



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Jordtäckta hus
— presentation av en
översiktlig studie**

Torbjörn Winqvist

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

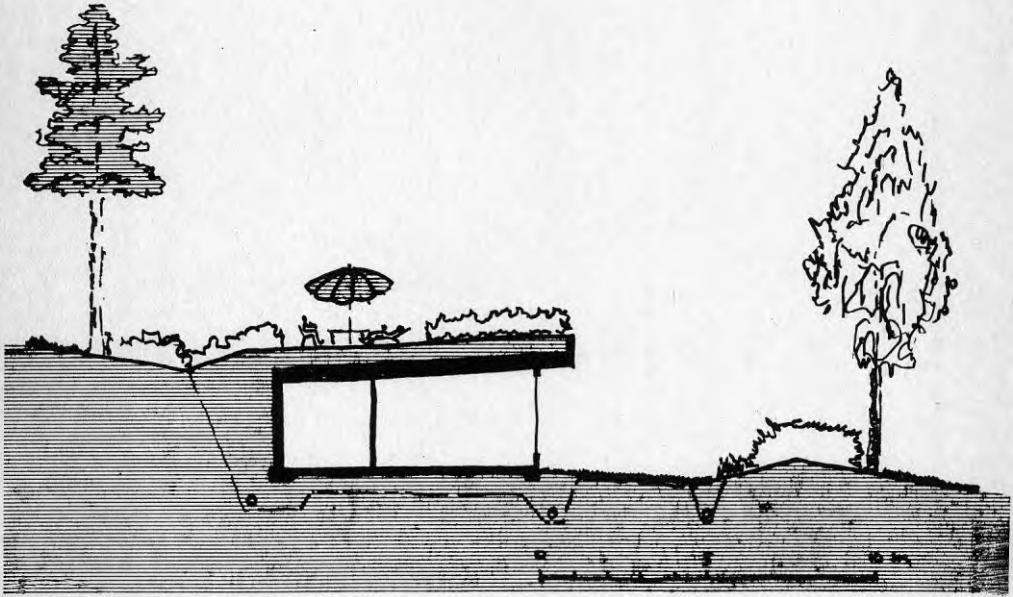
Accnr 80-0272

Plac

Ser

R/60

R10:1980



JORDTÄCKTA HUS

presentation av en översiktlig studie

Torbjörn Winqvist

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780804-0 från Statens råd för byggnadsforskning till AB Vattenbyggnadsbyrån, VBB, Göteborg.

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

R10:1980

ISBN 91-540-3174-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 050369

INNEHÅLL

1.	INLEDNING	5
2.	VAD ÄR ETT JORDTÄCKT HUS?	9
2.1	Energi	10
2.2	Arkitektur	14
2.3	Byggnadsteknik	17
3.	SÄRSKILDA STUDIER	19
3.1	Administrativa förutsättningar för jordtäckt bebyggelse	19
3.1.1	Statliga bostadslånebestämmelser	19
3.1.2	Hur passar jordtäckta hus in i dagens stads- och byggnadsplaner?	20
3.1.3	Bestämmelser och normer som berör jordtäckt bebyggelse	20
3.1.4	Synpunkter på markarbeten, konstruk- tion m m	24
3.2	Energiflöde	25
3.2.1	Allmänt	25
3.2.2	Det jordtäckta husets karakteristika	25
3.2.3	Jordars värmeisolerande och värme- magasinerande förmåga	27
3.2.4	Beräkning av värmeledningsförluster genom jordtäcket	28
3.2.5	Värmebalans för den södervända fasaden	32
3.2.6	Total värmebalans för ett jordtäckt hus	32
3.2.7	Inomhusklimat	32
3.2.8	Effektbehov	32
3.2.9	Sammanfattning och känslighetsanalys	35
3.3	Speciella byggnadstekniska problem	36
3.3.1	Grundläggning	36
3.3.2	Grundvatten	37
3.3.3	Fuktisolering	38
3.4	Vegetationsbehandling	40
3.5	Kostnadsuppskattning	45
3.5.1	Objektdata: jordtäckta hus	45
3.5.2	Sammanställning av kostnader	45
3.5.3	Jämförande kostnader	47
3.5.4	Sammanställning av kostnader	47
4.	DISKUSSION AV ERHÅLLNA RESULTAT	49
5.	PROJEKTETS FORTSÄTTNING	53
6.	LITTERATUR	55

1. INLEDNING

Idén att genom jordtäckning åstadkomma ett jämnt och energisnålt inomhusklimat är ingalunda ny. Jordkällare och backstugor är näraliggande exempel i Norden. I bl a Frankrike, Tunisien och Turkiet fortlever gamla traditioner att skydda sig mot värme eller kyla genom att gräva ut bostäder i jord eller löst berg.

I USA finner man ett nyväckt intresse för det jordtäckta huset. Drivfjäders är framför allt oro kring energiförsörjningsproblemen, men även nya möjligheter till markutnyttjande och naturanpassning spelar in. Sedan energikrisen 1973 har ca 3 000 s k earth sheltered dwellings kommit till och lika många till är på väg. Exempel finns också på större anläggningar, t ex en arkiv- och biblioteksbyggnad i Minneapolis, Minnesota och en skola i Reston, Virginia.

Speciellt har man tagit fasta på detta spontant uppkomna intresse vid University of Minnesota i Minneapolis. Sedan flera år bedriver man där en omfattande forskningsverksamhet på området, huvudsakligen finansierad med delstatsmedel. Ett särskilt institut, Underground Space Center, har inrättats för effektiv samordning och genomförande av dessa och näraliggande projekt. Den drivande kraften sedan många år är professor Charles Fairhurst, chef för universitetets Department of Civil and Mineral Engineering. Forskningsprojekten leds av dr Ray Sterling, som är chef för Underground Space Center.

För närvarande genomförs ett stort upplagt experimentbyggnadsprogram omfattande ett 80-tal hus. En mycket god och allsidig presentation av de amerikanska erfarenheterna presenteras i boken Earth sheltered housing design - guidelines, examples and references, utgiven av Underground Space Center, 1978.

Om detta projekt

Svenska forskare, arkitekter och ingenjörer har länge haft goda kontakter med professor Charles Fairhurst institution, bl a genom IVAs underjordskommitté. Dessa utvecklades vid Rockstore -77 symposiet i Stockholm, där Minnesota deltog med en stor delegation universitetsforskare och politiker. Anslag 771064-4 från BFR har möjliggjort förnyade kontakter och en överenskommelse om utbyte av erfarenheter mellan universitet och svenska forskare.

BFR har gett VBB AB i uppdrag att

- o undersöka administrativa förutsättningar för uppförande av jordtäckta bebyggelse i Sverige

- o framta programunderlag för uppförande av småhusområde med jordtäckt bebyggelse
- o genomföra jämförelser från energisynpunkt mellan lokaler för vissa verksamheter förlagda dels i berg dels ovan jord

I denna rapport redovisas de två förstnämnda delarna.

Verksamma i projektet har varit från VBB AB

arkitekt Mike Carrier
 civ.ing. Lars Engström
 civ.ing. Hans Hydén
 arkitekt Birger Jansson (projektledare)
 ing. Johnny Kellner
 landskapsark. Lars Sandberg
 civ.ing. Torbjörn Winqvist (projektsekreterare)

Från Hagconsult AB

civ.ing. Magnus Bergman
 civ.ing. Per-Olof Sahlberg
 civ.ing. Kjell Windelhed

Under projektets gång har kontakter och samråd hållits med Underground Space Center, främst genom Dr Ray Sterling.

Syfte med projektet

Syftet med projektet är att pröva i vilken utsträckning de amerikanska erfarenheterna kan tillämpas på svenska förhållanden. Detta bör göras i flera steg med slutmålet att bygga ett eller flera hus där boende- och energiaspekter kan utvärderas. I detta första steg är målet att ge underlag för projekteringsarbete genom översiktliga studier av energibalans, byggnadsteknik, ekonomi m m.

Några punkter kan behöva förtydligas

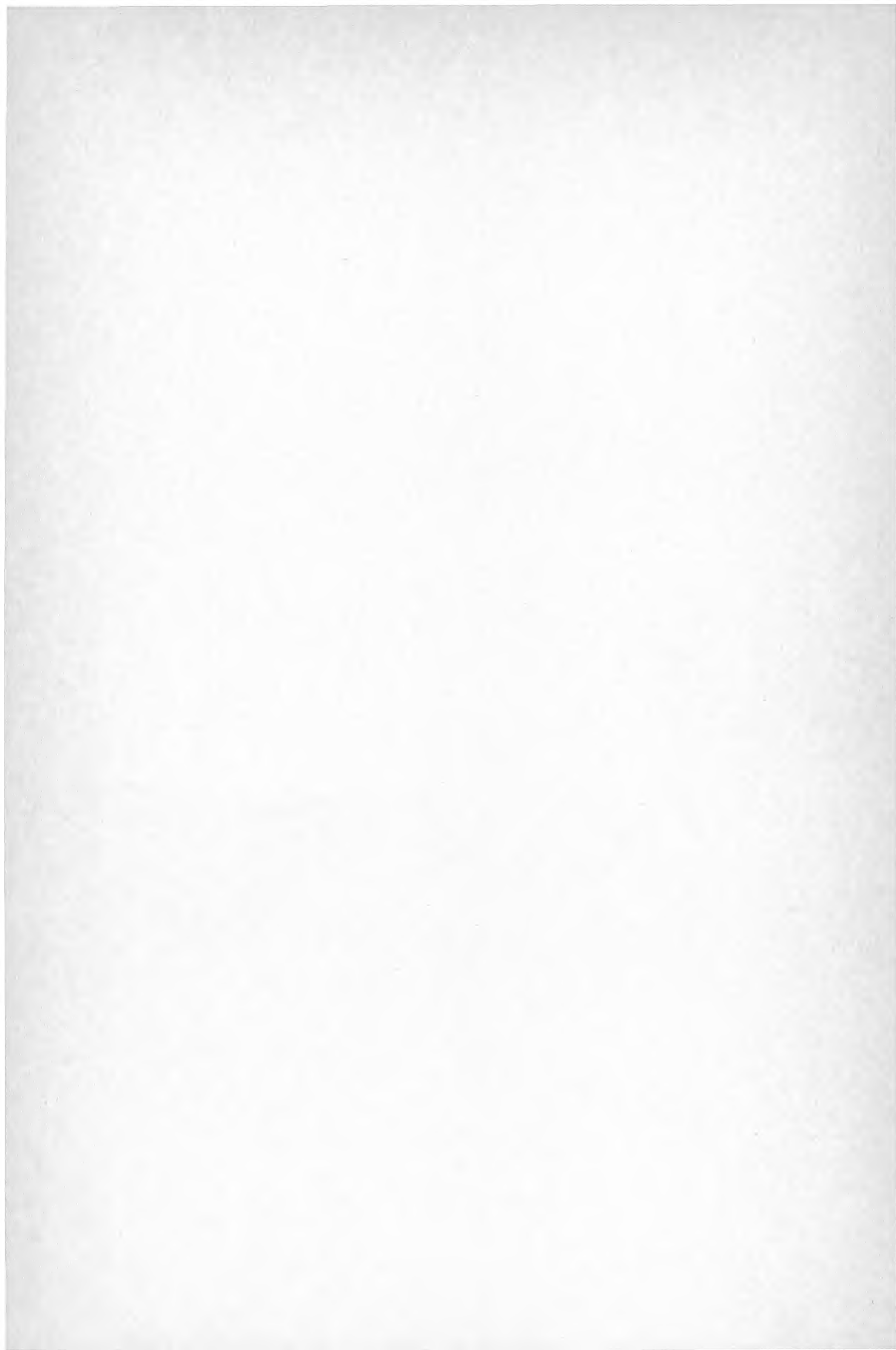
- o I rapporten behandlas i princip endast sådana aspekter som är speciella för jordtäkta hus
- o En del av de energibesparande element som karakteriserar ett jordtäckt hus är förbundna med hustypen medan andra mycket väl kan tillämpas på andra typer av hus (t ex orienteringen av fönster i huvudsak mot söder). I rapporten görs ej några särskilda distinktioner i dessa avseenden, utan huset som helhet studeras
- o Endast småhus för bostadsändamål studeras

- o Energijämförelse görs med de krav som formuleras i SBN 75, utgåva 3. Denna norm är betydligt strängare från energihushållningssynpunkt än de amerikanska. Erfarenheter från USA kan i detta avseende följaktligen inte överföras utan vidare
- o De klimatologiska och geologiska förhållandena i Sverige är endast delvis jämförbara med de amerikanska
- o Vissa aspekter, t ex på passiv soluppvärmning, är endast översiktligt berörda, främst av det skälet att dataprogram för kombination med jordtäckning ännu saknas, åtminstone i Sverige

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

Stockholm i augusti 1979

Torbjörn Winqvist



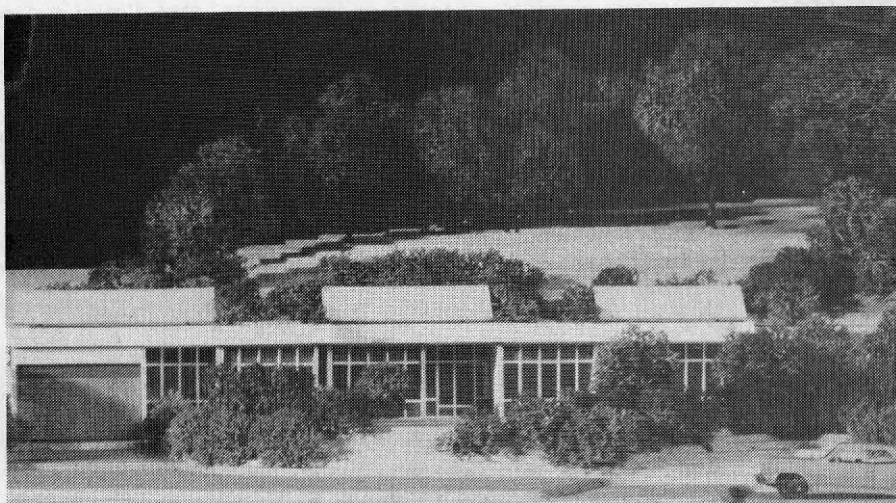
2. VAD ÄR ETT JORDTÄCKT HUS?

Ett första självklart kännemärke för det jordtäckta huset är - som namnet säger - att husets tak är täckt med jord. Den renodlade amerikanska modellen innehåller dock flera karakteristiska element:

- o utom taket är två eller tre väggar täckta med jord med åtminstone 50 cm tjocklek
- o husets fönster är orienterade i huvudsak åt söder

Det är alltså fråga om ett hus med hög värmekapacitet, orienterat så att passiv soluppvärmning kan utnyttjas så mycket som möjligt. Det är minimalt exponerat mot klimatisk påverkan. Från arkitektens synpunkt uppnås fördelar med de annorlunda möjligheterna till markutnyttjande. Gestaltningsmöjligheterna är intressanta. Jordtäckta hus kan integreras väl i naturmiljön och minimala ingrepp i naturliga jämvikter blir möjliga.

En diskussion av jordtäckt bebyggelse innefattar därför många olika slag av hänsynstaganden och flera energibesparande åtgärder blir aktuella. I ett längre perspektiv kan utnyttjande av dessa i grunden passiva system ses som en utveckling mot långlivade hus där så många naturmaterial som möjligt kommer till användning och där underhållsbehoven blir låga. Sett över husets hela livslängd kan låga totalkostnader och låg total energianvändning bli möjliga.



Figur 1 Modell av jordtäckt hus

I detta avsnitt ges en översikt över olika karaktäristika för det jordtäckta huset. De flesta synpunkterna hänför sig till amerikanska erfarenheter, men en del svenska synpunkter har också kommit fram under utredningsarbetet. Indelningen i energi, arkitektur och byggnadsteknik är schematisk, och vissa punkter kan falla under flera rubriker. De mer ingående studierna redovisas i avsnitt 3.

2.1 Energi

Värmeisolering, värmekapacitet

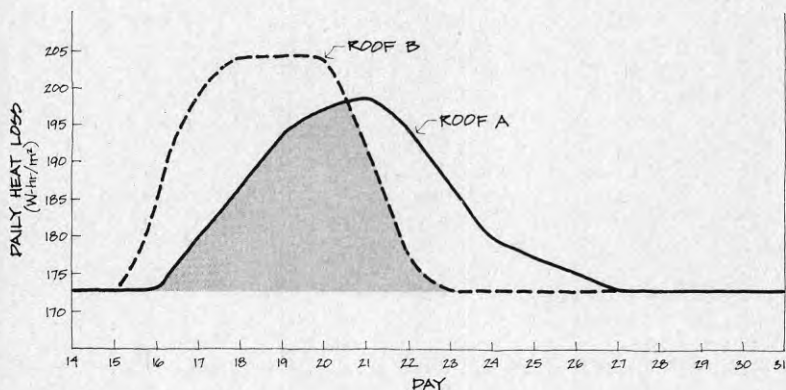
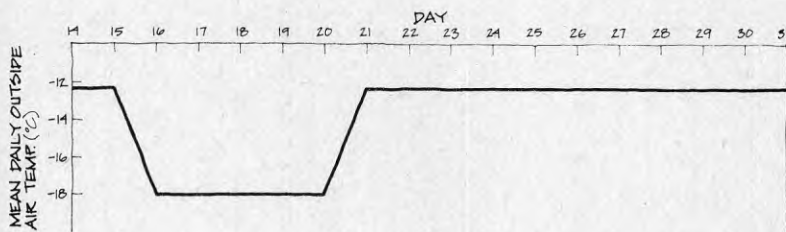
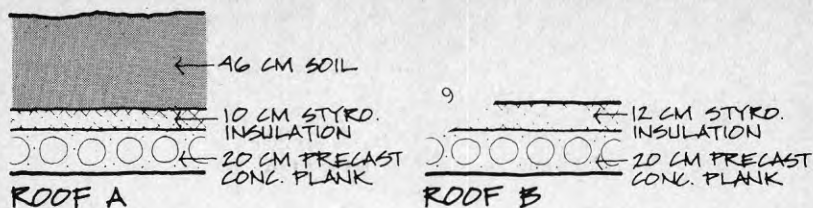
Jord har tämligen måttlig värmeisolerande förmåga, ca 1/25 jämfört med mineralull. Om jordlagret är tunnare än 2-3 m behöver väggar och tak tilläggsisoleras för att kraven enligt SBN 75 skall kunna uppfyllas.

Jord är ett material med stor värmekapacitet. Redan på djupet 20 cm är temperaturvariationerna över dygnet nära noll.

Vid långvariga förändringar av lufttemperaturen ändras jordens temperatur även på något större djup, men med stor fördröjning. För ett jordtäcktt hus leder detta till låga effektbehov för uppvärmning och även det totala energibehovet under en årscykel kan bli lägre än i ett hus av lätt konstruktion främst beroende på att ett sådant hus bättre kan tillgodogöra sig "gratisvärme" från solinstrålning och hushållsel. För energiförsörjningssystem av typen el eller fjärrvärme är de låga effekt- och därmed energibehoven under köldperioder en fördel. För lokala uppvärmningsanordningar är låga effektbehov även vid dimensionerande utetemperaturer gynnsamma, eftersom det blir möjligt att dimensionera systemet för relativt jämn belastning med hög genomsnittlig verkningsgrad som följd. Frågorna diskuteras närmare i avsnitt 3.2.

Av praktiska skäl förläggs värmeisoleringskiktet närmast utanför den bärande konstruktionen, åtminstone på taket. Isoleringen gör det svårare att utnyttja den värme/alt. kyla för inomhusklimatet som finns lagrad i jordmassan. I väggar och kring golv (där så behövs) är det därför fördelaktigt att lägga isoleringen så att det omslutande jordmagasinet får direkt kontakt med de tunga delarna av konstruktionen.

Jordvärmemagasinet kring ett jordtäcktt hus behöver värmas upp initialt. Jordens ursprungliga temperatur ett stycke ned i marken ligger nära luftens årsmedeltemperatur på platsen. Initial uppvärmning uppskattas ta ca 3 år. Denna "investerade" värmemängd får naturligtvis inte transporteras bort genom t ex strömmande grundvatten.



Figur 2 Illustration till begreppet värmekapacitivitet

Två tak med samma k-värde jämföres: A bestående av 20 cm betongplank, 10 cm isolering och 46 cm jord, och B bestående av samma 20 cm betongplank men med 12 cm isolering. Inverkan av en temperatursänkning från -12°C till -18°C under en 5-dagarsperiod studeras. I diagrammet anges daglig transmissionsförlust (wattimmar/m² takyta). Tak B reagerar mycket snabbt på köldknäppen. Jordtaket däremot har efter de 5 dyggen ännu inte blivit fullt påverkat. Vid jämförelse med tak B är jordtakets totala energiförlust på grund av köldperioden 92 %, dess största momentana förlust (effekten) 85 % och energiförlusten under själva köldperioden 51 %. (Källa: Earth sheltered housing design.)

Om ett hus med stor värmekapacitivitet drabbas av driftavbrott i uppvärmningen vintertid kommer huset att kylas ned långsamt. Avkylningshastigheten 1° /dygn har mätts upp under avsevärd kyla. I ett lätthus är motsvarande hastighet snarare 1° C/timme.

Den omgivande jordmassan är lättast att göra stor om huset är placerat i en sluttning. Om huset istället placeras i halvt nedsänkt läge på plan mark ökar energibehovet till följd av mindre omslutande jordmassa. Denna ökning är dock måttlig, i USA har den beräknats till ca 5 %.

Vegetation på tak och väggar ger bidrag ur energisynpunkt. I gräs infångas luft vilket ger isolerande effekt. Gräs ger genom skuggning och speciellt genom transpiration upphov till kylning sommartid.

Vid frost sker ingen värmetransport via vattnet i jorden. Ett snötäcke på taket bidrar till värmeisolering.

Husets omslutande yta bör vara så liten som möjligt, dvs kompakt form bör eftersträvas. Diskontinuiteter i det omslutande jordtäcknet, t ex för dörrar och fönster bör vara så få som möjligt. Det är att märka att en större öppning rent stereometriskt innebär mindre "förlust av verksam jordmassa" än två mindre öppningar med samma totalarea.

Passiv soluppvärmning

Husens fönster bör orienteras i väderstreck nära söder. Energitillskottet genom fönstren dagtid blir då väsentligt större än förlusterna genom utstrålning. Med draperier, persiennor etc kan förluster-na nattetid reduceras kraftigt.

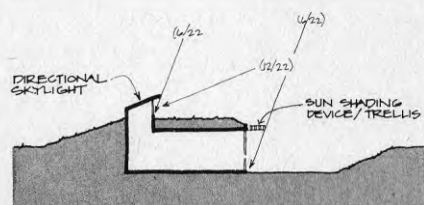
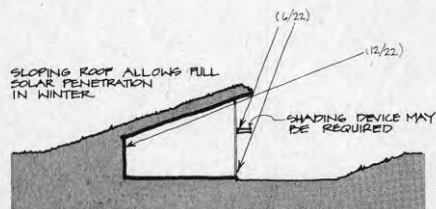
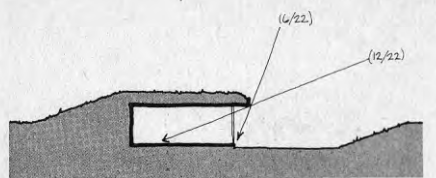
Genom sin höga värmekapacitet är ett jordtäckt hus speciellt förmånligt för passiv soluppvärmning. Genom ökande rumshöjd mot söder kan solljuset nå längre in i huset. (Lutningen bör avpassas med hänsyn till vintersolståndet.) Med ett södervänt sky-light över husets inre del kan solljus nå den bakre ytterväggen vilket från lagringssynpunkt är speciellt gynnsamt. Sky-lightöppningen kan avskämmas nattetid enklare och mindre störande än normala fönster.

En konflikt föreligger mellan önskemål om komfort och lagringskapacitet vad avser golvet. Material med goda absorptionsegenskaper som betong eller klinker upplevs kalla genom att värmeöverföringen från en naken fot (eller barnstjärt) är stor.

Sommartid kan solsken ge upphov till oönskad uppvärmning. Detta kan reduceras genom persiennor

SOLAR ANGLES:

DECEMBER 22, NOON, ALTITUDE: 21.5°
 JUNE 22, NOON, ALTITUDE: 68.5°



Figur 3

Illustration av solvinkeln sommar- och vintertid samt av hur oönskad sommarsol kan avskärmas. (Källa: Earth sheltered housing design)

eller skärmtak. Skärmtak avpassas så att en balanseerad skärmningseffekt vid olika solstånd åstadkommas. Lövträd kan ge motsvarande effekt.

Sky-light eller liknande anordningar kan bidra till ventilation genom huset. Värmen i genomströmmande luft kan sommartid överföras till jorden via väggarna och därmed bidra till laddningen av jordmagasinet.

Vid ev övertemperaturer inomhus kan kylning åstadkommas t ex genom att sval nattluft ventileras genom hålen i ett hålbjälklag. (Se t ex Termodeck-systemet.)

Andra synpunkter

Skydd mot kalla vindar kan enligt amerikanska erfarenheter ge påtagliga besparingseffekter. Bäst uppnås skydd om husets "rygg" kan vändas mot den huvudvindriktning som råder vintertid.

Ett jordtäckt hus blir tätt. Mekanisk ventilation bör förutsättas. Detta ger tekniska möjligheter till värmeväxling av frånluften.

De låga energi- och låga effektbehoven ger goda förutsättningar för energisystem baserade på spillvärme, solfångare eller värmepumpar.

Faktorer som påverkar värmebalansen (summering)

Jämfört med traditionella byggnader utförda enligt SBN 75 har jordtäckta hus bl a följande speciella kännetecken. Fönsterarean är sannolikt högre än normkravens maximumvärden, men är koncentrerade till en fasad i sydligt väderstreck. Värmemotståndet i minst tre av kubens huvudriktningar är större än kraven. Yttre värmeövergångsmotståndet i taket är större än normalt (grästäckningen).

Ett jordtäckta hus utsätts för liten ofrivillig ventilation, dels genom att huskonstruktionen är tät, dels genom att huset är föga exponerat mot vindar.

Huset har stor värmekapacitet, varar följer låga och/eller långsamma temperaturförändringar inomhus till följd av dygns-, vecko- och årstidsvariationer i yttertemperaturen. Särskilt effektbehovet blir därför lågt.

Av det låga effektbehovet följer installations-tekniska fördelar:

- o jämna driftsförhållanden uppkommer
- o värmeanläggning med låg kapacitet blir möjlig
- o lågtemperatursystem för värmedistributionen blir möjliga

Extrem täthet och fönsterlösa utrymmen leder till krav på mekanisk ventilation. Detta i sin tur skapar förutsättningar för energiåtervinning genom värmeväxling av frånluften.

2.2 Arkitektur

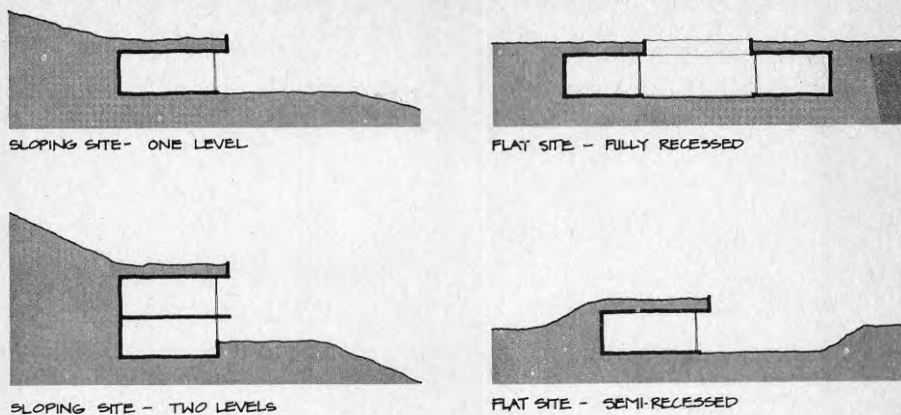
Marklutningens betydelse

För att passiv soluppvärmning skall kunna utnyttjas bör husets fönster orienteras åt söder - säj inom en sektor $S \pm 45^\circ$.

Vid ringa eller ingen marklutning behöver huset lokaliseras i halvt nedsänkt läge. Detta får konsekvensen framför allt för möjligheterna till utsikt.

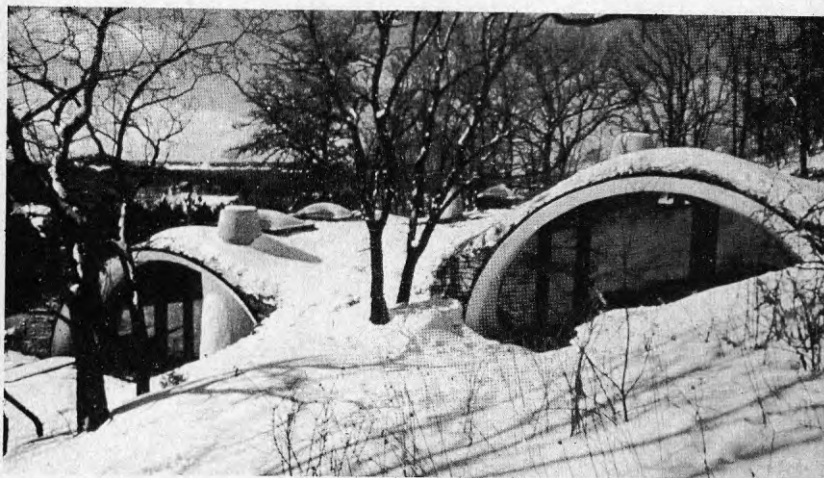
Vid en marklutning av ca 1:7, kan envåningshus placeras in med ett minimum av massförflyttningar. Vid starkare lutningar, från ca 1:5, blir tvåplanslösningar naturliga. Se figur 4.

Lokala variationer i lutningsförhållandena kan ge stora möjligheter till inpassning av jordtäckta hus. Graden av jordtäckning kan givetvis varieras.



Figur 4

Jordtäckta hus i sluttning och på plan mark
(Källa: Earth sheltered housing design)



Figur 5

The Clark-Nelson House, River Falls, Wisconsin
(Källa: Earth sheltered housing design)

Anpassning till landskap och markförhållanden

Relationerna till befintlig vegetation och närbelägna hus är viktiga. Solinstrålningen får inte skymmas, varken i utgångsläget eller framtiden. Topografin påverkar lokala vindförhållanden, temperaturförhållanden och ytvattenavrinningen. Problem i samband med snösmältning eller regn måste beaktas. Jord- och grundvattenförhållanden är betydelsefulla.

Krav från byggnadsstatisk synpunkt

Genom jordtäckningen erhålls större laster på taket än vad som normalt är fallet. Detta kan återverka på indelningen av huset genom bärande element.

Bågar eller skalkonstruktioner medger höga taklast. Krökta element kan vara intressant från arkitektsynpunkt. I USA har jordtäckta hus byggts med prefabricerade stomelement, avsedda för vägtrummor och silos. Se figur 5.

Synpunkter på planlösning

En konflikt föreligger mellan å ena sidan kraven på ljus, ventilation och brandsäkerhet och å den andra önskemålen om låg energiomsättning. Alla sovrum och vardagsrummet bör ligga mot fönster i fasaden, medan badrum, tvättutrymmen, förrådsutrymmen samt pannrum kan vara fönsterlösa. Kök och matplats kan eventuellt förläggas indragna från fasaden men med fönsterkontakt.

Ett atrium ökar planlösningens frihet liksom sky-light kan göra det.

Husets entré bör ägnas stor omsorg. Det är väsentligt att ett välkomnande intryck förmedlas. Det är också viktigt att entréen inte beskär avskildheten för t ex sovrummen.

En källarvåning blir knappast aktuell. De funktioner som brukar rymmas i sådana förhållandevis billiga utrymmen, dvs tvättstuga, pannrum, hobbyrum osv kan med större fördel förläggas till husets inre delar. Garage och förrådsutrymmen som inte behöver värmas upp till rumstemperatur, kan inrymmas i ett fristående hus.

Det jordtäckta husets tak

Taket i ett jordtäcktt hus är viktigt eftersom det blir tillgängligt som en del av egen eller grannens tomtmark.

Det är viktigt att det växer på taket - såväl estetiska och ekologiska som energitekniska skäl talar för detta. Växtbarheten avgörs av jorddjup,

typen av jord och av dräneringsförhållandena. Vid 50 cm jorddjup kan gräs och mindre buskar klara sig bra. Räckten behövs av säkerhetsskäl.

Betraktat från en högre nivå upplevs ett jordtäckt tak som ett stycke natur. Detta kan göra ett jordtäckt hus mycket "diskret". Möjligheterna att utforma gruppbebyggelse med jordtäckta hus i slutning är intressanta.

Övriga synpunkter

Ljud och vibrationer utifrån dämns mycket effektivt av ett jordtäckte. Ett jordtäckt hus är därför mindre känsligt för t ex trafikbuller, särskilt om bullerkällan ligger bakom husets "rygg". I den tysta inomhusmiljön kan biljud från mekanisk ventilation å andra sidan upplevas starkare än vanligt.

Vid förtätning i äldre villaområden med stora tomter kan jordtäckta hus många gånger smidigt passas in - från miljösynpunkt betydligt lättare än andra moderna hus. Lutningsförhållanden, som är ogynnsamma för ett traditionellt hus, kan för det jordtäckta huset vara en fördel.

2.3 Byggnadsteknik

Ett jordtäckt hus kännetecknas byggnadstekniskt av egenskaperna

- o lång livslängd pga hållfasta material
- o låga temperaturväxlingar i konstruktionen
- o låga underhållskostnader
- o gott brandskydd
- o förutsättningar för enkel om också kraftig statisk konstruktion

Taket

Risken för tjälskjutning och villkoren för växtbarhet är viktiga för takets utformning.

Golv och väggar

Golvet bör ligga över grundvattennivån.

Om tillfälliga höjningar av grundvattennivån kan förutses måste golv och väggar och fogar dimensioneras för att stå emot vattentryck. Det är lämpligt att jorden närmast ytterväggar består av friktionsmaterial.

Grundläggning

De stora laster på väggar och tak som följer av jordtäckningen kan leda till mer komplicerad grundläggning än i normala småhus. Lösa fyllningar bör undvikas. I starka slänter minskar stabiliteten om flera hus byggs nära varandra genom att jordens "valvverkan" ovan det enskilda huset går förlorad.

Dränering

Dräneringen måste utformas med tanke på nederbörd. I första hand kan detta lösas genom att huset lokaliseras med hänsyn till det lokala ytavrinningsmönstret.

3. SÄRSKILDA STUDIER

3.1 Administrativa förutsättningar för jordtäckta bebyggelse

I detta avsnitt redovisas i vad mån lagstiftning, bestämmelser, normer eller utbildad praxis kan försvåra eller förhindra tillkomsten av ett jordtäckt hus. Uppgifterna bygger i stor utsträckning på informella samtal med tjänstemän på Statens planverk, Bostadsstyrelsen och vid byggnadsnämnden i några kommuner. Åsikterna i dessa hittills oprövade frågor ger en fingervisning om det jordtäckta husets möjligheter och får naturligtvis inte fattas som definitiva ställningstaganden. Vidare har byggnadsstadgan, Svensk byggnorm 75, Arbetarskyddsstyrelsens anvisningar m fl källor studerats systematiskt. Slutligen har yrkesverksamma konsulter i byggbranschen gett synpunkter på tillämpligheten av Mark- och Hus AMA.

Som utgångsmaterial för undersökningen användes huvud- och arbetsritningar från ett amerikanskt jordtäckt enfamiljshus, som nu byggs i Camden State Park, Minnesota (The Park Manager's Residence.) Även jordtäckta hus illustrerade i 'Earth Sheltered Housing Design' (Underground Space Center, University of Minnesota 1978) har studerats.

3.1.1 Statliga bostadslånebestämmelser

Ett av de allvarligaste hindren för jordtäckta bostäder i Sverige är de statliga bostadslånebestämmelserna.

Dessa motverkar direkt möjligheten att belåna bostadsutrymmen under markytan.

Det är i och för sig möjligt att bygga hus utan statliga lån. Hindren gäller emellertid inte enbart finansieringen. Bostadsstyrelsen understryker i sin "Kort Redogörelse för Svensk Bostadspolitik" att "samhällets mål för bostadsförsörjningen är att hela befolkningen skall beredas sunda, rymliga, välplanerade och ändamålsenligt utrustade bostäder av god kvalitet till skäliga kostnader". Om jordtäckta hus inte, eller endast delvis, kan erhålla statliga bostadslån, kan det indirekt tolkas så att de inte uppfyller kriterierna i denna målsättning.

Bostadsstyrelsen har ingen erfarenhet av jordtäckta hus men är klart intresserad av utvecklingen. Samtalen har visat att det är allmänt accepterat att källare i moderna småhus dvs suterrängvåning, gillesstuga, lekrum m m inte längre behöver betraktas som ohälsosamma lokaler.

Lånereglerna tas upp mer detaljerat under rubriken "lägenhetsbeteckning".

3.1.2 Hur passar jordtäckta hus in i dagens stads- och byggnadsplaner?

Frågan: "Kräver ett enstaka jordtäckta hus ny stadsplan?" har ställts till ett antal statliga och kommunala tjänstemän i informella diskussioner. Man tycks vara ense om att en ny stadsplan är onödigt drastiskt. Ett noggrannare byggnadslovsförfarande är att föredra med bl a ordentliga diskussioner med berörda grannar och eventuellt remiss till länsstyrelsen och planverket.

I en äldre stadsplan med generösa tomter är det troligt att ett jordtäckta hus kan klara stadsplanebestämmelserna. Denna typ av hus är möjlig att betrakta som slutningshus utan övervåning (i enplansfallet).

Stadsplan för ett nyexploateringsområde med jordtäckta hus kan upprättas på vanligt sätt, men beskrivning och bestämmelser måste utformas särskilt med hänsyn till den speciella typen av bebyggelse.

3.1.3 Bestämmelser och normer som berör jordtäckta bebyggelse

De riktlinjer, rekommendationer och krav som idag styr byggandet är främst hämtade från Byggnadsstadgan (BS), Svensk Byggnorm 75 (SBN) och Arbetarskyddsstyrelsens anvisningar (ASS). Även de fackliga organisationerna har idag till viss del utarbetat önskemål beträffande olika funktionskrav för byggnader. Nedan belyses vilka delar av normerna som kan komma att aktualiseras i samband med byggande delvis under mark, dvs jordtäckta bebyggelse.

Varken BS, SBN 75 eller ASS är utformade så att de alltid kan tillämpas för undermarksbebyggelse. När normerna utarbetades hade man inte förutsett en framtida bebyggelse av detta slag. Därför kan vissa konflikt-situationer förutses.

Energihushållning

Beträffande byggnaders energihushållning kommer gängse krav att gälla. Dessa grundar sig på kap 33 SBN samt BS 44 a §, 46 a § och 48 a §, som avser att förhindra att olägenheter uppkommer till följd av för låg eller för hög ytemperatur på byggnadsdelars innerytor eller otätheter.

Ventilation, skorstenshöjd

I SBN kap 36 behandlas bl a byggnaders luftkvalitet. För lägenhet gäller att den skall ha en luftväxling av lägst 0,35 l/s m² lägenhetsyta (forceringsflöde oräknat). Underlaget för denna dimensionering har av förklarliga skäl inte beräknats för tillämpning på jordtäckta bebyggelse. Det kan bli aktuellt med en annan dimensioneringsfaktor.

I SBN kap 36:43 anges ventilationsskorstenens höjd över tak vid självdragsventilation. Godtagen höjd ovan yttertak anses föreligga om frånluftskanalens överkant i sin helhet befinner sig ovanför en zon, som begränsas av ett horisontellt plan 0,5 m ovan taknock och ett annat plan parallellt med taket och på 0,75 m vertikalt avstånd från detta. Normen är skriven med förutsättningen att taknock alltid befinner sig minst en våning ovan mark. Normen anger således inte något mått med utgångsläge från markplanet. Likartad problematik gäller för rökkanaler.

Brand

Brandkapitlet kap 37 i SNB är inte till alla delar tillämpligt för en framtida bebyggelse av jordtäckta hus.

En problemställning som en byggnadsnämnd kommer att ställas inför är hur byggnaden skall brandklassificeras. De nuvarande normerna enligt SBN 37:115 ger inga direkt tillämpliga anvisningar för bebyggelse av detta slag. Ett grundkrav som dock är tillämpligt är, enligt SBN 36:221, att från lägenhet eller motsvarande lokal där personer vistas, om än tillfälligt, skall med vissa undantag finnas minst två av varandra oberoende utrymningsvägar, varav minst en i varje våningsplan. Interntrappa inom lägenhet räknas inte som utrymningsväg.

I Kap 37:442 behandlas brandventilation i källare. Den direkta tillämpningen är svår, då brandklassificeringen utgör en dimensionerande faktor. I en brandsäker byggnad förses källare med för brandventilation lämpligt placerade fönster eller andra öppningar direkt mot det fria i en sådan omfattning att trapphus inte behöver utnyttjas för ventilation vid brand. I byggnad med fler än en källarvåning förses varje källarplan med anordning för separat brandventilation, såvida inte särskilt skäl till undantag föreligger. Lucka till rökschakt skall kunna öppnas från markplanet.

I SBN Kap 37:381 anges att taktäckningsmaterial skall ha sådana egenskaper att det inte i sig självt medverkar till spridning av brand. Vid jordtäckta hus kan t ex gräs bli aktuellt. Gräs kan vara olämpligt som ytbeklädnad då det kan medverka till brandspridning särskilt i torrt tillstånd. Rök- och brandgaser kan spridas t ex genom sky-lights och genom till- och frånluftskanaler.

Olycksfall

Enligt SBN 41:41 skall balkong, trapplopp eller trappplan som inte avgränsas av vägg eller dylikt som ger motsvarande skydd, förses med räcke så att det erbjuder tillräckligt hinder mot olycksfall. Kontentan av detta krav är enligt SBN 41:345 att jordtäckta byggnader måste förses med räcke om det blir möjligt att beträda taket på ett enkelt sätt. Schaktöppning, t ex ljus-

schakt, som inte är tillgängligt för allmänheten skall omges med räcke eller annan skyddsanordning med en höjd av minst 0,5 meter. Om bjälklaget kan beträdas av allmänheten skall delar som inte med betryggande säkerhet kan bära upp förekommande laster kringgärdas med räcke av en höjd av minst 1,1 meter.

Dagsljus

Enligt SBN 71:12 gäller att lägenhet om möjligt skall orienteras mot soligt vädersträck samt kunna nås av direkt solljus i erforderlig utsträckning.

Enligt BS 46 § 3 skall det i boningsrum samt kök som hör till bostadslägenhet finnas fönster som vetter omedelbart åt det fria och lämnar god "dager". Formuleringen god dager ger uttryck åt att man i princip skall kunna se ut i horisontalled, dvs uppleva den yttre miljön. Därvid kan man dra den slutsatsen att rum med enbart takljus ej kan accepteras som boningsrum enligt BS 46 §. Dessa utrymmen kommer därför att betraktas som biutrymmesytor.

Enligt SBN 38:1 gäller att bostadsrum samt vardagsrum, sovrum och kök samt lekrum i barnstuga skall anordnas så att tillfredsställande dagsljus erhålls. Detsamma gäller arbetsrum där verksamhetens art så medger.

Enligt BS 37 Källare gäller att om ett visst antal våningar föreskrivits, skall våning anses som källare om närmaste högre våning läggs ner 1,5 meter över omgivande markyta och om byggnadsnämnden inte medger en annan bedömning med hänsyn till terrängförhållandena.

Arbetsrum och därtill hörande personalrum skall, enligt BS 46 § 4, ha tillräckligt luftutrymme och kunna belysas tillfredsställande. Om förhållandena så medger, bör också dagsbelysning anordnas.

Enligt SBN 64:1 gäller att personalrum förläggs så att användningen underlättas. Matrum, överliggningsrum och väntrum förses där så är möjligt med öppningsbart väggfönster mot det fria.

Enligt ASS nr 88 § 14 angående dagsbelysning, skall i regel lokal, där man stadigvarande vistas, ha fönster av en sådan storlek och placering att god dagsbelysning erhålls i lokalen. Fönster skall vid behov vara försedda med persienner, markiser och dylikt eller ha värmereflekterande glas.

Om dagsbelysning i arbetslokal pga arbetets natur eller annat särskilt förhållande inte kan komma ifråga, kan kravet på dagsbelysning eftersättas. Där det är möjligt skall dock lokalen ha väggfönster av en sådan storlek och placering att man når kontakt med yttervärlden,

dvs utblicksfönster. Med särskilt förhållande avser man exempelvis omständigheter i samband med produktio-
nen. En liten fönsteryta t ex kan krävas för att hålla
luftfuktighet och lufttemperatur i lokalen konstanta.

Man bör också beakta att stora fönsterytor kan medföra
olägenheter i form av kallras och kondens eller i form
av övertemperatur genom solljus.

Lanternin eller takfönster bör vara så placerade att
direkt solljus kan undvikas. Vid exempelvis takkupol
kan kupolen delvis behöva avskärmas.

Lägenhetsbeteckning

Av begreppsförklaringarna i SBN 71:0 kfrångår att lägen-
hetens möblerbarhet och användbarhet i större grad än
tidigare kommer till uttryck i lägenhetsbeteckningen.
Detta innebär att granskningen av en lägenhet kan visa
att lägenheten inte har den kapacitet som svarar mot
den angivna lägenhetsbeteckningen. Vid statlig belå-
ning avgör lägenhetsbeteckningen även storleken på det
s k lägenhetsbeloppet. Vardagsrum, sovrum och kök
med golv under marknivå räknas inte som bostadsrum med
de beteckningar som gäller för olika lägenhetsstor-
lekar enligt SBN.

Biutrymmesyta (biy) är yta av källare, våning eller under-
våning som inte är våningsyta, förråd i våning eller
på vind, fläkt och hissmaskinrum och inredningsbar
vind i småhus.

Vid jordtäckta hus för bostadsändamål måste man därför
planera ytorna på ett sådant sätt att minst en fasad
blir öppen i vertikalled, för att utrymmet över huvud-
taget skall få kallas för bostadsyta.

Med nuvarande låneregler får man inte full belåning för
de väggytor som kommer att bli täckta med jord. Be-
nämningen på dessa kommer att bli yttervägg vid bi-
utrymmesyta.

Enligt Bostadsfinansieringsförordningens mätregler är
en yttervägg en vägg som utgör begränsning av utrymme
som ingår i vånings- eller biutrymmesyta. Med vägg
avser man här även vägg mot jord, öppen genomgång genom
huskroppen eller genomfart genom huskroppen samt vägg
mot indragen altan eller balkong. Yttervägg mäts på
väggens utsida i de delar väggen är våningshöj.

Klassindelning

SBN kapitel 75:13 avhandlar klassindelning av samlings-
lokaler med hänsyn till storlek och användning.
Klasserna omfattar A, B, C och D.

Klass A omfattar samlingslokal avsedd att rymma fler än
150 men högst 300 personer.

Klass B omfattar dels samlingslokal avsedd att rymma fler än 300, men högst 600 personer, dels samlingslokal med högst 120 m² scen för tillfälligt bruk till teater, där lokalen avses rymma högst 300 personer.

Klass C omfattar dels samlingslokal avsedd att rymma fler än 600 personer, dels samlingslokal med högst 120 m² scen för tillfälligt bruk till teater, där lokalen avses rymma fler än 300, men högst 600 personer.

Klass D omfattar dels samlingslokal med scen avsedd för stadigvarande bruk till teater oavsett det antal personer som lokalen är avsedd att rymma, dels samlingslokal med scen större än 120 m² för tillfälligt bruk till teater oavsett det antal personer som lokalen är avsedd att rymma.

I angivna scenytor inräknas även mot scenen öppen sidscen och liknande utrymmen i scenens plan, men inte framför ridånbelägen förscen.

SBN kapitel 75:2 behandlar på vilket djup under markplanet man får förlägga samlingslokal i brandsäker byggnad. I klass A får samlingslokal inte förläggas djupare än 8 m under markplanet. I klasserna B och C inte djupare än 6 m och, i klass D inte djupare än 3 m under markplanet.

3.1.4 Synpunkter på markarbeten, konstruktion m m

Byggnadsmaterialet betong

Betong är ett lämpligt byggnadsmaterial för motfyllda resp jordtäckta konstruktioner. Konstruktionerna kan utföras plastgjutna eller prefabricerade. I det senare fallet måste fogproblemen ägnas uppmärksamhet.

Betongens goda absorptionsegenskaper för strålningen och dess värmelagrande förmåga är till fördel.

Nya belastnings- och betongnormer AK78 och BBK78 (beräknas utkomma under 1979) jämfört med nuvarande betongnormer ger besparingar i material särskilt för konstruktioner med stor egenvikt.

Krav på värmeisolering

SBN75 förutsätter i princip att isoleringen placeras som en "päls" runt byggnaden, vilket även gäller konstruktioner under mark. Det bör dock påpekas att normen tar hänsyn till jordens värmeisolerande förmåga för konstruktioner under markytan Jfr Kap 33:247.

Byggnormen anger s k "mörker-k-värden" för fönster dvs ingen hänsyn tas till solinstrålning genom fönster, samtidigt som man anger en begränsning av tillåten fönsterarea. Vid medveten orientering av fönster i

sydost till sydvästläge bör värmestillskott pga solinstrålning inräknas i byggnadens värmebalans. Detta kan ske inom ramen för nuvarande byggnorm. (Jfr 33:212 och 33:212 K kommentardelen), men "bevisbördan" gentemot byggnadsnämnden ligger på den byggande parten.

Fuktproblem

Grundvatten och markfukt i jordfyllningar kan ge fuktproblem. Kap 32 i SBN75 bör kunna användas i tillämpliga delar. Jfr t ex kap 32:22 dränering och kap 32:31 byggnadsgrunder.

Statlig belåning

Med nuvarande låneregler blir det helt omöjligt att klara statlig belåning för grovplanering och grundläggningssdelen.

Tillämplighet av AMA

Gällande Mark- och Hus AMA är relativt generellt skrivna och bör kunna tillämpas även för jordtäckta byggnader.

3.2 Energiflöde

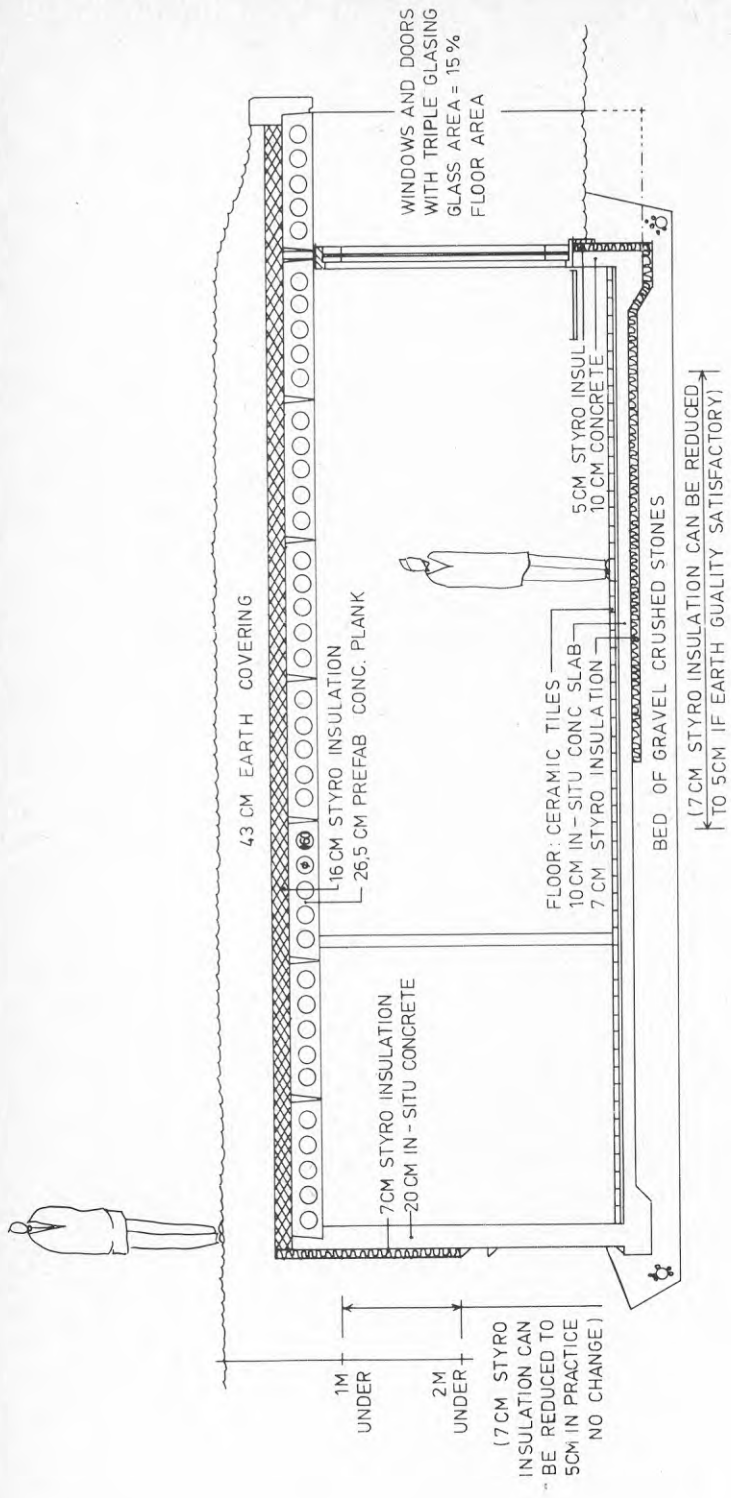
3.2.1 Allmänt

En analys av värmeledningsförlusterna från ett jordtäckta hus har utförts utgående från en tvärprofil enligt figur 6. Isoleringen av huset har utformats så att "Energynormens" krav uppfylles. Det jordtäckta husets egenskaper har sedan jämförts med ett konventionellt hus med likartad tvärprofil. Husen antas vara belägna i stockholmstrakten.

3.2.2 Det jordtäckta husets karakteristika

Det jordtäckta huset antas utfört med den fria fasaden mot söder. Väggen är utförd enligt SBN 75 och avskärmd på sätt som framgår av figur 6. En under året variabel avskärmning skulle kunna förbättra husets energibalans något men slutsatserna i det följande påverkas ej av detta.

Golvet antas utfört som en 10 cm betongplatta på mark, närmast den fria fasaden kompletterad med 7 cm styrolit-isolering. För att i största möjliga utsträckning kunna utnyttja underliggande jordlager som ett värmemagasin för utjämning av variationer i yttertemperaturen bör isoleringen ej dras in längre än nödvändigt.



UNDERGROUND DWELLING /
 AJUSTED TO SWEDISH CODES
 SECTION

Figur 6
 Tvärprofil av det studerade jordtäckta huset

Ytterväggarna antas utförda av 20 cm platsgjuten betong, upptill kompletterad med 7 cm styrolitisolering. Av samma skäl som för golvisoleringen bör inte heller väggisoleringen dras ned längre än nödvändigt.

Taket antas utfört av prefabricerade betongelement samt 16 cm styrolitisolering. Taket antas vara täckt med ca 40 cm jord. Detta jordtäckte är för tunt för att något egentligt värmemagasin ska erhållas där och endast mycket kortvariga temperaturfluktuationer kan utjämnas. Om jordtäcktet ökades till ca 3 m skulle styrolitisoleringen kunna utelämnas utan att värmeförlusterna ökade samtidigt som ett betydligt större värmemagasin erhöles. Begränsningen av tjockleken är gjord av konstruktionsmässiga skäl.

Utmärkande för det jordtäckta huset jämfört med ett konventionellt ovanjordshus är framför allt att omgivande jordlayers värmeisolerande och värmemagasinerande förmåga utnyttjas. Huset kommer dessutom att till stor del omges av jord med en temperatur av ca 7° C, som under året endast varierar ett par grader. I ett ovanjordshus varierar den omgivande luftens månadsmedeltemperatur i stockholmstrakten i intervallet -3,2 - +17,8° C. Transmissionsförlusterna från ett jordtäckte hus kommer således att variera mycket mindre under året än för ett ovanjordshus.

3.2.3 Jordars värmeisolerande och -----värmemagasinerande förmåga-----

Såväl värmeledningsförmåga som värmekapacitet för en jordart varierar beroende på jordens kornstorleksfördelning och fukthalt. Tabell 1 ger en uppfattning om dessa variationer

	Fukthalt (vol%)	Värmelednings- förmåga (W/m, °C)	Värme- kapacitet (MJ/m ³ , °C)	Densitet (kg/m ³)
Torv, förmultnad	46	0,3	2,1	370
Löst packad torr sand	-	0,2-0,3	1,3	1500
Natursingel, torr	-	0,3	1,2	1550
Sandig grus, torr	-	0,7	1,6	1800
Lera, styv	65	1,0	3,6	1640
Lera, lätt	60	1,2	3,5	1800
Packad sand och grus	15	1,7	2,8	2200
Morän, sandig el. lerig	27	2,3	2,7	2200
Hård sandsten	-	2,3	1,9	2300
Granit	-	2,6-3,5	2,1	2700

Från BFR-rapport R70:1978

Tabell 1

Ungefärliga termiska data för några marktyper.

Ett jordtäckt hus kommer under svenska förhållanden troligen normalt att förläggas i morän, eventuellt delvis nedsprängt i berg, varvid man måste räkna med ett relativt högt värmeledningstal, minst $2 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, för de jordlager som ligger under huset. För fyllning på taket vill man troligen använda ett väldränerat friktionsmaterial och erhåller då ett värmeledningstal av ca $0,8 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$.

Transmissionsförlusterna kommer att vara starkt beroende av grundvattenytans läge och grundvattnets strömningsförhållanden. Ett strömmande grundvatten kommer att medföra att värme förs bort genom andra mekanismer än ledning och någon värmekudde kan härigenom ej byggas upp under huset. Även om grundvattnet är stillastående kommer värmeledningstalet att bli större än vad som anges i tabell 1.

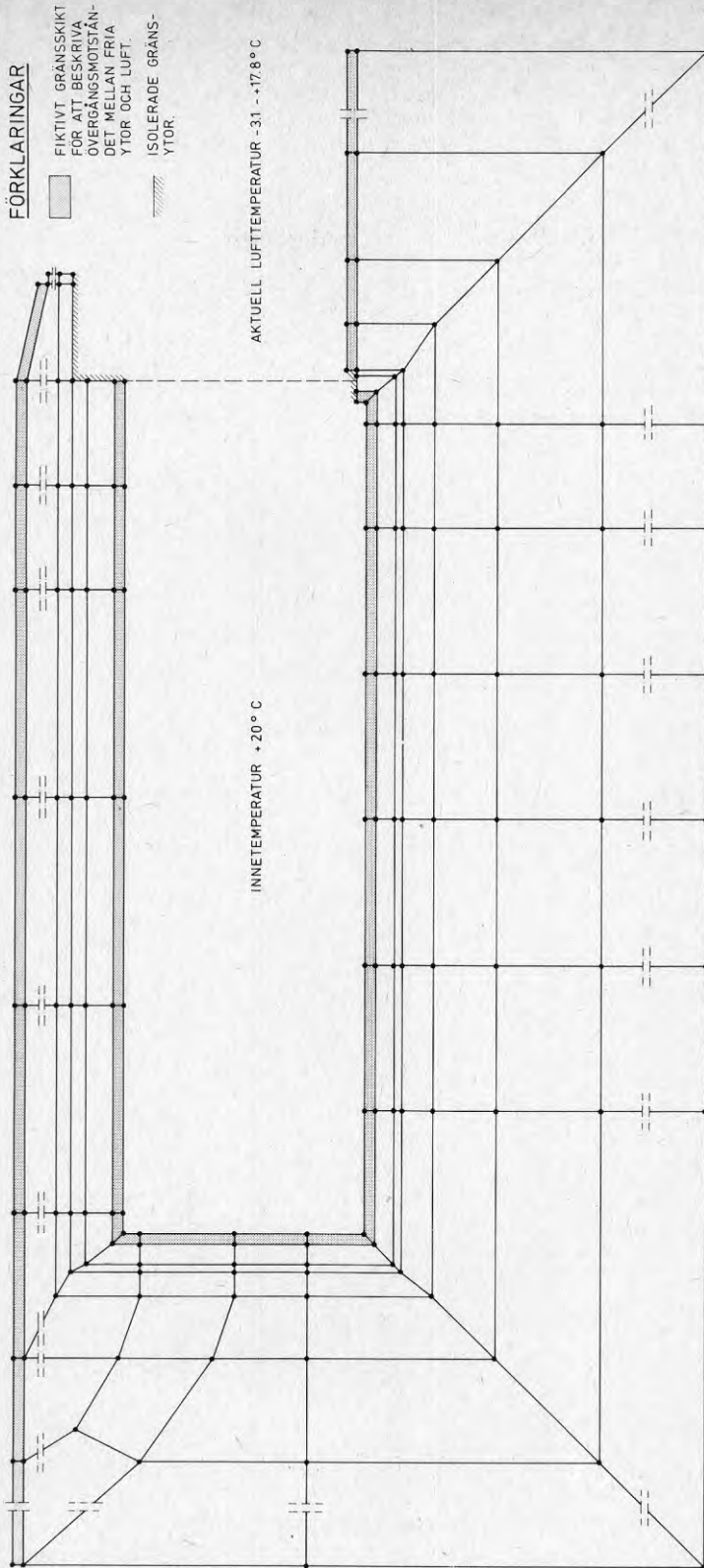
Markens temperatur på djup som ej påverkas av årstidsvariationer varierar med geografisk belägenhet, i Sverige inom intervallet ca $+5 - +9^{\circ}\text{C}$. I stockholms-trakten kan man räkna med ca $+7^{\circ}\text{C}$.

3.2.4 Beräkning av värmeledningsförluster ----- genom jordtäcket -----

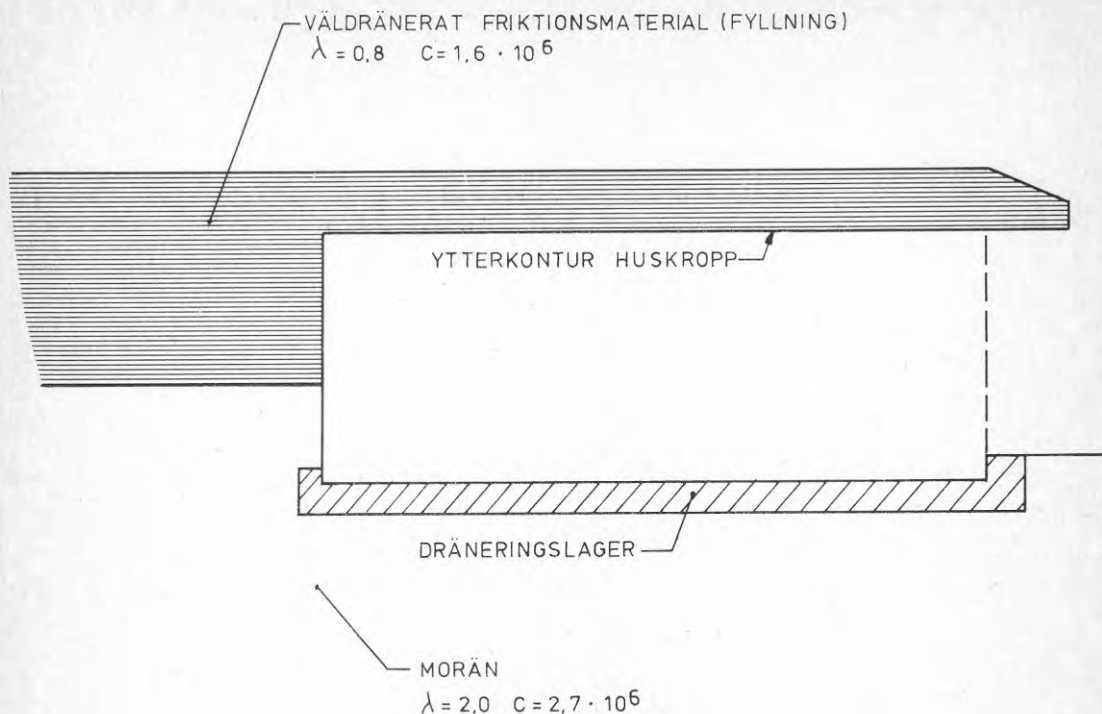
För att på ett så noggrant sätt som möjligt kunna beräkna värmeförlusterna genom ledning från det jordtäckta huset och därvid även ta hänsyn till jordens värmelagrande förmåga har utnyttjats en matematisk modell (en finit elementmodell) varvid beräkningarna utförts på VBBs dator. Modellens utseende framgår av figur 7. Modellen omfattar 159 noder och 130 element, och med denna kan det tvådimensionella värme-flödet i ett tvärsnitt av huset enligt figur 6 beräknas. Till randeffekterna vid husets gavlar har hänsyn ej tagits men detta påverkar ej de slutsatser som framkommit. I modellen har ej medtagits den fria fasaden mot söder. Denna analyseras separat nedan.

I modellen ges värmeledningstal och värmekapaciteter separat för varje element varigenom effekten av varierande utsträckning och tjocklek av de olika isolerings- och markskikten enkelt kan studeras. Vid modellens ränder kan olika typer av randvillkor ansättas (given temperatur eller givet flöde). Även tidsberoende randvillkor kan appliceras. Såväl stationära som tidsberoende förlopp kan studeras.

I de inledande beräkningarna studerades först inverkan av att variera modellens utsträckning nedåt och åt sidorna. Det framkom härvid att för att erhålla ett riktigt resultat måste modellen utsträckas ca 20 m utanför själva huskonstruktionen. Härefter har det ingen praktisk betydelse om man antar värmeflödet = 0 eller konstant temperatur $+8^{\circ}\text{C}$ vid randen. Vid en rumstemperatur av $+20^{\circ}\text{C}$ och en lufttemperatur av $+6,6^{\circ}\text{C}$ (årsmedeltemperatur för Stockholm) och med geologiska



Figur 7
FEM-modell för transmissionsförlostberäkningar.



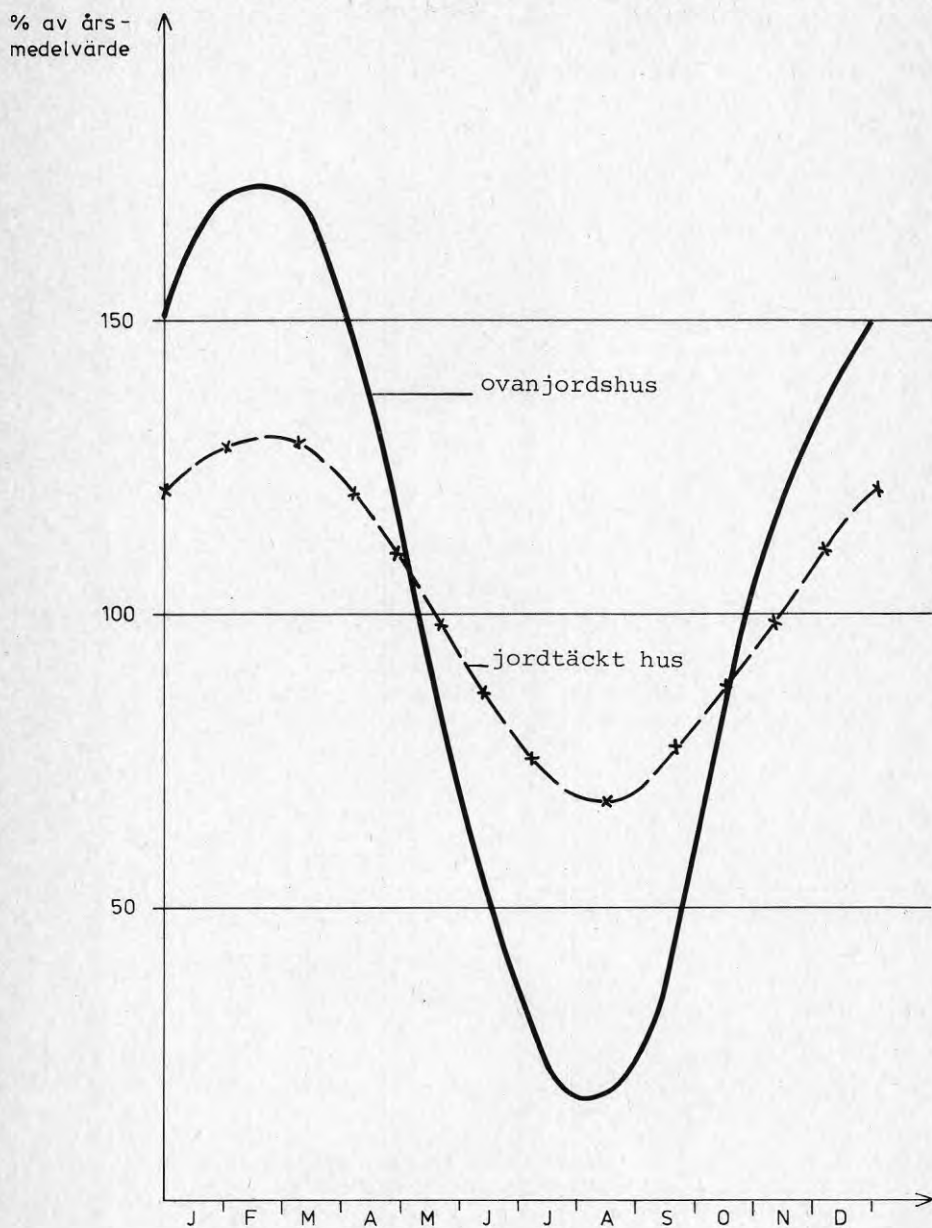
Figur 8

Typprofil över antagna geologiska förhållanden
 (λ = värmeledningstal W/m, °C,
 C = värmekapacitet i J/m³, °C)

förhållanden enligt figur 8 blir värmeledningsförlusten 70 W/längdmeter hus (± 3 % beroende på antagna randvillkor). "Energinormens" krav på värmeisolering uppfylles, men utan marginal.

Om strömmande grundvatten finns under huset med grundvattenytan 2 m under husets bottenplatta så att temperaturen där hålls konstant =7°C ökar värmeledningsförlusterna till 100 W/längdmeter hus. Isoleringstjocklekarna enligt figur 6 blir då otillräckliga. Över huvud taget kan dessa ses som ett minimikrav för gynnsamma geologiska förhållanden.

Vinsten med det jordtäckta huset ligger framför allt i att årstidsvariationerna i värmeledningsförlusterna avsevärt utjämnas jämfört med ett ovanjordshus. I figur 9 visas beräknade relativa värmeledningsförluster under året för ett jordtäcktt hus enligt figur 6 och ett ovanjordshus med likartad tvärprofil. I det jordtäckta huset varierar förlusterna mellan 69 och 130 % av årsmedeltalet medan för ovanjordshuset variationerna är mellan 17 och 172 %.



Figur 9

Relativa transmissionsförluster under året (Stockholmsförhållanden)

Utjämningsen av transmissionsförlusterna synes framför allt bero på att det jordtäckta huset till stor del gränsar mot jordlager med nästan konstant temperatur och endast i mindre utsträckning på jordens värmelagrande förmåga. Denna får i stället betydelse om husets uppvärmningssystem upphör att fungera samt för effektdimensioneringen av systemet. Detta diskuteras i avsnitt 3.2.8. För att ge en uppfattning om storleken av den runt huset lagrade värmemängden visas i figur 10 det beräknade temperaturfältet runt huset för medelsituationen under året.

3.2.5 Värmebalans för den södervända fasaden

I ovanstående beräkningar av transmissionsförlusterna har hänsyn ej tagits till den värmetransport som sker genom den södervända fasaden. Om denna antages vara helt av glas med $K = 2 \text{ W/m}^2\text{°C}$ blir förlusten i genomsnitt under året $72 \text{ W/längdmeter hus}$. På grund av solinstrålningen ger glasfasaden ändå ett nettotillskott av värme, se följande avsnitt.

3.2.6 Total värmebalans för ett jordtäcktt hus

För den totala värmebalansen för ett hus måste hänsyn tas till en rad faktorer, nämligen värmeförlust genom ledning och ventilation samt värmetillskott från basvärme (personer, varmvatten, el) och solinstrålning.

Vid en jämförelse mellan ett jordtäcktt hus och ett ovanjordshus bör eventuellt hänsyn tas till den olika exponeringen mot vindar men denna effekt har för en totalbild bedömts försumbar.

I tabell 2 har värmebalansdata för ett jordtäcktt hus enligt figur 6 jämförts på månadsbasis med ett ovanjordshus med likartad tvärsektion. Resultatet visar ett utjämnat uppvärmningsbehov under året för ett jordtäcktt hus jämfört med ett ovanjordshus. Det totala uppvärmningsbehovet är ca 20 % större i ovanjordshuset än i det jordtäckta huset.

3.2.7 Inomhusklimat

I det jordtäckta huset kan man förvänta problem med låga yttemperaturer på väggar och golv. Beräkningar av temperaturfältet runt huset, se exempel i figur 10, visar emellertid att så ej torde vara fallet. Byggnormens krav på lägsta yttemperaturer kan normalt uppfyllas. Kritiska punkter är hörnorna vid golvet.

3.2.8 Effektbehov

Energiförlustberäkningarna för längre tidsperioder, (månadsvis och längre) enligt föregående avsnitt ger ej full rättvisa åt de fördelar som det jordtäckta

Period månad	Klimatdata ¹⁾		Förluster			Tillskott			Totalt			
	Temp- skilln OC	Grad- tim. OCh/mån	Trans- mission kWh	Ventila- tion ²⁾ kWh	Transm. ovan- jords- hus kWh	Bas- värme ³⁾ kWh	Solin- stråln genom fönstr ⁴⁾ kWh	Summa till- skott kWh	Upp- värn- behov kWh	Do ovan- jords- hus kWh	Venti- lations- behov kWh	Do ovan- jords- hus
Jan	22,9	16 500	149	54	172	50	36	86	117	140		
Feb	23,1	16 600	150	55	173	50	59	109	96	119		
Mars	20,7	14 900	139	49	156	50	112	162	26	43		
Apr	15,6	11 200	113	37	117	50	110	160	-	-	10	6
Maj	9,8	7 100	84	23	74	45	97	142	-	-	35	45
Juni	5,1	3 700	60	12	39	45	84	129	-	-	57	78
Juli	2,2	1 600	44	5	17	45	82	127	-	-	78	105
Aug	3,4	2 400	48	8	26	45	94	139	-	-	83	105
Sept	7,8	5 600	68	18	59	45	90	135	-	-	49	58
Okt	12,9	9 300	94	31	100	50	90	140	-	-	15	9
Nov	17,2	12 400	118	41	115	50	36	86	73	70	-	-
Dec	19,6	14 300	113	47	150	50	22	72	108	125	-	-
Året	13,4	115 800	1 200	380	1 200	575	912	1 487	420	497	327	406

1) Stockholmsförhållanden

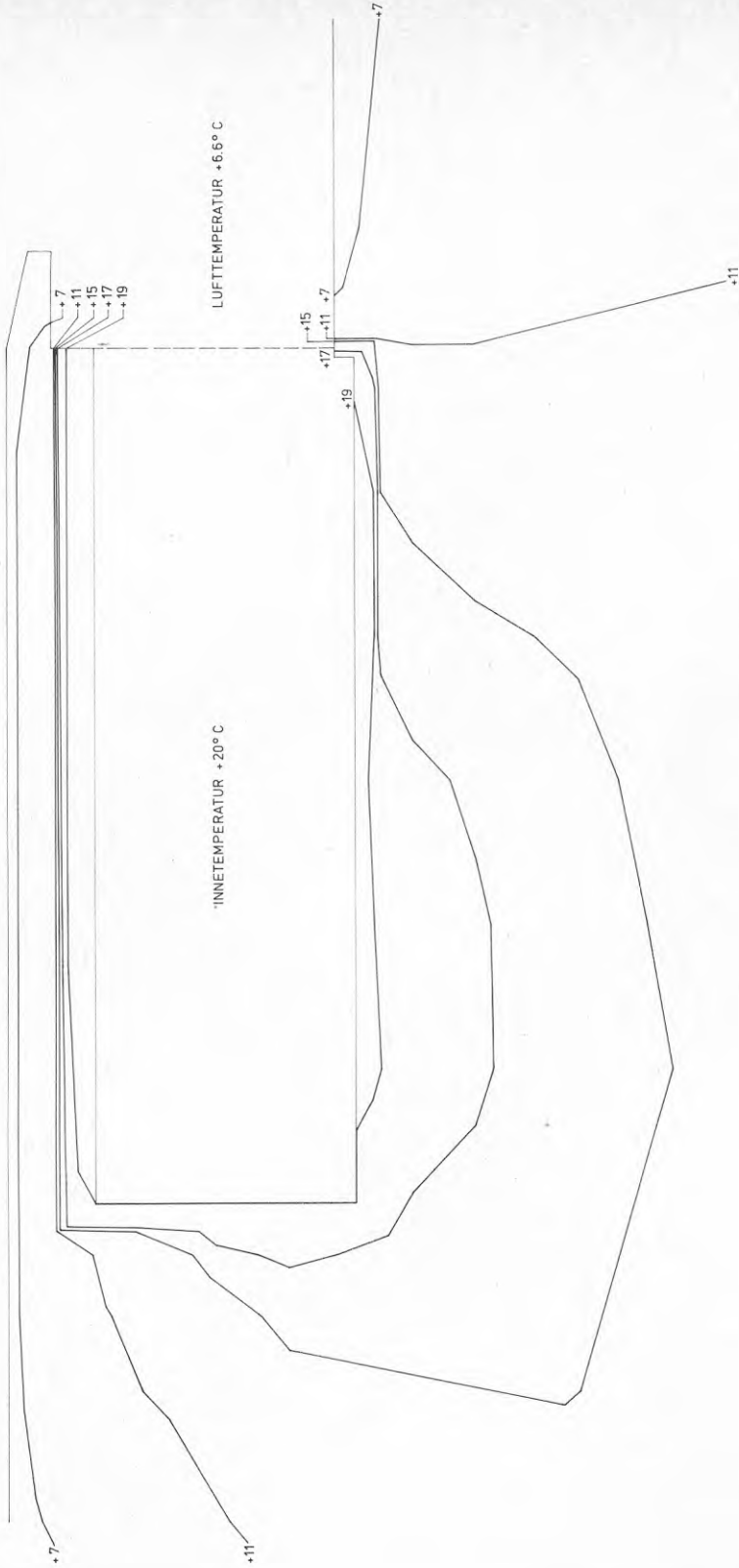
2) 0,5 luftväxl/timme, 20 m³

3) 4 pers hushåll. Baserat på BFR Rapport R9:1970

4) Avskärning = halva fönsterhöjden

Tabell 2

Värmebalans jordtäkt hus jämfört med ovanjordshus
(kWh/längdmeter hus och månad)



Figur 10

Exempel på temperaturfält runt jordtäckt hus (avser medelförhållanden under året)

huset erbjuder från effektbehovssynpunkt och vad beträffar standarden på inneklimatet. Av denna orsak har vissa ytterligare beräkningar utförts med ovan beskrivna datorprogram för att illustrera effekterna av det jordtäckta husets termiska tröghet. Resultaten av dessa beräkningar är i huvudsak följande.

Dygnsvariationer i yttertemperatur inverkar ej alls på energiflödet från den jordtäckta delen av huset, utan endast på flödet genom fönsterväggen. Det erforderliga effektbehovet på grund av värmeledningsförluster per längdmeter hus vid en utetemperatur av -3°C i medeltal och med en variation av $\pm 5^{\circ}\text{C}$ under dygnet är $176 \pm 18 \text{ W}$ varav ett konstant behov av 93 W gäller den jordtäckta delen. Genom fasaden passerar $83 \pm 18 \text{ W}$. Om huset haft försumbar värmekapacitet men samma värmemotstånd hade effektbehovet varit $176 \pm 38 \text{ W}$ dvs effektbehovsvariationen ökar till $\pm 38 \text{ W/längdmeter hus}$.

En plötslig sänkning av yttertemperaturen från -3°C till -8°C blir vad beträffar värmeflödet från den jordtäckta delen av huset märkbar först efter ca 2 dygn. Efter en vecka har värmeflödet ökat med ca 10 %. Om huset varit av lätt konstruktion hade ökningen varit 22 % på kort tid. Det totala effektökningsbehovet på grund av ökade transmissionsförluster är således 18 W efter 2 dygn och 28 W efter 7 dygn jämfört med ett ökat behov av 38 W inom 1 dygn om huset varit av lätt konstruktion. Förutom att effektbehovstopparna minskar förskjuts de således även i tiden vid tillfälliga köldknäppar.

Det jordtäckta husets s k tidskonstant är av storleksordningen 300 h vid 0,5 luftväxlingar per h. Tidskonstanten är ett mått på hur snabbt temperaturen i huset sjunker vid sänkt utetemperatur eller ändrad värmetillförsel. Ett normalt lättkonstruktionshus har en tidskonstant av 24 h och ett normalt tungt hus ca 80 h. Det jordtäckta huset är således mycket trögt och effektbehovet torde kunna dimensioneras för en lägsta utetemperatur av minst 10 dagars varaktighet.

3.2.9 Sammanfattning och känslighetsanalys

Energinormens krav på värmeisolering uppfylls i den typprofil för ett jordtäcktt hus som visas i figur 6 förutsatt att de geologiska förhållandena ej är speciellt ogynnsamma från värmeisoleringssynpunkt. Om grundvattenytan ligger högt och speciellt om grundvattnet är i rörelse eller om huset delvis är nedsprängt i berg måste isoleringstjocklekarna ökas.

Typsektionen enligt figur 6 ger ej minskade transmissionsförluster i genomsnitt under året jämfört med ett ovanjordshus med likartad tvärprofil som uppfyller energinormens minimikrav. Som framgår av värmebalansberäkningarna i tabell 2 göres däremot en vinst genom att förlusterna jämnas ut under året. Värmestillskottet genom solinstrålning under sommarhalvåret kan då utnyttjas effektivare.

Det jordtäckta husets termiska tröghet och stora tidskonstant medför att husets värmeanläggning kan ges en låg effekt. Den kan dimensioneras för en lägsta utetemperatur med minst 10 dagars varaktighet. En tung konstruktion i fönsterväggen skulle ytterligare kunna accentuera denna fördel.

Ovanstående analys har gjorts med antagande att huset är beläget i stockholmstrakten. I princip är dock slutsatserna tillämpbara för hela landet.

Det utjämnade uppvärmningsbehovet under året och det minskade maxeffektbehovet för uppvärmning bör underlätta utnyttjande av lågvärdiga energikällor och säsongslagring av värmeenergi varigenom fördelarna med det jordtäckta huset kan komma att öka. Denna frågeställning fordrar ytterligare analys.

3.3 Speciella byggnadstekniska problem

3.3.1 Grundläggning

Jordtäckta hus är utsatta för väsentligt högre belastningar än motsvarande ovanjordsbyggnader. Belastningarna på takkonstruktionen kan bli mer än 10 gånger så hög som för hus av konventionell byggnad och jordtrycket mot ytterväggarna blir oftast högre än hos en vanlig källarmur.

Byggnaden får därför av nödvändighet en kraftig stomkonstruktion. Med hänsyn till risken för fuktskador måste sättningsrörelser med åtföljande sprickbildning undvikas.

Det är därför ett oavvisligt krav att byggnaden grundläggs på fast sättningsfri mark eller att den grundläggs med pålar eller plintar.

En pålgrundläggning blir lätt oekonomisk då den förutom den redan i sig tunga stommen också skall bära en jordlast som överstiger byggnadens totala vikt. Normalt sett bör därför jordtäckta bebyggelse placeras i områden där grundläggning kan ske på berg eller fast lagrad friktionsjord.

Den vanligaste friktionsjorden i Sverige är morän. Denna är oftast siltig, innehåller block och sten och är många gånger mycket fast lagrad. Den är ur grundläggningssynpunkt väl lämpad för jordtäckta bebyggelse. Morän är dock ofta svårschaktad och dess innehåll av silt och block gör den många gånger olämplig som återfyllnad direkt mot byggnaderna.

För att ej skada byggnadens isoleringsskikt, och för att erhålla en fullgod dränering runt byggnaden måste därför ett sorterat grusmaterial användas här.

I de områden av landet där grusåsar finns, torde dessa erbjuda idealiska grundläggningsförutsättningar för jordtäckt bebyggelse. Marken har här allmänt sett god bärighet och jorden är väl-dränerad. Lokala områden med jord i lös lagring och ler förekommer dock.

Geotekniska undersökningar

Jordtäckt bebyggelse ställer högre krav på jordens bärighet, schaktbarhet och dräneringsförhållanden än konventionell bebyggelse. De geotekniska undersökningarna bör därför alltid inkludera provtagning av jorden och bestämning av grundvattenytan förutom sonderingar för kontroll av jordlagrens fasthet och i förekommande fall bergytans läge.

3.3.2 Grundvatten

Bostadsutrymmen och kommersiella lokaler under mark har sedan 1960-talet blivit allt vanligare. I städernas centrala delar har många byggnader försetts med flera källarvåningar. I småhusen utnyttjas ofta källarvåningen som t ex TV-rum och har således fått karaktären av vanligt bostadsrum med därav följande krav på fukt- och vattenskydd. Undermarksboendet har dock varit långt ifrån problemfritt. En vattenskada i en inredd källare får en helt annan omfattning än i en konventionell källare utan golvmattor, väggbeklädnad etc.

Inträngande grundvatten som primär skadeorsak i inredda småhuskällare är dock mindre vanligt. En tillfälligt hög grundvattenyta kan däremot lätt orsaka överbelastning av avloppsnätet och därigenom orsaka vattenskador när vatten strömmar ut ur avloppsbrunnar eller trycks in bakvägen i dräneringsledningar.

Detta problem är särskilt allvarligt där avloppen är lagda med kombinerat system. Här blandas dag- och spillvatten och saneringen efter en vattenskada blir besvärlig. De backventiler för avlopp som idag finns är ej "fool-proof" mot förorenat vatten.

Jordtäckt bebyggelse kommer att ställa särskilt höga krav på säkerhet mot denna typ av vattenskador. Det är angeläget att följande punkter särskilt beaktas:

- o Topografi - byggnaden får aldrig bilda lågpunkt i ett område
- o Grundvatten - grundvattenytan får aldrig under året bli så hög att den kan påverka grundläggning, dränering eller avloppsledningar
- o Ledningskapacitet - avloppsnätet måste vara dimensionerat för skyfall, snösmältning och 50-årsregn. Den jordtäckta byggnaden drabbas hårdare än övrig bebyggelse vid översvämning - det finns ingen övervåning att dra sig tillbaka till

Om byggnaden skall dimensioneras för en hög grundvattenyta och utformas som en vattentät konstruktion bör erfarenheterna från djuphusbygandet beaktas.

Vattentät betong i husbyggnadssammanhang existerar ej - man får alltid räkna med mindre läckage och fuktgenomträngning. Väggar och golv måste därför utformas som invändigt dränerade konstruktioner där vatten kan ledas bort och fukt ventileras bort. En byggnad under grundvattenytan blir därför alltid beroende av fungerande pumpar och i regel mekanisk ventilation.

En platsgjuten betongkonstruktion med utvändigt bentonittätning kan dock göras så tät att fukt och vatteninträngning blir mycket begränsad.

För vanligt boende bör jordtäckt bebyggelse därför förläggas ovan grundvattenytan om ej mycket starka skäl finns för att acceptera merkostnaden för tätning, dränering och avfuktning.

3.3.3 Fuktisolering

Det ökade utnyttjandet av under mark förlagda utrymmen har också medfört större krav på fuktisolering.

Den jordtäckta bebyggelsen blir i detta sammanhang mer lik en byggnad med fler källarvåningar än en småhuskällare - konstruktionen ligger ofta grundlagd 3-4 m under mark.

Fuktisoleringen måste ha följande egenskaper. Den skall vara

- o lätt att använda
- o oöm vid återfyllnad
- o lätt att reparera och komplettera
- o lätt att hitta eventuella fel
- o självtätande vid läckage

Kraven blir också något olika vid byggnadens tak, väggar och golv med hänsyn till hur fuktbelastningen uppträder.

Tak

De torvtäckta taken hos äldre stugor är ett bra exempel på hur en fungerande takkonstruktion hos en jordtäckt byggnad kan se ut. Så länge torvtaket ligger med tillräckligt fall duger björknäver som underlag för att hindra fuktskador.

Den jordtäckta byggnadens tak ligger frostfritt och de klimatiska påfrestningarna på taket blir därför

små. Jordbelastningen blir dock så hög att man får räkna med nedböjning i takkonstruktionen. För att hindra att stillastående sjunkvatten bildas i svackerna måste taket byggas med överhöjning - bombering - eller hellre med fall.

För ett tak lagt i fall bör helklistrad underhållsfri takpapp duga som underlag, jämför torvtaket. Ju mindre fall desto större krav måste ställas på yt-skiktet. Vid plana tak bör helsvetsad butylduk eller liknande användas.

Oberoende av vilken isolering som används måste återfyllnad utföras med stenfritt material för att hindra skador på ytskiktet. Materialval och arbetsmetod för takutformning vid jordtäckt bebyggelse är en angelägen uppgift att studera. Området är relativt okänt.

Väggar

Väggarna kan vid nederbörd bli utsatta för tillfälliga vattentryck. Av alla de metoder för fuktisolering som prövats har utformning med platsgjuten betong och bentonitimpregnerad återfyllning mot väggen varit effektivast.

Jordmaterialet närmast väggen blandas med bentonit i samband med återfyllnaden. Vid vattenbelastning sväller bentoniten och vandrar med vattnet till eventuella sprickor som blir självtätande. Bentoniten kan också appliceras i form av bentonitimpregnerade skivor som placeras mot ytterväggen i samband med återfyllning.

Som tidigare framhållits är det av största vikt att dräneringen runt byggnaden överdimensioneras. Då moränerna ofta är siltiga måste dräneringsledningarna läggas i filter för att hindra igensättning.

Golv

Golven bör utformas som en dränerad konstruktion t ex 300 mm singel eller makadam på vilket gjuts ett betonggolv som underlag för det färdiga golvet.

Dräneringen dimensioneras så att tillfälliga vattenövertryck aldrig kan uppstå.

3.4 Vegetationsbehandling

Förutsättningar:

Föreliggande redovisning om vegetation på jordtäckt bebyggelse utgår från två alternativa uppbyggnader av jordlager och isolering ovan takkonstruktionen.

Alternativ 1	jord	50 cm
	isolering	16 "
	tätningsskikt	-
Alternativ 2	jord för växterna	lämplig tjocklek
	tätningsskikt	
	isolering	
	fyllnadsmaterial	

Jorden - fyllnadsmaterialet skall ha hög värmekapacitet utan att vara vattenhållande och tjälskjutande.

Frågeställningar:

Några av de frågeställningar som bör diskuteras är

- o vilken vegetation kan varaktigt tänkas klara föreslagna växtförhållanden
- o vilken markanvändning/skötselåtgärder kan tänkas
- o vilken inverkan kan vegetationen ha på jord- tätning- dränering
- o vilka geografiska skillnader finns inom landet

Kunskapsläget:

Växtbetingelser på jordtäckt bebyggelse är inte utredda för svenska förhållanden. Betydande kunskap kan dock erhållas från relativt likartade förhållanden vid odling på övertäckta gårdar och takterrasser. I Mark AMA 72 anges för gräs- och planteringsytor på byggnadskonstruktioner följande dimensioner (mm packat mått).

	gräs	grästorv	buskar	träd
dräneringslager	100	100	100	100
avjämningslager	30	30	30	30
fukthållande lager	150	150	150	150
matjordslager	50-100	70	300	450
grästorvslager	-	30	-	-
totalt	330-380	380	580	730

I Bygg, kap. 771:5 (Stockholm 1962) anges följande dimensioner (mått i mm)

humusrik matjord	150
lerblandad matjord	150
torvströ	20
örtsingel	20
fingsingel	30
totalt	370

30 cm vältad matjord anses tillräckligt för mindre träd, buskar, örter och gräs förutsatt att jordvolymen inte är för snävt tilltagen. För större träd rekommenderas 40 cm matjord.

Ovanstående uppgifter förutsätter dock att

- växterna ges speciell skötsel vad gäller t ex bevattning, gödning och eventuellt jordbyte
- för ståndortsförhållandena speciellt lämpliga växtarter väljs

Vidare bör konstateras att träd och buskar sällan får en naturlig utveckling vid begränsat rotutrymme som det vanligen blir fråga om vid takterrasser.

En viktig fråga är vidare hur den högre jordtemperaturen påverkar växternas övervintring och utveckling. Vid försök med jordvärme för att förlänga växtsäsongen har konstaterats att effekterna är marginella (Stockholms kommun, parkförvaltningen). Erfarenheter från uppvärmda fotbollsplaner visar att grästurf svarar bra på jordvärme. Förhållandena kan dock inte jämföras med jordtäckt bebyggelse, då jordtemperaturen hålles så hög 4-5°C, att gräset utvecklas normalt. Detta medför stor energiförbrukning.

Jorden som isoleringsmaterial och underlag för växter

En förutsättning för odling av växter är att marken är lämpad för ändamålet. Den skall var fukthållande, humusrik och genomsläpplig dvs rik på porer för vatten och luft. En jordblandning för taktäckning bör från isoleringssynpunkt vara en mineraljord med god genomsläpplighet.

Det råder alltså delvis skilda önskemål om jordarten vad gäller odling och värmeisolering. Med tanke på takkonstruktioners stora kostnader och att energibesparing är ett av syftena med jordtäckt bebyggelse synes det rimligt att ambitionen att ha växter på taken får begränsas till växtsamhällen som normalt klarar likartade förhållanden med begränsat jorddjup eller att speciell skötsel sker. Genom ökade skötselinsatser kan ståndortsförhållandena avsevärt förbättras som t ex om man önskar anlägga trädgård på taket. Förhållandena kan då liknas vid traditionella takträdgårdar.

Vattenbalans

Inledningsvis skall konstateras att vegetationen i naturen endast i begränsad omfattning är beroende av grundvattnet. Det är nederbörden och markens möjlighet att i övre lagren magasinera vatten som i huvudsak påverkar vegetationen. Vegetationen i sig påverkar starkt mängden vatten som kan infiltrera jorden. Genom regnvattnets avdunstning från växterna (interception) kan 25-50 % av årsnederbörden på öppen mark och 60 % i en granskog avdunsta. Även det döda växtmaterialet har förmåga att binda nederbörd. 2 till 3 mm vatten kan magasineras per 10 mm råhumuslager. Detta vatten kan tas upp av växterna och transpireras varför magasineringsvolymen i råhumuslagret snart åter kan ta emot vatten utan att detta måste dräneras bort.

Man kan alltså konstatera att vegetation på jordtäkt bebyggelse är angelägen för att minska infiltration av nederbörd i marken och för att hindra erosion som alltid uppstår vid vegetationsfria ytor med jordmaterial.

Vegetationens upptagning av vatten i rotzonen medför också att vatten kan sugas upp mot rotzonen om denna är torrare än djupare liggande lager.

Näringstillförsel

I en nyanlagd mark är tillgången till växtnäring ofta begränsad, varför näring måste tillföras. Vid undersökningar av vilken faktor som var mest begränsande för återväxt i utbrutna täkter visade det sig vara tillgången på kväve och inte vatten som man först trott. Beroende på vilken slutprodukt man önskar, får man beräkna mängden, typen och varaktigheten i tillförseln av växtnäring. Utseendet på angränsande mark samt där fungerande växtsamhällen bör få fälla utslag hur anläggningen skall gestaltas och hur växtetableringen skall planeras och utföras.

Om en gräsyta anlägges på en ren mineraljord, jämför en skärning längs en väg, kommer gräset, sedan vid sådden tillförd växtnäring tagits upp av växterna eller urlakats, att successivt dö ut och delvis ersättas med mossor och lavar. En viss underhållsgödsling kan vara nödvändig tills mer stabila biologiska förhållanden utvecklats.

Näringsbrist för träd och buskplantor medför lätt att de blir utkonkurrerade av mindre näringskrävande arter och får en sämre utveckling.

Regionala skillnader

De regionala skillnader i klimatet som kan påverka växtvalet vid odling på jordtäkt bebyggelse skiljer sig inte från de begränsningar som råder vid odling på ostörd mark. Antalet hårdiga arter minskar ju längre norrut man kommer. Lokala klimatförhållanden påverkar också växtvalet.

Härdighet hos växterna

Den jorduppvärmning som förekommer påverkar i princip inte träd och buskar vid i övrigt normala förhållanden. Däremot kan utvintringen av gräsplantor bli större än vid normala betingelser. Orsaken är att temperaturen under vintern, med och utan snö, kommer att ligga och pendla kring 0 °C i markytan. Detta medför speciellt goda förutsättningar för svampangrepp och utvintring av ett stort antal gräsplantor. Aktuella svamptyper är snömögel, trådklubba och gräsröta. Känsligheten för svampangrepp ökar om gräset är klippt och väl gödlat. En fritt växande gräsyta klarar sig alltså bättre mot svampangrepp och skador. Eventuella skador blir vidare mindre framträdande i en friväxande gräsyta. Svampar kan i viss mån bekämpas med kemiska medel.

Alternativ 1

Som framgår av tidigare framställning finns inga större problem att vegetationsklädd jordtäkt bebyggelse. Beröende på markutnyttjande och möjligheter till skötsel kan vegetationen formas till en ren naturmark utan större krav på skötsel eller som del i en strikt anlagd trädgård. Om en trädgård anläggs på taket kommer skötselåtgärder som bevattningen att behöva öka, varvid isoleringsförmågan minskar. Detta är sannolikt inget problem under sommaren, då t o m överskottsvärme uppstår i byggnaderna.

Rötter från träd och buskar kan eventuellt bli ett problem i dränledningarna. Även rötter från kringliggande mark kan påverka dräneringen. En överdimensionering av dräneringssystemet kan vara lämplig om träd och buskar skall planteras nära dräneringssystemet (ca 3 m).

Taklutningen kan i viss mån påverka vattenförhållandena för vegetationen. Om marken lutar sker en snabbare ytavrinning och mindre vatten får möjlighet att infiltrera och magasineras eller dräneras bort.

De miljövärden som träd och buskar representerar kan tillgodoses genom plantering i angränsande mark där växterna utan kontinuerlig skötsel kan fritt utvecklas. Det är dock angeläget att studera sol- och skuggförhållanden, så att solinstrålningen tillvaratas på ett riktigt sätt.

Alternativ 2

I detta alternativ eftersträvas ett så tunnt jordlager som möjligt för växtetablering. Jorden bör då ha en sammansättning som ger en hög vattenhållande förmåga och innehålla bl a både finmaterial och humusämnen.

Det minsta jorddjup som behövs för att få en varaktig vegetation är inte möjligt att ange utan kunskap om klimat och jordart samt eventuell skötsel. Om en naturliknande yta eftersträvas och skötsel inte vidtas liknar

de ekologiska förhållandena de som råder vid "torrängar". Dessa är vid god vattentillgång grönskande med många örter och ofta smalbladiga torkrestistenta gräs. Vid längre torka blir vegetationen helt förbränd för att åter snart grönska vid god vattentillgång. Vegetationstypen är slitagekänslig. Som en riktlinje bör dock sägas att ett jorddjup under 15 cm bör undvikas bl a av den anledningen att vid långvarig nederbörd finns risk att hela profilen mättas med vatten varvid rötterna kvävs. Vid tunna jordlager bör alltså ytan vara lutande (ytavrinning vid stor nederbörd) och dränerad (för att undvika stående vatten). Växtvalet måste vidare ske med stor omsorg både vad gäller örter och gräs. Buskar och träd har mycket ringa förutsättning att klara dessa ståndortsförhållanden och bör inte utnyttjas.

Sammanfattning

Vegetation på jordtäkt bebyggelse kan alltid anläggas och är fördelaktig därför att den

- hindrar erosion
- minskar infiltrationen i marken
- via rötterna tar upp och avdunstar vatten
- ökar markens vattenhållande förmåga
- gör att anläggningen lättare kan inpassas i landskapet (landskapsbilden)
- att markytan bättre tål slitage

Problem med vegetation kan uppstå genom

- igensättning av dränledningar
- dålig övervintring av gräs genom svampangrepp
- att utnyttja "känsligt" växtmaterial och inte ge växterna den rätta skötseln
- att värmeisoleringen försämras vid t ex bevattning

Vidare kan fastläggas att skötselåtgärder kan kompensera otillräckliga ståndortsförhållanden vad gäller jorddjup jordvolym, växtnäring, vattentillgång och mikroklimat. Därigenom kan en ren trädgårdsanläggning skapas.

De i Mark AMA 72 angivna lagren skall inte underskridas om torrlagd trädgård avses anläggas på taket. Om naturmark eftersträvas och från värmeisoleringssynpunkt fördelaktig jord användes är 50 cm ett tillräckligt lager för att bestående gräs- och buskvegetation skall kunna utvecklas utan större skötselåtgärder. Även lägre torktåliga träd bör kunna etableras (alternativ 1).

Om en fördelaktig jord väljes (vattenhållande och näringsrik) och den dräneras väl bör 15 cm räcka för att en torrängsliknande bestående vegetation ska kunna utvecklas (alternativ 2).

3.5 Kostnadsuppskattning

En översiktlig kostnadsuppskattning har genomförts i syfte att ge en hänvisning om kostnadsrelationen med vanliga hus. En slutning med moränmaterial har förutsatts. Ett jordtäckt hus i ett plan jämförs med ett vanligt suterränghus i 2 våningar, vilket bedöms vara den hustyp man i det antagna fallet normalt väljer. Husen har ej detaljstuderats. Kalkylens förutsättningar och beräknade huvudposter anges nedan. Kostnaden för suterränghuset bedöms vara normal i dagens prisläge (september 1979).

3.5.1 ----- Objektdata: jordtäckta hus

Byggnadsarea	180 m ²
Byggnadsvolym	515 m ³
Fasadarea	80 m ²
Marklutning	1:7
Kostnadsläge:	1979-09-01

Ej ingående kostnader:

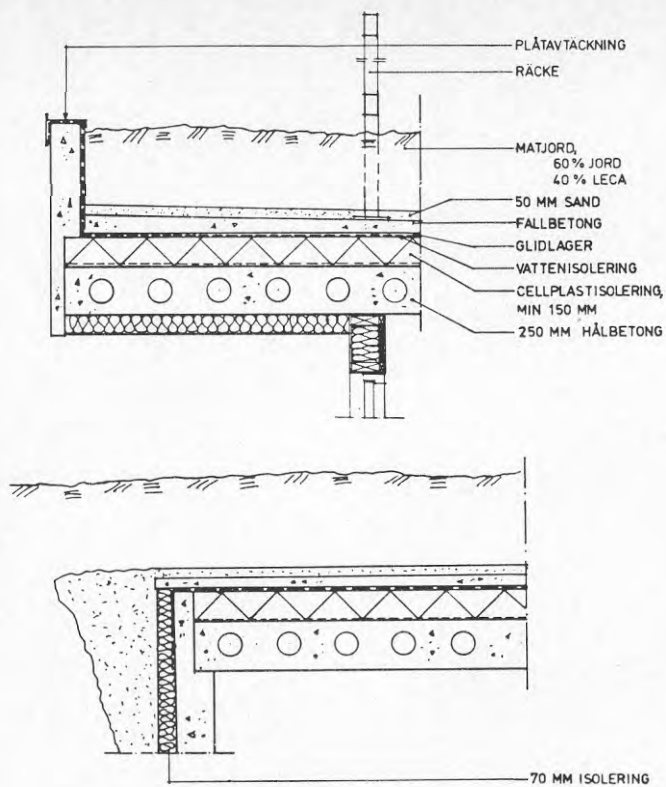
- mervärdeskatt
- tomtkostnader
- utvändig finplanering
- exploateringskostnader
- anslutningsavgifter
- projektering, kopiering
- besiktning, byggledning, kontroll
- administrations- och
- finansiella kostnader
- lös inredning och utrustning

3.5.2 ----- Sammanställning av kostnader

Byggmästeri:

grundläggning	53 000 kr	
ytterväggar	118 000 "	inkl. stödmurar
innerväggar	63 000 "	
bjälklag	70 000 "	
yttértak	138 000 "	
komplex	88 000 "	målning, beslagning, inredningar m m.

Summa byggmästeri: 530 000 kr



Figur 11 Detaljer av den takkonstruktion som förut-
sattes vid kostnadsberäkningen av ett jord-
täckt hus

Installationer:

VVS 90 000 kr luft eller
vattenburen
värme

El 60 000 "

Summa installationer: 150 000 kr

Totalt 680 000 kr

3.5.3 Jämförande kostnader

För normalt 2-plans suterränghus med i princip samma förutsättningar som för jordtäckt hus dock med platsgjutet mellanbjälklag och takbjälklag av trä.

Byggnadsarea	90 m ²
Totalarea	180 m ²
Byggnadsvolym	490 m ³
Fasadarea	210 m ²

3.5.4 Sammanställning av kostnaderByggmästeri:

grundläggning	20 000 kr	
ytterväggar	106 000 "	inkl. stödmurar
innerväggar	50 000 "	
bjälklag, 2 st	81 000 "	inkl. trappa
yttertak	35 000 "	
komplex	<u>88 000 "</u>	målning, beslag- ning, inredn. m m

Summa byggmästeri: 380 000 kr

Installationer:

VVS	90 000 kr	luft eller vat- tenburen värme
El	<u>60 000 "</u>	

Summa installationer: 150 000 kr

Totalt: ===== 530 000 kr



4. DISKUSSION AV ERHÅLLNA RESULTAT

Inledningsvis bör ett par förhållanden framhållas:

- Det jordtäckta huset är inte ett nytt eller oprövat hus. I sin nyare form existerar endast i USA som nämnts över 3 000 dylika hus, varav några är mycket väl dokumenterade vad avser boendekomfort, energidata m m.
- Det jordtäckta huset är inte en allena saliggörande lösning på energiförsörjningsproblemen utan ett bland flera alternativ till energisnåla hus
- I detta projekt studeras en stiliserad modell av huset där de energibesparande elementen renodlats. Det jordtäckta huset kan varieras på en mångfald sätt vad avser orientering, grad av jordtäckning, antal våningar, storlek, användningsområde, anpassning till terrängen osv.

Administrativa förutsättningar

Av en systematisk genomgång av gällande byggnadslag stadga, byggnorm m m jämte samtal med olika tjänstemän har framgått att några egentliga hinder mot uppförande av jordtäckta hus ej föreligger. Givetvis måste husen i vanlig ordning utformas så att krav på dagsljus, värme, fuktisolering, ventilation, brandutrymning m m uppfylles.

Enligt gällande klassificeringsregler kan statliga bostadslån endast medges för en mindre del av ett jordtäckt hus. Om huset visar sig fungera väl bör klassificeringsreglerna efterhand kunna anpassas härafter.

Huset är ej i alla avseenden väl definierat. Möjligheterna att inrymma ett jordtäckt hus i en stadsplan beror av att det betraktas som byggnad och att husets yta räknas som våningsyta. Då huset i vissa lägen angränsas med väggar mot vilka betydande jordmassor fylls upp kan problem uppstå om hur huset får placeras i förhållande till tomtgränsen.

Frågor som vid byggnadslovsprövning särskilt behöver observeras och eventuellt särbehandlas är

- dimensioneringen av ventilation
- skorstenens och rökkanalernas höjd över taket
- brandklassificeringen
- dagsljuskravet. Det kan vara önskvärt med en andel fönster som överstiger den maxandel SBN föreskriver

- byggnadens värmebalans vad avser tillskott genom solinstrålning

Energiflöde

En tvärprofil av huset har jämförts med en likartad profil av ett hus ovan mark. Energiåtgång och effektbehov har studerats över ett år på basis av medeltemperaturerna för varje månad. Studien har kompletterats med en beräkning av temperaturventilationens inverkan över ett medeldygn och vilken inverkan en tillfällig sänkning av medeltemperaturen under en veckas tid har. Resultaten anger en reducering av energibehovet med 20 % över året. Uppvärmningssystemet kan dimensioneras för lägsta utetemperatur med minst 10 dagars varaktighet, vilket kan jämföras med en dimensionerande utetemperatur som är $X^{\circ}\text{C}$ högre än normvärdet.

Vid jämförelsen har ej vägts in det faktum att det jordtäckta huset även har jordtäckta sidoväggar. Nyttan av en liten uppvärmningsanläggning med jämna driftförhållanden har ej uppskattats. Nettotillskotten av passiv soluppvärmning har uppskattats summariskt liksom behovet av ventilation. Det förefaller sannolikt att energibesparingen är högre än angivna 20 %.

Man bör också notera att jämförelseobjektet är extremt såtillvida att fönster åt andra väderstreck än söder ej antagits. Detta hus är därför mer energisnålt än ett genomsnittligt hus uppfört enligt kraven i SBN 75.

Byggnadstekniska problem

Erfarenheterna från bl a inredda källare och källare till flera våningars djup pekar på att ett antal punkter bör uppmärksammas vid jordtäckt bebyggelse:

- jordtäckningen ökar belastningen på huset. Det bör därför grundläggas på sättningssfri mark. Morän och grusåsar är lämplig mark. Geotekniska undersökningar bör fastställa bärighet, schaktbarhet och dräneringsförhållanden.
- jordtäckta hus är särskilt känsliga mot inträngande grundvatten eller avloppsvatten. Husen bör därför ej placeras i lågpunkter. De bör förläggas över grundvattenytan. Avloppsnätet bör äga god ledningskapacitet.
- isoleringen mot fukt och dräneringen runt huset bör vara effektiv. Horisontella tak bör undvikas. Platsgjuten betong komletterad med bentonit som isolermaterial har visat sig vara den bäst fungerande väggkonstruktionen. Dräneringen efter väggen och under golv bör vara överdimensionerad.

Vegetationsbehandling

En översiktlig studie visar att gräs, buskar och lägre, torktåliga träd klarar sig bra på taket till ett jordtäckt hus förutsatt att jorddjupet överstiger 50 cm och att vissa krav på jordens sammansättning och dränering är uppfyllda. Vid ett jorddjup av blott 15 cm kan en torrängsliknande bestående vegetation åstadkommas. Regionalt betingade variationer i växtbarheter avviker ej från odling på ostörd mark. Skötselkravet på ett jordtak är något högre än på annan jämförbar mark.

Kostnadsuppskattning

Den översiktliga kostnadsberäkningen visar att ett jordtäckt hus under de antagna förhållandena är klart dyrare än ett traditionellt suterränghus. Räknat per volymenhet är skillnaden 22 %. I de amerikanska studierna anges skillnaden till 10 %.

I en kostnadsjämförelse bör givetvis både anläggnings- och driftskostnader vägas in. Något underlag för meningsfulla beräkningar finns inte framtagna ännu. Bland de faktorer som kan antas tala till det jordtäckta husets fördel är det ringa behovet av underhåll (om huset fungerar som beräknat). Fasadarean uppgår i exemplet till 38 % av suterränghusets.



5. PROJEKTETS FORTSÄTTNING

Husets image

Den ständigt återkommande första reaktionen på idén om jordtäckt bebyggelse är associationerna jordkula, fukt, ej fullvärdig boendemiljö. Å andra sidan vittnar de som besökt dylika hus att skillnaden mot traditionella hus är liten och att jordtäckning "inte är något märkvärdigt". Det är tydligt att begreppet jordtäckning föder föreställningar om sänkt bostadskvalitet, vilket skapar ett motstånd hos individen att söka informera sig ytterligare. Själva ordet "jordtäckning" är kanske olyckligt valt ur denna aspekt men något bra alternativ har ej påträffats.

Slutsatsen är att ett demonstrationsprojekt behövs för att rimligt snabbt och objektivt informera om vad jordtäckning egentligen innebär.

Projektets fortsättning

Det synes lämpligt att i ett första steg bygga enplans enfamiljshus i linje med förstudiens modell. Senare kan variationer vad gäller läge, våningsantal, storlek, användningsområde osv prövas.

Det första demonstrationsprojektet bör ges goda förutsättningar i form av lämplig tomt (orientering, lutningsförhållanden m m), genomarbetad projektering och omsorgsfullt uppförande. Det bör följas under en relativt lång tid, förslagsvis under 5 år, innan en slutlig utvärdering görs. Den långa tiden motiveras av att fortvarighetstillstånd i den omgivande jordmassan uppnås först efter ca 2-3 år.

Projektet bör omfatta ett begränsat antal hus så att eventuella "barnsjukdomar" ej ges för stor spridning. Exempelvis antalet 5 hus kan tillåta utvärdering av olika aspekter genom att husen varieras i några avseenden. Boendeerfarenheterna delas av så många att en objektiv bild nås. Forskningsinsatserna, utslagna per hus, blir måttliga.

Inför ett demonstrationsprojekt bör husets karakteristika, speciellt ur energisynpunkt, vara tämligen väl penetrerade. Dels uppnås då att uppvärmnings- och ventilationsinstallationerna kan dimensioneras med någorlunda god precision. Dels ges ett gott underlag för att planera den kommande utvärderingen.

Nästa etapp

Projektgruppen anser att speciellt energiaspekterna behöver utredas ytterligare innan ett fullständigt försök genomförs. De nu utförda beräkningarna ger ett gott gene-

relt underlag, men är översiktliga i några avseenden, t ex vad avser bidragen genom passiv soluppvärmning och nyttan av lågt och jämnt effektbehov. Det är också önskvärt att beräkningar utförs på ett specifikt hus.

Som nästa steg föreslås att systemhandlingar med principdetaljer upprättas för ett hus på en given tomt. Handlingarna kan utgöra underlag för byggnadslovsansökan. Husets energiegenskaper klarläggs, bl a genom lämplig datorsimulering, t ex med BRIS-programmet efter erforderlig anpassning. Ett sålunda anpassat program bör sedan kunna användas generellt. Beräkningarna utföres parallellt med utformningen av uppvärmnings- och ventilationssystemen i syfte att optimera dessa senare. Aspekterna fukt- och radongashalt ska därvid vägas in. Huset studeras med avseende på landskap, markbehandling, masshantering, teknisk försörjning, arkitektonisk utformning och byggnadsteknik så att ett generellt underlag för programskrivning erhålls.

Kontakter om lämplig tomt har tagits, men ännu har inte någon påträffats som fyller de tämligen strikta krav vi vill ställa. Möjligheterna att hitta en tomt bedöms dock som goda, då kontaktade byggnadsnämnder visat entusiasm inför projektet.

Det är angeläget att tidigt klargöra under vilka former ett experimentbygge i full skala bör ske, t ex vad avser finansiering, kommunalt engagemang, BRFs del i projektet, önskvärdheten av byggherrens eller entreprenörens engagemang osv.

6. LITTERATURFÖRTECKNING

Arbetskyddsstyrelsens anvisningar (ASS)

Bostadsfinansieringsförordningen

Brown, G. & Isfält, E. Solinstrålning och solavskärmning. Rapport R19:1974. BFR 1975.

Bygg, del 7-8 (band 5)

ByggAMA 72

Byggstadgan

Girdo, V. Grundläggande förutsättningar för soluppvärmning av byggnader i Skandinavien. Beräkningsmetoder, parameteranalys, effektivitet och optimering. Rapport R108:1978. BFR 1978.

Kort redogörelse för Svensk Bostadspolitik, Bostadsstyrelsen

MarkAMA 72

Samarbetsgruppen för byggnaders energiförsörjning. Byggnaders energiförsörjning. Data för jämförande kostnadsberäkningar. Rapport R9:1970. BFR 1970.

Sterling et al, Earth sheltered housing design - guidelines, examples and references. The underground space center, University of Minnesota, Minneapolis 1978

Svensk Byggnorm 75 (SBN)

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780804-0 från Statens råd för byggnadsforskning
till AB Vattenbyggnadsbyrån, VBB, Göteborg.**

R10: 1980

ISBN 91-540-3174-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700110

**Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik**

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

Cirka pris: 20 kr exkl moms