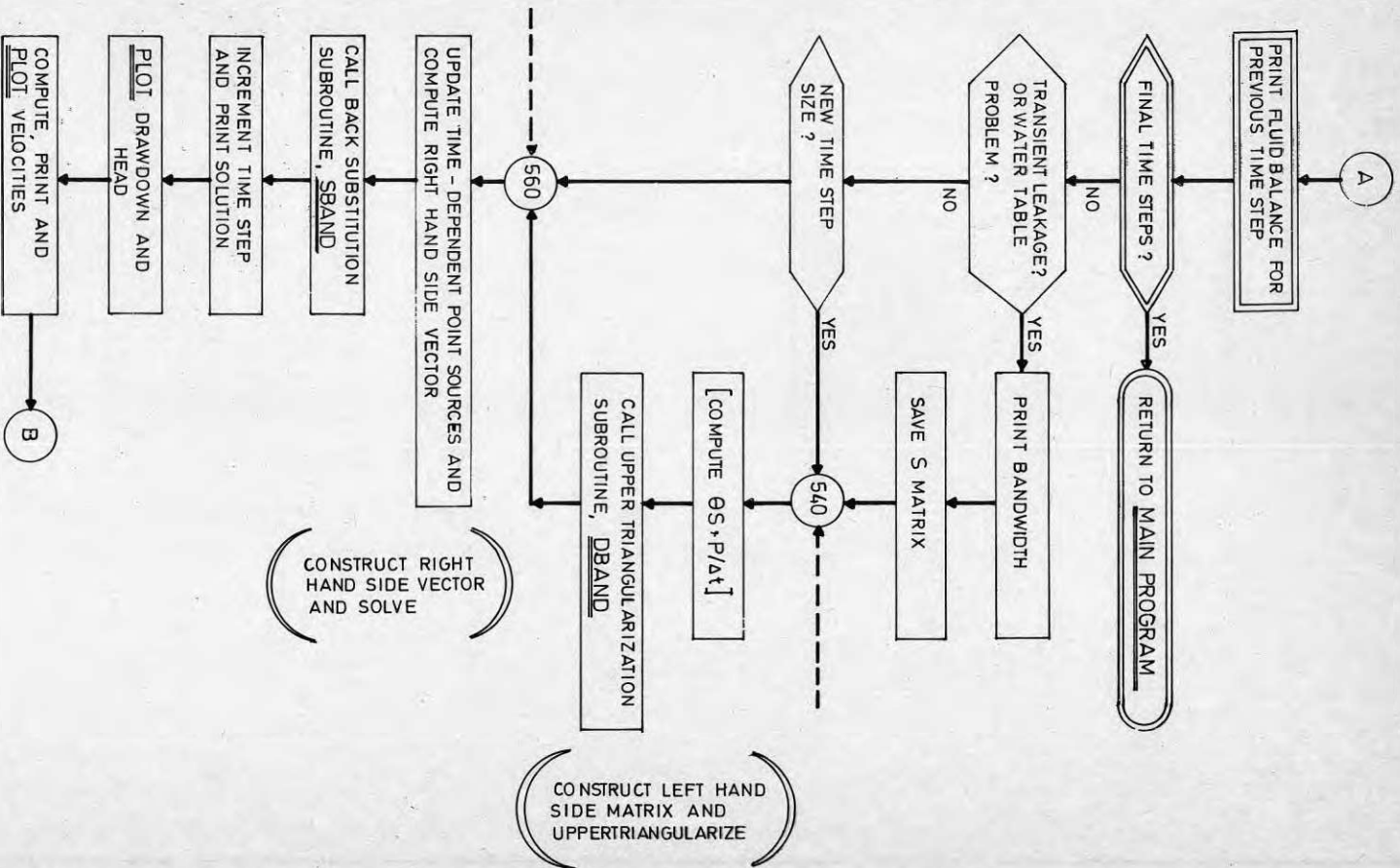
REFERENCE

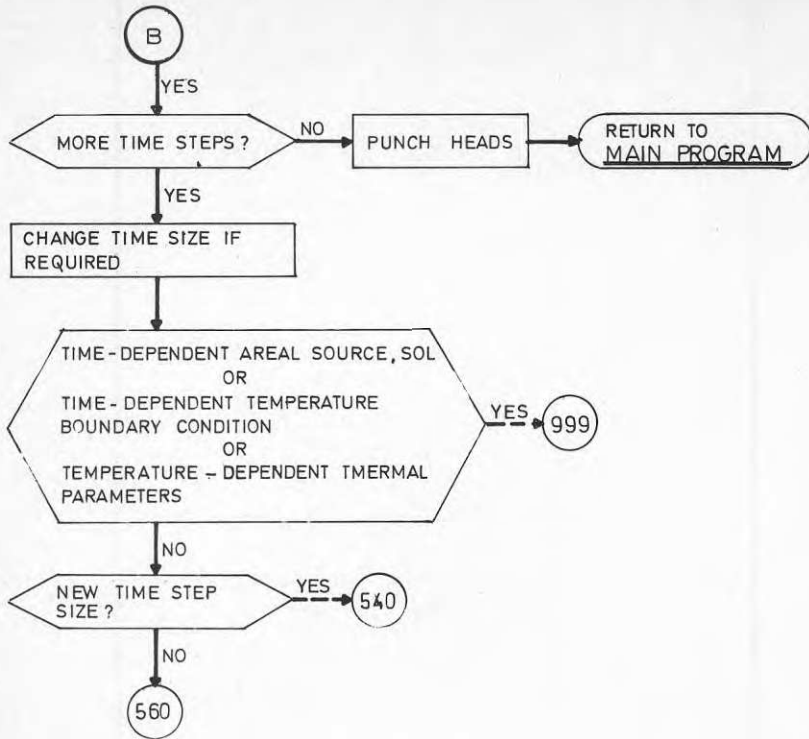
Pinder, G and Voss, C. AQUIFEM, A Finite Element Model for Aquifer Evaluation, Report 7911 Department of Water Resources Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm

MAIN PROGRAM

SUBROUTINE TEMPFM

INTEGRATION AND MATRIX ASSEMBLY





RECYCLING OF OPERATIONS

LIST OF INPUT DATA

Note: () indicated an optional data set.

Variable Format

..... Data Set 1: Identification of Data File.....

CARD	20A4	The program title, TEMPFEM, must be punched in columns 1-8. The remaining 72 positions may be used for labeling the data file, or may be left blank.
------	------	--

..... Data Set 2: Output Title.....

TITLE	20A4	This card is reproduced as a heading on the program output.
-------	------	---

..... Data Set 3: Dimensioning Information.....

NN	I5	Total number of nodes in finite element mesh.
----	----	---

NE	I5	Total number of elements in the mesh.
----	----	---------------------------------------

NS I5 Exact number of nodes where temperature is specified as a known constant or as a known function of time.

NB I5 Estimated half-band width for global coefficient matrices. Should be equal to or not much greater than the exact half-band width, which is equal to the greatest difference between two numbers in an element of all the elements in the mesh, plus one.

NF I5 Exact number of nodes where heat is injected or withdrawn.

..... Data Set 4: Temporal Operation Control.....

TIME F10.0 Maximum allowed aquifer simulation period in hours.

DELT F10.0 Time step size (Δt) in hours.

CHNG F10.0 Multiplier for automatic change in time step size. The new time step size is obtained by multiplying the old time step size by CHNG.

ITMAX I10 Maximum allowed number of time steps.

ITCHNG I10 Number of time steps between automatic changes in time step size. If time step is to remain constant, ITCHNG must be set to a large number 999999999.

THETA=1.00 F10.0 Time integration control. (THETA = 1.0)

..... Data Set 5: AQUIFEM Options.....

-A value of 1 initiates an option.
-A value of 0 suppresses an option.

KOD1=0 I4

KOD2=0 I4

KOD3=0 I4

KOD4 I4 Punch out the final temperature values after simulation.

KOD5 I4 Compute steady-state solution in one step.

KOD6 I4 Print change in temperature plot after after each time-step.

KOD7 I4 Print temperature plot after each time-step.

KOD8=0 I4

KOD9=0	I4	
KOD10=0	I4	
KOD11=0	I4	
KOD12=0	I4	
KOD13	I4	Thermal properties are temperature dependent.
KOD14	I4	Areal source, SOL (joule/m ² ·sec) is time-dependent.

..... Data Set 6: Node Coordinates.....

Card (1)

FACTX	F10.0	Multipliers for automatic rescaling of X and Y node coordinates on the following cards. The node coordinates employed in the model are automatically calculated by multiplication as, FACTX*Y(J), and FACTY*Y(J). These factors may be used to convert English to SI units or to convert graph paper coordinates to field coordinates.
FACTY	F10.0	

Cards (2 thorough NN+1) (one card for each node in the mesh, NN cards)

J	I5	Node number.
X(J)	G10.0	X coordinate of the node.
Y(J)	G10.0	Y coordinate of the node.

..... Data Set 7: Point Sources and Sinks (Constant or Time-Dependent).....

IQ	I5	Node number where source or sink is specified. If the source value is time-dependent the node number must be specified with a minus sign.
FQ(IQ)	G10.0	Injection rate (+), Removal rate (-) at the node in (joule/sec)/(thickness in Z direction) [i.e. (energy/time) per unit depth].

The source values for nodes with a time-dependent source are specified in SUBROUTINE HEATIM.

Known flows across model boundaries may also be specified in this data set as injections or withdrawals of energy at nodes along the boundaries.

..... Data Set 8: Initial Temperature.....

UI 8F10.0 Values of temperature ($^{\circ}\text{C}$) system at each of the nodes at the start of simulation. There are 8 values per card in order of node number; i.e.: first card refers to nodes 1-8, second card to nodes 9-16, third 17-24,... etc. The last card need not have 8 values.

..... Data Set 9: Elementwise Thermal Conductivity Volumetric Heat Capacity and Areal Energy Source.....

(one card for each element in the mesh,
NE cards)

L I3 Element number

COND(L) G10.0 Thermal conductivity value ($\text{joule}/\text{m}^{\circ}\text{C}\cdot\text{sec}$) defined as a constant over aquifer element L.

When thermal parameters are temperature-dependent ($\text{KOD13}=1$), COND(L) specified here is the absolute value of thermal conductivity in element at a base temperature which is internally multiplied by a temperature-dependent factor which is supplied by SUBROUTINE TPARAM.

CAPAC(L) G10.0 Thermal capacity ($\text{joule}/\text{m}^3\cdot^{\circ}\text{C}$) value or (density * specific heat) defined as a constant over element L.

When thermal parameters are temperature-dependent ($\text{KOD13}=1$), CAPAC(L) specified here is the absolute value of volumetric capacity in element at a base temperature which is internally multiplied by a temperature-dependent factor which is supplied by SUBROUTINE TPARAM.

blanks 10X Record 10 blanks here.

SOL(L) G10.0 Strength of a distributed source of energy ($\text{joule}/\text{sec}/\text{Unit Area of System} = (\text{joule}/\text{sec}\cdot\text{m}^2)$), defined as a constant over element L. In a system element exposed to insolation, this may, for example, be adsorbed insolation rate expressed as (adsorbed energy per area/sec).

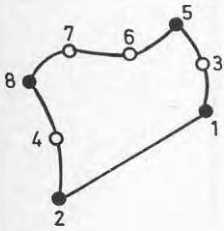
When the areal source is time-dependent ($\text{KODI4}=1$), the time-varying values are supplied by SUBROUTINE SOLTIM.

..... Data Set 10: Nodal Incidence in Elements....

(one card for each element in the mesh,
NE cards)

L I3 Element number.

CHAR free format



Special ordered list of node numbers in element L. The node numbers are listed beginning with any corner node and proceeding counter-clockwise around the element and finally repeating the first corner node number. The positions of element sides are indicated by setting a star (or asterisk) immediately after each corner node number. At least one blank must appear between each entry in the list.

For the example element to the left, the list may appear as follows:

8* 4 2* 1* 3 5* 6 7 8*

..... Data Set 11: Nodes with Constant or Known Time, Dependence of Temperature..

LRT 20I4

Node numbers of nodes where temperature is specified as a fixed constant or as a known function of time. Before an extra card is included, 20 node numbers must be recorded on the previous card. In total, there must be exactly NS node numbers specified. The last card need not have 20 numbers. Node numbers where temperature will vary in time must be specified with a minus sign. The temperature values which vary in time are supplied by SUBROUTINE TEMTIME.

.....(Data Set 12: Plotting Information).....

If no plot is requested (KOD6=0, KOD7=0, and KOD12=0) then this data set is OMITTED.

Card (1)

Name of the plot requested separated by a blank. The two possible names are TEMPERATURE for temperature plot and CHANGE for plot of change in temperature over time step.

Card (2, (3,4))

(one card for each plot requested)

Labels for axes and plot title are provided separately for each plot requested in the same order that the plot names are listed on Card (1).

XLABEL	16A1	Label for vertical axis of plot.
YLABEL	24A1	Label for horizontal axis of plot (<u>across</u> output paper).
TATLE	40A1	Title for plot.
<u>Next to Last Card</u>		(plotting dimension parameters)
XMAX	G10.0	Highest value on vertical axis. Should be somewhat greater than largest coordinate value of a node (given by FACTX*X(I) or FACTY*Y(I)) of the coordinate which is to be plotted along the length of the output.
XMIN	G10.0	Lowest value on vertical axis. Should be somewhat lower than lowest coordinate value a node of the coordinate which is to be plotted along the length of the output paper.
NXS	I10	Number of segments vertical direction is to be divided into by lines drawn on the graph. If NXS=1 no grid lines will be drawn across the output paper within the plotted region.
NINX	I10	Number of (inches) in each vertical grid segment. NXS*NINX is the actual length of the vertical axis in (inches).
YMAX	G10.0	Same as XMAX but for coordinate direction which is to be plotted along the width of output paper (horizontal).
YMIN	G10.0	Same as XMIN but for horizontally plotted coordinate.
NYS	I10	Same as NXS but for horizontally plotted coordinate.
NINY	I10	Same as NINX but for horizontally plotted coordinate. <u>NYS*NINY must be less than</u> the width of the output paper.
<u>Last Card</u>		(plotting control parameters).
KKKKK	I10	Plot direction control. Allows longest of NXS*NINX and NYS*NINY to be plotted along length of output paper so that the largest plotting scale may be used. If <u>KKKKK=1</u> the x-axis is plotted along the length of the output paper (vertically). If <u>KKKKK=-1</u> the y-axis is plotted along the length of the output paper (vertically).

CMAX G10.0 Significant figure control for temperature plot.

ADDN G10.0 Significant figure control for temperature change plot.

The plotter writes only three digits of the plotted variable at each node coordinate; these are: one digit to the left of the decimal point and two digits to the right of the decimal point. The preceding four variables (CMAX, ADDN, AVV, AVA) should be chosen so that the digits of interest in the plot (usually the first three significant figures) when multiplied by the appropriate significant figure control fall into positions which are written by the plotter.

For example, the velocity direction values may go up to 360° . A particular angle: 347.541° would be written on the plot as:

541 for AVA = 10.00
 754 for AVA = 1.000
 475 for AVA = 0.100
 347 for AVA = 0.010
 034 for AVA = 0.001

Thus a value of AVA = 0.010 will always write the number of degrees truncated at the decimal point.

Note that the significant figure control for plots that are not requested may be left blank.

..... Data Set 13: Completion of Data File.....

CARD 20A4 The letters XXXX must be punched in columns 1-4 to indicate the conclusion of the data file. The remaining 76 positions may be used for a message or may be left blank.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
791342-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till VBB AB, Stockholm.**

R64: 1982

ISBN 91-540-3716-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700564

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 30 kr exkl moms