

**Rapport**

**R18:1970**

**Grundläggning med  
betongelement på  
asfalt- eller  
cementbunden yta**

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND  
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN  
BIBLIOTEKET

**Bengt Persson  
Sture Rosenlund  
Curt Strehlenert**

**Byggforskningen**

# Grundläggning med betongelement på asfalt- eller cementbunden yta

**Bengt Persson, Sture Rosenlund & Curt Strehlenert**

Den fortgående industrialiseringsprocessen i bostadsbyggandet kräver en konsekvent anpassning i grundkonstruktionernas utförande. Elementbyggandet är ett byggsätt där förtillverkade delar monteras och hopfogas på arbetsplatsen. Man vinner tid och sparar arbetskraft. Vid elementbyggande har grundkonstruktionen hittills gjutits på platsen, vilket kan sägas utgöra ett avsteg från elementbyggnadsprincipen. Detta är en inkonsekvens som minskar önskad rationaliseringseffekt.

Genom att exv. tillämpa beprövade vägtekniska metoder och modern packningsteknik kan en yta hårdgöras med tillräckligt bärande egenskaper för att föra över lasterna från husets stomme till undergrunden. Väsentligt är då att skadliga deformationer ej orsakas av extra jordspänningar som genom konstruktionens utformning kan uppstå på grund av tjäle eller förändringar i grundvattennivån.

## Ny konstruktionsmetod

Den föreslagna konstruktionen består i att en hårdgjord yta beläggs med asfaltbetong alternativt att ytan cementstabiliseras. På denna yta sätts grundplattlement i avjämnande cementbruk. Tjälkyddande markisolering förläggs till slänt utanför beläggningen på sådant avstånd och i sådan lutning, att den ligger utanför de av lasterna orsakade spänningstillstånden i jorden. Dräneringen förläggs utanför isoleringen och kan förses med särskild markisolering. Vid konstruktion med öppna stembäddar behövs ej markisolering eller dränering. Ytan består då lämpligen av cementbruksbunden makadam.

Grundläggningssättet förutsätter plan byggmark. Markfall måste tas upp utanför huskroppen, vilket har konsekvenser för stadsplaneringen. Detta förhållande behöver ej innebära sämre förutsättningar för god miljö eller god byggekonomi.

## Försöksanläggning

I en försöksanläggning i närheten av Täby Storcentrum, norr om Stockholm, har konstruktionen provats under den relativt kalla vintern 1967–68. Beläggningen som lades på ett 20 cm tjockt grusbärlager utgjordes av asfaltbetong och markisoleringen av Styrofoam®, en styrencellplast med högt diffusionsmotståndstal och lågt värmeledningstal. Lasterna på grundplattlementen erhöles från en grusfylld sandlåda och motsvarade vid huvudförsöken ca 1,5 ggr belastningen av ett normalt trevånings lamellhus. Försöksanordningarna var placerade i ett uppvärmt skjul.

Temperaturerna mättes kontinuerligt på fem olika nivåer i 24 mätpunkter i och utanför huset. Indikatorerna utgjordes av skärmade termoelement som registrerades på en potentiometerskrivare. Mättiden sträckte sig från 28.12 1967 till 15.5 1968.

Deformationerna mättes för asfaltbeläggning, bärlager och undergrund. Mätningarna utfördes ca en gång per vecka under hela belastningstiden som varade från den 4.12 1967 till 1.7 1968.

Resultaten redovisas i diagram försedda med kompletterande uppgifter om faktorer som påverkat värdena. De verifierar att de bedömningar som legat till grund för konstruktionen är riktiga. De ger dessutom anvisningar om en förenklad konstruktion där markisoleringen kan slopas och bärlagret bestå av en under väggarna relativt tjock öppen stembädd, t.ex. sprängstensfyllning eller makadam. Konstruktionssättet provas f.n. på ett småhusbygge, varvid man även erhåller säkrare data på fyllningens tjocklek.

Kostnadsjämförelserna visar att besparingar kan göras i förhållande till traditionellt grundläggningssätt.

Se även bildsida.

# Byggforskningen Sammanfattningar

**R18:1970**

*I ett fullskaleförsök under den kalla vintern 1967–68 har en ny konstruktionsmetod provats. Denna innebär i sina huvuddrag att betongelement sätts i cementbruk på en asfalt- eller cementbunden beläggning. Beläggningen läggs på ett grus- eller makadambärlager och en diffusionstät markisolering utförs för att hindra uppkomsten av tjälskador.*

*Resultaten visar att den provade konstruktionen fungerar tillfredsställande. De ger anvisningar till alternativa lösningar.*

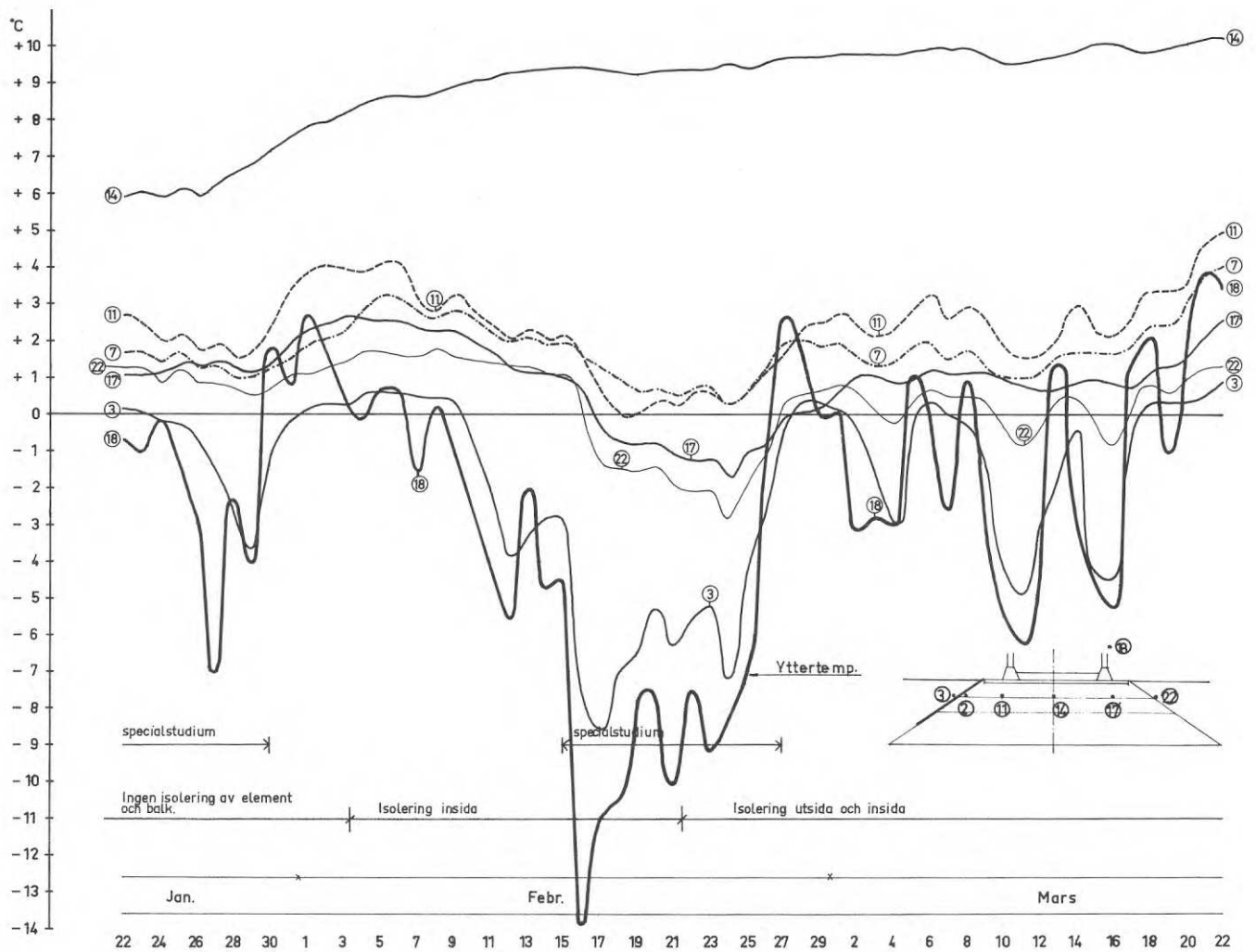
UDK 624.151  
69.057.1  
69.021

Sammanfattning av:

*Persson, B, Rosenlund, S & Strehlenert, C, 1970, Grundläggning med betongelement på asfalt- eller cementbunden yta. (Statens institut för byggnadsforskning.) Stockholm. Rapport R18:1970. 124 s., ill. 25 kr.*

Distribution: Svensk Byggtjänst,  
Box 1403, 111 84 Stockholm.  
Tel. 08-24 28 60.

Abonnemangsgrupp: (k) konstruktion.



Temperatur i bärlagrets undersida 22.1—22.3 1968.



Utbredning av bruket gjordes enklast med en piasavakvast, men även vibrationsvälten fördelade bruket samtidigt som nedvibrering skedde. Det gick mycket lätt att få ned bruket i hålrummen i makadamen. Någon skillnad därvidlag mellan makadamgraderingarna 25—40 och 40—65 mm förelåg ej.



Fogarna tätades med cementbruk. Senare cementslammas hela sockeln. Vatten, avlopp, el och tele samt termoelement för temperaturmätningar utmynnade i markplanet under förrådsutrymmet.

# Foundations of concrete units on an asphalt- or cementstabilized surface

Bengt Persson, Sture Rosenlund & Curt Strehlenert

## National Swedish Building Research Summaries

R18:1970

The continual tendency towards industrialization in housing construction demands consistent adaption in foundation design. Unit construction is a method of building where prefabricated components are erected and jointed on site. This gains time and saves labour. To date foundations have been poured in situ, which is a departure from the principle of unit construction. This inconsistency decreases the desired rationalising effects.

For example by applying well proven methods of road construction and modern compaction techniques an area may be hardened and acquire a sufficient bearing capacity to transmit loads from the building frame to the foundation. However, it is important to prevent the additional ground forces which occur due to ground frost or changes in the water table from causing injurious deformations.

### A new method of construction

The proposed construction consists in covering the hardened area with a layer of asphalt or, alternatively cement stabilized gravel on which prefabricated strip foundations are bedded in cement mortar. The frost protective ground insulation is placed in the shoulder beyond the asphalt surface at such a distance and such a gradient that it lies outside the stressed parts of the foundation. Land drains are beyond the insulation and may be provided with special ground insulation. Designs using open stone beds do not require ground insulation or drains. Macadam bound with cement-mortar provides there a suitable surface.

This method of laying foundations entails levelling the area to be built on. Falls in the level of the ground must be taken up outside the building. This has town planning consequences. However, this relationship need not make it more difficult to achieve a good environment or good building economy.

### Test site

The arrangement was tried out during the relatively cold winter 1967—68 on a test site near Täby Centre north of Stockholm. The surface layer, on a 20 cm thick gravel bed, consisted of asphalt and the ground insulation of Styrofoam®, expanded polystyrene which is highly impermeable and gives a high degree of thermal insulation. The loads on the foundation units were obtained from a gravel—filled sand box and were equivalent during the main tests to 1.5 times the loads to be expected from normal three-storey terraced buildings. The test apparatus was housed in a heated shed.

The temperatures were measured continually at five different levels at each of 24 points in and around the building. The indicators were screened thermocouples which were registered by potentiometer recorders. The period of measurement extended from 28.12 1967 to 15.5.1968.

The deformations were recorded for the asphalt layer, the base, and the sub-grade. Measurements were taken about once a week during the entire period under stress which lasted from 4.12 1967 to 1.7 1968.

The results are shown in diagrams with complementary information and factors influencing the value obtained.

They verify that the assumptions on which the construction was based are correct.

They also give instructions for a simplified arrangement in which the ground insulation may be abandoned and the base under the walls consist of a relatively thick open stone bed of, for example, blasted rock macadam. The method is being tested at present on a one-family house where more certain data on suitable thickness of fill are expected to be obtained.

The cost comparisons show that savings can be made compared with the cost of traditional methods of laying foundations.

*A new method of construction has been tested in a full scale experiment during the cold winter 1967—68. This entails in short embedding concrete units in cement mortar on a layer of asphalt, or cement stabilized gravel or macadam; this layer must be supported on a gravel bed and then an oversite dampproof course is laid in order to prevent damage from ground frost.*

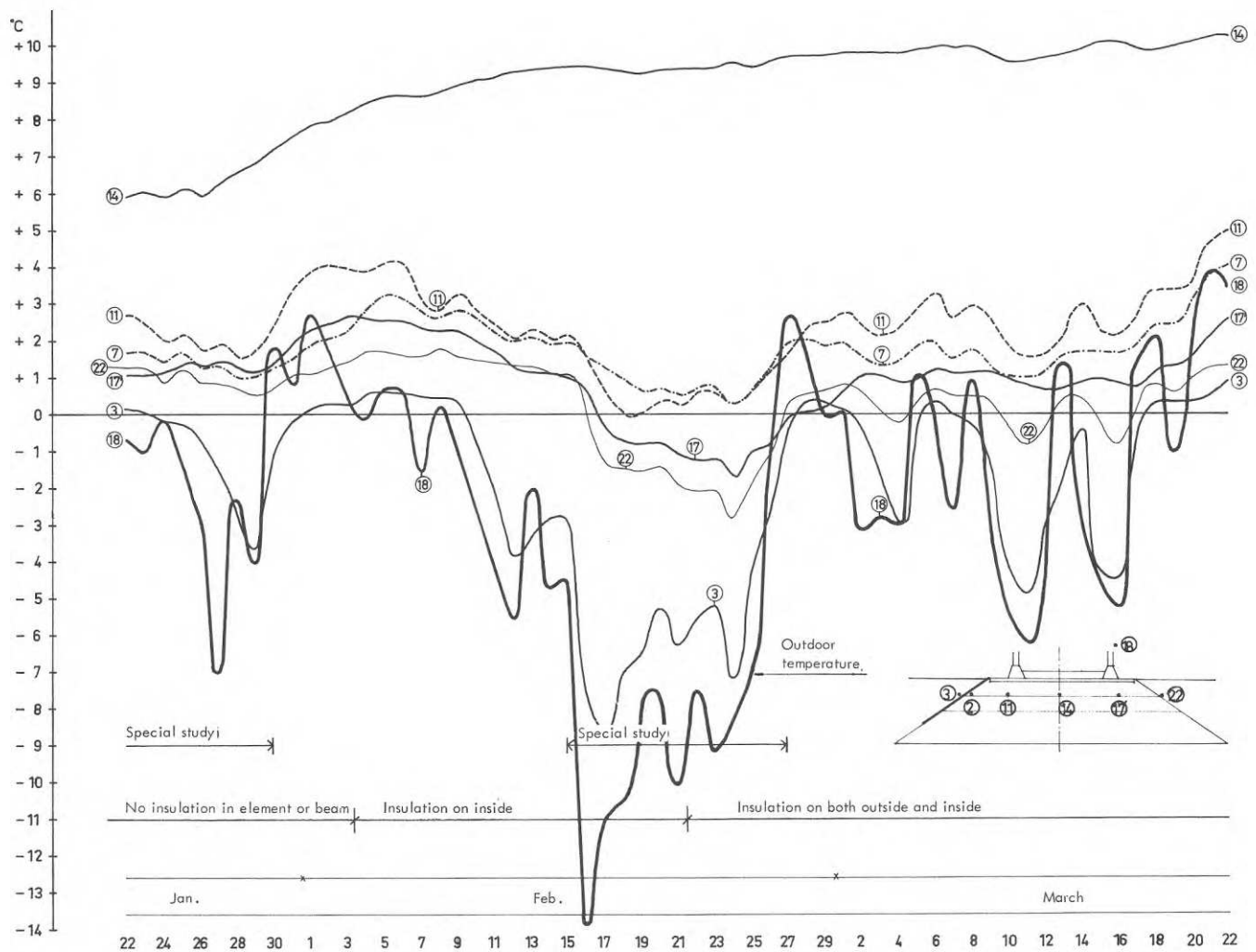
*These results show that the construction which was tested functioned satisfactorily. The results also show alternative solutions to the problem.*

UDC 624.151  
69.057.1  
69.021

### Summary of:

*Persson, B, Rosenlund, S & Strehlenert, C, 1970, Grundläggning med betongelement på asfalt- eller cementbunden yta. [Foundations of concrete units on an asphalt- or cementstabilized surface] Statens institut för byggnadsforskning.) Stockholm. Rapport 18:1970. 124 p., ill. 25 Sw. kr.*

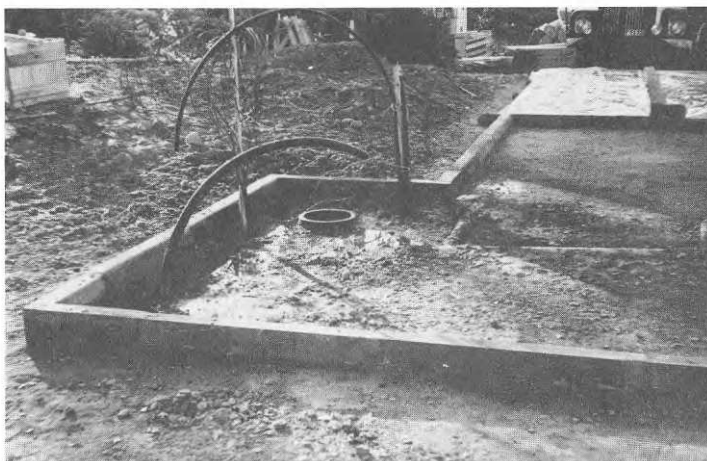
Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, S-111 84 Stockholm, Sweden.



*Temperatures under the gravel bed 22.1–22.3 1968.*



*Spreading of the mortar was carried out most suitably with a stiff broom but the vibrating roller also helped the distribution. It was very easy to get the mortar into the cavities in the macadam. No difference was noticed in this connexion between macadam grades 25–40 and 40–65 mm.*



*The joints were filled with cement mortar. The entire plinth was later covered with thin cement slurry. Water pipes, sewers, electric and telephone cables were carried in to the subfloor under the storage space.*

Rapport R18:1970

GRUNDLÄGGNING MED BETONGELEMENT PÅ ASFALT-  
ELLER CEMENTBUNDEN YTA

FOUNDATIONS OF CONCRETE UNITS ON AN ASPHALT-  
OR CEMENTSTABILIZED SURFACE

Bengt Persson, Sture Rosenlund & Curt Strehlenert

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm

Rotbeckman 1970 10 8518 0

## FÖRORD

De genomförda försöken har utförts med medel som ställts till förfogande av Statens råd för byggnadsforskning. De har utförts inom HSBs Riksförbund, varvid bl. a. avdelningarna, geoteknik och vvs medverkat. HSB har även ekonomiskt stött och lämnat bidrag.

Civilingenjör Gunnar Busk har medverkat i de geotekniska undersökningarna och har konsulterats i vissa geotekniska frågor. Vid uppläggningsen av försöken har värdefulla synpunkter lämnats av överingenjör Erik Saare. Därvid har speciellt de värmemättekniska problemen diskuterats.

Under hand har resultaten av temperaturmätningarna diskuterats med professorerna Bo Adamson och Olavi Vuorelainen. Därvid har även frågor om de konstruktiva konsekvenserna berörts.

Författarna representerar de tre grupperna: arkitekt, statiker och vägbyggare. Försöken och resultaten har därför i huvudsak belysts och bedömts från dessa synpunkter. Vi tackar de här nämnda för all stöd och hjälp.

Stockholm i mars 1970

Bengt Persson

Sture Rosenlund

Curt Strehlenert



## INNEHÅLL

BETECKNINGAR . . . . .	6
1 BAKGRUND OCH SYFTE . . . . .	7
2 PRODUKTIONSTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR . . .	9
2.1 Det källarlösa huset . . . . .	9
2.2 Nivåplanering . . . . .	10
2.3 Grundläggning vid elementbyggandet . . . .	12
3 KONSTRUKTIONEN . . . . .	13
3.1 Undergrund och bärlager . . . . .	13
3.2 Markisolering . . . . .	13
3.3 Beläggning . . . . .	14
3.4 Grundplattteelement . . . . .	15
4 TEKNISKA FRÅGESTÄLLNINGAR . . . . .	17
5 VÄRDERINGAR AV TIDIGARE ERFARENHETER . . .	19
5.1 Beläggningar och stabiliseringar . . . . .	19
5.2 Sättningar . . . . .	22
5.3 Värmeströmning . . . . .	26
6 FÖRSÖKENS GENOMFÖRANDE . . . . .	33
6.1 Försöksanordningar . . . . .	33
6.2 Applicering av element . . . . .	44
6.3 Temperaturmätningar . . . . .	51
6.3.1 Inverkan av snö . . . . .	52
6.3.2 Förutsättningar vid gavel och långsida . .	52
6.3.3 Innetemperaturer . . . . .	54
6.3.4 Yttemperaturer . . . . .	54
6.3.5 Temperaturer i beläggningsens undersida eller motsvarande nivå . . . . .	60
6.3.6 Temperaturer i bärlagrets undersida . . .	62
6.3.7 Temperaturer 0,5, 1,0 och 1,5 m under jord	72
7 SÄTTNINGSMÄTNINGAR . . . . .	75
7.1 Asfaltbetongens deformation . . . . .	76
7.2 Bärlagrets deformation . . . . .	80
7.3 Moränterrass . . . . .	83
7.4 Slutsatser . . . . .	88
8 FÖRSLAG TILL KONSTRUKTIONER . . . . .	91
8.1 Erfarenheter från försöken . . . . .	91
8.1.1 Grundplattor . . . . .	91
8.1.2 Asfaltbeläggning . . . . .	91

8.1.3	Bärlager och undergrund . . . . .	92
8.1.4	Markisolering . . . . .	92
8.2	Alternativa lösningar . . . . .	93
8.2.1	Konstruktion med markisolering . . . . .	93
8.2.2	Konstruktion med öppet bärlager . . . . .	95
8.2.3	Förläggning av VA-ledningar . . . . .	96
8.3	Arbetets planering . . . . .	96
8.4	Kostnader . . . . .	97
9	PRAKTISK TILLÄMPNING AV KONSTRUKTION MED ÖPPET BÄRLAGER . . . . .	101
9.1	Huskonstruktion . . . . .	103
9.2	Marken . . . . .	106
9.3	Arbetets utförande . . . . .	106
9.3.1	Terrassen . . . . .	106
9.3.2	Ledningar . . . . .	108
9.3.3	Makadambädden . . . . .	108
9.3.4	Injektering med cementbruk . . . . .	110
9.3.5	Sättning av ytterväggselement . . . . .	112
9.3.6	Husmontering . . . . .	115
10	SLUTORD . . . . .	119
11	LITTERATUR . . . . .	121

## BETECKNINGAR

$\lambda$  = Värmeledningsförmåga,  $W/m^{\circ}C$  ( $kcal/mh^{\circ}C$ )

$a$  = Temperaturledningsförmåga,  $m^2/s$

$c$  = Värmekapacitivet,  $J/kg^{\circ}C$

$\gamma$  = Densitet,  $kg/m^3$

$t$  = Temperatur,  $^{\circ}C$

$K$  = Kompressionsmodul för jord,  $kp/cm^3$  ( $10N/cm^3$ )

$\sigma$  = Normal påkänning på mark,  $kp/cm^2$  ( $10N/cm^2$ )

$\Delta$  = Deformation,  $cm$

$\epsilon$  = Restdeformation,  $\%$

## 1 BAKGRUND OCH SYFTE

Inom elementbyggandet saknas en grundkonstruktion som medger konsekvent produktionsteknik. Källarlösa hus skapar gynnsamma förutsättningar för en rationell produktion, ett förhållande som emellertid hittills inte beaktats vid grundkonstruktioner. I regel gjuts en bottenplatta av betong med kantförstyvning; en konstruktion som dels ej är helt anpassad till markens rationella bearbetning, dels förutsätter ett mer eller mindre hantverksmässigt byggförfarande.

Genom de erfarenheter man har av den hela bottenplattan vilande direkt på mark samt de kunskaper den senaste tidens forskning ställt till vårt förfogande om grundläggning på fyllningar och om värmeflöden i jord finns förutsättningar för nya och enkla grundkonstruktioner.

Den grundkonstruktion som behandlas i denna rapport innebär i sina huvuddrag att ett stabilt och dränerande bärlager framställs maskinellt och avslutas med en beläggning, t. ex. asfaltbetong. På denna beläggning appliceras grundelement av betong som överför belastningarna från husets stomme till bärlager och undergrund.

Konstruktionen har begränsningar av geoteknisk art. Den är således inte tillämplig i de fall undergrunden består av lösa jordarter där grundförstärkning med pålar eller s. k. kompensationsgrundläggning är det normala grundläggningssättet.

Grundläggningsmetoden är tänkt för monteringsbyggda villor, radhus, kedjehus, paviljongbyggnader samt vid elementbyggda flerfamiljshus i en, två eller tre våningars höjd. Några hinder att använda metoden i samband med andra mera traditionella byggnadssätt finns emellertid inte.



## 2 PRODUKTIONSTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

### 2.1 Det källarlösa huset

Tvånget att anpassa grundkonstruktionen till varierande mark- och grundförhållande har tills nu verkat hämmande på en industriell utveckling och har i korthet inneburit att huskroppen antingen direkt nedförts till frostfria nivåer och fasta orörda jordar eller indirekt till (fig 1a) sådana genom plintar eller pålar (fig 1b). I dessa fall har det varit naturligt att förse husen med hel eller delvis utbyggd källare. I de fall denna inte varit önskvärd har en grundläggningskonstruktion av typ torpargrund utförts (fig 1b).

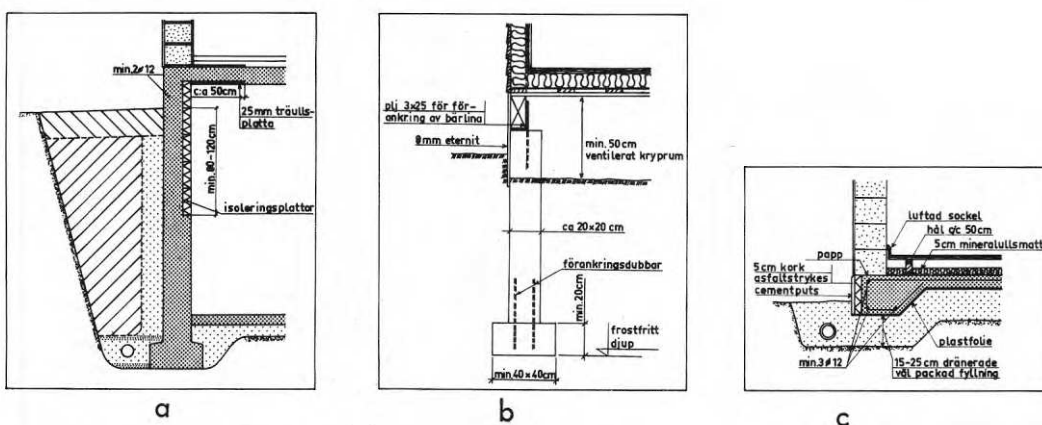


Fig.1. Olika slag av konventionell grundläggning a) källarhus, normalgrund b) källarlöst hus på plintar med kryprum (torpargrund) c) källarlöst hus med betongplatta direkt på mark.

Various kinds of conventional strip foundations a) basement building, normal foundation b) pier-footings with a crawl space, c) slab footing, a concrete slab directly on the ground.

Under 40-talet inleddes i vårt land ett källarlöst småhusbyggande med platta på mark (fig 1c). Vägledande därvidlag var bl.a. amerikanska förebilder samt forskningsinsatser av bl.a. Hans Eriksson (1954, 1957, 1958). Ökningen av det källarlösa småhusbyggandet var under 50-talet anmärkningsvärt hög. Ett flertal misstag begicks. Läget synes nu ha stabiliserats så att det källarlösa huset dominerar i de seriebyggda småhusbyggandet medan däremot styckehus vanligen utförs med källare. Grundläggning med platta på mark har följts upp med bl.a. undersökningar av temperaturer under och intill

plattan (Adamson, Domnér & Rönning, 1964).

Resultaten har överförts på flerfamiljshusets grundläggning. Utvecklingen har emellertid inte varit jämförbar med vad som skett inom småhusbyggandet eftersom förutsättningarna i övrigt varit annorlunda. Horisontell byggmark för en lång huskropp är sällsynt. Tradition och föreskrifter har låst förläggningen av skyddsrum, tvättstugor, panncentraler, lägenhetsförråd, soprum samt värme- och vattendistributionen till källarvåning.

## 2.2 Nivåplanering

Liksom för plattan på mark förutsätter den föreslagna grundläggningsmetoden horisontell byggmark. De ekonomiska förutsättningarna för detta krav har väsentligt gynnats av de betydande framsteg som gjorts inom markbyggnadstekniken och speciellt inom de grenar som berör jordpackning och förflyttning av stora massor. Detta betyder att man bl.a. av lutande terräng genom schaktning och utfyllning av jord- eller utsprängda massor skapar sin horisontella byggmark med slänter utanför byggkroppen (fig 2). Givetvis är den ekonomiska förutsättningen att dessa massförflyttningar sker inom rimliga nivåer. Kravet på horisontell byggmark sammanfaller med nu aktuella krav på en handikappvänlig närmiljö, vilka utesluter terrängtrappor, kraftiga nivåskillnader längs bostadsområdets interna vägnät och större nivåskillnader mellan entréer inom samma huskropp.



Fig. 2. Olika sätt att ta upp nivåskillnaden a) i husen b) utanför husen.

Various ways of taking up differences in level a) within the building, b) outside the building.

En tekniskt-ekonomisk förläggning av huskropparna till horisontella nivåer kan i ogynnsamma fall innebära stadsplanetekniska och estetiska komplikationer, men i de flesta fall torde även högt ställda krav kunna tillgodoses.

Grundläggning på fyllning av packad friktionsjord och sprängsten är numera vanlig i flerfamiljsproduktionen, men förekom för några år sedan endast i samband med småhusbyggande. Vissa försök med andra fyllningsmaterial förekommer. Över huvud taget kan en intressant utveckling väntas inom jordpackningstekniken, framför allt med sikte på att nyttja skilda jordarter (Gynnerstedt & Lindblad 1968). En sådan utveckling är angelägen, då förutsättningarna blir avgjort gynnsammare för en ekonomisk nivåplanering om massor inom byggnadsområdet kan användas. Avgörande för en vidgad användning av denna teknik är bl. a. möjligheten att förutse och bedöma sättningsarna i de packade jordlagren.

Ett rationellt byggnadsutförande styrs i hög grad av maskinernas insatser. Schaktmaskinens och utlastningsfordonens prestanda är avgörande för markarbetenas planläggning; byggnadskranens prestanda för stombyggandets. Det manuella arbetet begränsas så långt förutsättningar på byggnadsplatsen tillåter detta.

Genom att undvika konstruktioner under mark skapas gynnsamma förutsättningar för rationellt bedrivna markarbeten. Schaktarbeten för ledningar utanför huskroppen förenklas och totalt sett erhålls bättre ekonomi i massbalansering och grovplanering. Denna effekt markeras i större bostadsområden där en friare nivåplanering kan tillämpas.



### 2.3 Grundläggning vid elementbyggandet

Elementbyggandet är en allt vanligare produktionsform av industriellt byggande. Elementbyggandet belastas emellertid av att arbetet med grunden utförs som ett delvis irrationellt hantverksarbete. Formsättning och omfattande armeringsarbeten krävs vid byggets start, däremot inte i senare skeden. Detta innebär bl a komplikationer i disposition av arbetskraft och tidplanering, och ger sämre förutsättningar för önskvärd måttnoggrannhet m. m. Den traditionellt platsgjutna grunden har under senare år förenklats genom att byggnadskroppen förläggs ovan mark och traditionellt nedgrävda grundmurar ersätts av den hela bottenplattan. Därigenom kan markentreprenören till övervägande del utföra arbetet maskinellt upp till bottenplattan (fig 1c).

Grundläggningsmetoden med den hela bottenplattan dominerar i det rationella platsbyggandet och elementbyggandet. Att arbetstekniskt förenkla denna grundläggningsmetod i vissa detaljer är möjligt, men ett betydande inslag av manuellt arbete återstår även i detta fall, nämligen formsättning, armering samt betonggjutning på byggplatsen. Därjämte kvarstår under lång tid byggfukt som dessvärre ofta stängs in av en plastfolie. Arbetet är även tidkrävande.

Det finns i elementbyggandet och i det monteringsfärdiga småhusbyggandet behov av mera konsekventa lösningar. Författarna har provat en sådan lösning som innebär:

- att markarbetet maskinellt drivs längre och avslutas med en hårdgjord plan yta av asfaltbetong, av cementstabiliserat grus eller makadam,
- att grundläggningen utförs med förtillverkade grundplattor som sätts i cementbruk på denna hårdgjorda plana yta.

### 3 KONSTRUKTIONEN

I konstruktionen, som framgår av fig 3, ingår

Terrasserad undergrund

Bär- och dräneringslager

Markisolering

Beläggning

Förtillverkade grundplattelement

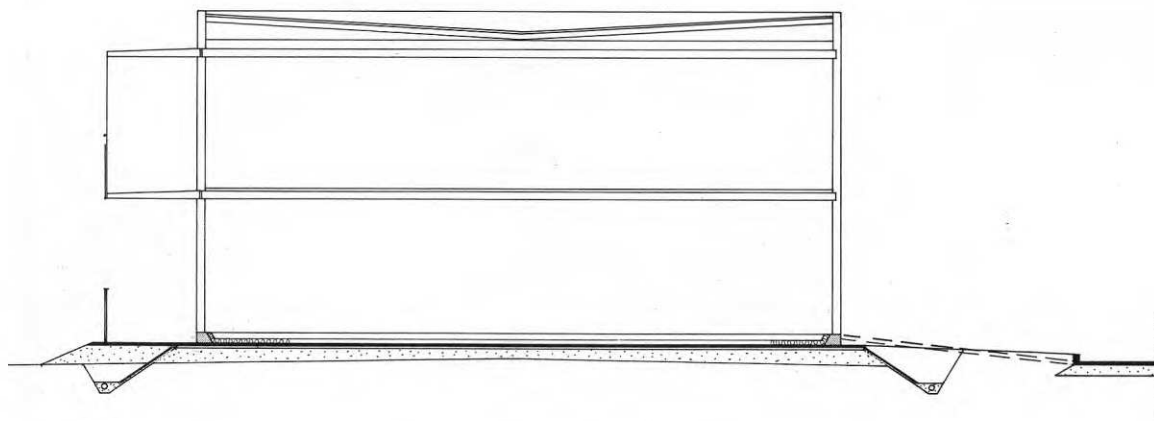


Fig.3. Principskiss för grundläggning med grundplattelement på beläggning samt markisolering.

Principle for foundation with pre-fabricated strip foundations on a bed. Ground insulation is also shown.

#### 3.1 Undergrund och bärlager

Arbetet utförs med grävmaskin, frontlastare eller bandtraktor. Massorna transporteras och utbreds med bandtraktor eller hyvel. Uppfyllda delar av terrassen liksom schaktbotten och bärlager packas med vältar, vibratorplattor, påhängda vibratorvalsar eller stampmaskiner efter de regler som anges i Svensk Byggnorm 67.

#### 3.2 Markisolering

Markisolering placeras i slänt i terrassen. Arbetet utförs efter terrassens färdigställande. Schakt och återfyllning sker med maskin. Alternativt ersätts markisoleringen av ett tjockare, relativt öppet, bärlager.

### 3.3 Beläggning

Beläggningsen avslutar markentreprenörens arbeten under huset och ger en distinkt gräns till husbyggnadsentreprenörens. Beläggningsens yta skall vara slät och jämn och utgöra en god arbetsplan med önskad måttnoggrannhet.

Asfalterade ytor ingår i stor omfattning i våra bostadsområden, t ex för gång- och körvägar, parkeringsplatser. Detta belyses i fig 4 som visar en ofta förekommande detalj av en aktuell stadsplan. Det förefaller naturligt att använda samma beläggning som underlag för huset.

En beläggning av asfaltbetong har tekniska fördelar. Den kan läggas maskinellt med små måttavvikelser från horisontalplanet. Arbetet går snabbt. Beläggningsen erbjuder ett utmärkt underlag för en noggrann utsättning. Snörslagning och ritsning är enkla och bra hjälpmedel vid detta arbete. Asfaltbetongen kan ersättas av andra hårdgjorda ytor, t ex cementstabilisering på det avjämnade bärlagret.

Bägge dessa beläggningstyper läggs normalt ut med maskiner med stor kapacitet. Vid mindre ytor, ex vis för enstaka hus, kan manuell utläggning ske med rakor och avdragning efter formläkt till tillfredsställande planhet.

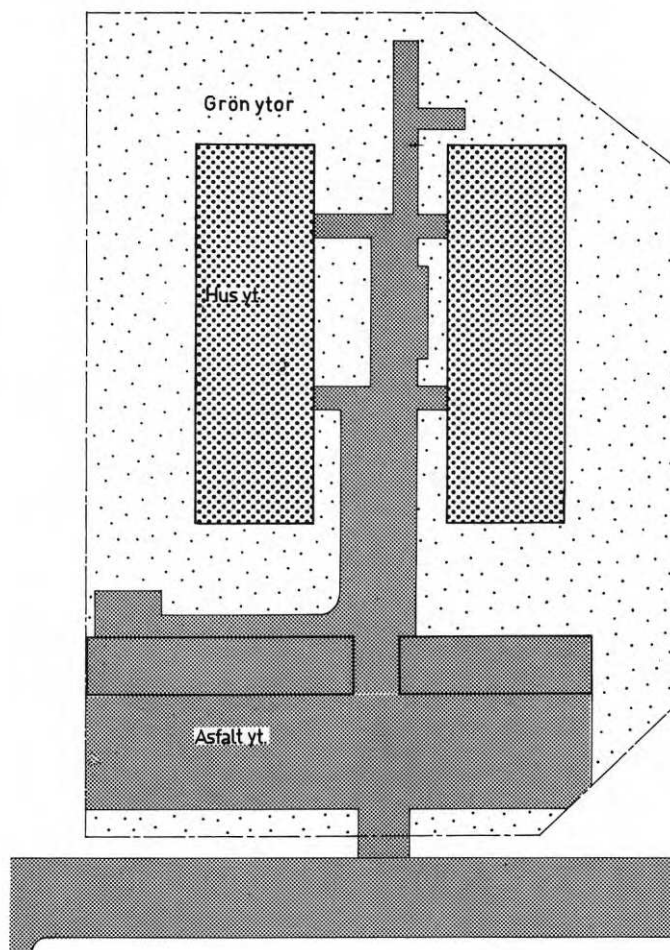


Fig. 4.  
Utdrag ur en illustrationsplan med  
normal omfattning av asfalterade  
ytor.

Detail of a plan illustration showing  
normal extent of asphalt surfaces

### 3.4 Förtillverkade grundplatteelement

Grundplatteelementen appliceras på den hårdgjorda ytan centriskt under husets bärande väggar. Få elementvarianter bör eftersträvas. Elementen tillverkas med fördel i stationära fabriker där hög betongkvalitet och god måtnoggrannhet kan erhållas. En typ bör utformas så att elementet både fungerar som grundplatta och sockel. Eftersom kran i detta byggskede saknas bör elementen dimensioneras så att de kan hanteras av två man och hög utläggningstakt hållas.



#### 4 TEKNISKA FRÅGESTÄLLNINGAR

Väsentliga frågor som måste besvaras berör sättningar i grunden orsakade av påförda laster samt möjligheten att förhindra skadlig tjälinträngning. Studier av tidigare undersökningar och fullskaleförsök bör ge svar på dessa frågor.

Tekniskt lämpliga ytbeläggningar måste väljas. Av tänkbara konstruktioner har beläggningar och stabiliseringar av asfalt och betong undersökts. Dessa material med olika typutföranden har förutsättningar att ge de önskade resultaten. Erfarenheterna från vägbyggnadstekniken är goda. Asfaltbeläggnings beteende vid stora vertikala laster är ej helt känt utan måste studeras.

Värmeisolering av marken för att förhindra skadliga tjälbildningar kan bli nödvändigt. Inom vägbyggnadstekniken har man med gott resultat provat cellplaster med låg vattengenomsläpplighet. Med de specifika förutsättningar som råder under en uppvärmd huskropp måste en sådan konstruktion studeras.

Försök med applicering av grundplattenelementen på beläggning måste genomföras för att belysa de produktionstekniska, konstruktiva och hållfasthetsmässiga aspekterna.

Sättningar måste hållas inom rimliga gränser. Tjälbildningens konsekvenser måste studeras.



## 5 VÄRDERING AV TIDIGARE ERFARENHETER

### 5.1 Beläggningar och stabiliseringar

Asfaltbeläggningar är väl känt inom vägbyggnadstekniken. Man skiljer i princip på asfaltbetong, indränkningar och ytbehandlingar. Av dessa typer ger endast asfaltbetongen en jämn och slät överyta. Detta är fördelaktigt med hänsyn till grundelementen samtidigt som ytan är lätt att hålla ren och lätt att göra utsättningar på. För att asfaltbetongen ej skall "krypa" erfordras att den är uppbyggd av ett stabilt stenskelett. Asfaltbindemedlet bör lämpligen utgöras av den relativt hårda typen med den svenska benämningen A 135. Detta bl a för att den skall vara luktfri.

Asfaltbeläggningens tjocklek väljes med hänsyn till krav på körbarhet och jämnhet, avsedda belastningar och lämplig maskininsats. Vägledande fakta är att minsta tjocklek som kan läggas med maskin innehåller 60 kg asfaltbetong pr m<sup>2</sup> (60 Ab). 60 Ab uppfyller dock ej kraven på körbarhet, varför 80 Ab föreslås.

Asfaltbetongen tillverkas i stationära asfaltverk som finns på ett flertal platser i landet. Massorna körs ut med bil och tippas i en självgående asfaltutläggningsmaskin. Maskinen fördelar massorna jämnt och överbygger mindre ojämnheter i undergrunden. Medan massorna ännu är varma komprimeras de och jämnas ut med tung slätvält eller vibrationsvält. Genom vältningen åstadkommes även en god kontakt med underlaget. Vid mindre arbeten kan asfaltbetongen läggas för hand efter formläkt till avsedd tjocklek.

De vanligaste asfaltutläggningsmaskinerna lägger en största bredd av 3.5 - 4 m. Vid normala husbredder måste beläggningen således läggas i strängar och fogarna vältas ihop. Den största jämnheten och därmed den bästa höjdtoleransen erhålles i läggningsriktningen, som därför bör sammanfalla med husets längdriktning.



Arbetsunderlaget för lastbilar och utläggningsmaskin måste vara relativt hårt. Den översta delen av detta måste därför utgöras av ett bärlager, eventuellt ytterligare hårdgjort med exempelvis stenmjöl. Beläggningen kan tas i bruk omedelbart. Den efterlämnar ingen byggfukt. Arbetet utförs snabbt. En utläggningsmaskin kan ta emot 200 - 400 t asfaltmassor per dag. För ett hus med exempelvis 600 m<sup>2</sup> byggnadsyta åtgår det 50 t massa vid beläggningstypen 80 Ab.

Cementbetongbeläggningar måste göras i relativt stora enheter för att det skall löna sig att använda effektiva maskiner. En beläggningsmaskins maximala arbetsbredd är 8 m, vilket innebär minst en fog i husets längdriktning. En vanlig arbetsbredd är 5 m. Vid de små beläggningsytor det är fråga om för husbyggandet är det ekonomiskt lämpligt att använda enkla vibratorbryggor med bredder av högst 3,5 m. Därigenom erhålles minst tre längsfogar. Plattorna bör vara tre dagar gamla innan de får belastas.

Vid större vägarbeten används utläggningsmaskiner. Vid de små kvantiteter betongmassa som är aktuella vid bostadsbyggande är sådana oekonomiska, utan betongmassan bör avlämnas direkt mellan formar. Beläggningen bör vara 6 - 8 cm tjock och kan göras oarmerad om lämplig fogindelning görs. Ytan trärives eller rakas. Den blir strävare än asfaltbeläggningen men ändå fullt acceptabel. Samma dag som beläggningen gjorts sprutas överytan med membranhärdare. Efter minst en vecka kan beläggningen tas i bruk. För mycket stora arbeten finns kombinerade utläggnings- och beläggningsmaskiner typ "slip form paver". Dessa finns ännu ej i Sverige.

Cementstabiliserat grus (CG) ger kanske det enklaste förfaringssättet. Man har relativt fria händer att välja lämpligt naturgrus, där exempelvis stenar över 20 mm bortsorteras. Beroende på finkornhalten tillsättes cement, normalt ca 5 %, och vatten så att en jordfuktig konsistens erhålles vid blandning.

Materialet körs ut med bil och tippas eller dras ut på platsen. Utläggningen är enklare än vid asfaltbeläggning. Vid små arbeten kan blandningen rakas ut för hand mellan formläkt eller bredas ut med en vägghyvel. Vid större arbeten och där man har mycket stora krav på jämnhet läggs materialet ut med makadam- eller asfaltutläggningsmaskin. Därvid kan man tillåta och även rekommendera större stenstorlekar, exempelvis 30 mm vid 5 cm tjock beläggning. Vid maskinutläggning utförs stabiliseringen med största bredder upp till 4 m; fogarna måste i många fall handjusteras. Vältning utföres med tung slätvält eller vibrationsvält. Ytan membranhärdas. Vattnet i blandningen är tillräckligt för bindning av cementen, men avger ingen fukt. Lämplig stabiliseringstjocklek är 5 cm.

En jämn och slät yta erhålles. Ytan får belastas efter två veckor.

Cementbruksbunden makadam (CM) är tänkbart till sulorna. Ett öppet, väl vältat och jämnt underlag av makadam mättas med lättflytande cementbruk. Makadamen läggs ut med vägghyvel, släpa eller helst makadamutläggare. Makadamen packas med vibrationsvält eller slätvält. Bruket sprides med raka och arbetas in med borste. Beroende på de krav som ställs på ytan utföres erforderlig fyllnad så att endast makadamtopparna blir synliga. Medan bruket är lättflytande vältas ytan med självgående vibrationsvält så att hålrummen i makadamen fylls.

Den cementbundna makadamen bör ligga minst två veckor innan den tas i bruk. Ytan blir relativt ojämn, men erbjuder ändå en stark beläggning. Om speciella krav ställs på jämn yta kan avjämning utföras med cementbruk.

Cementstabiliserat grus och cementbunden makadam har i Sverige studerats av Örbom (1957, 1960, 1965, 1967).

Flerpassagestabiliseringar med cement och kalk förekommer inom vägbyggnadstekniken. Sådana stabiliseringar måste utföras till djup av 20-30 cm. Cement används vid friktionsjordar och kalk vid kohesionsjordar. Arbetsförfarandet vid de två metoderna är lika. Man strör ut stabiliseringsmedlet på jorden och blandar det genom flera passager av en stark jordfräs. Därefter hyvlas och packas lagret. Vid cementstabilisering kan det vara nödvändigt med någon vattentillsats under arbetet och en slutdusch. Vid kalkbindningen kan man använda släckt eller osläckt kalk beroende på jordmaterialet. Flerpassagestabiliseringen är relativt beroende av vädret. Den erhållna stabiliseringen saknar dränerande egenskaper. Av dessa skäl är metoderna mindre lämpliga som avslutande topp vid husgrundläggning. De kan dock tillämpas vid förstärkning av terrasser.

## 5.2 Sättningar

Den grundkonstruktion vi föreslagit är som tidigare nämnts tänkt för såväl småhus som för flerfamiljshus med helt skilda stomsystem. Inom elementbyggandet finns dessutom ett flertal sinsemellan helt olika system. Det är därför svårt att ge generella rekommendationer för godtagbara sättningar, då dessa måste ställas i relation till stomsystemets möjligheter att upptaga vertikala rörelser. I avvaktan på att dessa angelägna frågeställningar belyses inom elementbyggandets forskningsområde bör en viss försiktighet iakttas. Som allmän regel bör gälla att grundkonstruktionen tills vidare endast användes vid grundförhållanden där den konventionella grundplattegrundläggningen är tekniskt möjlig att tillämpa.

Inom vägbyggnadstekniken kan sättningsproblemen lätt studeras med hjälp av elasticitetsteorin. Lasterna förorsakade av trafik är av relativt ringa storlek samt påförs och avförs snabbt. Till husgrunden nedförs koncentrerade laster under lång tid. Elasticitetsteorin är inte tillräcklig utan andra på statistiskt material grundade beräkningsmetoder måste tillgripas.

Tyvär finns ej erforderliga data från långtidssättningar redovisade i Sverige. I Tyskland har sådana insamlats bl a av Leussink (1967). Tyska jordar som redovisas i undersökningen saknar emellertid aktualitet i detta sammanhang. Av värde är jämförelsen mellan initial- och långtidssättning.

Busk (1965, 1967) har i samarbete med HSBs Riksförbund utfört provbelastningar på sprängstensfyllning, natursand och enstaka morän. Busk fann att väl packad sprängstensfyllning och packad natursand hade väsentligt högre elasticitetsmodul än den undersökta moränen som enligt gängse uppfattning besitter god styrka. Man har med ledning av de mätningar som tidigare gjorts på sprängstensfyllningar, anledning tro att långtidssättningarna vid god packning är försumbara. Denna slutsats drar även Busk. Denne mäter för närvarande på uppdrag av Byggeforskningsrådet långtidssättningar i sprängstensfyllningar för husgrunder i Orminge utanför Stockholm. Sättningarna är mycket små. För sprängstensfyllningar synes elasticitetsteorin tillämpbar. En av de föreslagna konstruktionstyperna bygger på samma principer som sprängstensfyllning.

Steinbrenner (1934) har med utgångspunkt från elasticitetsteorin, Boussinesq's ekvationer (1965), uppgjort bekväma sättningsdiagram för jordar med begränsad tjocklek. Busk tillämpar bl a Steinbrenners beräkningsmetodik vid sina sättningsberäkningar för sprängstensfyllning. Terzaghi (1924) tillämpar samma princip vid beräkning av liknande problem.

Enligt Hansbo (1967) kan även för friktionsjordar elasticitetsteorin endast användas inom snäva gränser vid sättningsberäkningar. Även inom dessa gränser kan teorin aldrig ge annat än en grov approximation. Teorin är emellertid bekväm att använda och medger bedömningar av flerskiktkonstruktioner, vilket bl a Odemark (1949) studerat.

Hansbo menar vidare att friktionsjordar innehåller alltför många instabila delar för att elasticitetsteorin skall gälla. Så fort kornens jämnviktstillstånd av en eller

annan anledning rubbats är spänningsändringarna ej linjärt reversibla. De slutliga sättningarna blir därför även tidsbundna och irreversibla, d v s plastiska. Faktorer som rubbar jämnviktstillståndet är påförda yttre belastningar, dynamisk inverkan, tjäle, ändring i grundvattenstånd, schaktningsarbeten samt kemiska och fysikaliska förändringar i jorden.

Genom ödometerförsök på laboratorium, dvs. mätning av deformationen vid tryck med förhindrad sidoutvidgning, ges bättre möjligheter att beräkna totala sättningar för både friktions- och kohesionsjordar. På detta eller liknande sätt erhålles kompressionsmoduler, så att sättningar på grund av långvarig yttre belastning kan beräknas. Beräkningsmetoder grundade på detta förfarande har angivits av bl a Jaky, Tsitowitsch, Jegerov och Brinch-Hansen. Den senare använder i sina beräkningar moduler erhållna från ett isotropt konsolideringsprov i triaxialapparat, d v s cylindertryckförsök, där sidotrycket är konstant och axialtrycket varierar.

Ménard bestämmer i sin metod koeficienter för både den elastiska och plastiska deformationen. Modulerna mäts in situ med en s k pressiometer.

Elasticitetsteorin kan tillämpas för sprängstensfyllningar och inom snäva gränser när påkänningarna är små vid flerskiktskonstruktioner. Generellt godtagbara beräkningsmetoder för långtidssättningar i flerskiktskonstruktioner saknas för närvarande. Det källarlösa huset grundläggs ofta på flera skikt, ett faktum som således bör beaktas. Erfarenhets- och överslagsmässigt vet man dock att de i Svensk Byggnorm angivna gränsvärdena ger små sättningar.

Vid flerskiktskonstruktioner erhålles ofta ett övre maskinellt packat skikt med bättre sättningsegenskaper än undre naturligt lagrade skikt. Tryckfördelningen i det övre packade skiktet inverkar gynnsamt och totalt kan mindre sättningar erhållas vid sådana flerskiktskonstruktioner än vid grundläggning på homogen undergrund vid jämförbara djup.

Under senare år har packningstekniken utvecklats väsentligt. Möjligheter finns nu att effektivt stabilisera jordar. I Sverige har intresset i första hand knutits till packning av friktionsjordar med hjälp av vibrering. Tekniken innebär att partiklarna ordnas så att minsta möjliga hålrum erhålles. Kontroll av packningsgraden erhålles genom att mäta torrvolymvikten och jämföra den med en laboratiemätning utförd på ett känt sätt. Förfarandet kallas efter sin upphovsman Proctormetoden. Packningsgraden erhålles som en procentuell jämförelse. Genom annan metodik med bl a hårdare packning av laboratorieprovet erhålles en s k modifierad Proctor eller modifierad AASHO, det senare efter det stora amerikanska vägförbundet (AASHO = American Association of States Highway Officials).

Forssblads (1963) undersökningar om jordvibrering är vägledande vid bedömning av jordpackning vid grundläggning av byggnader och har legat till grund för arbetsbeskrivningar, föreskrifter och bestämmelser. Cadling (1965) har utarbetat råd och anvisningar för kontroll och utförande av packade fyllningar av friktionsjord. Han hänvisar bl a till Forssblads utredning om erforderlig skiktjocklek vid överfarter med olika packningsredskap. Förutsättningen är jordar med mindre än 10% finkornhalt passerande 0.074 mm siktvidd på delar av materialet mindre än 16 mm. Den packade jorden skall ha packningsgraden minst 90% modifierad Proctor torrvolym. Motsvarande krav, som ju är relativt måttliga, återfinnes i huvudsak i Svensk Byggnorm 67, Bestämmelserna förutsätter att endast sprängsten, grus, sand och grovmo ifrågakommer. I speciella fall får man dock grundlägga på moräner. Gynnerstedt (1968) redogör för ett arbete i Skåne där grundläggning sker på packad moränlera.

Forskning och utvecklingsarbete bör medverka till att fler jordar får användas till fyllningar, ex vis genom förbättrad packningsteknik, andra packningsredskap och -maskiner, inblandning av annat material eller stabiliseringar med cement eller kalk. Man bör därmed erhålla en undergrund som är jämförbar med eller bättre än de naturligt lagrade jordar som accepteras. I våra försök grundlades med gott resultat på utfylld och packad morän av normal kornstorleksfördelning(normalmorän).

Genom packningen kan man väsentligt öka bärigheten och elasticitetsmodulen samt minska krypningarna. Samtidigt ökas dock risken för dilatans vid belastning, d v s en volymökning som beror på omlagringar i materialet, vilket i sin tur beror på att skjuvspänningarna blivit för stora. Omlagringar kan även ske vid tjälrörelser med sekundära materialtransporter som följd.

### 5.3 Värmeströmning

Den prövade konstruktionen med grundplattaelement på en asfaltbeläggning har likartade värmeproblem som den vedertagna utbredda betongplattan med kantbalk. I båda konstruktionerna är risken för tjälbildning av vitalt intresse. Värmetrögheten och den delvis nedgrävda kantbalken gynnar den senare konstruktionen. Detta förhållande kan kompenseras av en markisolering eller genom urval av i konstruktionen ingående material.

Tjälskjutningens orsak och förlopp är i princip klarlagda. Underifrån kommande kondensvatten eller kapillärt vatten fryser till is och orsakar volymsvällning i berörda jordlager. En mindre volymökning sker även vid frysning av mer eller mindre vattenmättade normala jordar. Volymökningen följs av en uppluckring när tjälen går ur.

Även små krafter kan enligt föregående förändra friktionsjordens jämnviktsvillkor med sättningar eller volymökningar som följd. Vid styrda förlopp, ex vis vid stora laster kan materialförskjutningar äga rum nedåt eller åt sidan. Dessa och liknande företeelser har studerats i försöken i samband med tjälbildning.

Tjälbildningen bestämmas av jordens fysikaliska egenskaper, av yttre meteorologiska betingelser samt av värmeströmningen från underliggande jordlager. Av de fysikaliska egenskaperna är värmeledningsförmågan, smältvärmeför vattnet i jorden samt markytans reflexions- och absorptionsförmåga de viktigaste.

De viktigaste meteorologiska faktorerna är utstrålning, avdunstning av vatten och konvektion samt diffus himmelstrålning och, beroende på årstiden, solstrålning. Solstrålningen kan försummas under tiden 15.11 - 1.2. Värmeströmningar från underliggande jordlager bestämmas förutom av de fysikaliska egenskaperna av den lagrade värmen. För hus tillkommer värmeavgivningen från den uppvärmda markvåningen.

En mycket väsentlig faktor som påverkar värmeavgivningen är närvaron av ett isolerande snötäcke. Inverkan framgår av tabellen i nomogrammet fig 5. Vid ex vis 20 cm nyfallen snö reduceras de meteorologiska värmeförlusterna till 1% och för packad snö till 25%. Det är ju också välbekant att tjälbildning kan utebli vid tidigt snöfall.

I fjällterräng kan man se hur större stenar och hus är helt frilagda från snö. Detta beror på de ökade luftströmmar som uppstår vid sidorna när given luftmängd passerar. Omedelbart intill ett hus, ungefär den närmste metern, bör man därför ej räkna med snö i nämnvärd omfattning. Genom den ökade vindströmningen erhålles även ökad inverkan av konvektion, som innebär värmetransport med luftmolekylerna.

Av jordens fysikaliska egenskaper är värmeledningsförmågan av störst betydelse. Värmeledningsförmågan karakteriseras av tre materialkonstanter, nämligen värmeledningstalet  $\lambda$ , temperaturledningsförmågan  $\alpha$  och värmekapacitiveteten  $c$ . Sambanden är:  $a = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma}$ , där  $\gamma$  är densiteten. Värmekapacitiveteten är relativt lika, varför värmeledningstalet är avgörande och karakteristiskt för jordarten.



Problemet med golvplatta liggande direkt på mark intresserade amerikanska forskare i början på 1940-talet. Hans Eriksson (1954, 1957, 1958) började vid denna tid undersöka problemen med tjäle och värmetransporter i jord vid husgrundläggning och utförde i samband därmed försök. Han har också redovisat några enkla amerikanska empiriska beräkningsmetoder, Billington's metod, Macey's formel samt Rucklis metod.

Erikssons insatser har varit banbrytande för införandet av det källarlösa huset i Sverige.

Geiger (1959) beskriver grafiskt och lättöverskådligt värmeutbytet vid markytan.

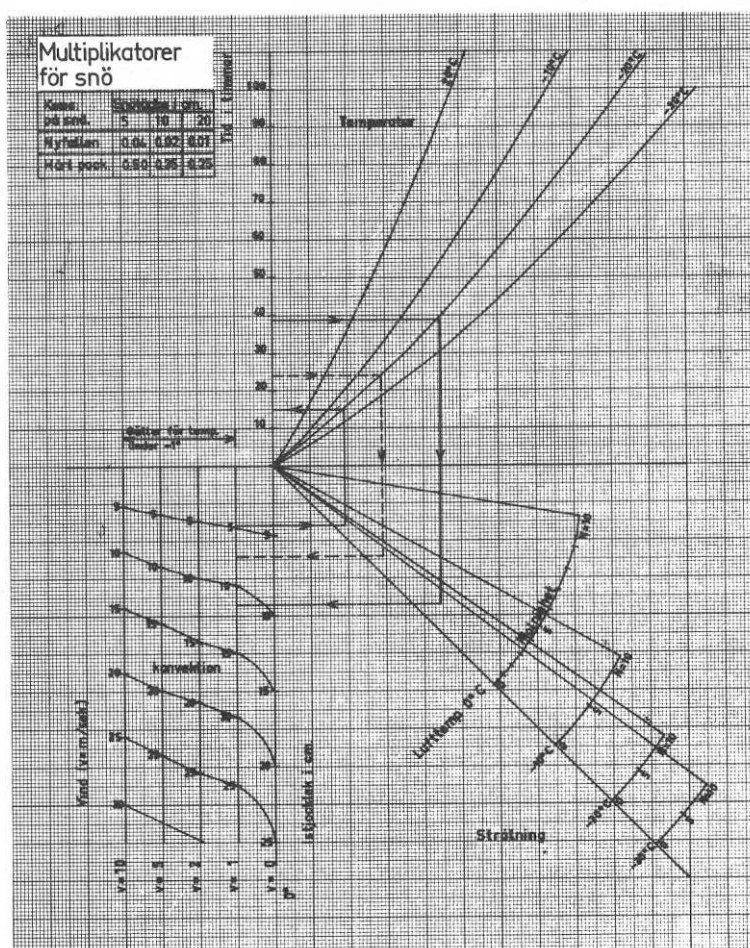


Fig.5. Nomogram. Isbildningens förlopp enligt Persson.

Sequence of the forming of ice according to Persson.

Persson (1948) har efter undersökningar genomförda under de kalla vintrarna i början på 1940-talet samt genom studium av Deviks ekvationer, framställt ett nomogram över isbildningens förlopp. Nomogrammet är redovisat i fig 5. Då värmeförlusterna tas i anspråk för isbildning och denna mycket ringa påverkas av vattentemperaturen vid katoterma (omvända) temperaturfördelningar i sötvatten, får man här en god bild av förloppet och storleken av värmeförlusterna i mark, vilket direkt kan tillämpas vid beräkning av värmeförlusterna vid värmetransporter i jord. Dessa utgöres av isvikten multiplicerat med smältvärmets värdena bör uträknas vid tunna istjocklekar och korta tider. Vidare bör strålningsinverkan förstöras på grund av mörkare färg på marken, om den antas vara snöfri.

Kersten (1949) har genom att bearbeta tusentalet  $\lambda$ -värdebestämningar av 19 jordarter vid varierande vattenhalt, densitet och temperatur erhållit medelvärden. Dessa redovisas i nomogramform, där värmeledningstalen utgör parametrar. På grundval av sina undersökningar har Kersten uppställt empiriska formler för värmeledningstalet som funktion av fuktighet och torrdensitet. Han har två formler gällande för grövre och finare jordar.

Kerstens undersökningar omfattar amerikanska jordarter. Saare och Werner (1950) har mätt värmeledningstalet för några typiska svenska jordar. Talen ges i form av diagram tillsammans med karakteristiska jordanalyser. I rapporten ingår även studium av andra forskares resultat. Bl a konstateras att värmeledningstalet hos vissa jordar i fruset tillstånd varierar väsentligt vid olika vattenhalter. En total skillnad av 50% redovisas. Detta förhållande försvårar den matematiska behandlingen.

Vuorelainen (1960, 1963) har matematiskt behandlat det värmefflöde som orsakas av varma plattor lagda på en homogen isotrop grund där stationära tillstånd uppnåtts. Ekvationerna kan användas vid beräkning av flödets variation med tiden. Ekvationerna är besvärliga att använda och de diagram som redovisas täcker inte alla fall. Han har vidare behandlat inverkan av snötäcke och gjort

beräkningar för temperaturgradienter under för Skandinavien aktuella förhållanden. För dessa praktiska fall redovisas tabeller med aktuella variationer. På grund av att värmen från plattan strömmar i de övre jordlagren och därvid uppnår stationära villkor på kort tid menar Vuorelainen, att hans ekvationer är användbara för alla praktiska fall. Som komplettering till de teoretiska resultaten har han gjort mätningar i fyra försökshus. Dessa verifierar och kompletterar på ett tillfredsställande sätt den teoretiska behandlingen. Bl a har isotermer bestämts under olika förutsättningar. Vuorelainens undersökningar inriktar sig i huvudsak på husets värmeförluster.

Under tiden hösten 1955 - hösten 1959 har Domner och Rönning (1964) gjort mätningar i 30 punkter på och under en markplatta vid ett provhus vid Sundby sjukhus nära Stockholm. Termoelementens temperatur avlästes 5 ggr per år, medan lufttemperaturens max- och min-värden avlästes varje dag. Resultaten är redovisade i diagram. Golvet var uppvärmt med värmeslingor och en temperatur nära  $20^{\circ}\text{C}$  erhöles under bottenplattans mitt. Kurvorna över jordtemperaturen visar att av årstiderna beroende temperaturväxlingar snabbt avtar med djupet. Frysning under grundplattan skedde på ett ställe under första eldningssäsongen.

Adamson (1964) har teoretiskt behandlat värmeflödet under och kring ett hus. Han utgår från att yttemperaturen varierar sinusformat i tiden. Han påvisar att de av Domner och Rönning erhållna resultaten visar god överensstämmelse med den teoretiska lösningen. Ekvationerna är numera programmerade för databehandling. Dessa visar att det tar lång tid att värma upp den jordmassa som finns under ett hus. På 4 m djup under plattan tar det ca  $1\frac{1}{2}$  år innan temperaturen når 90% av sitt slutliga värde. Han säger vidare att värmeflödet genom plattans centralare delar blir mycket mindre än kantförlusterna, varför en rätt utförd kantisolering är nödvändig. Detta överensstämmer med Vuorelainens resultat. Adamson påvisar även eftersläpningar i värmeflödet, vilket visar att man vid platta på mark bör kunna räkna med lägre värmeförluster än vad som tidigare antagits.

Jansson (1964) har teoretiskt behandlat tjäl-  
inträngningen i sandjordar. Han har därvid  
även studerat effekten av porositet och vatten  
vid bestämning av frostdjupet. Det kan fast-  
ställas som regel att det frostfria djupet av-  
tar med minskad porositet på grund av att  
vattenhalten och frostmotståndet ökar i mot-  
svarande mån. Den teoretiska-matematiska  
behandlingen har verifierats genom försök.  
Resultaten är lätt åtkomliga.

Öberg (1962) har teoretiskt behandlat proble-  
met med tjälskydd genom markisolering.  
Hans ekvationer finns kodade för datamaskin.



## 6 FÖRSÖKENS GENOMFÖRANDE

### 6.1 Försöksanordningar

För att genomföra proven krävdes en försöksplats där jorden bestod av en relativt normal morän lagrad på berg så att sättningmätningarna kunde få fasta utgångsvärden. Den plats som valdes låg inom Täby.

Ingående geotekniska undersökningar har utförts. Moränen består av grusigt, sandigt och moigt material och ligger i huvudsak inom siktkurvorna för normalmoränen. Den är en bottenmorän med uppluckrat ytlager. Djupet till berg varierar vid framkanten (gaveln) av provhuset mellan 6.4 och 7.2 m, i mitten av huset mellan 4 och 5 m samt vid mellanväggselementen mellan 3 och 4 m.

Grundvattenytan under våren och försommaren har varit konstant ca 2 m under beläggningens överyta. På grund av den tidigt inträffade kylan kunde tyvärr inga grundvattenmätningar företas under hösten. Sannolikt var ytan högre under den regniga hösten.

Med ledning av torrdensitet och vattenhalt ger Kerstens och Saares tabeller följande ungefärliga  $\lambda$ -värden för jordarna.

Gavel	$\lambda$	= 1.9 - 2.3
Långsida	$\lambda$	= 1.4
Bärlager	$\lambda$	= 2.0

Försöksanordningarna framgår av fig. 6. På den planerade moränen påfördes ett 20 cm tjockt grusbärlager, på vilket en 4 cm tjock beläggning av asfaltbetong HAb 16 t utlades. Elementen monterades i bruk på beläggningen. Lasten utgjordes av en grusfylld trälåda på stålbalkar och fördelades så att mellanväggselementen fick dubbelt så stor last som ytterväggselementen. Anordningarna byggdes in i ett värmeskjul. Markisolering utfördes på kortsidan, gaveln. Dränering utfördes runt beläggningen där ej berg fanns.

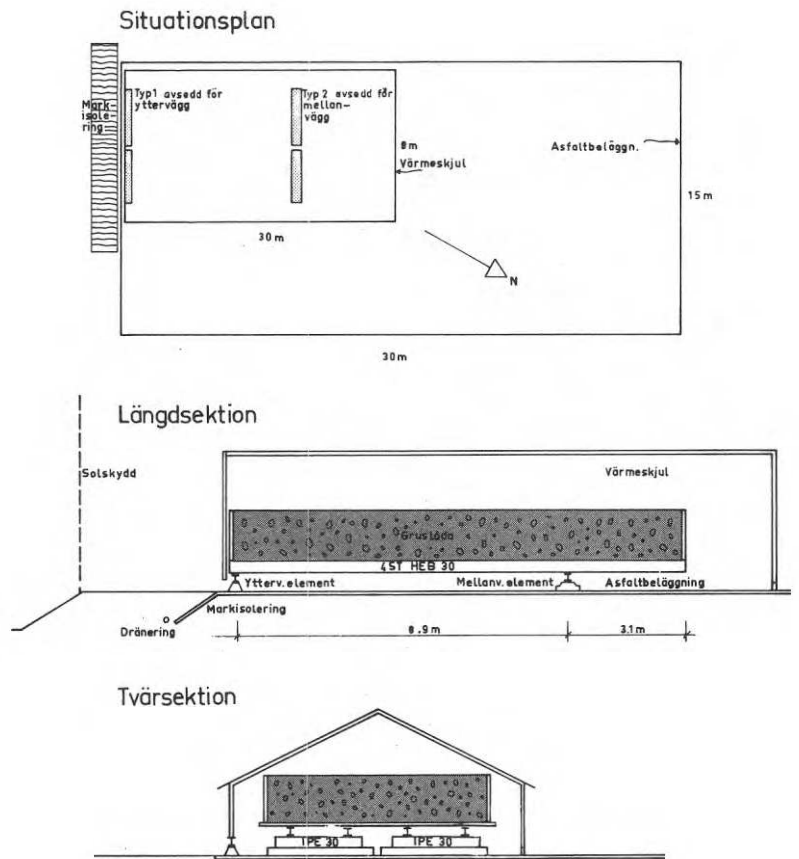


Fig. 6.  
Försöksanordningar, asfalterad plan,  
gruslåda, värmeskjul.

Test arrangement, asphalted area, gravel-  
box, heating shed.

Arbetet med schakten påbörjades i slutet av oktober 1967. Matjordsavtagning och planering utfördes med en mindre bladförsedd traktor, typ Caterpillar D 4. I nordvästra hörnet fanns berg i dagen, medan i sydvästra hörnet, där försökshuset skulle placeras, fyllning fick påföras (fig 7). Plattelementen för ytterväggar kom därför att stå på en fyllning av 20 - 40 cm morän. Terrassen gavs av försökstekniska skäl en lutning av 1:50 och packades med en efter traktor påhängd 3 t vibrationsvält (fig 8). Det 20 cm tjocka bärlagret utgjordes av osorterat grus, där de större stenarna plockades bort (fig 9). Det ansågs värdefullt ur försökssynpunkt att prova ett osorterat ej alltför förstklassigt material. Bärlagret utbreddes och packades på samma sätt som terrassen.



Fig. 7.  
Schaktningen utfördes med bladtraktor.

Excavation made with a bulldozer.

Fig. 8.  
Packing utfördes med en påhängd 3 t vibrationsvält.

Foundation compacted with a 3 t vibrating roller.



Fig. 9.  
Bärlagret utgjordes av sorterat grus.

Bed consisting of unscreened gravel.



Efter bärlagrets färdigställande regnade det rikligt med följd att vatten blev stående upp till bärlagrets överyta (fig 10). Det blev omöjligt att erhålla tillräcklig bärighet för asfaltmaskinerna. Packing med vibrationsvält medförde att den underliggande moränen dispergerade och kom upp till ytan. Därför blev det nödvändigt att breda ut ett ca 5 cm tjockt makadamlager. Detta lager packades med slätvält.

Vid asfaltbetongens utläggning en vecka senare dispergerades trots gynnsamt väder den ännu vattenmättade moränen. Det blev mycket svårt att välta beläggningsytan. När en 14 t slätvält gick fram sjönk valsarna ca 1 cm och dessutom uppstod vältspår. Vibrationsvälten (3 t) som användes för att pressa ihop fogarna kunde inte arbeta med vibratoraggregatet utan begagnades som slätvält. Vibrationsvälten användes även för att utjämna vältspåren. Dagen därpå hade moränen stabiliserat och beläggningsytan var stabil. Fig 11 visar utläggning och vältning av asfaltbeläggningsytan.



Fig. 10.  
Efter bärlagrets färdigställande regnade  
det rikligt.

Heavy rain fell after the bed was ready,



Fig. 11.  
Asfaltbeläggningen packades med en 14 t  
slätvält.

The asphalt surface was compacted with  
a 14 t smooth-faced roller.

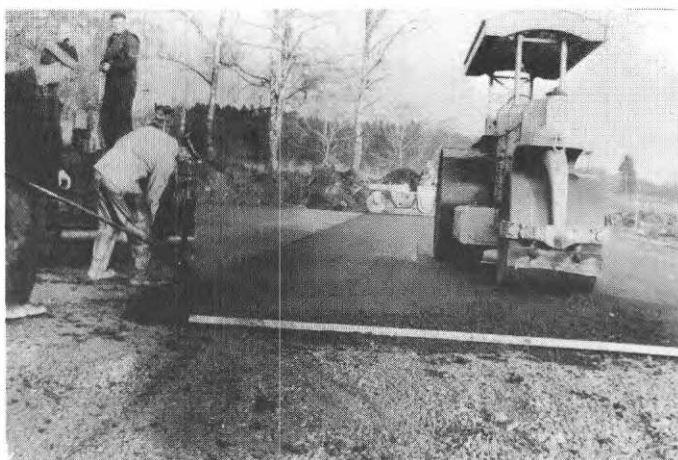
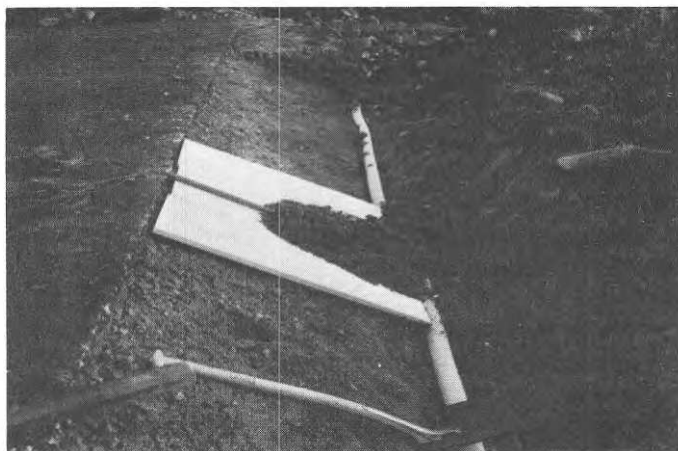


Fig. 12.  
Markisoleringen utgjordes av 2,5 cm  
tjocka skivor av Styrofoam FR. Iso-  
leringen lades i lutningen 1:1,5 på  
slänten.

The ground insulation consisted of  
2,5 cm slabs of Styrofoam FR. The in-  
sulation was laid on a 1:1,5 gradient  
on the shoulder.



Sedan beläggningen utförts schaktades för markisolering och dränering. Isoleringen bestod av 2.5 cm tjocka skivor av cellplast (styrofoam FR). Skivorna hade en storlek av 60 x 125 cm och lades på en justerad slänt i lutning 1:1,5 vid det blivande husets kortsida, i fortsättningen kallad gaveln. Dräneringen av 4" plaströr lades i underkant av isoleringen (fig 12).

Fig.13. Termoelementen utgjordes av koppar-konstantantrådar. De var monterade i och skyddade av ett bakelittrör.

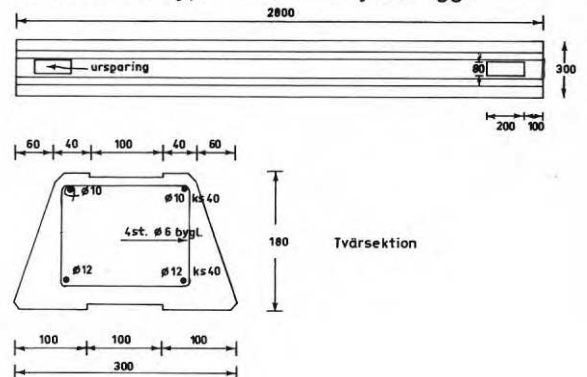
The thermo-couples consisted of copper-konstantan wires. They were drawn through protective bakelite tubes.



I samband med utläggning av markisoleringen fixerades till temperaturmätningar avsedda termoelement vid gavelsida. I samma arbetsskede utfördes dränering på motsvarande sätt vid det blivande husets långsida, varvid även denna sidas termoelement monterades. Termoelementen med bakelittrörsskydd visas i fig 13.

De förtillverkade grundplattorna sattes i löst cementbruk på beläggningen. Arbetsförfarandet framgår av avsnitt 6.2. Elementens huvuddata framgår av fig 14.

Plattelement typ 1 avsett för ytterväggar



Plattelement typ 2 avsett för mellanväggar

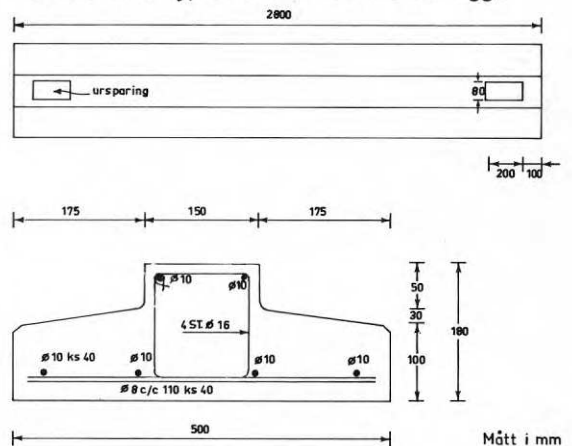


Fig.14. Grundplattelement. Typ I för ytterväggar, Typ II för mellanväggar.

Prefabricated strip foundations. Type I for external walls. Type II for interior walls.

Mått i mm

Fig. 15.  
Lasten utgjordes av en grusfylld trälåda.  
The load was a gravelfilled woodenbox.



Fig. 16.  
De bruksmonterade ytterväggselementen  
före belastning.  
The mortar bedded external wall units  
before loading.

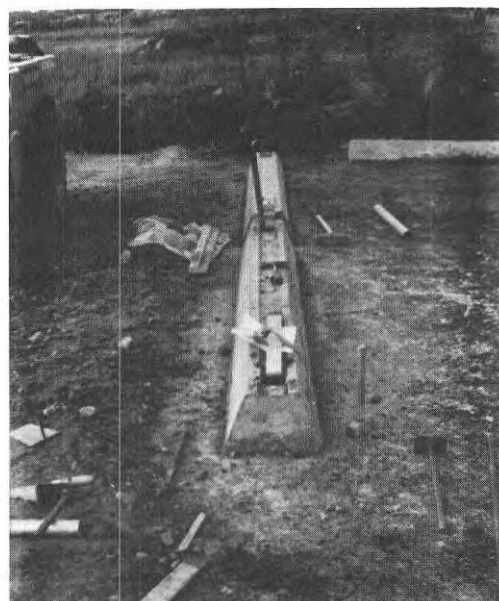
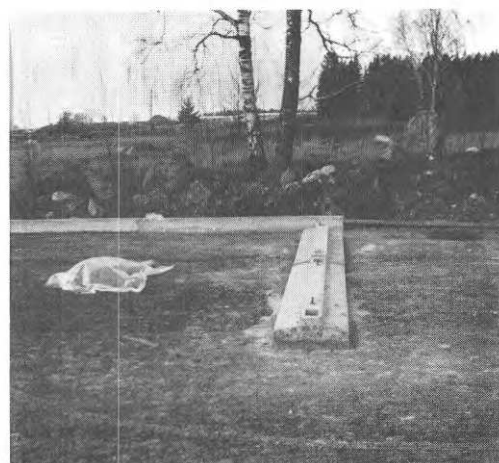


Fig. 17.  
De bruksmonterade mellanväggselementen  
före belastning.  
The mortar bedded partition wall units  
before loading.



Gruslasten påfördes i tre steg i en låda (fig 15). Första laststeget omfattade 92 t, vilket gav påkänningar motsvarande ett normalt trevåningshus. Lasten överfördes via stålbalkar till två element av typ I (gavelläge fig 16) samt till två element typ II (husmitt fig 17) Avväxlande stålbalkar var placerade så att dubbel belastning erhöles i förhållande till den på typ I. Första laststeget behölls ett dygn för injustering av mätanordningar. Sättningsmätningar utfördes.

Andra laststeget gav en last på 146 t som behölls under den egentliga mätperioden. Såväl sättningsmätningar som temperaturmätningar utfördes kontinuerligt under denna period. Sedan temperaturmätningarna avslutats i juni 1968 påfördes ytterligare last. Den totala lasten utgjorde då 180 t. Slutliga sättningsmätningar genomfördes.

Innan gruslådan tillverkades monterades anordningarna för sättningsmätningar. I varje ände av de 4 plattelementen anbringades tre stålstänger. Anordningen visas i fig. 18. Stång A, försedd med platta, nedfördes till asfaltbeläggningens undersida, stång B, även den med platta, nedfördes till bärlagrets undersida. Stång J nedfördes till fast botten. Detta medgav mätningar av såväl absoluta som relativa värden på sättningsarna.

Längdsektion element

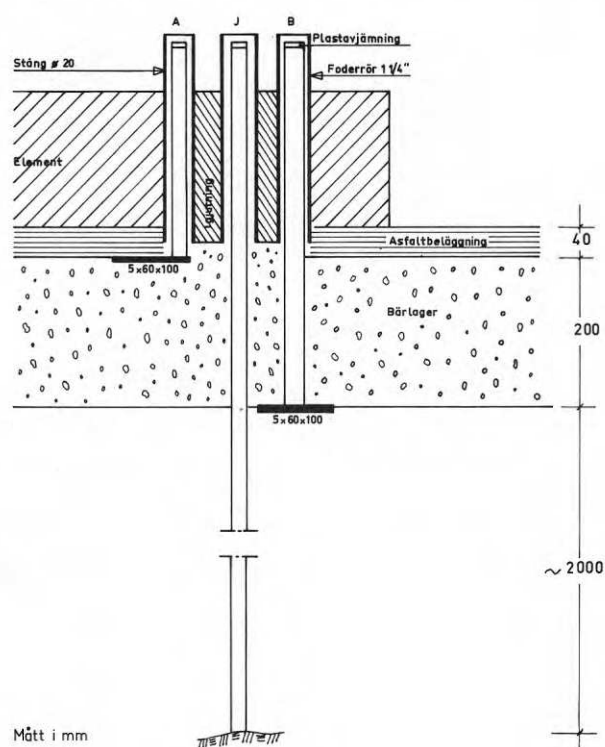


Fig. 18.  
Anordningar för sättningsmätningar.  
Arrangement for measurement of ground deformation.

Fig.19.  
Mätstängerna löpte fritt i rör som  
var fastgjutna i elementen.

The measuring rods ran freely in  
tubes which were cast into the  
concrete units.

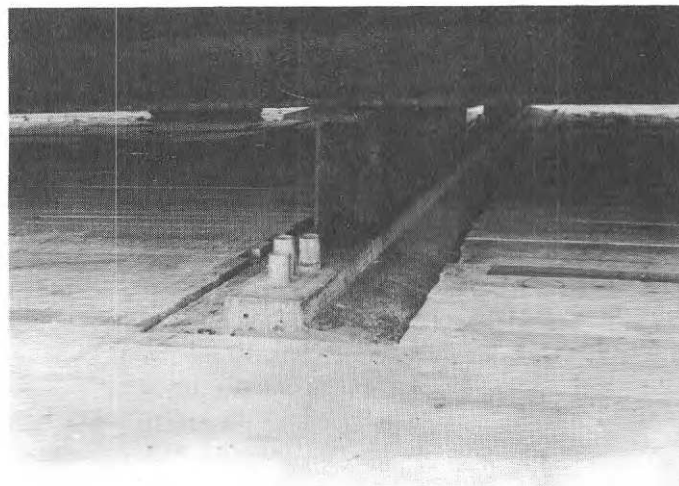
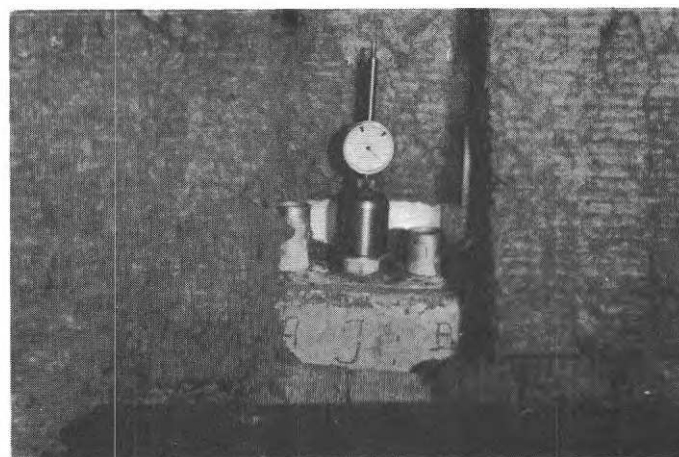


Fig.20.  
Mätning utfördes med en mätklocka med  
en noggrannhet av 1/100 mm.

Measurements were made with a measuring  
dial with 1/100 mm precision.



Stängerna låg fritt i rör som var fastgjutna med elementen.  
Avläsningarna skedde med en mätklocka som jämförelse  
mellan rör och stång. Klockan var graderad i 1/100 mm.  
Översidan av stängerna var försedda med pålimmade plast-  
brickor för att ge jämn anliggnig för mätklockan. De upp-  
stickande rören framgår av fig. 19.

Mätning med mätklockan visas i fig 20.

Värmeskjulet byggdes fristående från sandlådan så att inte snö-  
laster skulle påverka mätningarna. Skjulet byggdes med regel-  
konstruktion (fig 21) med 10 cm mineralullsisolering i väggar  
och tak och kläddes utvändigt med träfiberskivor (fig 22). As-  
faltbeläggningen täcktes med plastfolie. På detta lades övergolv  
bestående av 4" reglar, 10 cm mineralullsskivor samt golvträ.  
Taket täcktes med plastfolie som kompletterades med presenningar.

Fig. 21.  
Värmeskjulet (huset) byggdes fristående från gruslådan.

The heated shed was built detached from the gravel box.



Fig. 22.  
Huset värmeisolerades med 10 cm mineralullskiva.

The shed was insulated with 10 cm of mineral wool.



Termoelementen var kopplade till en potentiometerskrivare (fig 23) med 24 anslutningar. De utvändiga termoelementtrådarna infördes genom hål i väggarna (fig 24). Termoelementen bestod av koppar och konstantan och var skärmade med en spiral av koppartråd, jordad till en yttre vattenpost. Termoelementen var av typ Honeywell 1802-656-TX. Avskärmningen var nödvändig för att förhindra påverkan från induktionsströmmar i jorden från närbelägna elkablar. Temperaturmarkering på potentiometern skedde var 36:e sekund motsvarande ca 14 min för en serie om 24 punkter. Termoelementet för mätning av yttemperaturen var strålningskyddat och placerat vid skjulets långsida på väggen 1.0 m över marken.

Skjulet uppvärmdes av termostatstyrda värmebläktar (fig 25) med en placering som framgår av fig 26. Under mätperioden varierades fläktarnas uppställning och antal enligt samma figur. Fläktarna var inställda på max 20°C. Innetemperaturerna vid gavel och långsida avlästes en gång per dag.

Fig. 23. Avläsning skedde med en potentiometerskrivare.  
Readings were made by a potentiometer recorder.

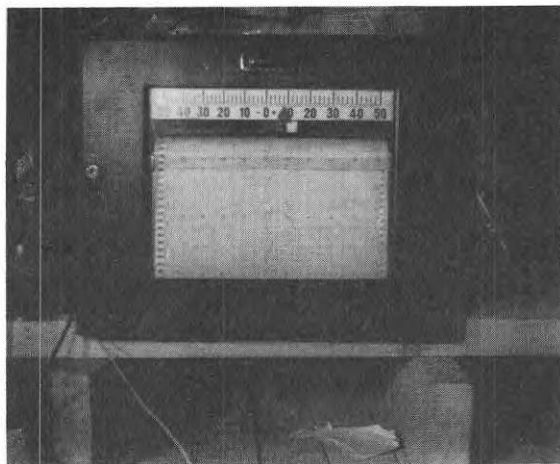


Fig. 24. De utvändiga termoelementen infördes genom hål i väggarna.  
The external thermo-couples were inserted through holes in the walls.

The external thermo-couples were inserted through holes in the walls.

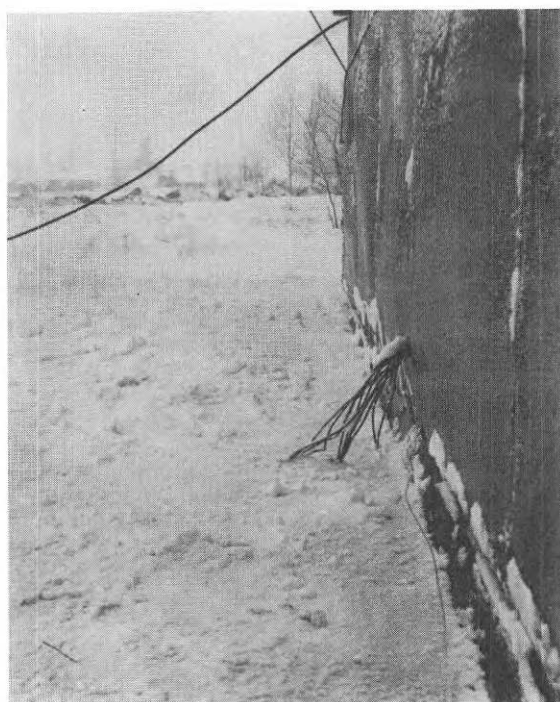
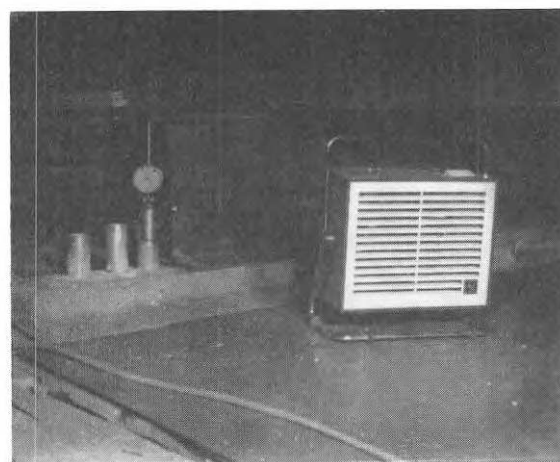


Fig. 25. Uppvärmningen skedde med elektriska värme-fläktar.  
Heat was provided by electric fan-heaters.

Heat was provided by electric fan-heaters.



Skiss över placering av värmebläktar.

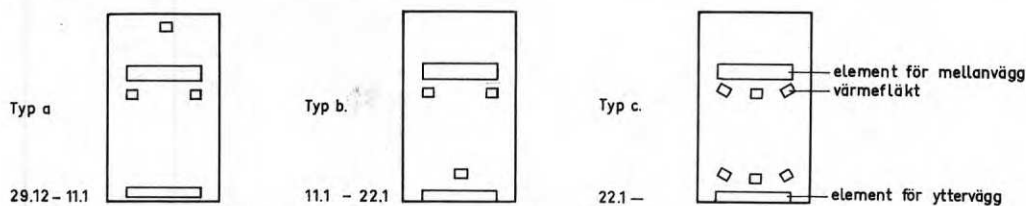


Fig 26 Placering av värmebläktar för uppvärmning av skjulet

Location of heating fans used for warming the shed

I början av februari uppfördes utvändiga solstrålningsskydd (fig 27).

Plattelementen var under en första försöksperiod oisolerade. Den 3 februari isolerades insidorna med 10 cm mineralull. Den 21 februari isolerades även utsidan av gavelementen med 2.5 cm Styrofoam <sup>(R)</sup>.

Då skjulet uppfördes rådde stark kyla varför tjäle trängde ned i jorden. Samtidigt frös det våta gruset i lådan och kom därmed till en början att fungera som köldmaskin. Uttemperaturerna under hela försökstiden visas i fig. 28.

Efter injusteringar och kontroller av kopplingar och instrument påbörjades temperaturmätningarna den 28.12.1967. Redan i inledningskedet erhöles en extremt kall mätperiod.

Fig.27. I börjen av februari uppfördes utvändiga solstrålningsskydd.

An external protection against solar-radiation was built at the end of February.





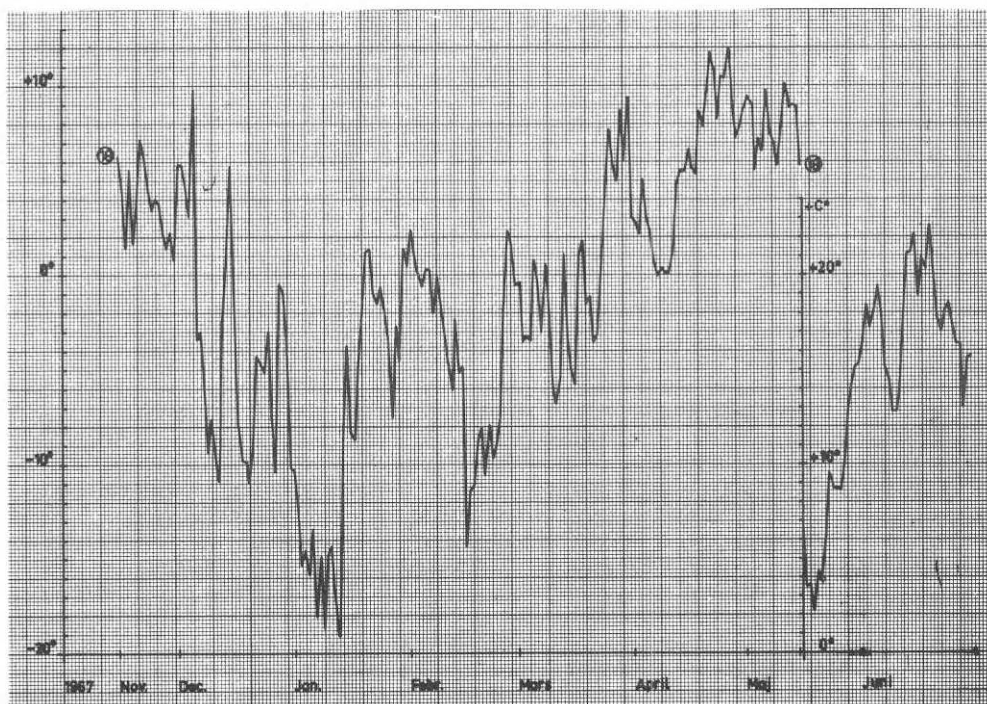


Fig 28 Utetemperaturen under tiden 15.11 1967 - 30.6 1968

Outside temperature during the period 15.11 1967 - 30.6 1968.

## 6.2 Applicering av element

Elementens huvuddata har redovisats i fig 14. Den mindre typen är avsedd för ytterväggar och den större för mellanväggar. Elementen är 2800 mm långa och 300 mm resp 500 mm breda. Vikterna är 290 resp 430 kg.

Provläggningar utfördes innan de i försökskonstruktionen ingående plattelementen applicerades på plats.

Hanteringen av elementen från bil till sättning framgår av fig 29-42. Elementen lossades med kranen på bilen och rullades till avsedd plats på stålrör. Utsättning gjordes efter slagning med kritat snöre på beläggningen samt efter snöre spänt mellan dubb på stensättarvis för att erhålla rätt slutligt läge. I samtliga försök kantrades elementen över bruket med hjälp av spett instuckna i ursparningarna vid ändarna.

Fig. 29.

Grundplattelement lossas från kranbil.

The srib foundation units being unloaded from the crane lorry.



Fig. 30.

Elementen rullas lätt på stålrör.

The units are easily rolled on steel pipes.

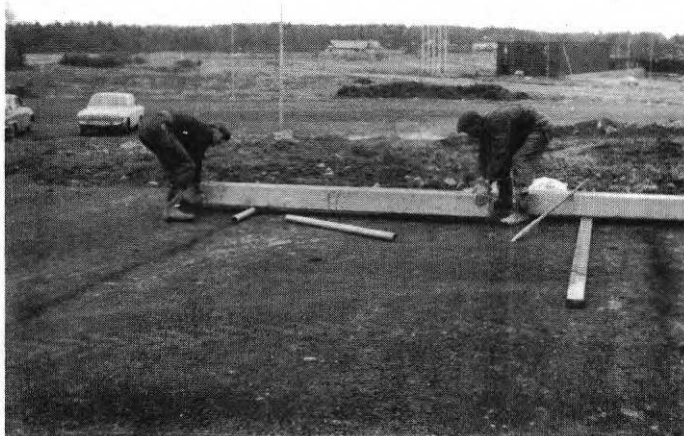


Fig. 31.

Utsättning utföres med slagning med ett krittat snöre.

Setting out was done by twitching with a chalked line.

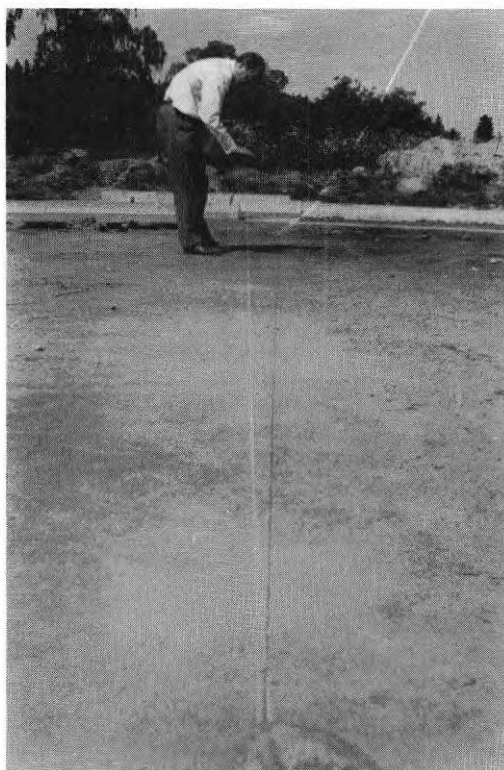


Fig. 32.

Cementbruk hålles ut i en sträng varefter elementen kantras på plats. En rektangulär ursparning i varje elementände underlättar lossning och hantering.

Cement mortar was laid out in a band and the units turned over on edge in place. A rectangular recess in the end of edge units facilitates unloading and handling.

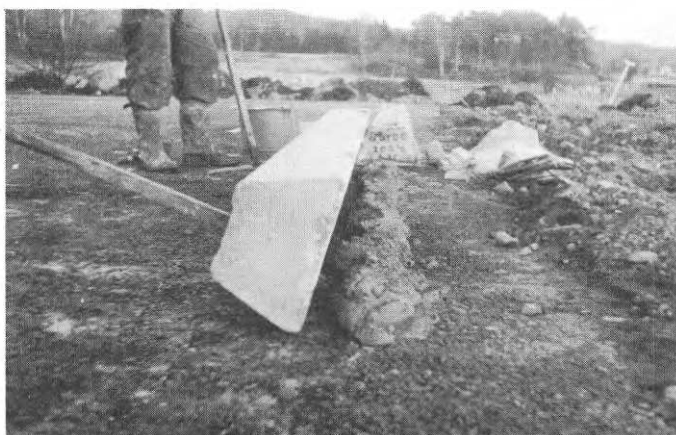
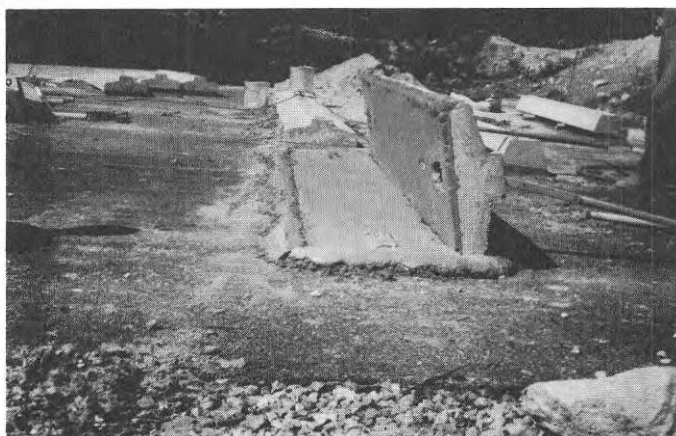


Fig. 33.

Vid kontroll framgår att hanteringsförfarandet förhindrat större luft-säckar.

Inspection shows that this method of handling hinders the formation of air pockets.



Ballastmaterialet i cementbruket utgjordes vid försöken av slipsand med kornstorlek upp till 4 mm. Denna gradering kan vara lämplig.

Sättbrukets konsistens och sammansättning har provats i en försöksserie. Proven gav bl a följande resultat.

Några skillnader i hanteringen finns inte vid användningen av cementbruk 1:6, 1:4 och 1:2. Den vanliga blandningen 1:4 är känd för att ge maximal täthet och styrka, varför den rekommenderas.

Styvt bruk kan inte bearbetas med vibratorstav så att det fyller ut elementundersidan eller medger justering av elementet i höjddled. Det styva bruket måste bredas ut (fig 34).

Det styva bruket vid vibreringsförsöken lades ut med skyffel. Lösare bruk kan bearbetas med vibratorstav instucken i ursparningarna vid elementens ändat (fig 35). Effekten blir störst i ändarna, varför bom lätt erhålls.

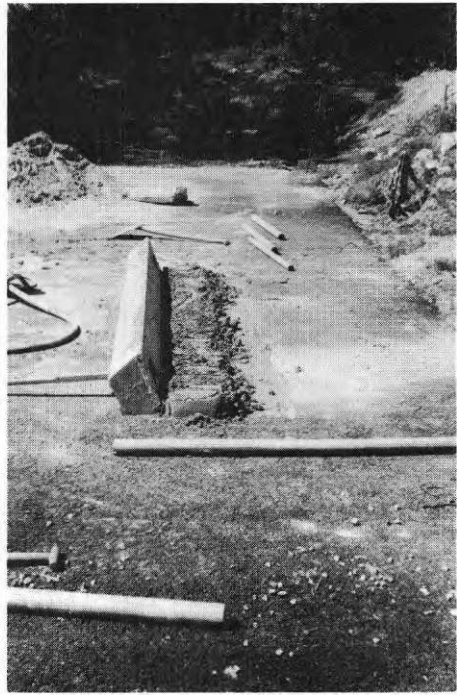


Fig. 34.

Det styva bruket vid vibreringsförsöken lades ut med skyffel.

In the vibration tests the stiffmortar was laid out with a shovel.

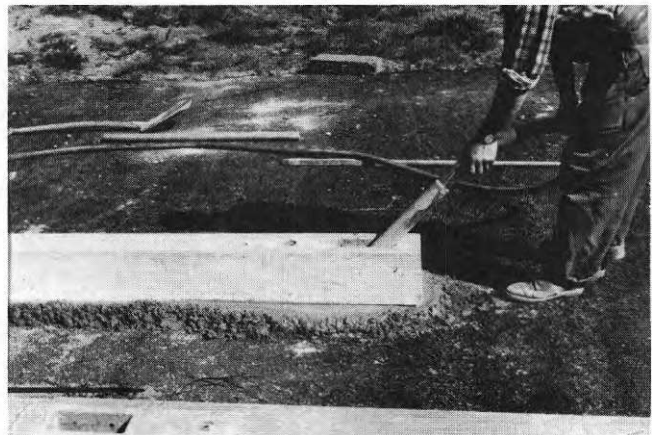


Fig. 35.

Vibrering åstadkommes genom att vibratorstaven stickes in i ursparningarna vid ytterändarna.

Vibration was done by inserting the vibrating tool into the recesses at the outer ends.

Vibrering åstadkommes genom att vibratorstaven stickes in i ursparningarna vid ytterändarna.

Luftporbildande medel ger ingen gynnsam effekt från bearbetningssynpunkt. Fogstrykningen blir inte lättare. Bom erhålls lättare (fig 38). Tunna bruksskikt erhålls med specialbruk av exempelvis fin ballast och tillsats av styrenbutadien. Det är emellertid inte stabilt och kan endast användas vid tunna skikt. Tunna bruksskikt erhålles även med MO-DO fästbruk (fig 39).

Fig. 36.

Största fogtjocklek var vid försöken 6,3 cm, erhållet vid styvt bruk samt kantring.

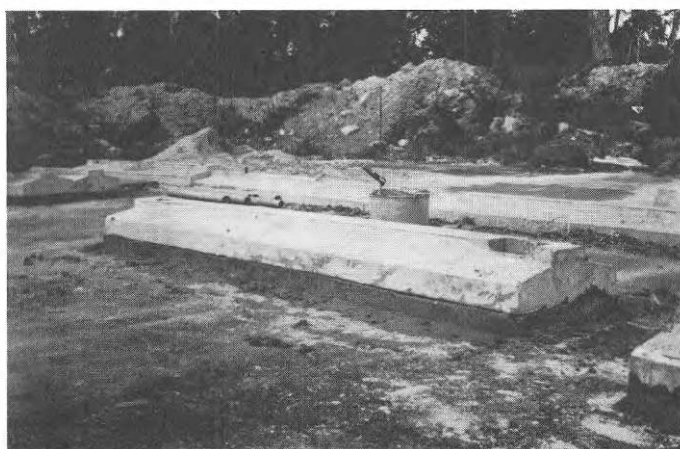
In the tests the greatest joints thickness, 6,3 cm, was achieved with stiff mortar and by turning over on edge.



Fig. 37.

Fogstrykning var besvärlig att utföra vid de breda elementen utan fas.

Jointing was difficult to execute with the wide unchamfered units.



Med erfarenhet av här sagda kan följande sättningsförfarande rekommenderas:

Löst bruk i riklig mängd hålls ut i sträng. Elementen kantras över bruket och justeras efter snöre till rätt läge i höjd- och sidled med spett och slägga. Ett bra sätt är att dra elementen med spetten i längdled eller parallellt i tvärled. Vridning kring mittpunkten är inte lämplig då bruket flyter ut i ändarna och bom erhålls. Sättning inklusive justering göres omedelbart innan det dispergerade bruket separerar och styvnar. Det är lämpligt att blöta elementens undersida och beläggning före sättning. Sedan bruket separerat tas överskottet från sidorna bort, varefter fogarna stryks. Vid tjocka bruksskikt krävs en kompletterande fogstrykning sedan bruket torkat.

Brukstjocklekar mellan 1-5 cm är lämpliga vid här beskriven strängmetod. Eftersättningar i bruket får man inte då. Detta ger ett mått på det krav på beläggningarnas jämnhet som bör ställas.

Fig. 38.

Vid vibrering flöt bruket ut i ändarna så att bom erhöles. Tillsats av luftporbildande medel gav snarare en sämre effekt.

During vibration the mortar flowed out at the the ends so that hollows occurred. Aerating additives were inclined to worsen this effect.



Fig. 39.

Tunna bruksskikt gick att erhålla med fästbruk typ M0-D0.

A thin layer of mortar could be obtained with adhesive mortar type M0-D0.

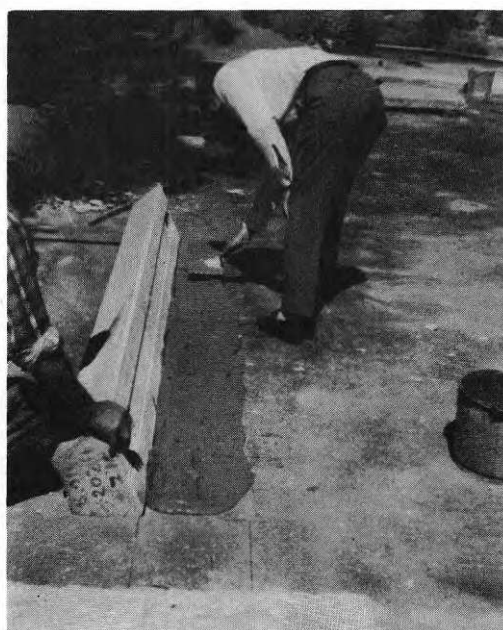


Fig. 40.

Betongelement satta i bruk hösten 1967 satt mycket hårt vid losstagning försommaren 1968.

Concrete units bedded in mortar in the autumn of 1967 sat very firmly when the work was demolished early in the summer of 1968.

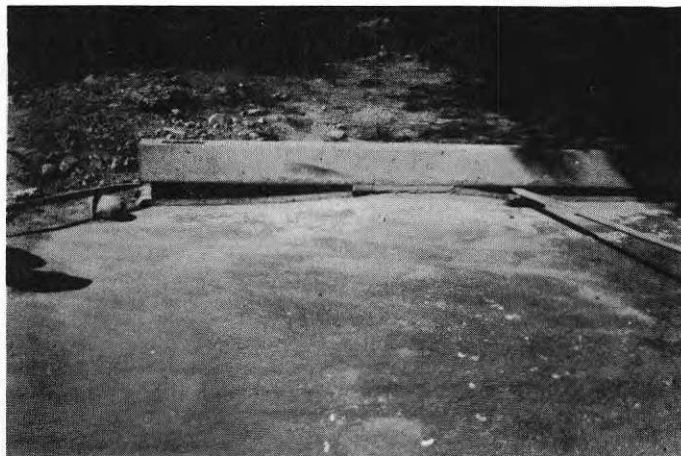


Fig.41.

Vidhäftningen mellan asfaltbeläggningen och bruk blir efter en tid mycket god. Bättre än mellan bruk och element.

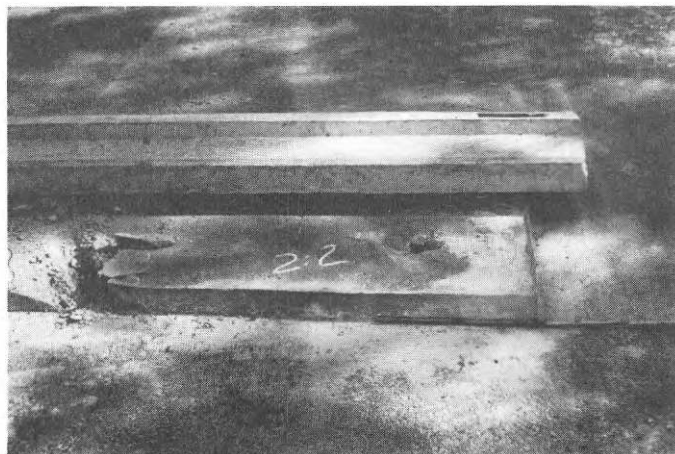
After a time the adhesion mortar and asphalt is very good - better than between mortar and concrete unit.



Fig.42.

Losstagningen av elementen gav bevis på bomtendenser i ändarna vid vibreringsmetoden.

Demolition revealed a tendency to hollowness at the ends with this method of vibration.



Element som suttit en tid i bruket på asfaltbeläggningen har bra fäste. Vid losstagningen uppstår brott i allmänhet mellan bruk och element (fig 40, 41).

### 6.3 Temperaturmätningar

Det stora antalet mätpunkter som valts i denna provanläggning motiveras av kravet på en fullständig bild av temperaturfördelning i under- och överbyggnad. Detta med särskild hänsyn till tjälrisken i terrasslänter. Dessutom önskades karläggande av markisoleringens effekt. Detta realiserades genom mätningar i lika belägna punkter i terrasslänt med och utan isolering. De 24 mätpunkterna framgår av fig 43.

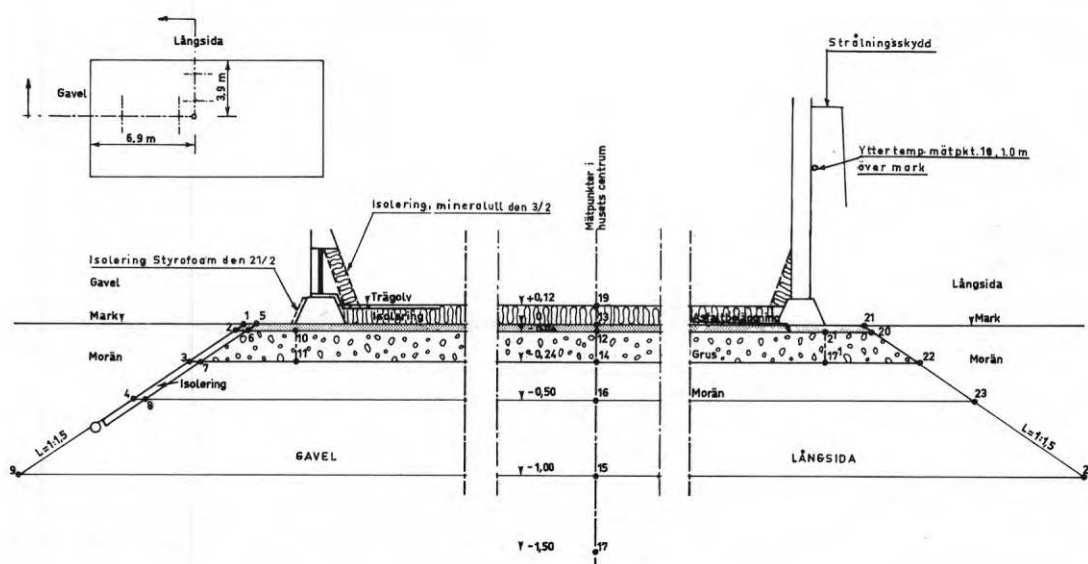


Fig.43. Principsektion över temperaturmätpunkter.

Section showing location of temperature measuring points.

Den föreslagna konstruktionen förutsatte kännedom om värmebalansen i ytliga marklager, varför en intensiv uppföljning av temperaturen i mätpunkterna måste göras (periodicitet 14 minuter). Mätresultaten visas i diagrammen, fig 45-92. I samtliga diagram redovisas yttemperaturen som jämförelse. Innetemperaturen visas i fig 44.

Mätvärdena har bestämts på följande sätt: Ur potentiometer-skrivarens rullar har värden avlästs för varje udda timme. I fig 50, 64, 65, 91 och 92 redovisas dygnsmedelvärdena av dessa avläsningar. I fig 51-63, 66-68 är dygnsdiagram uppritade



för intressanta mätpunkter under utvalda perioder.

Varje diagram redovisar temperaturförlopp i mätpunkter på en och samma jordnivå. Diagrammen visar de kalibrerade värdena.

För att uppnå normala temperaturförhållanden i värmeskjulet och tjälfri mark under detta bibehölls det isolerade snötäcket under köldperioden 29.12 1967 - 20.1 1968. Mätningar av snötäcket gjordes regelbundet. Efter den 22.1 snöröjdes varje dag. Användbara resultat för studium av värmetransport erhöles först omkring den 24.1 då luft- och marktemperaturer i skjulet stabiliserats. Från den 9 till den 26.2 inträdde en mycket kall period. De intressantaste mätvärdena föreligger för denna period.

### 6.3.1 Inverkan av snö

Under perioden 29.12 - 20.1 kunde snötäckets inverkan på marktemperaturerna studeras (fig 45). Vid jämförelse med pkt (21) som visar markyttemperaturen vid ett snötäcke av 20 cm var förhållandet mellan mark- och lufttemperatur ca 1:6.

Vid ett 7 cm delvis packat snötäcke var motsvarande förhållande 1:3. Dessa förhållanden överensstämmer väl med de i fig 5 angivna multiplikatorerna. Snötäckets värmeisolerande effekt har i vårt försök endast teoretiskt intresse. Av flera skäl kan effekt inte tillgodoses vid bestämning av dimensionerande yttemperaturer. Sådana skäl är värme från huset, taksprång och balkonger, aerodynamiska effekter och snöröjning. I konsekvens därmed har försöksområdet i fortsättningen snöröjts.

### 6.3.2 Förutsättningar vid gavel och långsida

Jämförande studier av kylans nedträngning vid gavel resp långsida under den första perioden när värmetillskottet från skjulet var obetydligt visar större tjäldjup vid gaveln än vid långsidan.

Fig. 44. Inomhus-(inne)temperaturer  
Inside temperatures.

Fig. 45. Yttertemperaturer (mark) 29.12 1967-24.1 1968.  
Outside temperatures (at ground level)  
during the period 29.12 1967-24.1 1968.

Fig. 46. Temperaturer i beläggningens undersida  
29.12 1967-24.1 1968.  
Temperatures under the asphalt layer during the period  
29.12 1967-24.1 1968.

Fig. 47. Temperaturer i bärlagrets undersida  
29.12 1967-24.1 1968.  
Temperatures under the gravel bed  
during the period 29.12 1967-24.1 1968.

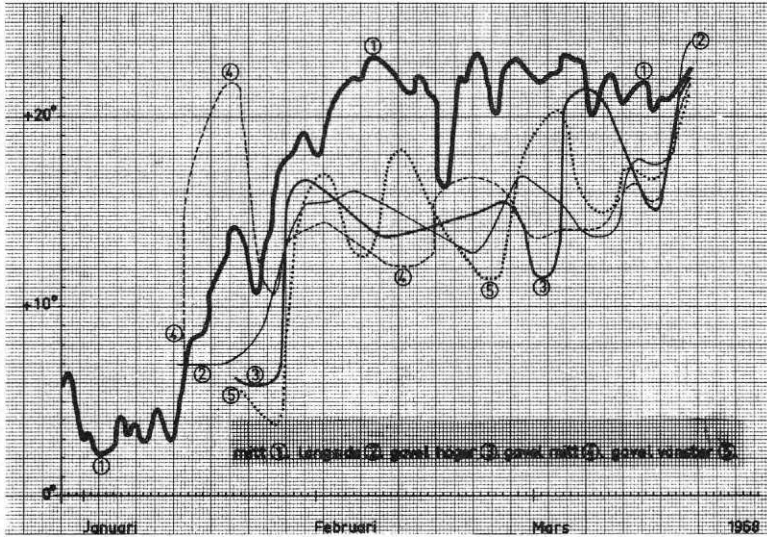


Fig 44

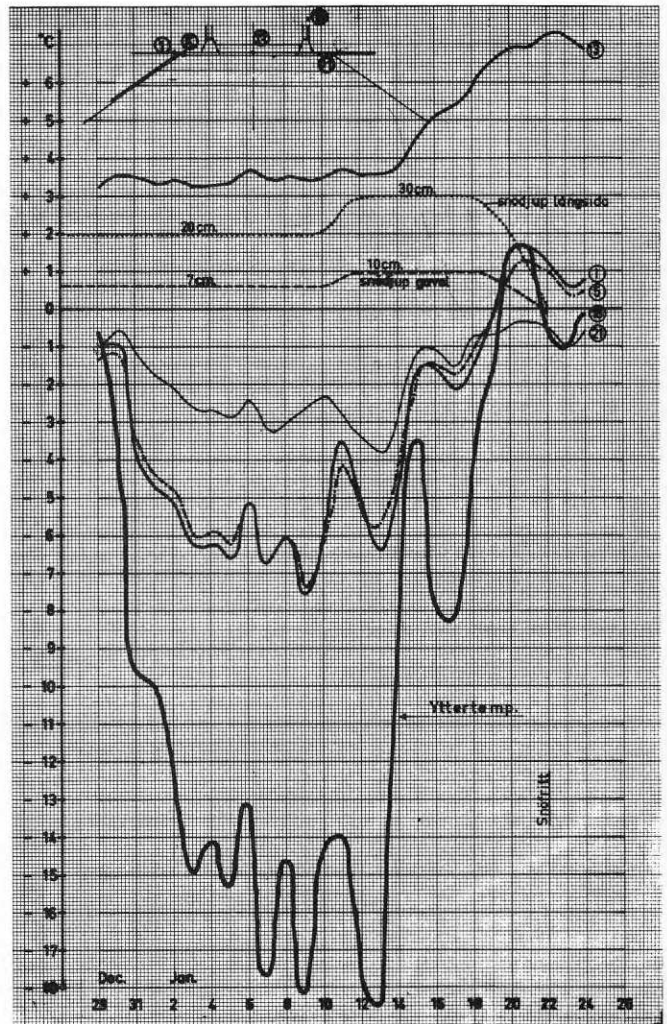


Fig 45

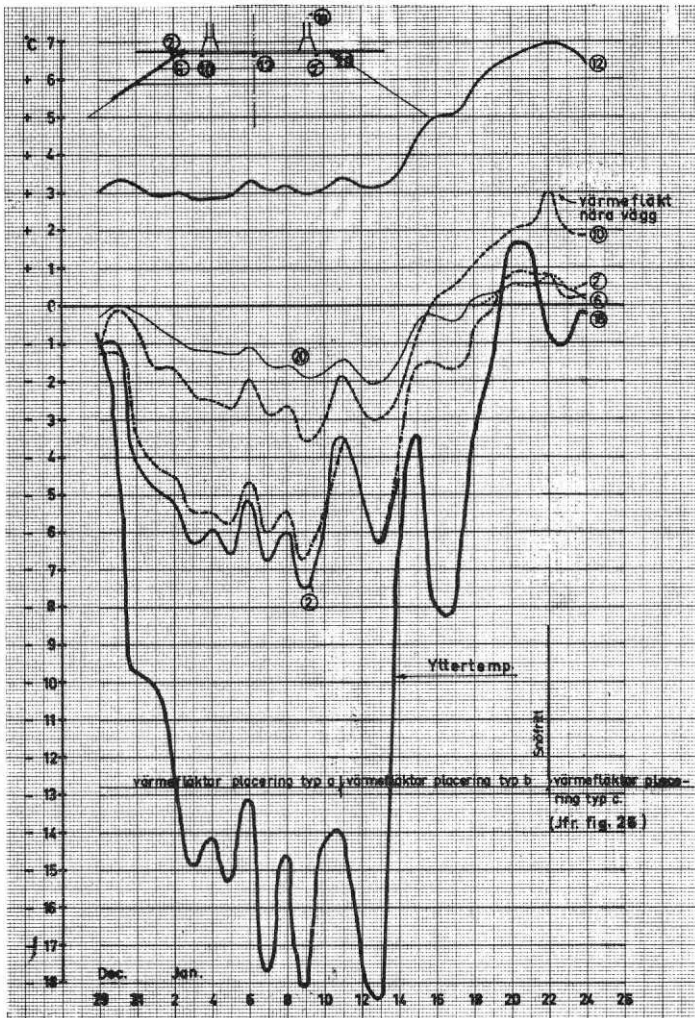


Fig 46

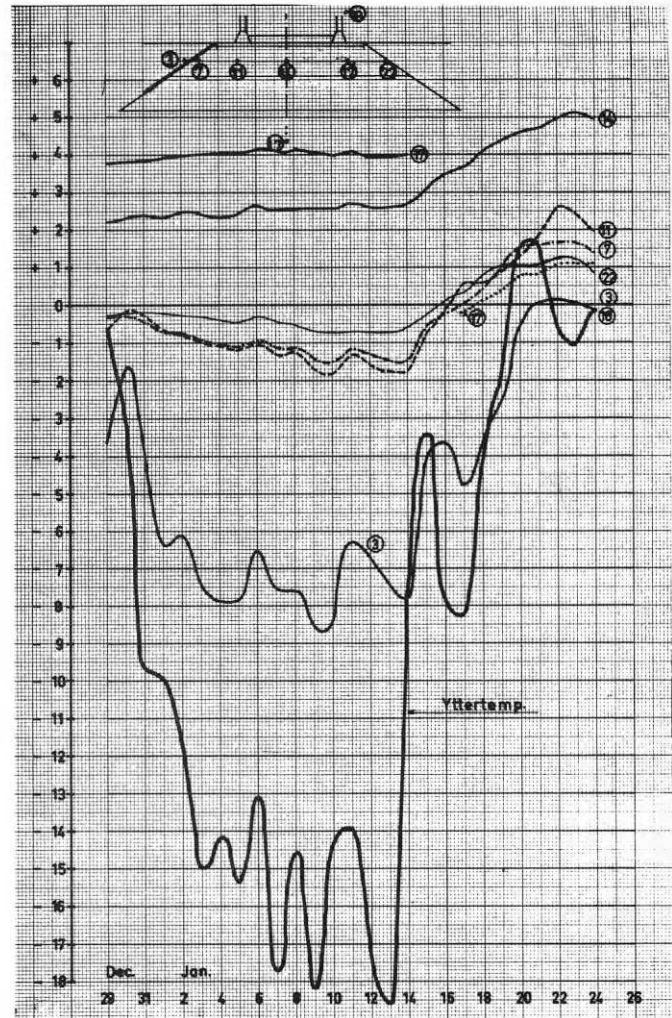


Fig 47

I mätpunkt (9) (fig 92), belägen 1 m (-1.0) under markytan vid gaveln utanför och under markisoleringen var det praktiskt taget tjälfrött när mätningarna började den 29.12, men  $-2^{\circ}\text{C}$  (min) den 11.1.

I mätpunkt (24) vid långsidan, belägen på samma djup som mätpunkt (9) är motsvarande lägsta temperatur  $+1^{\circ}\text{C}$ . De olika snödjupen förklarar inte den stora differensen då ännu större skillnader finns i köldmängd. Denna beror på läget i förhållande till en närbelägen slänt (jfr fig 6), större konvektion på grund av vind samt större värmeledningstal för jorden. Detta vid gaveln ogynnsamma förhållande är betydelsefullt då de styrker bedömningen av markisoleringens effekt. Detta framgår även vid andra temperaturjämförelser.

### 6.3.3. Innetemperaturer

Innetemperaturerna i skjulet framgår av fig 44. Till en början och fram till mitten av januari var temperaturerna mellan  $2^{\circ}\text{C}$ - $5^{\circ}\text{C}$  på grund av köldmagasinet i det frusna gruset i lastlådan. Därefter steg temperaturen i samband med grusets uppvärmning för att i början på februari erhålla ett konstant värde i husmitt av ca  $20^{\circ}\text{C}$ . Temperaturerna vid gavel och långsida var under mättiden relativt lika. De nådde i början av februari ett konstant värde av ca  $15^{\circ}\text{C}$ .

### 6.3.4 Yttertemperaturer

Yttertemperaturerna redovisas i fig 45 och 50. En märkbar skillnad rådde mellan temperaturer vid gavel och långsida under försökstiden. Detta framgår vid en jämförelse mellan pkt (1) och (5) vid gavel samt (21) vid långsida. Yttertemperaturen vid den markisolerade gaveln låg under den första perioden vid den dåligt uppvärmda marken lägre för att senare hela tiden ligga 2 till  $3^{\circ}\text{C}$  över den oisolerade långsidans. Detta förhållande orsakades av en av markisoleringen styrd värmeströmning i bärlager och asfaltbeläggning.

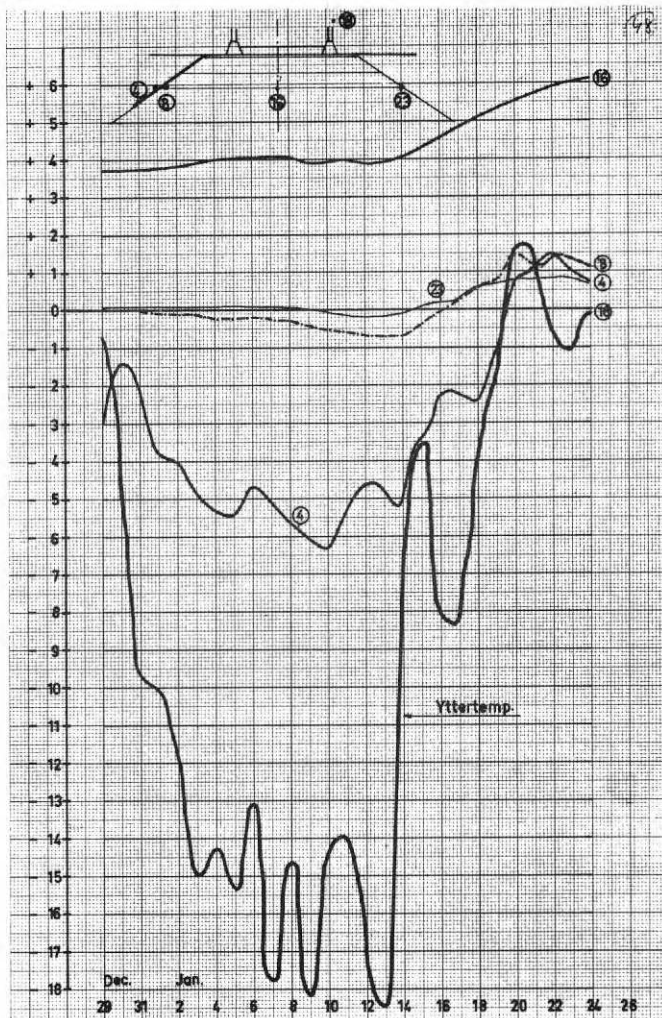


Fig.48. Temperaturer 0.5 m under mark 29.12 1967-24.1 1968.  
Temperatures 0.5 m under ground surface during the period 29.12 1967-24.1 1968.

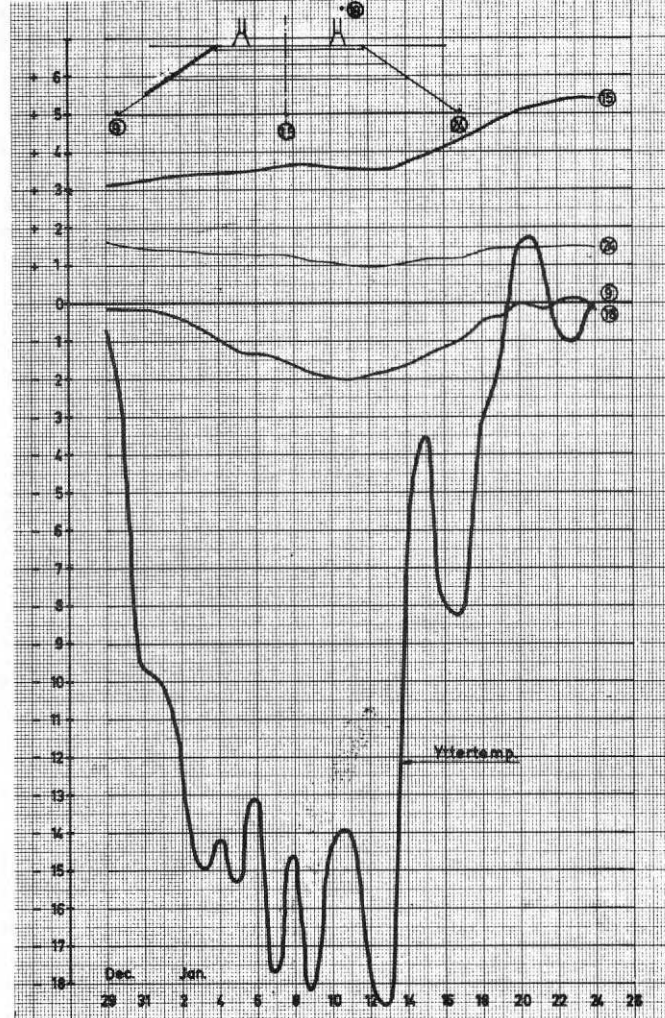


Fig.49. Temperaturer 1.0 m under mark 29.12 1967-24.1 1968.  
Temperatures 1.0 m under ground level during the period 29.12 1967-24.1 1968.

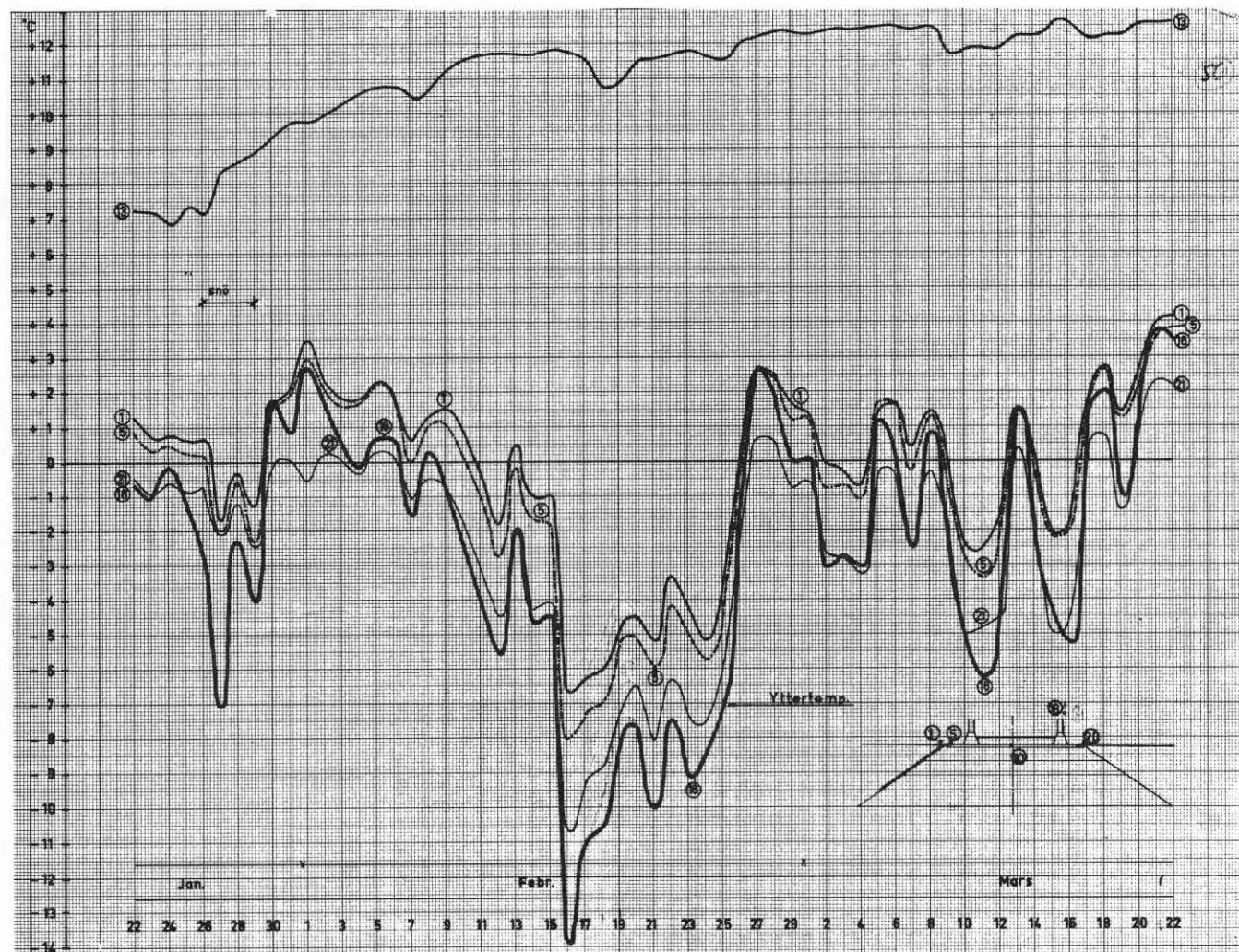


Fig.50. Yttertemperaturer tiden 22.1-22.3 1968.  
Surface temperatures period 22.1-22.3 1968.

Då yttemperaturerna erbjuder ett stort intresse har den specialstuderats under den kalla perioden 15.2 1968 - 27.2 enligt fig 51-63. De här nämnda effekterna framgår tydligt. Samtliga yttemperaturer följer den avlästa yttemperaturen väl utan eftersläpningar vid temperaturer under  $0^{\circ}\text{C}$ . Figur 58 visar temperaturerna under en mulen dag. Vid gaveln är yttemperaturerna ca 50 % och vid långsidan ca 85% av yttemperaturerna. Den lägsta temperaturen under denna period var  $-18.7^{\circ}\text{C}$  som avlästes den 16.2 kl 0700 på morgonen innan solen gått upp (fig 52). Vädret var klart, men avstrålningen från markytan uppskattades till ca 40% av den totala på grund av skymmande tak och solskydd. Gaveltemperaturen var 61% och långsidetemperaturen 77% av yttemperaturen, motsvarande  $7.4$  resp.  $4.3^{\circ}\text{C}$  reducering. En nästan lika kall natt var den 24.2 med lägsta yttemperatur av  $-17.4^{\circ}\text{C}$ . Ytan vid gaveln erhöll 66% och långsidan 77% av yttemperaturen, motsvarande  $6.0^{\circ}\text{C}$  resp  $4.0^{\circ}\text{C}$  reducering.

En grov uppskattning av värmetransport genom bärlager och asfaltbeläggning ger att den oisolerade långsidan erhåller ca 25% reducering av yttemperaturen, medan ytterligare ca 25% kan erhållas med markisolering.

Av diagrammen framgår att pkt (1) som ligger på utsidan av isoleringen i regel har haft något högre temperaturer än pkt (5), som ligger på insidan. Det kan synas att det borde vara tvärtom. Förklaringen kan vara att värme letts i yt-skiktet på insidan av platsen.

Temperaturen på översidan av beläggningen i husmitt, pkt (13) följer väl golvtemperaturen enligt fig 44.

Efter den 7.2 är den termostatreglerade golvtemperaturen relativt konstant, ca  $21^{\circ}\text{C}$ . Några dagar senare har beläggningens temperatur stabiliserats vid  $12^{\circ}\text{C}$ . En obetydlig stegring fram till mätningarnas slut har iakttagits. Den 15.5 när mätningarna avslutades var temperaturen ca  $13^{\circ}\text{C}$ . Det är anmärkningsvärt hur snabbt förändringarna i yttemperaturerna inverkar på beläggningens temperatur.

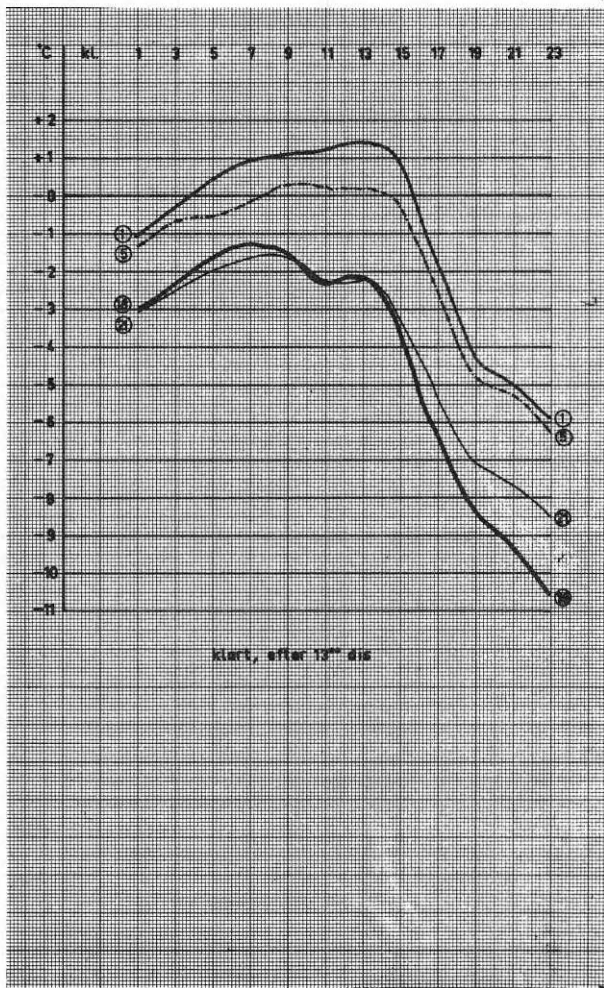


Fig.51. Yttemperaturer 15.2 1968.  
Surface temperature 15.2 1968.

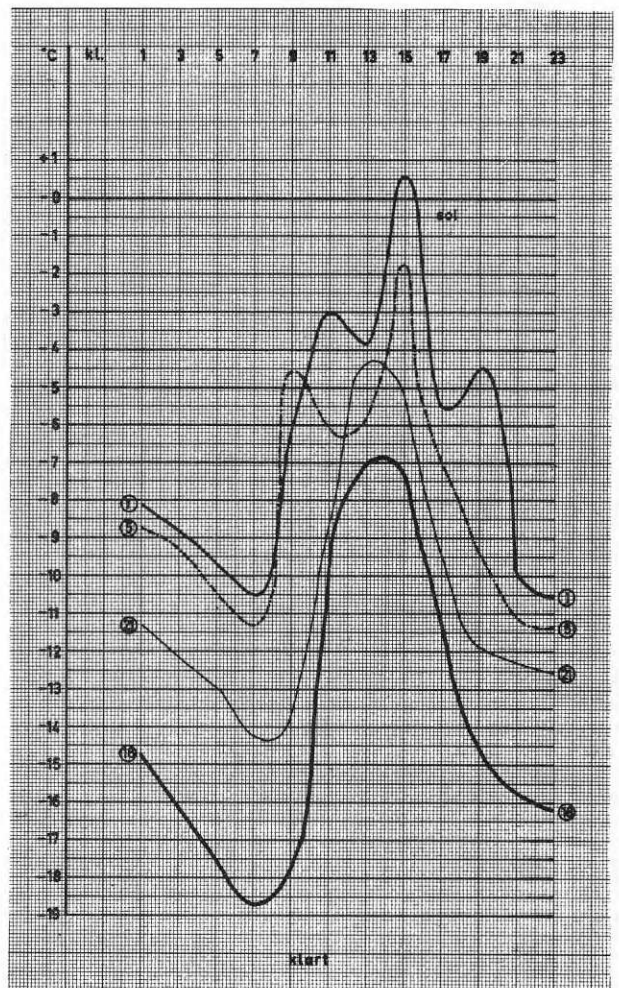


Fig.52. Yttemperaturer 16.2 1968.  
Surface temperature 16.2 1968.

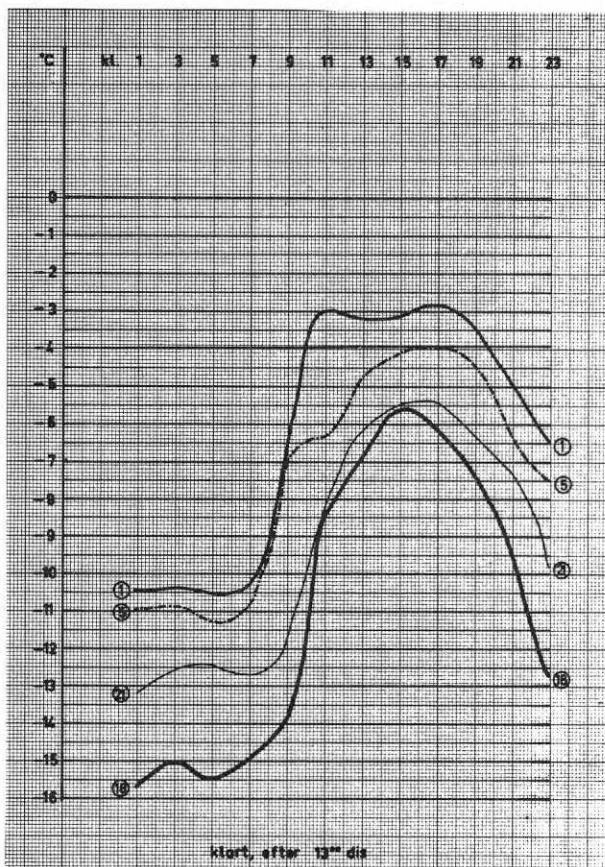


Fig.53. Yttemperatur 17.2 1968.  
Surface temperature 17.2 1968.

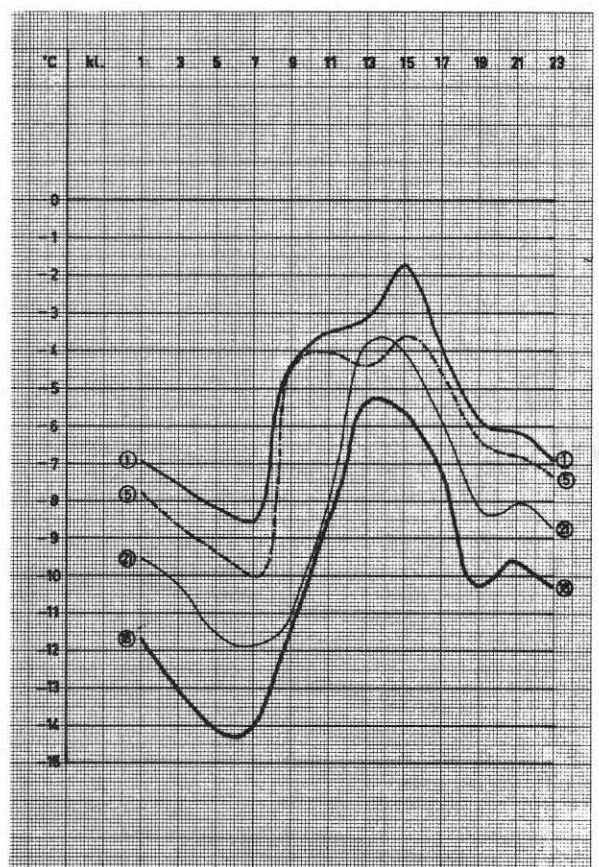


Fig.54. Yttemperatur 18.2 1968.  
Surface temperature 18.2 1968.

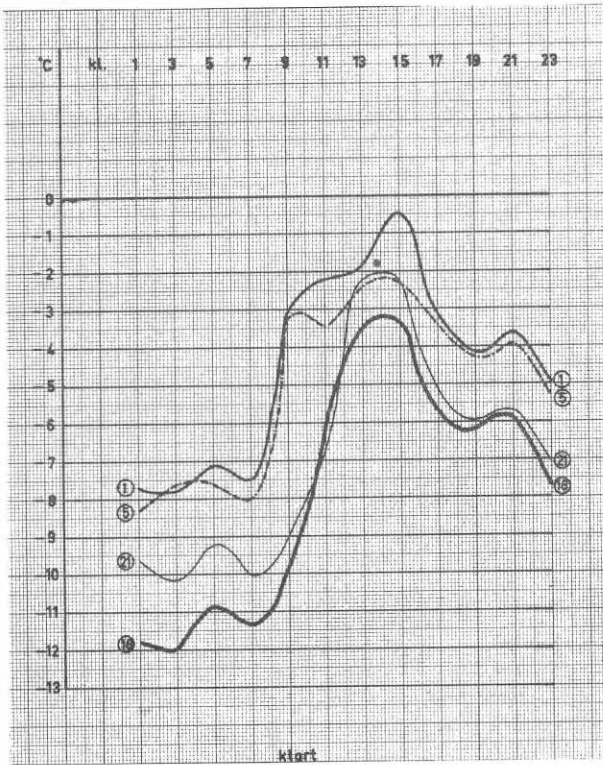


Fig.55.Yttertemperatur 19.2 1968.  
Surface temperature 19.2 1968.

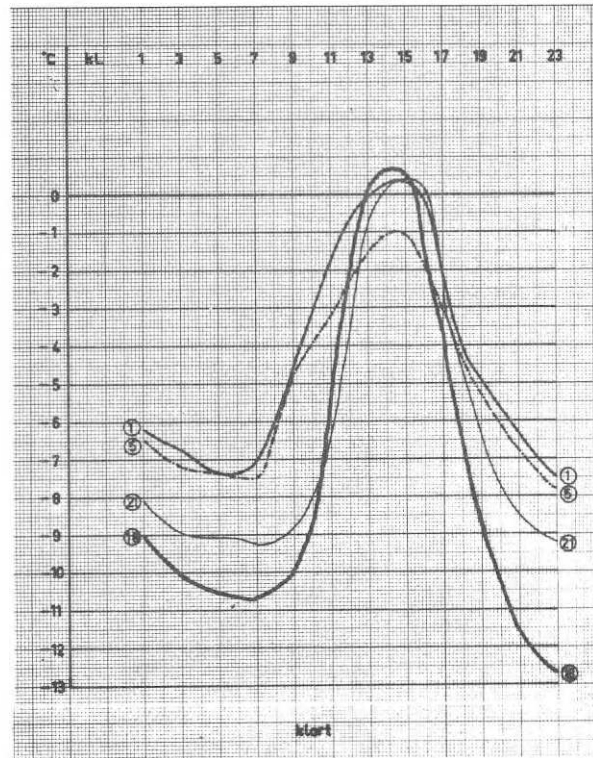


Fig.56.Yttertemperatur 20.2 1968.  
Surface temperature 20.2 1968.

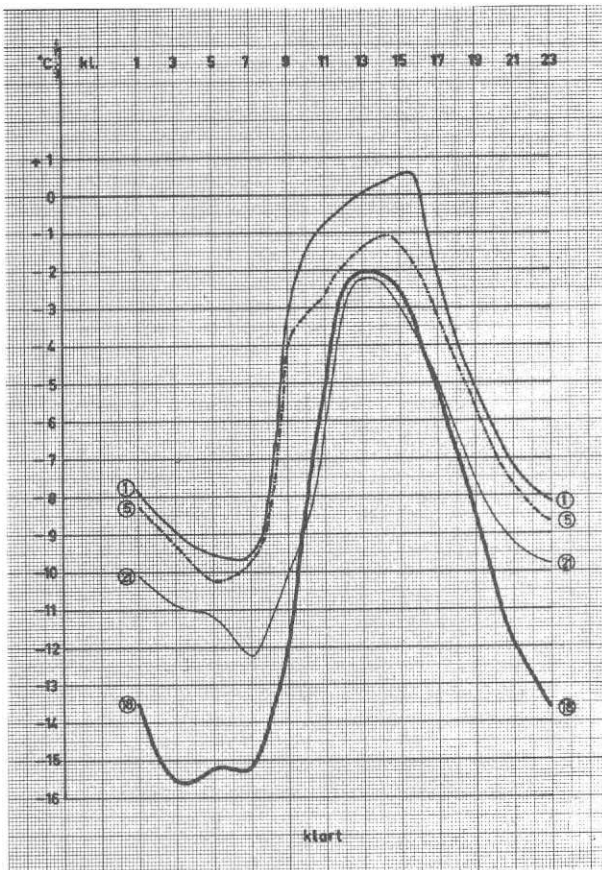


Fig.57.Yttertemperatur 21.2 1968.  
Surface temperature 21.2 1968.

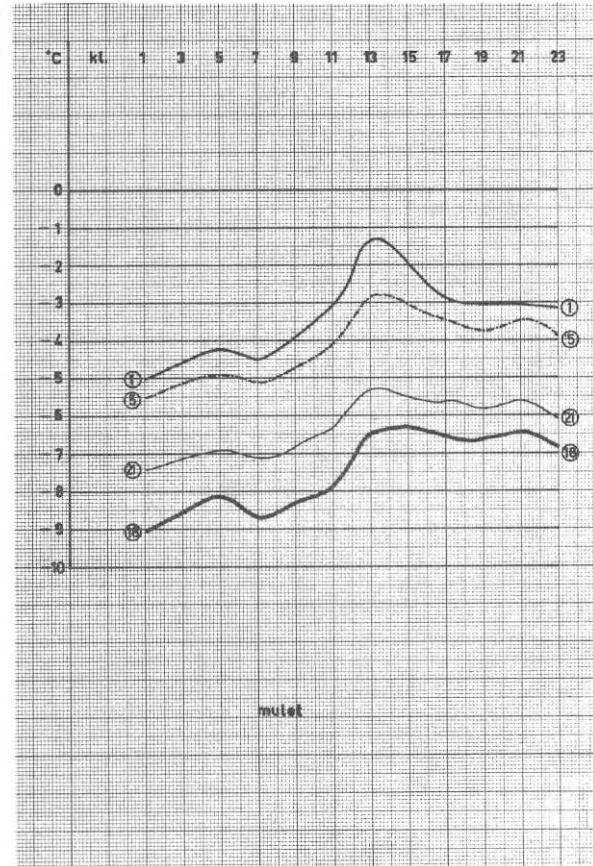


Fig.58.Yttertemperatur 22.2 1968.  
Surface temperature 22.2 1968.

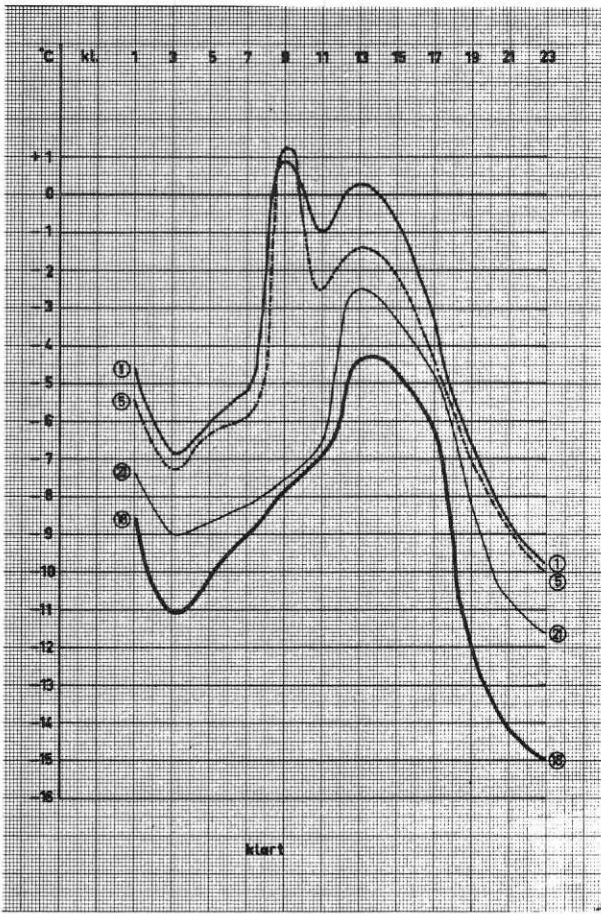


Fig.59. Yttemperatur 23.2 1968.

Surface temperature 23.2 1968.

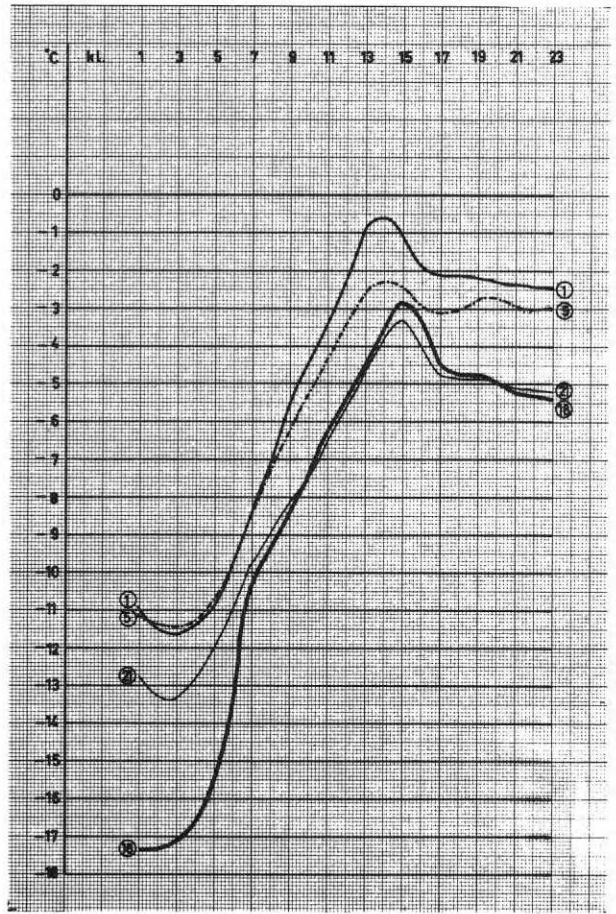


Fig.60. Yttemperatur 24.2 1968.

Surface temperature 24.2 1968.

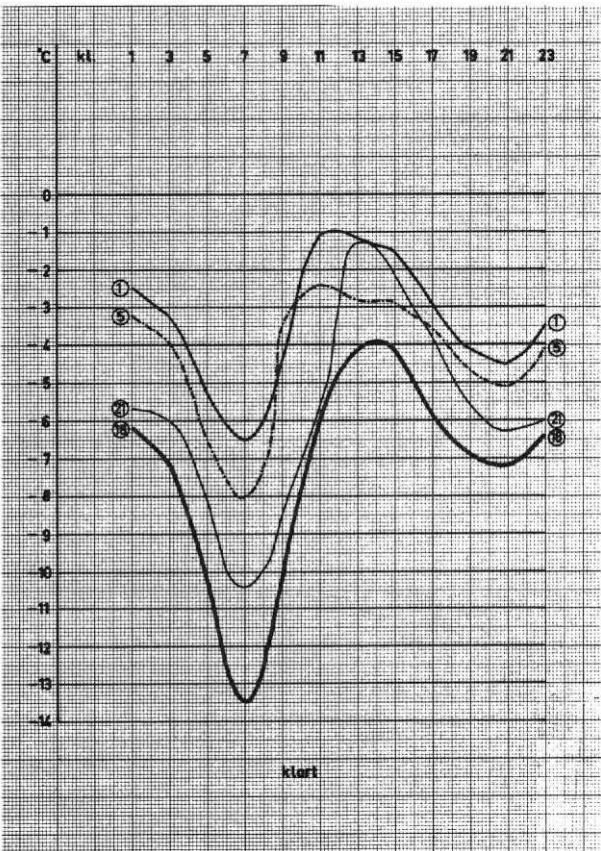


Fig.61. Yttemperatur 25.2 1968.

Surface temperature 25.2 1968.

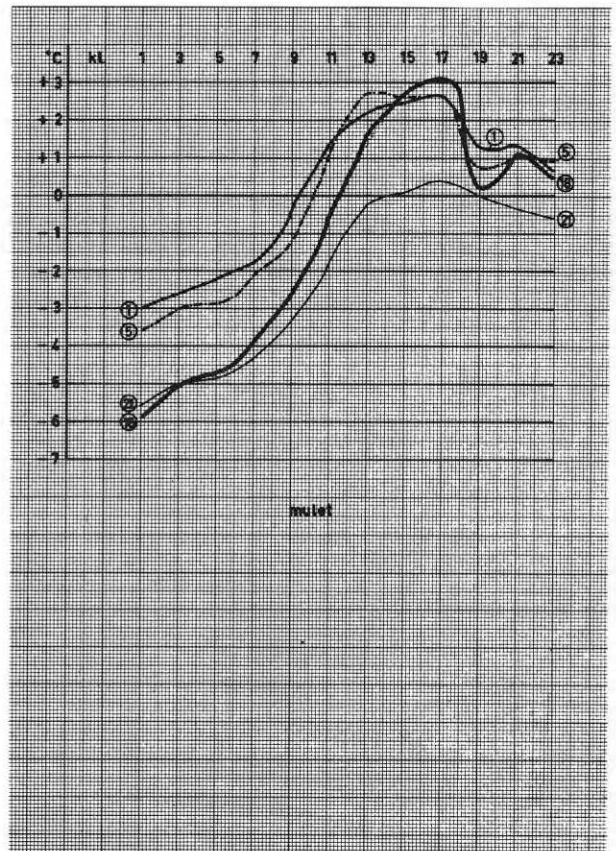


Fig.62. Yttemperatur 26.2 1968.

Surface temperature 26.2 1968.



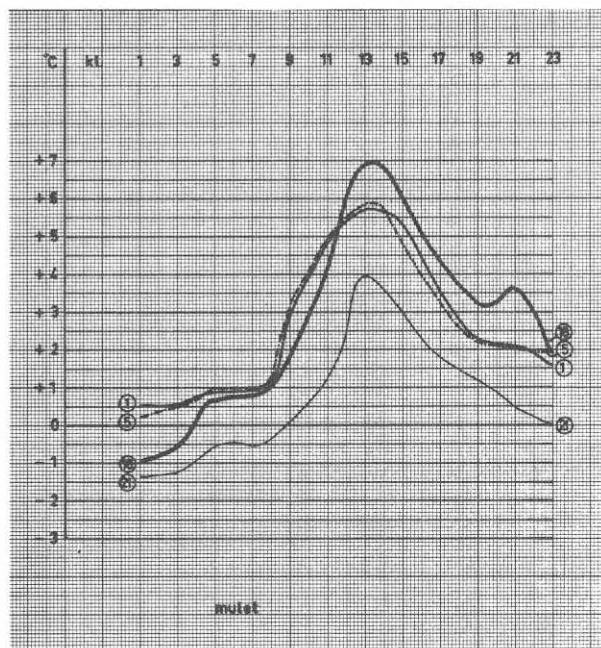


Fig. 63. Yttemperatur 27.2 1968.

Surface temperature 27.2 1968.

### 6.3.5 Temperaturer i beläggnings undersida eller på motsvarande nivå

Temperaturerna i beläggnings undersida är uppritade i diagram, fig 46 och 64. Under den första kalla perioden med det relativt uppvärmda huset registrerades temperaturer i framkant vid markisoleringen, pkt (2). Temperaturerna var nära identiska med markytans, varför mätpunkt (2) efter den 14.1 kopplades bort och flyttades till långsidan under beteckningen 2<sup>1</sup>.

En jämförelse mellan mätpunkt (6), vid undersidan av beläggnings innandör för markisoleringen vid gaveln och motsvarande mätpunkt (20) vid långsidan har gjorts för den första kallperioden. Mätpunkt (20) visade högre temperaturer, vilket sammanhänger med de förut nämnda ogynnsamma förhållandena vid gaveln. Mätningar sedan huset uppvärmts visar motsatt förhållande.

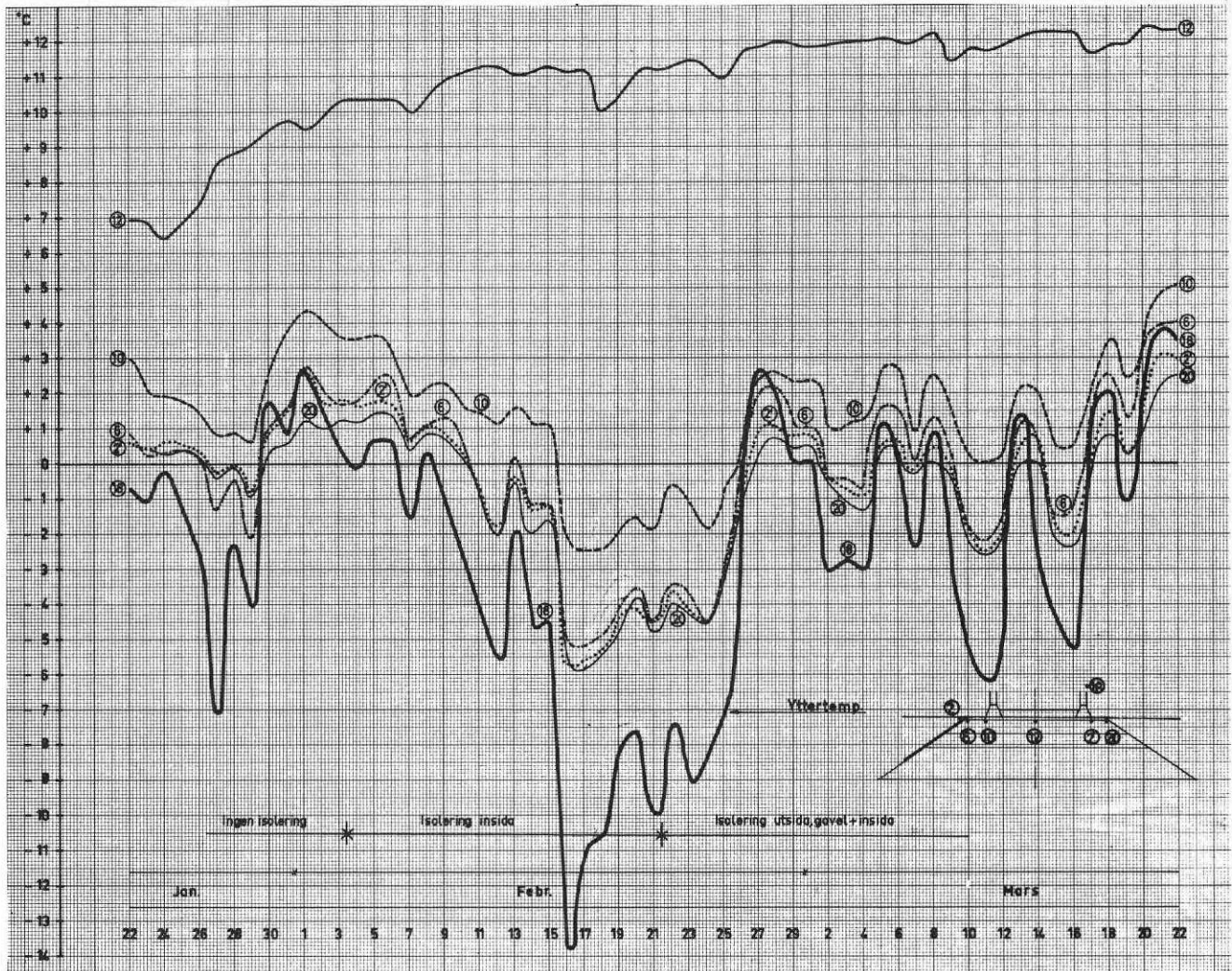


Fig. 64. Temperatures in the underside of the asphalt layer 22.1 - 22.3 1968.  
 Temperatures under the asphalt layer 22.1 - 22.3 1968.

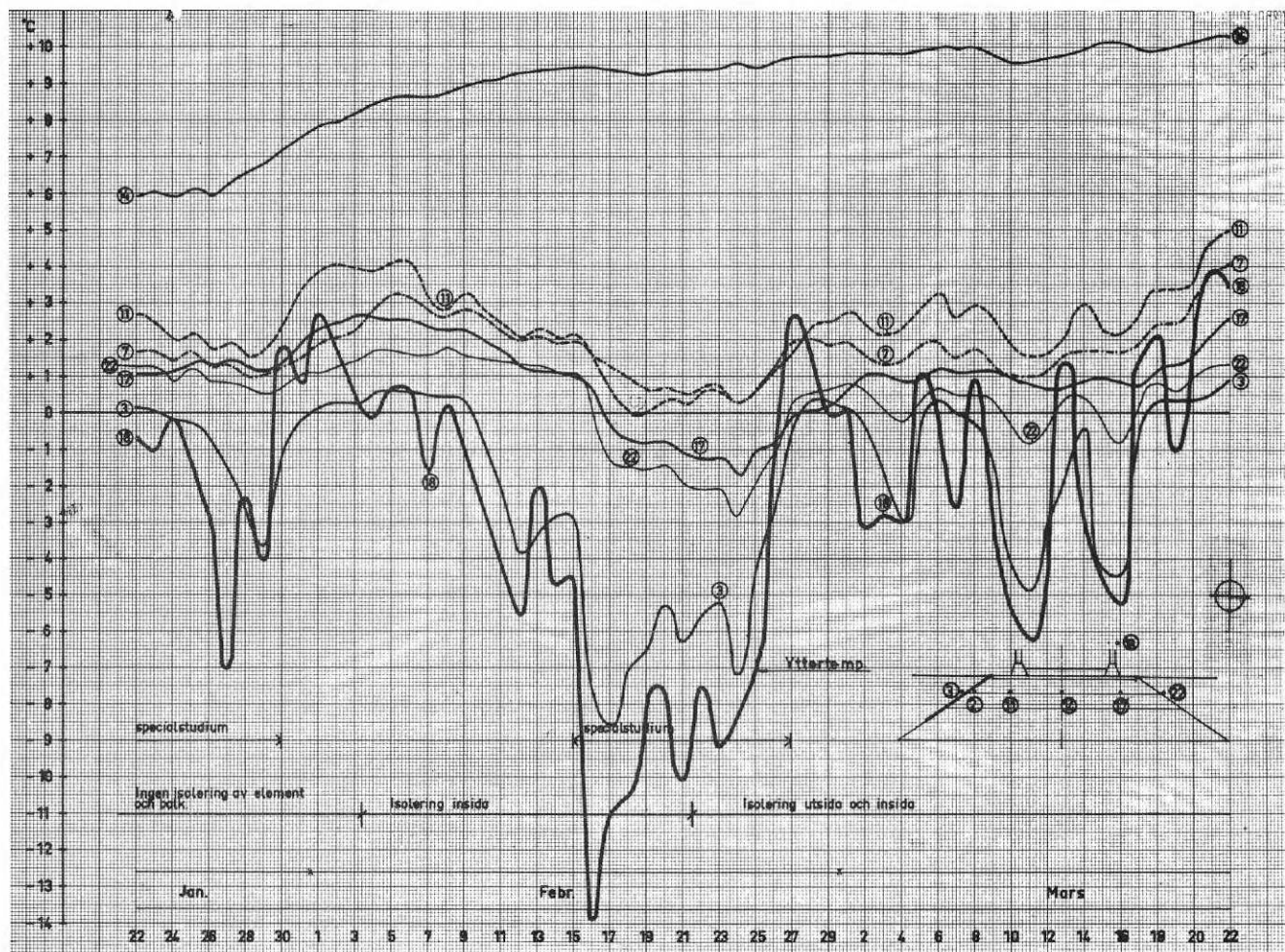


Fig. 65. Temperatures in the underside of the gravel bed 22.1 - 22.3 1968.  
 Temperatures under the gravel bed 22.1 - 22.3 1968.

De intressantaste mätpunkterna är (10) och (21) som visar temperaturerna på beläggningsens underyta vid elementets ytterkant.

Temperaturen i pkt (2<sup>1</sup>) som nära överensstämmer med pkt (20) ligger avsevärt lägre än i pkt (10). Härav framgår markisoleringens stora effekt. Under den kalla perioden i februari har tjälen trängt ned. Effekten därav är intressant från sättningsynpunkt, vilket behandlas senare.

Den 22.1 stod värmefläkten i gavelmitten för nära de oisolerade plattelementen med påföljd att där erhöles höga temperaturer. Detta kan direkt avläsas i diagrammet för pkt (10) och även för pkt (6).

Temperaturerna i beläggningsens undersida pkt (12) vid husmitt visar nära överensstämmelse med temperaturerna på beläggningsens översida. Förändrad isolering av plattelementen har icke märkbart påverkat temperaturerna i pkt (10) och (2).

#### 6.3.6. Temperaturer i bärlagrets undersida

Temperaturerna är uppritade i diagram fig 47 och 65. Mätpunkterna är detaljstuderade för tiden 21.1 - 30.1 i fig 66-75 och för tiden 16.2 - 26.2 i fig 80-86.

Mät punkt (3) är belägen på samma nivå som bärlagrets undersida men på utsidan av markisoleringen vid gaveln. Temperaturerna i denna punkt utgör de lägsta jordtemperaturer som uppmätts. Detta förklaras av punktens belägenhet över markisoleringen. Denna hindrar värmestillskott från underliggande marklager eller från det uppvärmda huset. Temperaturerna följer väl variationerna i yttemperaturen.

Mät punkt (22) ligger på samma nivå på långsidan. Temperaturerna är väsentligt högre vid mät punkt (3) vid gaveln. Punkt (22) har jämförts med pkt (7) som är belägen på innersidan av

markisoleringen vid gaveln. Under den första kalla perioden låg temperaturerna i pkt (17) lägre än i pkt (22), vilket sammanhänger med de kallare betingelserna. Sedan huset värmts upp är temperaturen i pkt (7) väsentligt högre och sjunker endast vid ett tillfälle under  $0^{\circ}\text{C}$ . Förändringar i yttertemperaturen påverkar snabbt dessa mätpunkters värden. Punkt (22) är speciellt intressant från den synpunkten att den ligger nära den naturliga slänten. Minustemperaturer i slänten kan påverka dennas sidostabilitet.

De från sättningsynpunkt intressantaste mätpunkterna (11) vid gavelsidan och (17<sup>1</sup>) vid långsidan var belägna under betongelementen. Under den första kalla perioden låg temperaturerna för (11) obetydligt högre än (17<sup>1</sup>). Sedan huset värmts upp låg (11) högre än (17<sup>1</sup>). De nådde sina lägsta värden under köldperioden i slutet på februari. Vid gavelsidan låg då temperaturerna nära  $0^{\circ}\text{C}$ , medan temperaturerna på långsidan väsentligt underskred  $0^{\circ}\text{C}$ .

Diagrammen, fig 66-75, visar värden under köldperioden 21.1 - 30.1. Man ser att pkt (22) utsatts för störning. En yttre kabel som försörjde anläggningen med elström visade sig ligga för nära denna mätpunkt. Värdena för pkt (22) under denna period måste därför bedömas som osäkra. Störningskällan avlägsnades efter denna period och en kontroll av samtliga mätpunkter och elledningar gjordes.

Dagen före och natten till den 27.1 föll rikligt med snö. Detta kan tydligt iakttagas på diagrammet fig 72, då snöskottning utfördes kl 0900. Temperaturen i pkt (3) sjönk avsevärt efter att snö avlägsnats. Även övriga marktemperaturer sjönk trots stigande yttertemperatur. Under dygnen 26, 27 och 28.1 snöade det relativt rikligt. Under perioden i övrigt föll snö varje dygn. Värdena skall bedömas därefter.

Som tidigare nämnts är pkt (11) och (17<sup>1</sup>) de intressantaste. Dessa punkters temperaturer under tiden 16 - 26.2 är därför detaljstuderade i fig 76-86.

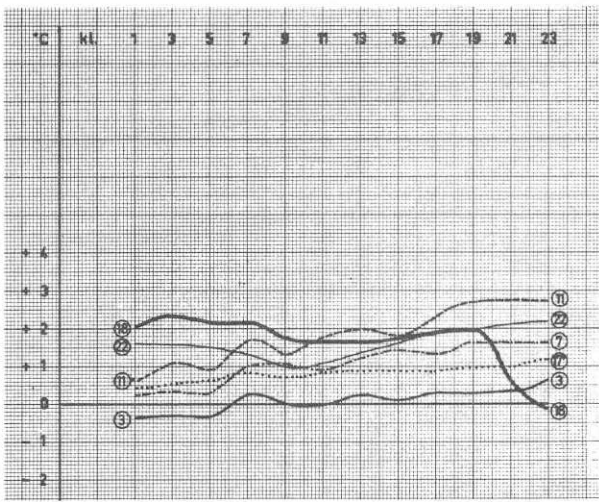


Fig.66. Temperaturer i bärlagrets undersida 21.1 1968.  
Temperatures under the gravel bed 21.1 1968.

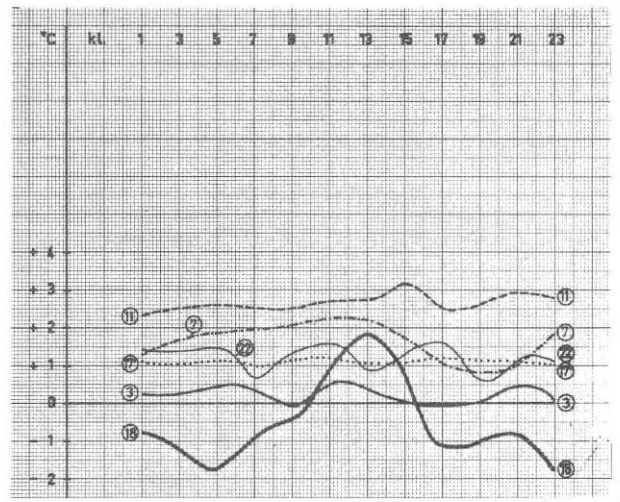


Fig.67. Temperaturer i bärlagrets undersida 22.1 1968.  
Temperatures under the gravel bed 22.1 1968.

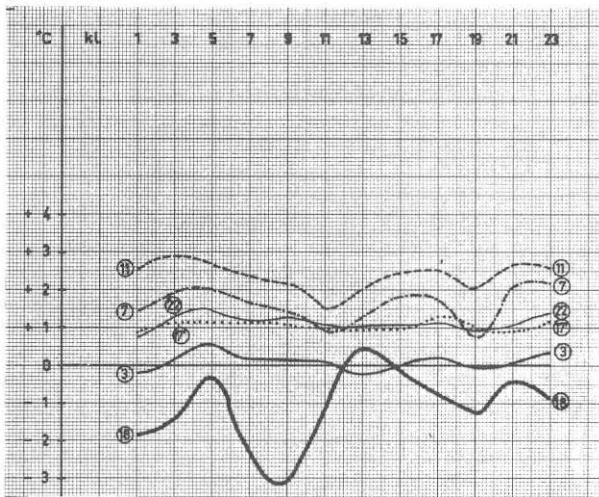


Fig.68. Temperaturer i bärlagrets undersida 23.1 1968.  
Temperatures under the gravel bed 23.1 1968.

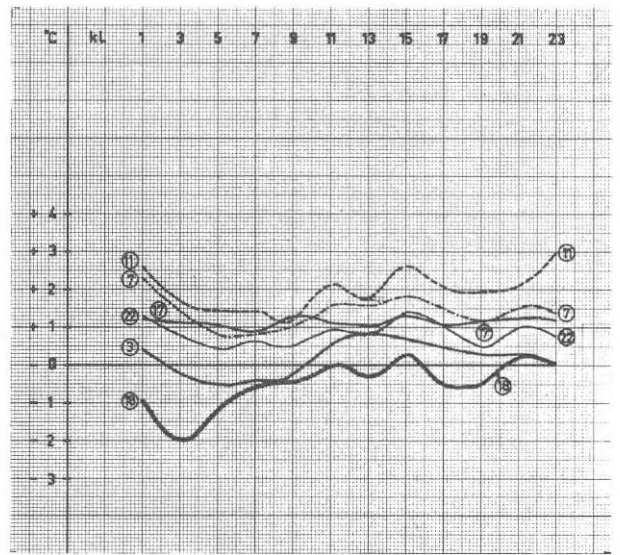


Fig.69. Temperaturer i bärlagrets undersida 24.1 1968.  
Temperatures under the gravel bed 24.1 1968.

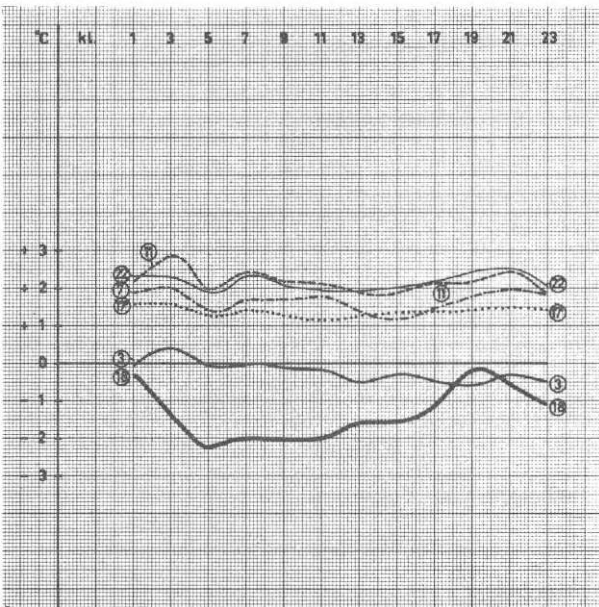


Fig.70. Temperaturer i bärlagrets undersida 25.1 1968.  
Temperatures under the gravel bed 25.1 1968.

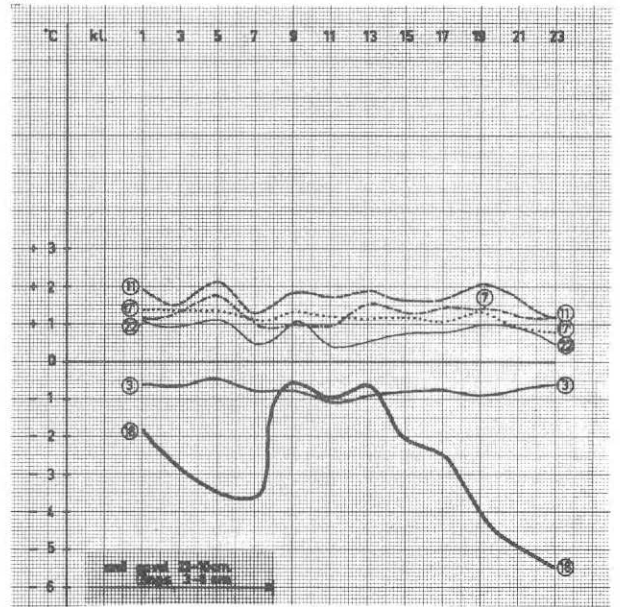
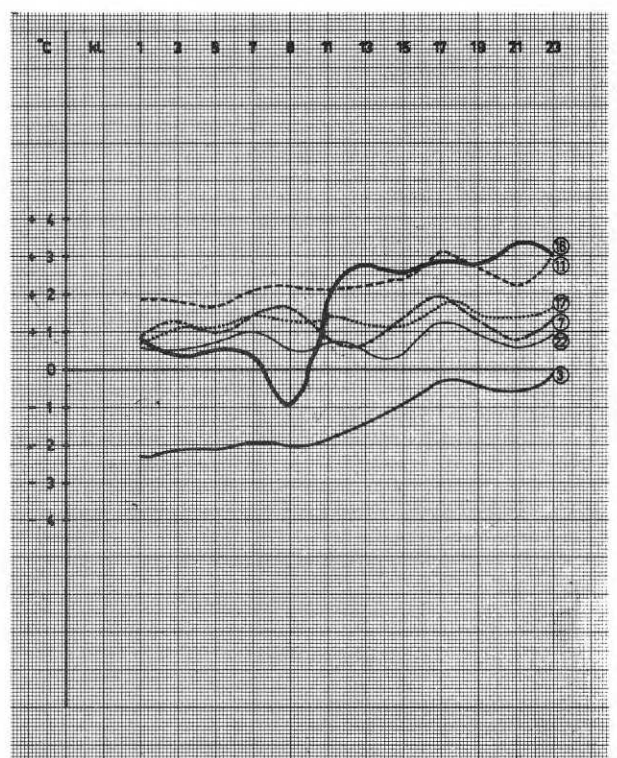
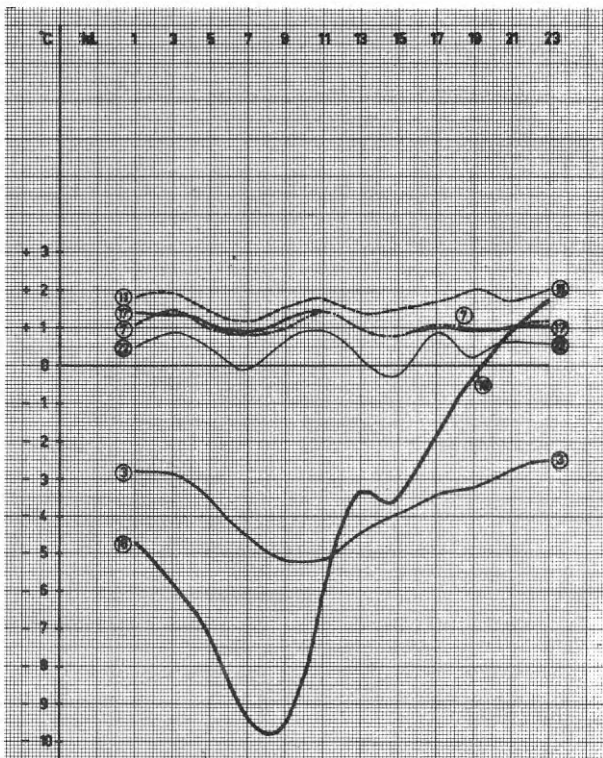
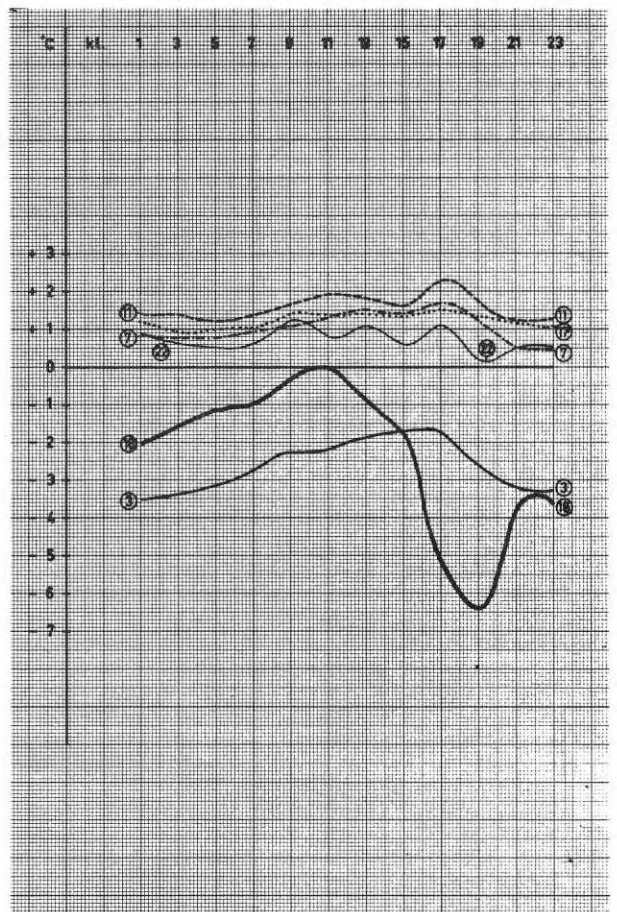
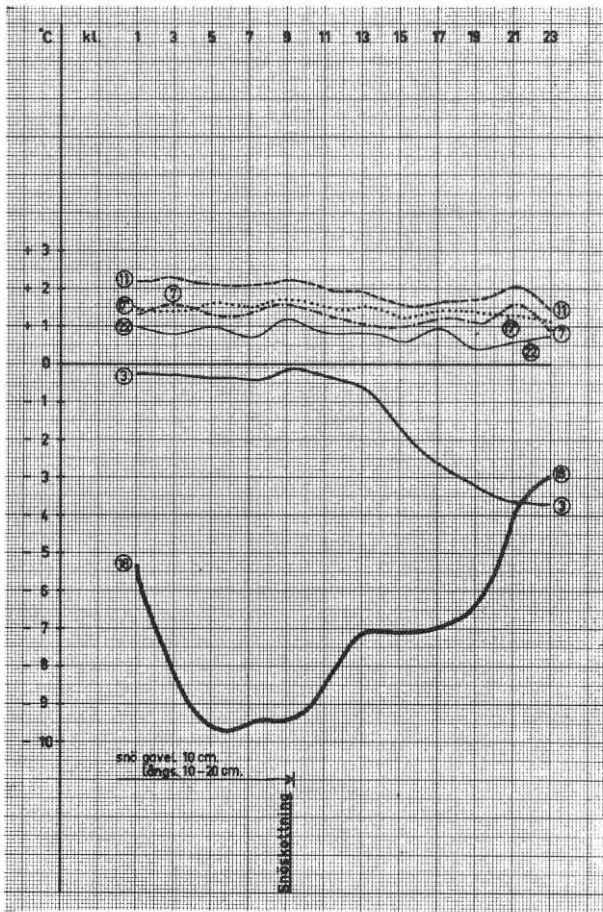


Fig.71. Temperaturer i bärlagrets undersida 26.1 1968.  
Temperatures under the gravel bed 26.1 1968.



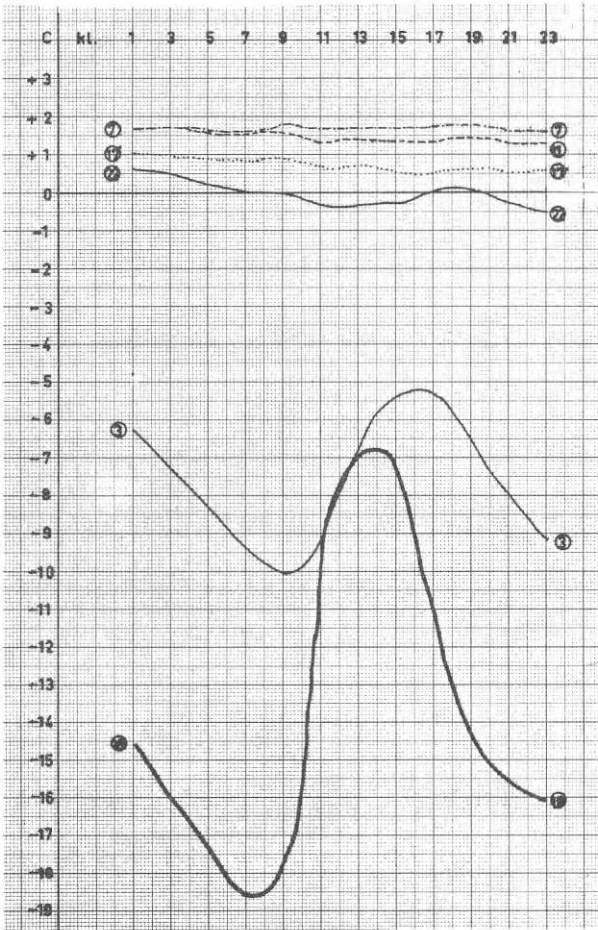


Fig.76. Temperaturer i bärlagrets undersida 16.2 1968.

Temperatures under the gravel bed 16.2 1968.

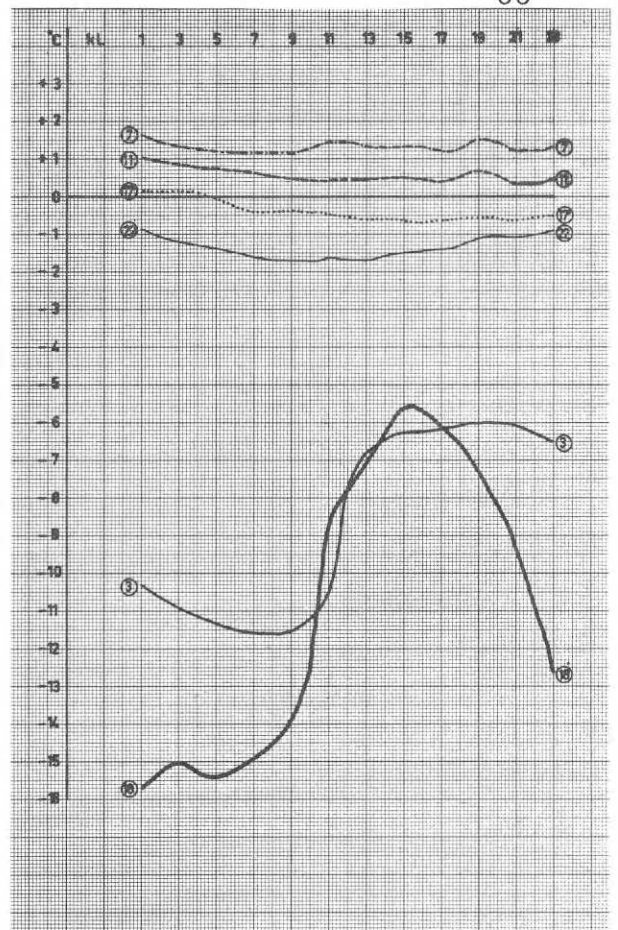


Fig.77. Temperaturer i bärlagrets undersida 17.2.1968.

Temperatures under the gravel bed 17.2.1968.

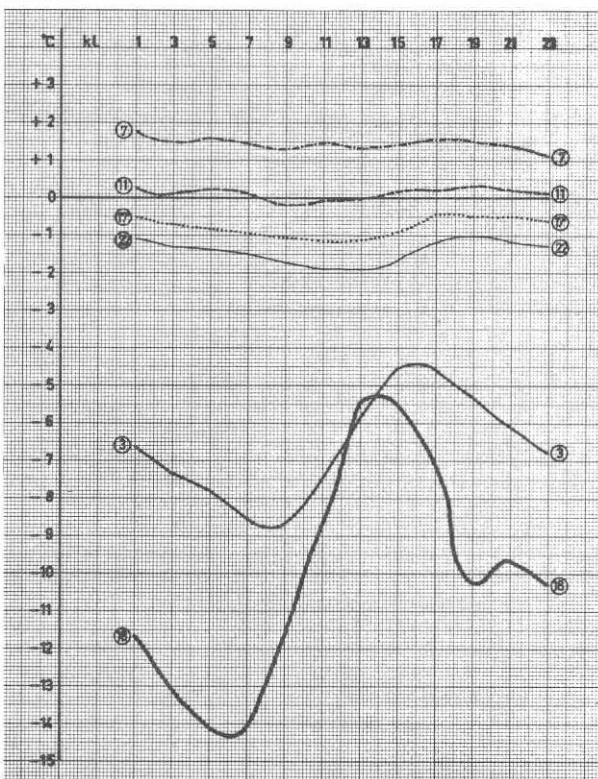


Fig.78. Temperaturer i bärlagrets undersida 18.2 1968.

Temperatures under the gravel bed 18.2 1968.

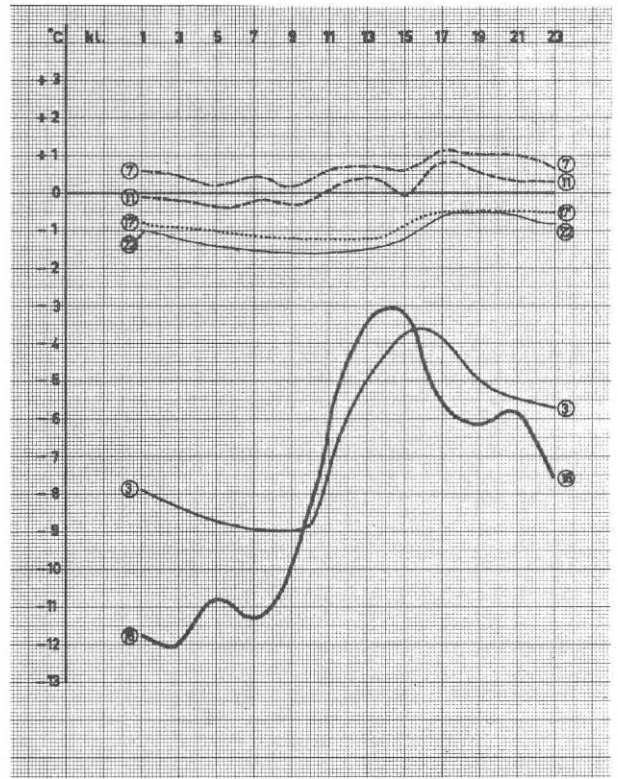


Fig.79. Temperaturer i bärlagrets undersida 19.2 1968.

Temperatures under the gravel bed 19.2 1968.

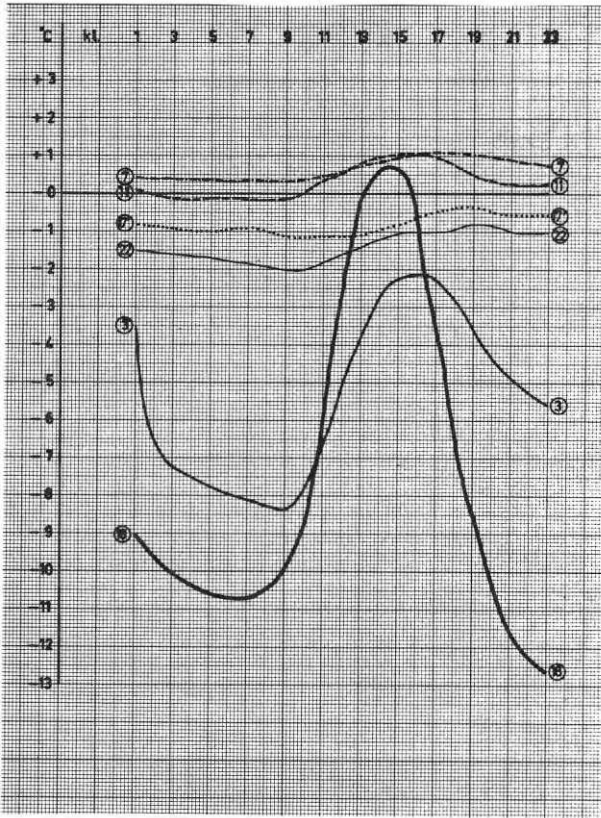


Fig.80. Temperaturer i bärlagrets undersida 20.2 1968.  
Temperatures under the gravel bed 20.2 1968.

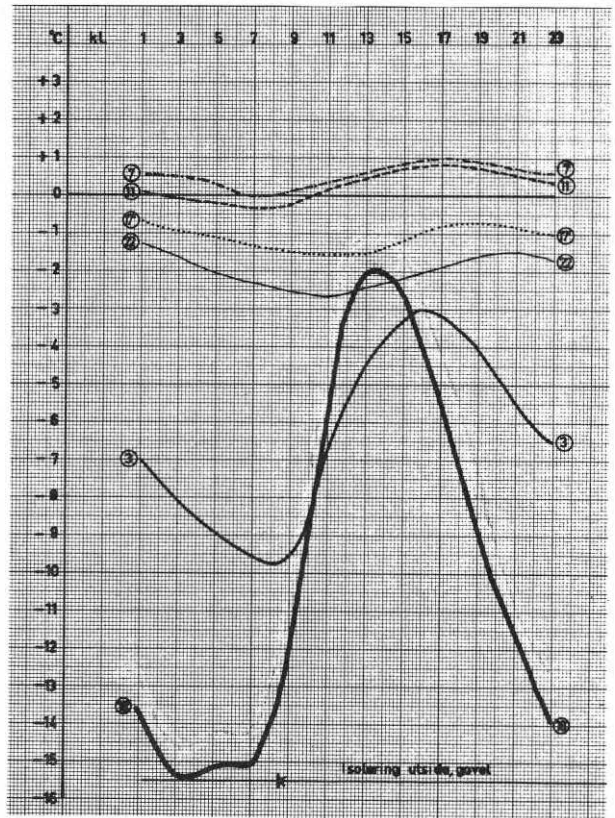


Fig.81. Temperaturer i bärlagrets undersida 21.2 1968.  
Temperatures under the gravel bed 21.2 1968.

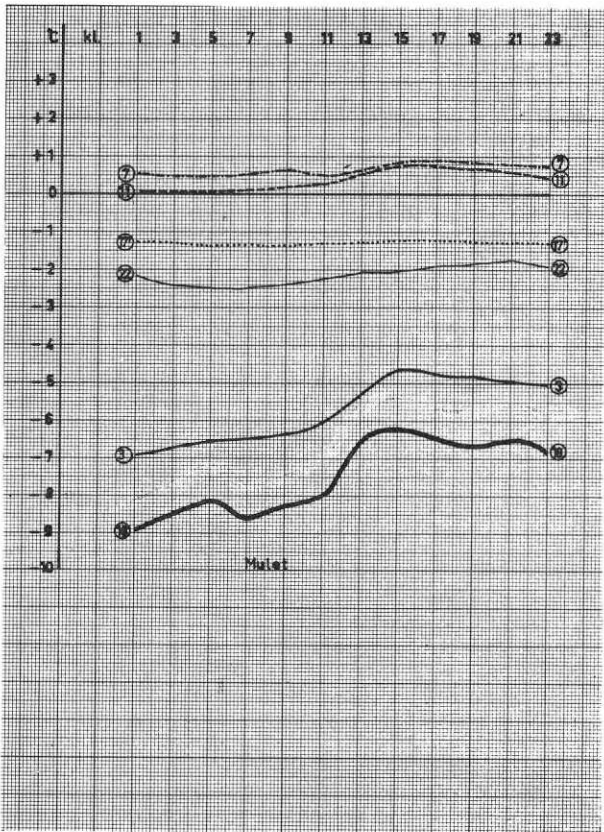


Fig.82. Temperaturer i bärlagrets undersida 22.2 1968.  
Temperatures under the gravel bed 22.2 1968.

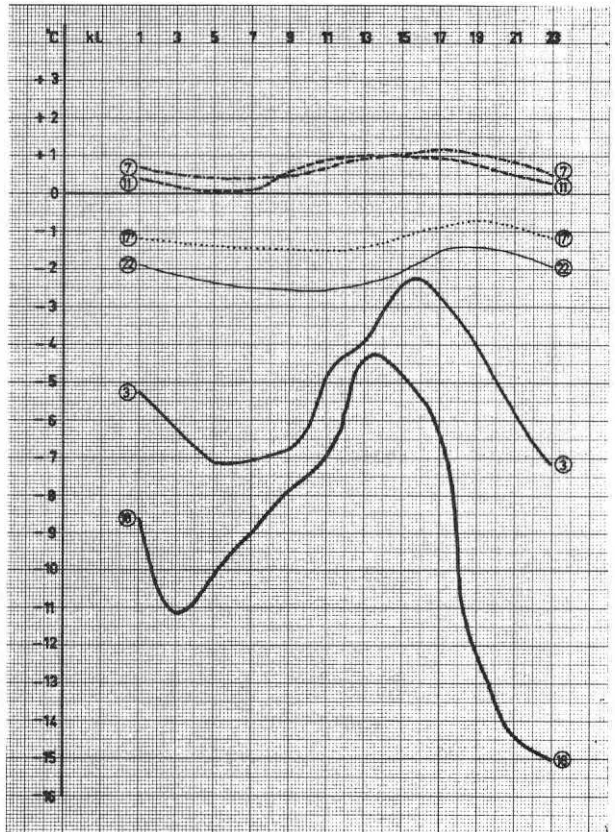


Fig.83. Temperaturer i bärlagrets undersida 23.2 1968.  
Temperatures under the gravel bed 23.2 1968.



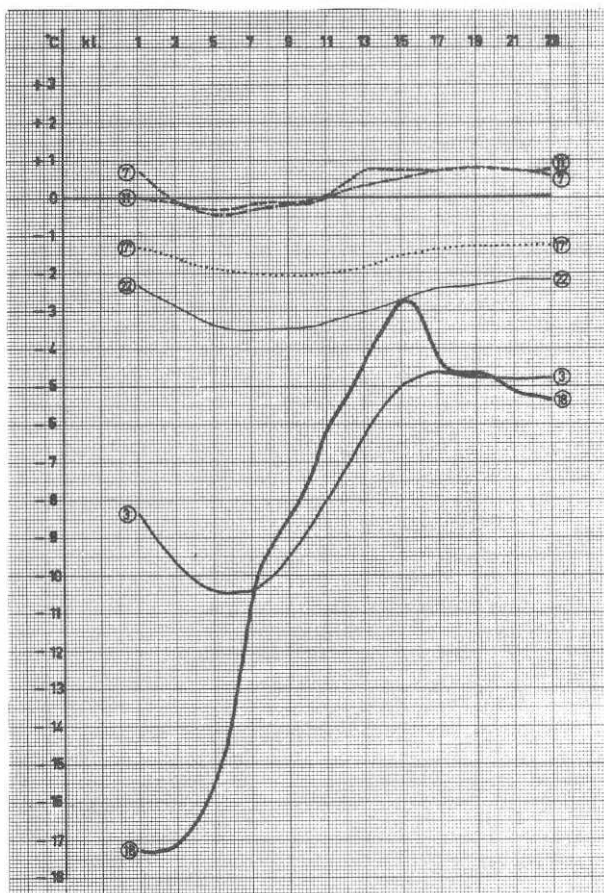


Fig.84.Temperaturer i bärlagrets undersida 24.2 1968.

Temperatures under the gravel bed 24.2 1968.

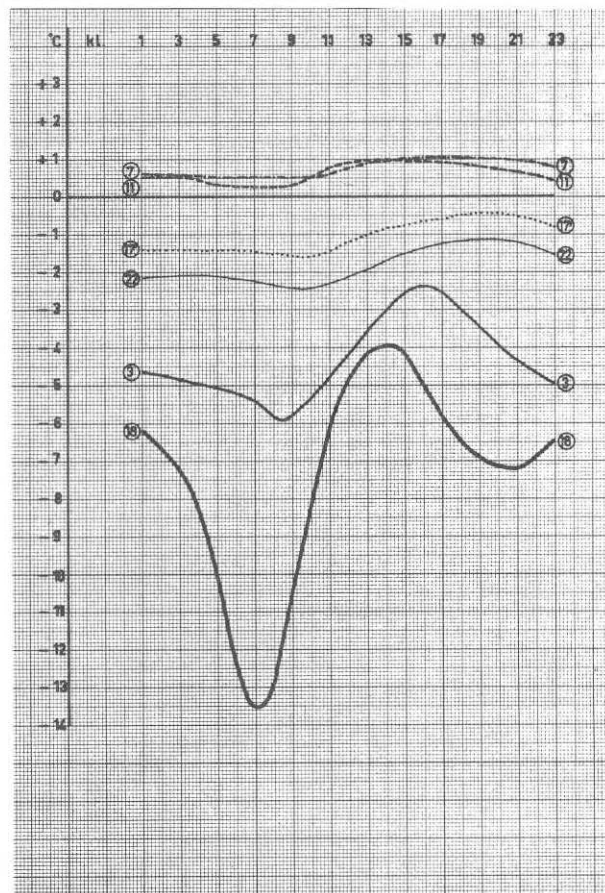


Fig.85.Temperaturer i bärlagrets undersida 25.2 1968.

Temperatures under the gravel bed 25.2 1968.

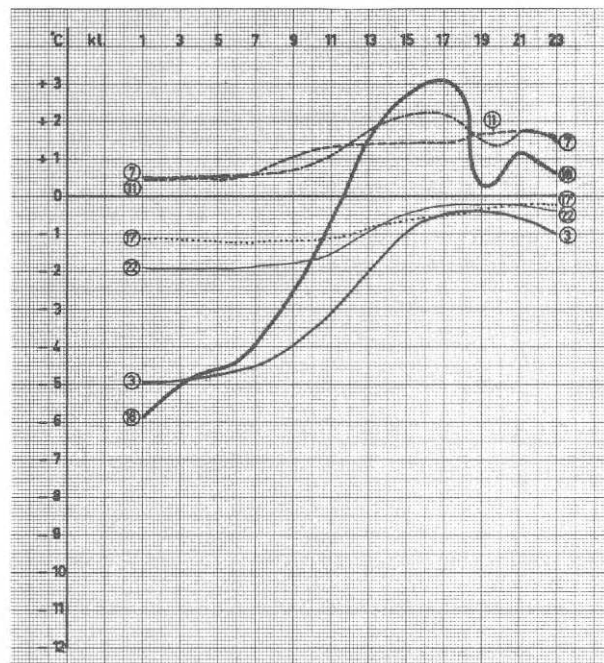


Fig.86.Temperaturer i bärlagrets undersida 26.2 1968.

Temperatures under the gravel bed 26.2 1968.

Konstruktionen förutsätter att noll-isotermen ligger i ett bärlager av tjälsäkert material. Matematiskt kan ifrågavarande djup fastställas genom rätlinjig extrapolering. Detaljstudier av temperaturer i pkt (10), (11), (2<sup>1</sup>) och (17<sup>1</sup>) ger vid jämförelse med yttemperaturerna och vid uppnådda stationära förhållanden erforderligt beräkningsunderlag. Tabell 1 visar ett urval.  $t_{18}$  utgör yttemperaturen.

Tabell 1. Temperaturer i bärlagrets över- och undersida vid stationära förhållandet.

$t_{18}$	$t_{10}$	$t_{11}$	$t_{2^1}$	$t_{17^1}$
-10	-2.0	0	-4.5	-2.1
- 6.5	0	+0.7	-2.5	-1.2
- 4.5	+1.2	+2.0	-1.7	-0.5
0	+1.5	+2.5	+0.8	+1.1

Under förutsättning av linjära förhållanden erhålls enligt fig 87 och 88 empiriskt:

$$t_{10} = 2.9 \cdot t_{11} - 2.0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$t_{11} = 0.35 \cdot t_{10} + 0.7 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$t_{10} = 0.57 \cdot t_{18} + 3.7 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$t_{11} = 0.2 \cdot t_{18} + 2.0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

Erforderlig bärlagertjocklek vid 0°C i undre skiktet erhålls vid rätlinjig extrapolering

$$B = \frac{20 \cdot t_{10}}{t_{10} - t_{11}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

insatt erhålls (cm)

$$B = \frac{11.4 \cdot t_{18}}{0.37 \cdot t_{18}} + \frac{74}{1.7} \quad \dots\dots\dots (6)$$

för

$$t_{18} = -10^{\circ}\text{C} \quad \text{blir } B = 20 \quad \text{cm}$$

$$-20^{\circ}\text{C} \quad \text{" } B = 27 \quad \text{"}$$

$$-30^{\circ}\text{C} \quad \text{" } B = 28.5 \quad \text{"}$$

dvs. når relativt snabbt ett maximivärde. En bärlagertjocklek av 30 cm bör räcka för alla aktuella temperaturer.

För den isolerade delen erhålls motsvarande samband enligt fig 89 och 90.

$$t_2^1 = 1.6 \cdot t_{17}^1 - 0.8 \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$t_{17}^1 = 0.62 \cdot t_2^1 + 0.5 \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$t_2^1 = 0.53 \cdot t_{18} + 0.8 \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$t_{17}^1 = 0.33 \cdot t_{18} + 1.0 \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$B = \frac{2.0 \cdot t_2^1}{t_2^1 - t_{17}^1} \quad \dots\dots\dots(11)$$

eller insatt

$$B = \frac{10.6 \cdot t_{18} + 16}{0.2 \cdot t_{18} - 0.2} \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$\text{För } t_{18} = -10^{\circ}\text{C} \quad \text{blir } B = 41 \text{ cm}$$

$$t_{18} = -20^{\circ}\text{C} \quad \text{blir } B = 47 \text{ cm}$$

$$t_{18} = -30^{\circ}\text{C} \quad \text{blir } B = 50 \text{ cm}$$

Beräkningen av det kritiska djupet "1B" har erhållits genom ett antaget linjärt samband mellan djup och temperatur. För den oisolerade sidan är mätvärdena väl samlade och i överensstämmelse med det lineära sambandet, varför man kan accepte-

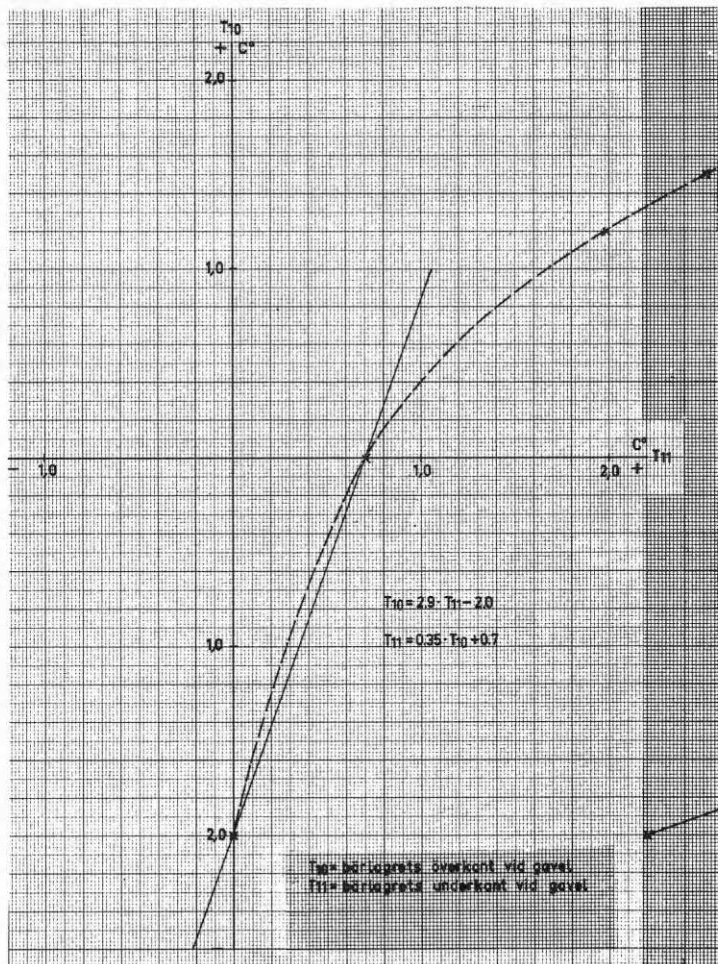


Fig.87. Temperaturer i bärlager ök och uk vid gavel.

Temperatures in gravel upper and lower levels of the gravel bed along the short side.

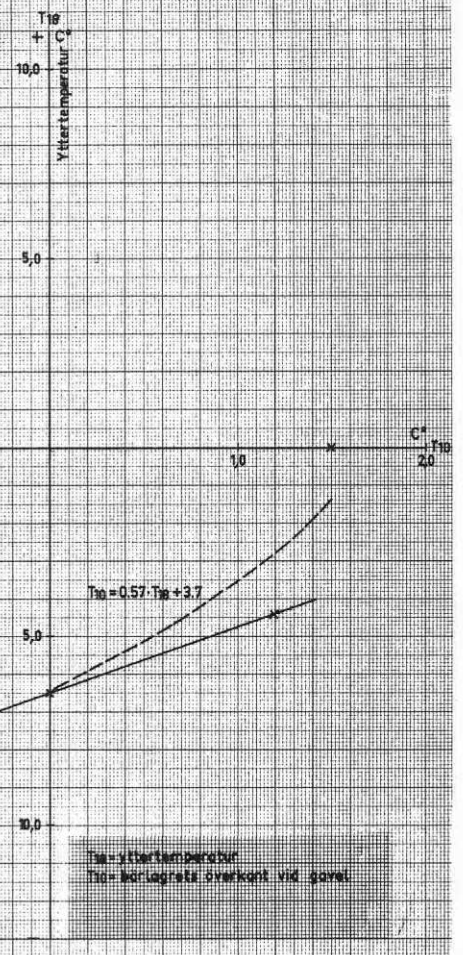


Fig.88. Temperatur i bärlager ök vid gavel i jämförelse med yttertemperatur.

Temperature in upper level of the gravel bed along the short side in comparison with the outside temperature.

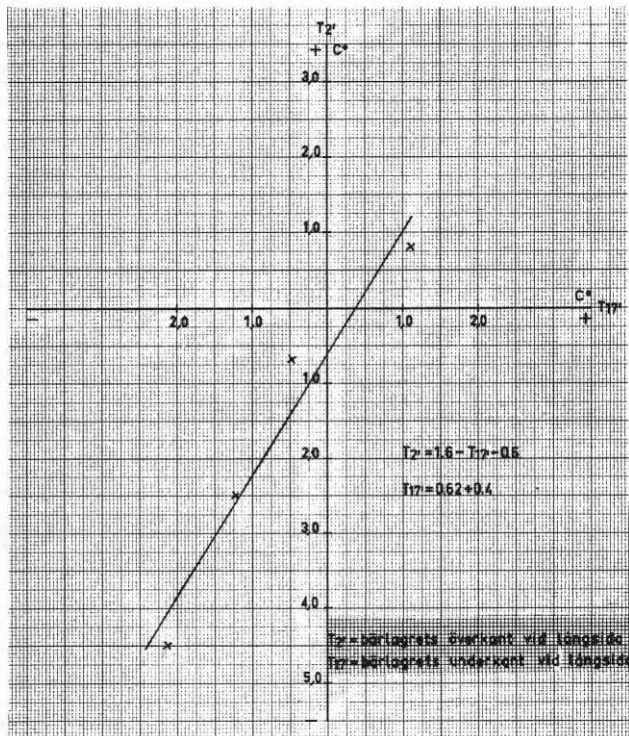


Fig.89. Temperatur i bärlager ök och uk vid långsida.

Temperature in upper and lower levels of the gravel bed along the long side.

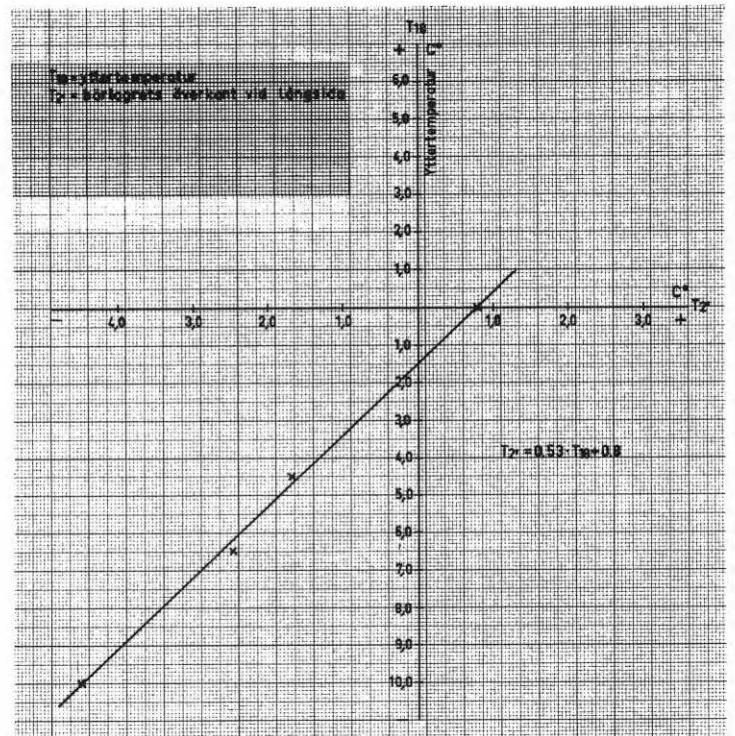


Fig.90. Temperatur i bärlager ök vid långsida i jämförelse med yttertemperatur.

Temperature in upper level of the gravel bed along the long side in comparison with the outside temperature.

ra beräkningarna som riktiga inom aktuella gränser. För den markisolerade delen ligger de uträknade värdena på säkra sidan då värmemagasinet på grund av den lutande isoleringen växer fortare än vad beräkningarna förutsätter.

Som tidigare nämnts är betingelserna från yttre temperatursynpunkt gynnsammare vid långsidan än vid gaveln. Ett 60 cm tjockt bärlager, exv. en stabil öppen stembädd, ger med säkerhet en tjälfri terrass utan markisolering. Motsvarande tjälfria terrass kan givetvis erhållas med ett bärlager med lågt värmeledningstal, exv. Leca-grus.

En jämförelse mellan pkt (7) och (11) visar att den senare i allmänhet haft högre temperatur. Under den mycket kalla perioden rådde dock det omvända förhållandet. Detta styrker här nämnda uppgift beträffande värmemagasinet.

Temperaturen i bärlagrets undersida i husmitt, pkt (14) låg hela tiden 1-2 grader lägre än den vid ovanförliggande beläggning. Då försöken avbröts den 15.5 var temperaturen ca  $+11^{\circ}\text{C}$ , men tendensen var fortfarande svagt stigande. Temperaturen pkt (14) hade ej i någon större utsträckning påverkats av yttertemperaturen. Tillfälliga växlingar i yttertemperaturen som tydligt kunde observeras vid asfaltbeläggningen var knappt märkbara i denna punkt.

#### 6.3.7 Temperaturer 0,5, 1,0 och 1,5 m under jord

Temperaturen framgår av fig 48, 49, 91, 92. Temperaturerna i slänterna utanför huset är intressanta då eventuell tjälbildning kan påverka markens stabilitet. Innanför en begränsningslinje i lutning 1:1,5 från elementens yttersida bör tjälen inte tränga in i jorden innanför.

En jämförelse mellan temperaturer på utsidan med de på insidan av markisoleringen på 0,5 m djup visar att utsidans pkt (4) vid nästan alla kalla perioder legat under  $0^{\circ}\text{C}$  och

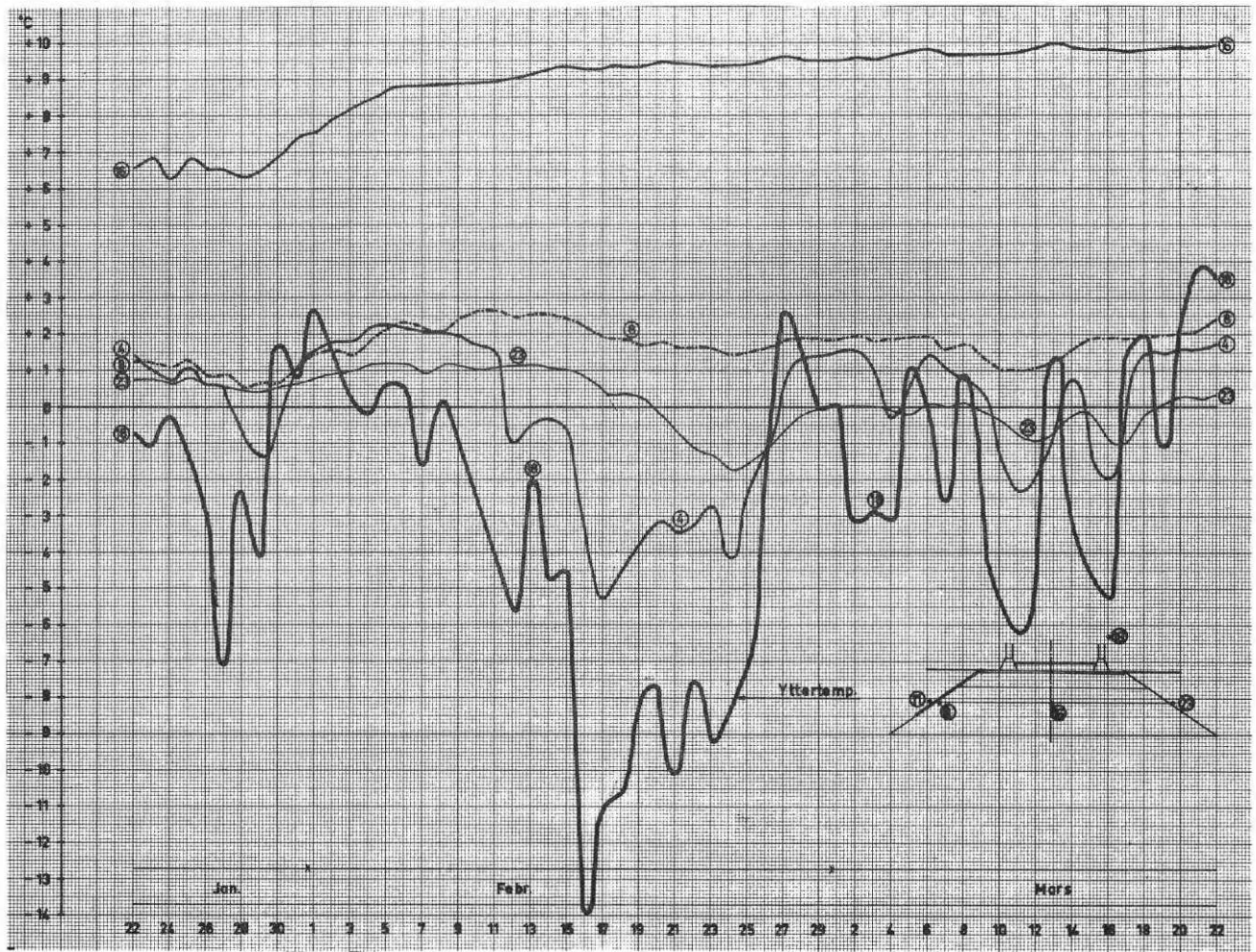


Fig.91. Temperaturer 0.5 m under mark 22.1 - 22.3 1968.

Temperatures 0.5 m under ground surface 22.1 - 22.3 1968.

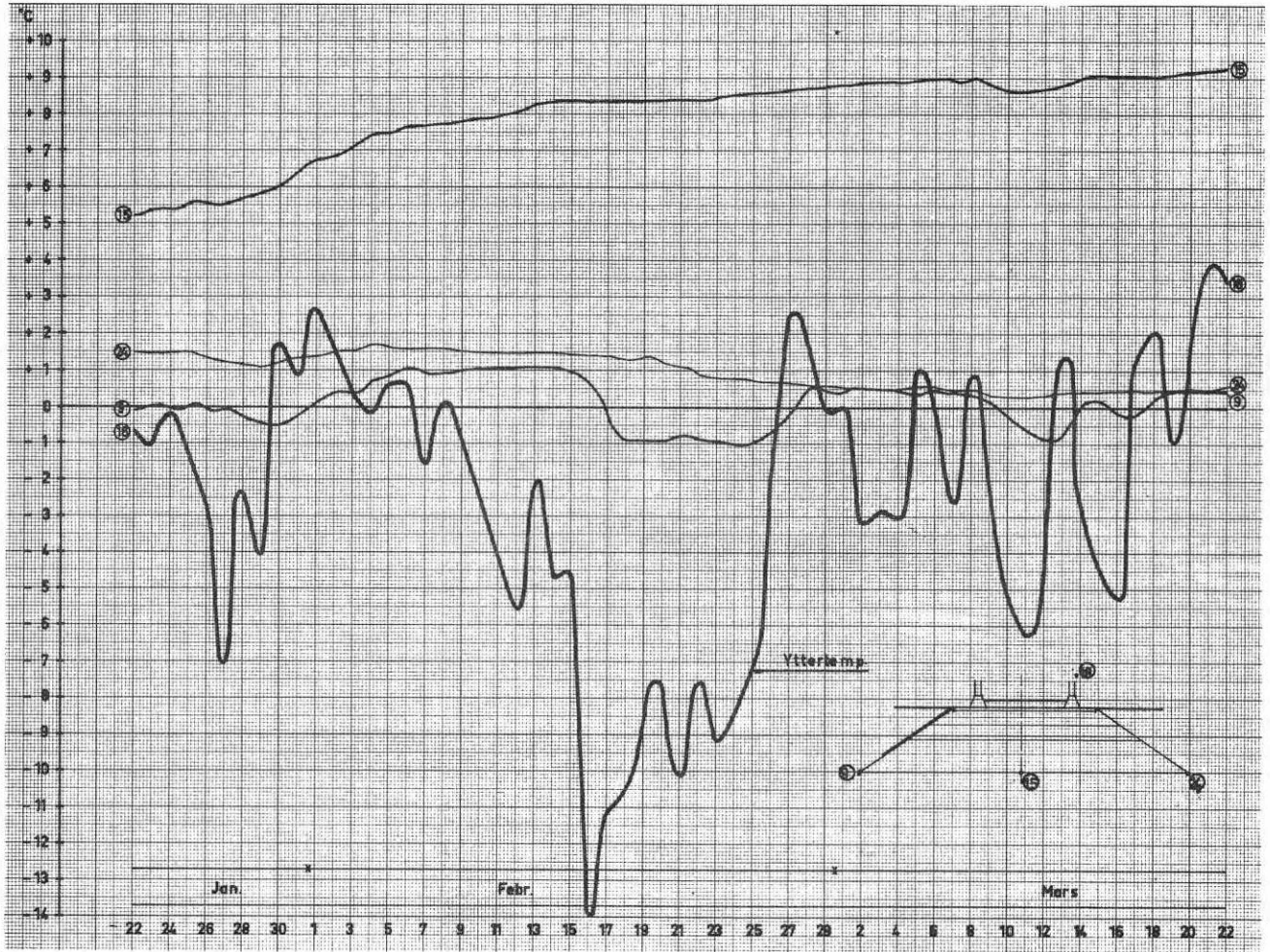


Fig.92. Temperaturer 1.0 m under mark 22.1 - 22.3 1968.

Temperatures 1.0 m under ground surface 22.1 - 22.3 1968.

i allmänhet väsentligt under. Temperaturen på insidan, pkt (8), har bortsett från första uppvärmningsperioden i januari legat ett par grader över  $0^{\circ}\text{C}$ , vilket är gynnsamt från konstruktionssynpunkt. I motsats till pkt (8) följer pkt (4), belägen på utsidan av markisoleringen, väl yttemperaturens växlingar.

Pkt (9), -1,0 m som ligger under och utanför markisoleringen (-1,0 m) registrerar yttemperaturens växlingar, men i avsevärt mindre grad än pkt (4) eftersom pkt (9) också påverkas av värmeströmning från omgivande jord.

Pkt (24) i motsvarande läge i den oisolerade långsidan visar inga minustemperaturer. Man kan förledas tro att markisoleringen haft en negativ effekt i pkt (9). Så är ej fallet utan förklaringen är de sämre betingelserna vid gaveln som förorsakat en temperaturskillnad av 1,5 till  $3^{\circ}\text{C}$ . Detta framgår bl. a. av fig 92.

När risk föreligger att motsvarande dåliga förutsättningar uppträder bör konstruktionen förstärkas så att risk för skador elimineras. Detta bör exv. ske genom en horisontell förlängning av isoleringen. Man får samtidigt en frostskyddad dränering. Den förlängda isoleringen skall vara vattengenomsläpplig.

I husmitt 0,5 och 1,0 m under jord, pkt (16) resp (15), har temperaturerna sakta stigit. Vid mätperiodens slut den 15.5 inträffade en stabilisering för bägge punkterna vid ca  $10^{\circ}\text{C}$ .

Pkt (17) 1,5 m under markytan var inkopplad endast under en period i början (fig 47) och en period i slutet, den senare ej redovisad. Den 15.5 var temperaturen i denna pkt ca  $8^{\circ}\text{C}$ . Temperaturen steg fortfarande sakta.

## 7 SÄTTNINGSMÄTNINGAR

Grundläggning på packad fyllning är numera en vanlig metod, vilken i och för sig inte motiverar nya mätningar. I detta försök har dock som fyllning i terrassen använts en morän med gradering som inte ryms inom vedertagna fyllningsmaterial. Den flerskiktsskonstruktion som används avviker från normal grundläggning. Asfaltbeläggnings deformationer under långtidslast liksom materialvandringar i skiktgränser är nya problemställningar som måste besvaras genom sättningmätningar. Därtill kommer deformationer orsakade av tjälbildning i asfaltbetong, bärlager och morän.

Vid redovisning av sättningmätningar behandlas de olika materialskikten var för sig. Mätpunkternas placering i plan visas i fig 93, sättningmätningarna redovisas i fig 98-107.

Yttertemperaturkurvan är inlagd i figurerna för att eventuellt samband mellan temperatur och deformation skall spåras.

Plan

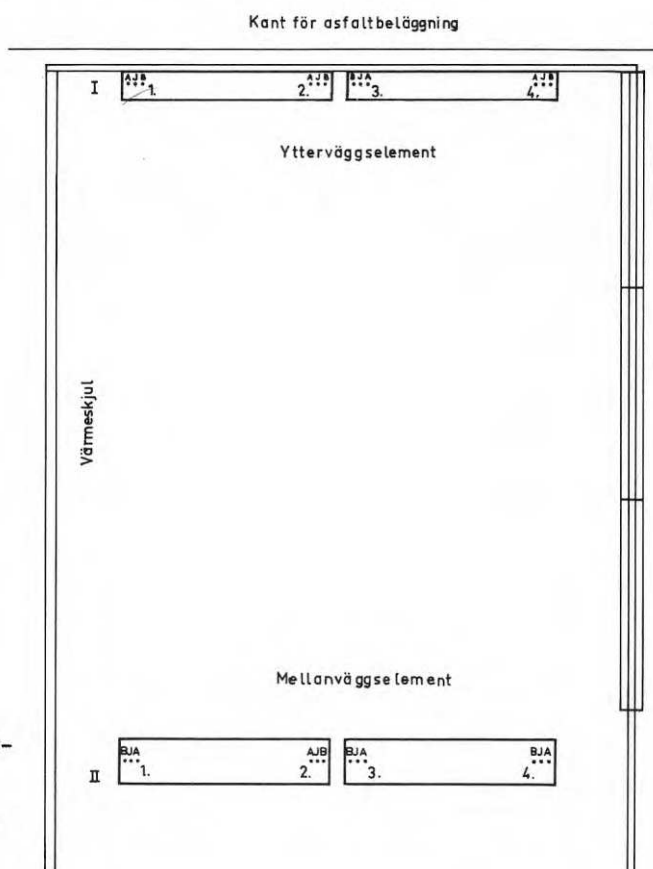


Fig.93.  
Plan över mätpunkter, sättningmätningar.

Plan showing measuring points, settlement measurements.



## 7.1 Asfaltbetongens deformation

Mätresultaten vid yttervägg redovisas i fig 94 (I:1, 2, 3, 4). Som tidigare beskrivits har lasten påförts i tre etapper. När lasten 92 t påfördes ( $\sigma = 1,8 \text{ kp/cm}^2$ ) var marken tjälfri. Sammanpressningen av skiktet var i pkt (1) och (4) 0,30 mm och i punkterna (2) och (3) 0,35 mm.

Omedelbart efter det lasten påförts inträffade en period med stark kyla. Den 7.12 ökades lasten till 146 t ( $\sigma = 2,9 \text{ kp/cm}^2$ ). En ytterligare sammanpressning av 0.10 mm mättes upp.

Under den långa belastningsperiod som därefter följde erhöles en total sammanpressning för punkterna (1) och (4) på 0,95 mm och för punkterna (2) och (3) 0,75 mm.

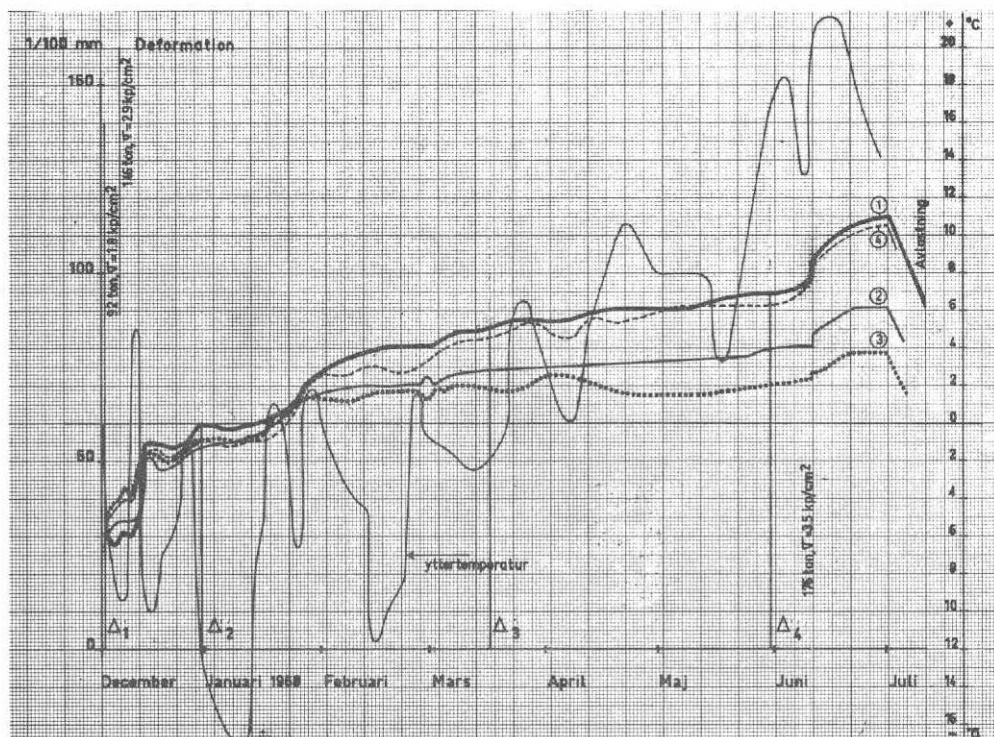


Fig.94.Deformation i asfaltbeläggning under yttervägg.

Deformation of the asphalt layer under the external walls.

Temperatures inverkan på deformationen bör observeras. Väntad sammanpressning vid andra pålastningen inträffar först efter temperaturstegring. Denna tendens återfinns också vid andra tillfällen.

Vid pålastning i tredje etappen med ytterligare 30 t till 176 ( $\sigma = 3,5 \text{ kp/cm}^2$ ) erhöles en momentan sammanpressning av ca 0,05 mm. Fram till mätningens slut efter ytterligare tre veckor hade innerpunkterna stabiliserat sig och erhållit en ytterligare sammanpressning av 0,05 mm till 0,10 mm. Punkterna (1) och (4) hade ej stabiliserats. Totalt uppmättes här ca 0,15 mm efter sista lastpåföringen. Efter lastens borttagande uppmättes en momentan elastisk återgång av ca 0,10 mm. Mätresultaten vid mellanvägg redovisas i fig 105 <sup>95</sup> (II:1, 2, 3, 4).

Deformationen i pkt (2) skiljer sig avsevärt från deformationer i övriga punkter. Förklaringarna kan vara flera. Beläggningen har ej haft tillräcklig markkontakt, cementbruket under änden på balken har ej fyllts upp till elementets undersida eller mätplattan har monterats fel. Det finns därför anledning utsluta dessa mätvärden i den fortsatta bedömningen. De tas emellertid med i tabell 2, då utvecklingen efter 1.1 överensstämmer med övriga tre punkter.

Sammanpressningen följer i huvudsak samma schema som för ytterväggarna. Vid lasten 92 t ( $\sigma = 2,2 \text{ kp/cm}^2$ ) är denna 0,23 mm. Efter lasten 146 t ( $\sigma = 3,5 \text{ kp/cm}^2$ ) nås momentant 0,51 mm och vid denna belastningsperiods slut 0,66 mm. Vid 176 t ( $\sigma = 4,2 \text{ kp/cm}^2$ ) nås vid mätningarnas slut 0,71 mm.

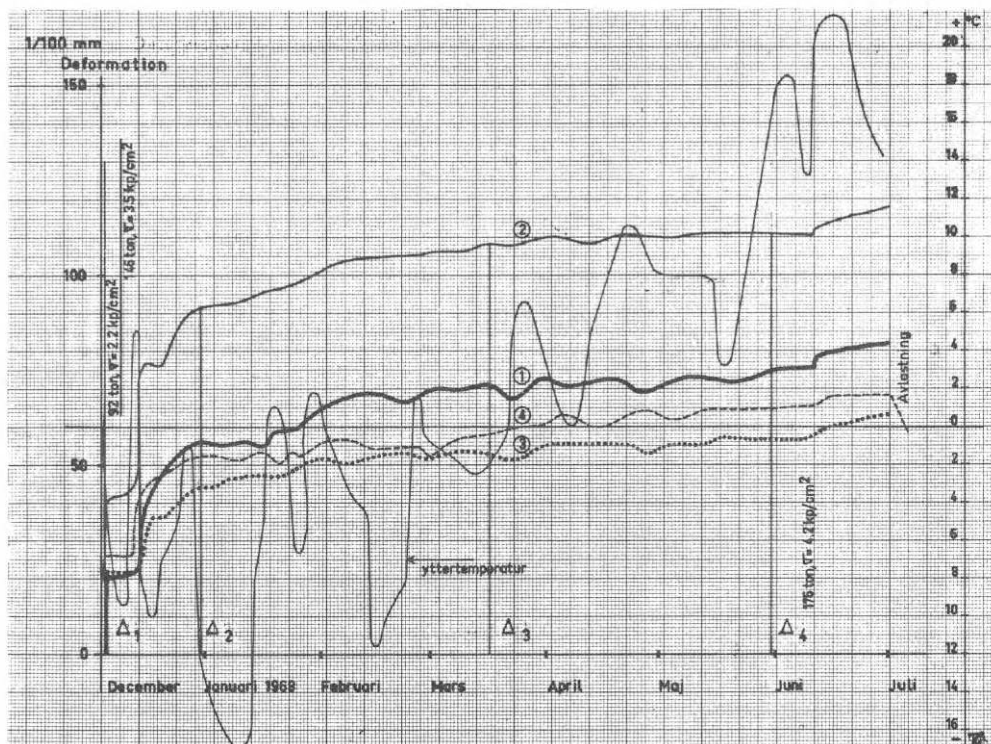


Fig.95.Deformation i asfaltbeläggning under mellanvägg.

Deformation of the asphalt layer under the interior walls.

En jämförelse mellan yttervägg och mellanvägg har gjorts i tabell 2.

Därvid är

$K$  = kompressionsmodul,  $\text{kp/cm}^3$

$\sigma$  = påkänning genom belastning,  $\text{kp/cm}^2$

$\Delta$  = deformation, cm

Vidare är

$\Delta_1$  = deformation efter 1. laststeget (92 t)

$\Delta_2$  = avslutad begynnelsedeformation efter 2. laststeget (146 t). På grund av tjälbildning bedömd som avslutad omkr 1.1.

$\Delta_3$  = deformation vid mitten av perioden, 15.3

$\Delta_4$  = deformation vid slutet av perioden

$K_1$  = kompressionsmodul vid 1. laststeget

$K_2$  = kompressionsmodul efter korttidsdeformation vid 2. laststeget

$K_4$  = totalt kompressionsmodul vid 2. laststeget

$\eta_1$  = restdeformation för hela mättiden (%) =  $(\frac{\Delta_4}{\Delta_2} - 1) \cdot 100$

$\eta_2$  = restdeformation för halva mättiden (%) =  $(\frac{\Delta_4}{\Delta_3} - 1) \cdot 100$ .

Begynnelsedeformationen i tabell 2 antas representeras av värdena ~ den 1.1 och lågtidssättning av värdena ~ 30.5.

Tabell 2. Deformationer i asfaltbeläggning

Pkt	Deformation				Restdef%		Kompression			Anteckningar
	1	2	3	4	r	r	K	K	K	
I:1	0,030	0,060	0,086	0,095	53	10	60	48	30	$\Delta_1=1,8 \text{ kp/cm}^2$ $\Delta_2=2,9 \text{ kp/cm}^2$
2	0,035	0,053	0,074	0,080	51	8	51	55	36	
3	0,035	0,055	0,069	0,070	28	1	51	53	41	
4	0,035	0,055	0,083	0,092	67	11	51	53	31	
medelv				0,084	51	7,5			35	
II:1	0,020	0,056	0,071	0,075	34	5	110	62	46	$\Delta_1=2,2 \text{ kp/cm}^2$ $\Delta_2=3,5 \text{ kp/cm}^2$
2	(0,040)	(0,092)	(0,108)	(0,111)	(21)	(3)	(55)	(38)	(31)	
3	0,022	0,044	0,053	0,057	30	7	100	79	61	
4	0,026	0,053	0,058	0,065	22	10	85	66	54	
medelv				0,065	29	7,5			54	

Av diagrammen och värdena i tabellen kan man således dra följande slutsatser:

1. Deformationerna i asfaltbeläggningen kommer sannolikt inte att överskrida 1 mm. Sättningar av denna storleksordning är negligerbara, i all synnerhet som de dessutom är jämna. Deformationen kan minskas om beläggningen görs öppnare så att stenskelettet och ej asfaltbindemedlet inklusive de finare fraktionerna blir bärande. Den i försöken erhållna sammanpressningen av 1 mm för den täta asfaltbetongen utgör 2.5% vilket är en normal efterkomprimering
2. Deformationerna avtar relativt snabbt och likartat (jfr  $\eta_2$ ) och uppnår sannolikt ett gränsvärde obetydligt högre än det vid mätningarna erhållna slutvärdet

3. Deformationerna har genomgående varit större under ytterväggarna trots lägre påkänningar. Detta sammanhänger med "utmangling" av beläggningen vid kanten på grund av inverkan från upprepade frysningar och upptiningar i den underliggande moränen (se forts.)

## 7.2 Bärlagrets deformation

Mätresultaten vid ytterväggar redovisas i fig 96. Deformationerna följer här samma tendens som för asfaltbetongen. De är störst vid ändarna pkt (1) och (4) där tjäle funnits i större utsträckning.

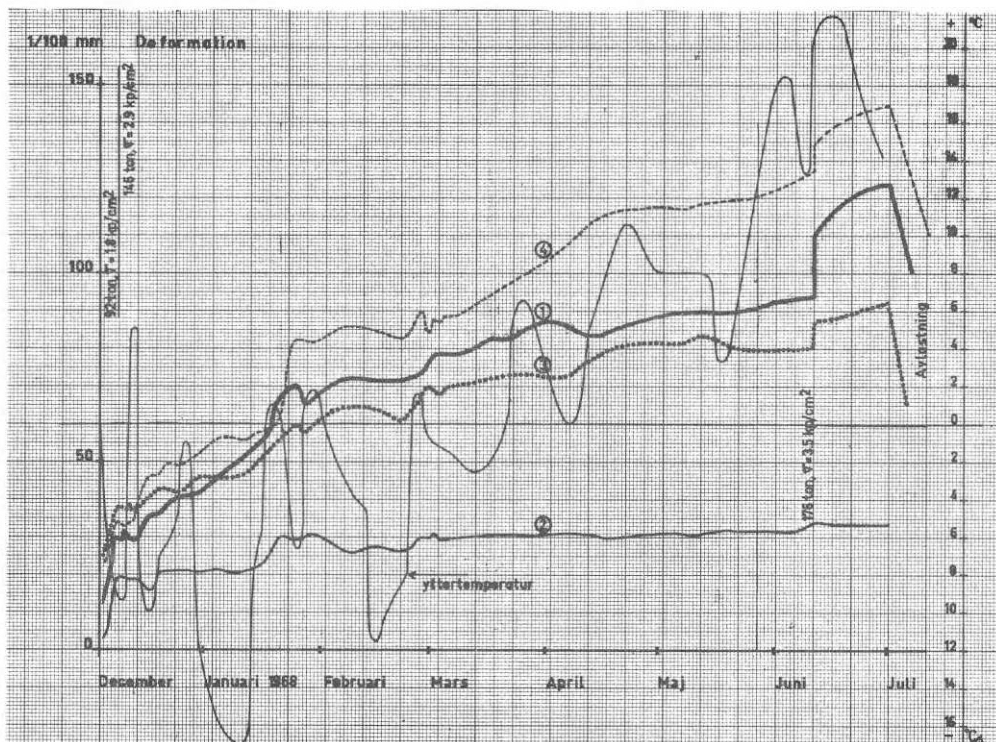


Fig.96. Deformation i bärlager under ytterväggar.

Deformation in the foundation bed under the external walls.

Medan deformationerna vid innerpunkterna (I:2, I:3) stabiliserats mot ett bestämt gränsvärde har de vid ytterpunkterna (I:1, I:4) inom mättiden inte gjort detta. Värdena varierar något, vilket förklaras av att materialet för bärlagret var relativt ojämnt. För pkt (3) är maximala sättningen 0,8 mm och för pkt (4) 1,2 mm. Återgången vid avlastningen efter tredje laststeget blev i medeltal ca 0,3 mm.

Mätresultaten vid mellanväggar redovisas i diagram fig 97. Deformationerna har varit mindre i ändarna, (pkt II:1, II:4) än i mitten (pkt II:3) vilket är helt naturligt, men ej förelegat för ytterväggarna. Observeras bör att (pkt II:2) ej medtagits i bedömningen (jfr för asfaltbeläggning och tabell 2).

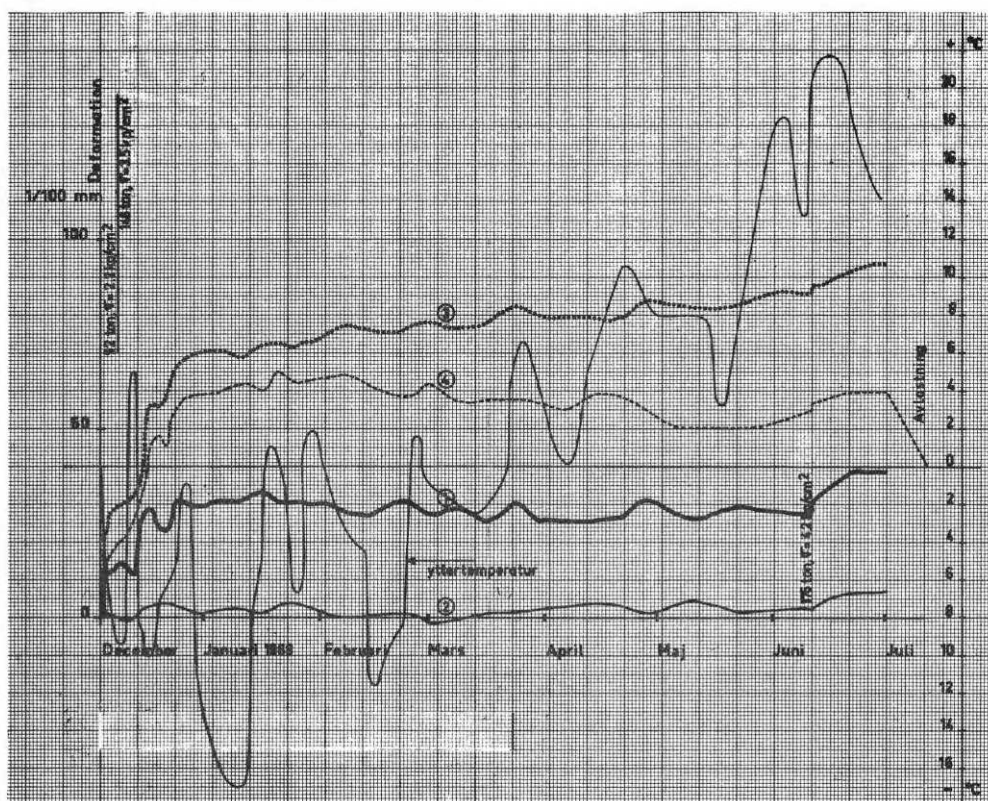


Fig.97. Deformation i bärlager under mellanväggar.

Deformation in foundation bed under the internal walls.

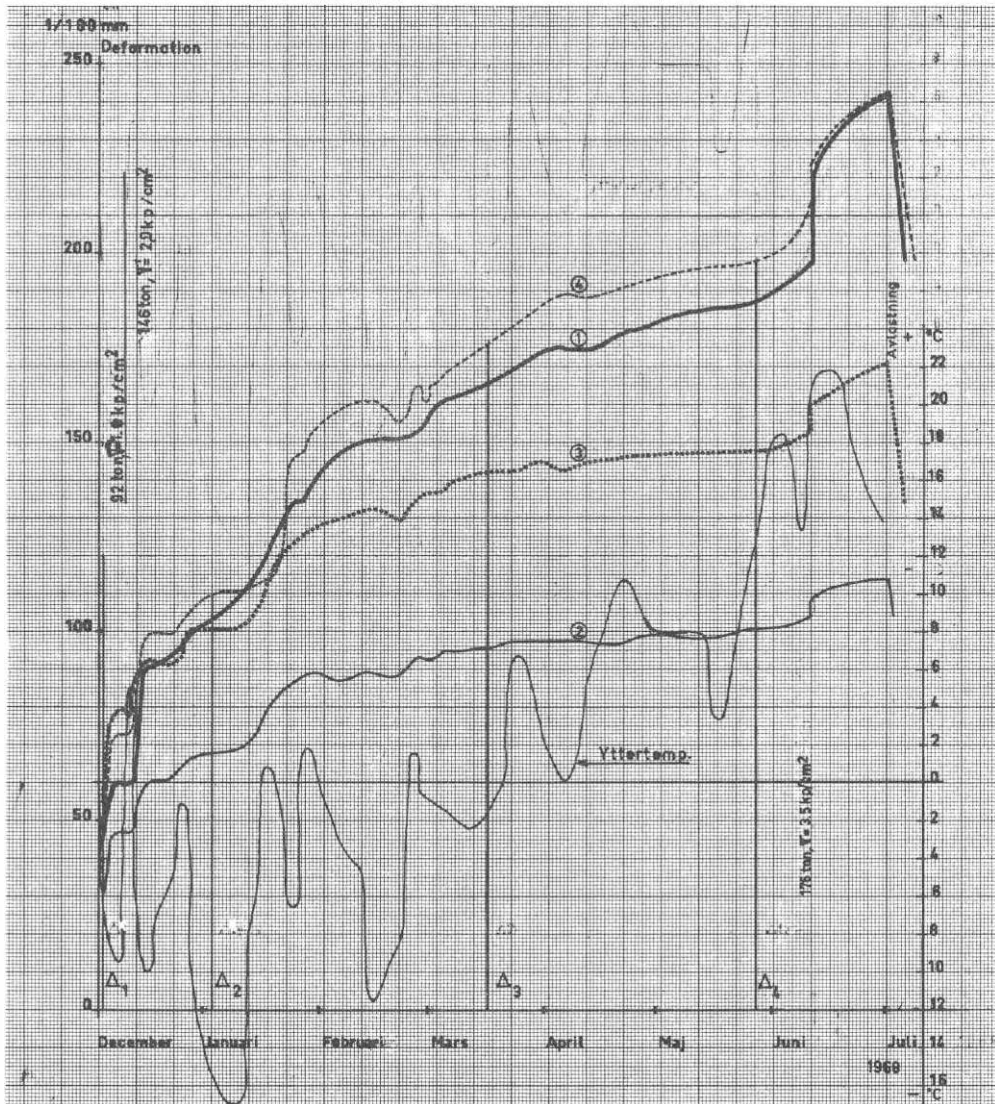


Fig.98. Deformationer t.o.m. bärlager under ytterväggar.

Deformations down to and including the bed layer under the external walls.

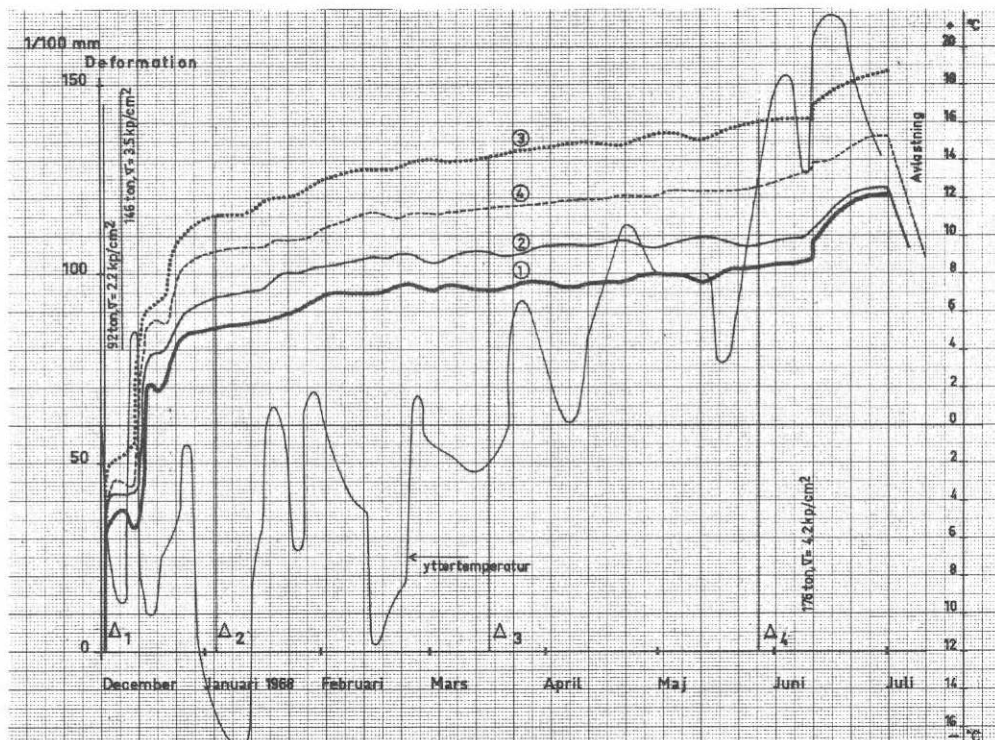


Fig.99. Deformationer t.o.m. bärlager under mellanväggar.

Deformations down to and including the bed layer under the interior walls.

På grund av missöde vid avlastningen har endast värdet för (pkt II:4) kunnat säkras. Återgången blev där 0,2 mm.

Tabell 3 visar samma jämförelsesiffror som tabell 2 för asfaltbetongen. Värdena är baserade på deformationerna i asfalt- och bärlager t. o. m. bärlagret enligt fig 98 och 99.

Tabell 3. Deformationer i asfaltbetong + bärlager.

Pkt	Deformation				Restdef%		Kompression			Anteckningar
	1	2	3	4	r 1	r 2	K 2	K 4	K 4	
I:1	0,044	0,102	0,165	0,187	83	13	41	28	16	$\sigma_1=1,8 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_2=2,9 \text{ kp/cm}^2$
2	0,030	0,067	0,095	0,100	49	5	60	43	29	
3	0,055	0,100	0,142	0,148	48	4	33	29	20	
4	0,055	0,109	0,175	0,198	82	13	33	27	15	
medelv				0,158	66	9			20	
II:1	0,032	0,085	0,095	0,102	20	7	69	41	34	$\sigma_1=2,2 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_2=3,5 \text{ kp/cm}^2$
2	0,042	0,094	0,106	0,107	14	1	53	33	33	
3	0,050	0,115	0,131	0,140	22	7	44	27	25	
4	0,045	0,106	0,117	0,123	16	5	49	30	28	
medelv				0,118	18	5			30	

En jämförelse mellan kompressionsförhållandena visar olikheter mellan ytter- och innerväggar. Trots större laster och påkänningar vid innerväggarna är deformationerna större för ytterväggarna. Kompressionsfaktorn är lägre. Sämsta värdena har ytterpunkterna vid ytterväggarna. Stigningen för den sista 2 1/2 mån-perioden är väsentligt högre för dessa med 13% restdeformation mot 5% för övriga punkter. Här har sannolikt temperaturerna medverkat, vilket bör observeras. Sättningarna var dock mycket små vid försöket.

### 7.3 Moränterrass

Resultaten av sättningar vid ytterväggar redovisas i diagram, fig 100.



För ytterpunkterna (I:1, I:4) har lyftningar skett i samband med tjälinträngning. När tjälen släppt har lyftningarna återgått utan att nämnvärt ha stört det normala sättningsförloppet. Samma tendens återfinns för innerpunkterna (2) och (3), men ej så utpräglat. Detta sammanhänger med de kallare betingelserna vid hörnen av skjulet.

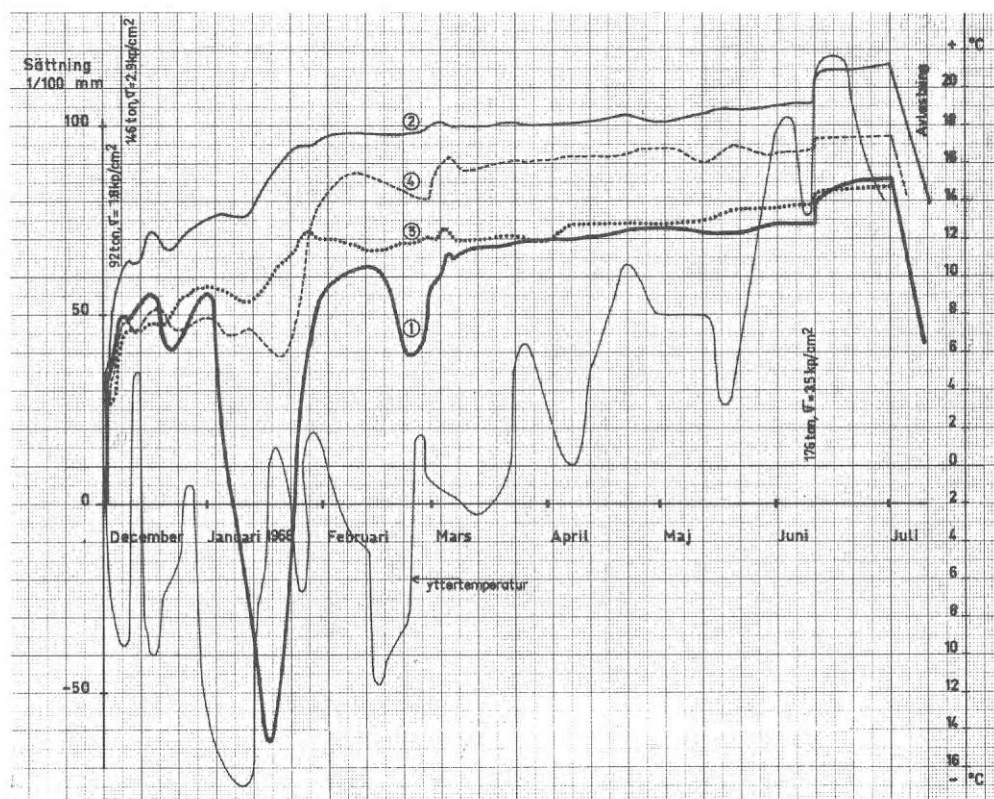


Fig.100.Sättningar i undergrunden (moränen) under ytterväggar.

Settlement in the foundation (moraine) under the external walls.

Den totala deformationen i moränterrassen (djup 2,0 m) är mindre än 1,0 mm. Då sättningarna efter pålastning avtar snabbt mot ett gränsvärde är deformationsförloppet godartat. Någon påtaglig och bestående inverkan på deformationen har upprepade tjälbildningar inte haft. Återgången vid avlastningen var större än för bärlager och beläggning.

Mätningarna vid mellanväggar redovisas i fig 101.

Då tjälpåverkan i huvudsak saknats har sättningarna ett jämnare förlopp. De når totalt samma storlek som för ytterväg-

garna 0,6 - 0,9 mm, med lägre värden för ytterpunkterna.  
De slutliga värdena har liksom för ytterväggarna erhållits relativt snabbt.

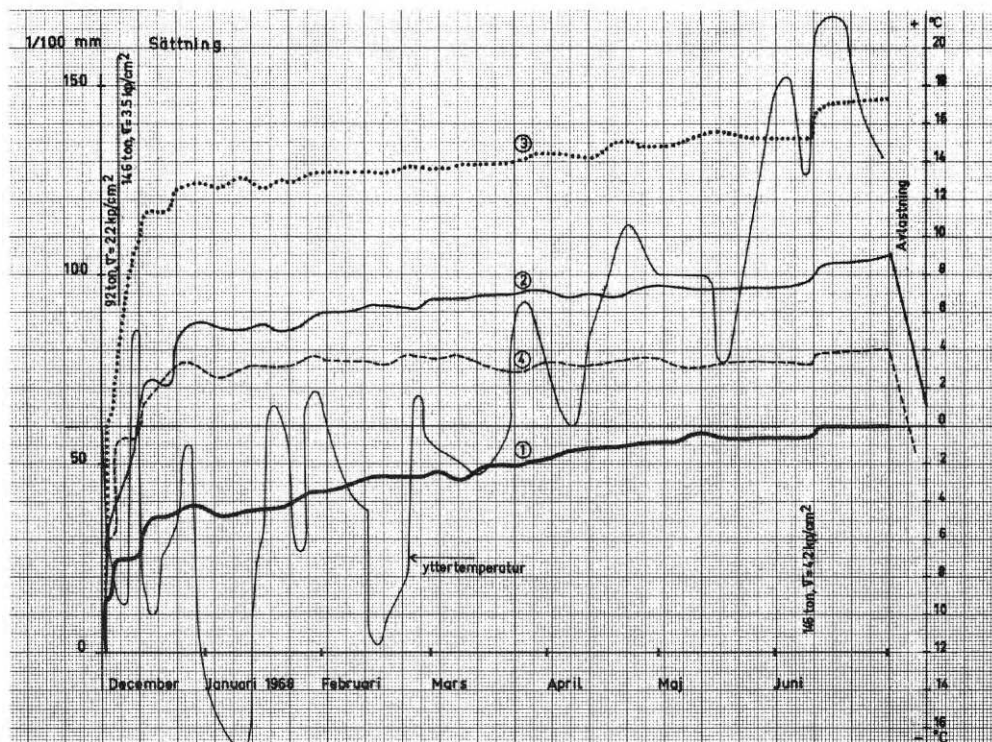


Fig. 101. Sättningar i undergrunden (moränen) under mellanväggar.

Settlement in the foundation (moraine) under the interior walls.

Jämförbara värden för de totala sättningarna t. o. m. moränen är införda i tabell 4 tagna ur fig 102 och 103.

Tabell 4. Totala sättningar. Deformationer i asfaltbetong + bärlager + morän.

Pkt	Deformation				Restdef%		Kompression			Anteckningar
	1	2	3	4	r 1	r 2	K 1	K 2	K 4	
I:1	0,071	0,171	0,274	0,297	73	8	25	17	10	$\sigma_1=1,8 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_2=2,9 \text{ kp/cm}^2$
2	0,064	0,143	0,197	0,205	43	4	28	20	14	
3	0,080	0,158	0,212	0,223	41	5	23	18	13	
4	0,075	0,158	0,264	0,287	81	9	24	18	10	
medelv				0,263	60	6,5			12	
II:1	0,047	0,125	0,146	0,156	25	7	47	28	22	$\sigma_1=2,2 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_2=3,5 \text{ kp/cm}^2$
2	0,063	0,180	0,202	0,206	15	2	35	19	17	
3	0,100	0,238	0,260	0,274	15	5	22	15	13	
4	0,065	0,178	0,190	0,196	10	3	34	20	18	
medelv				0,208	16	4,2				

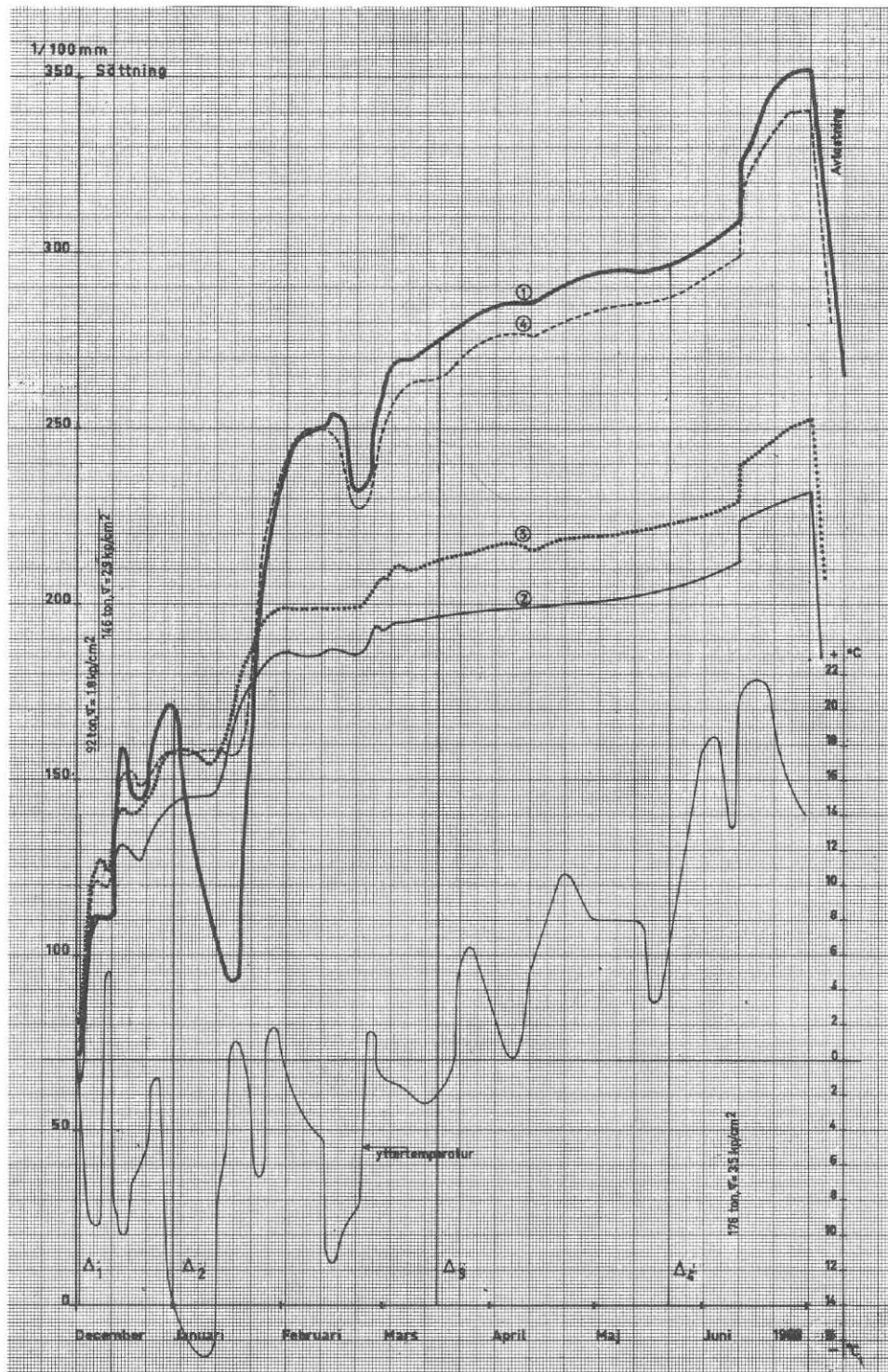


Fig.102.Totala sättningar under ytterväggar.

Total settlement under the external walls.

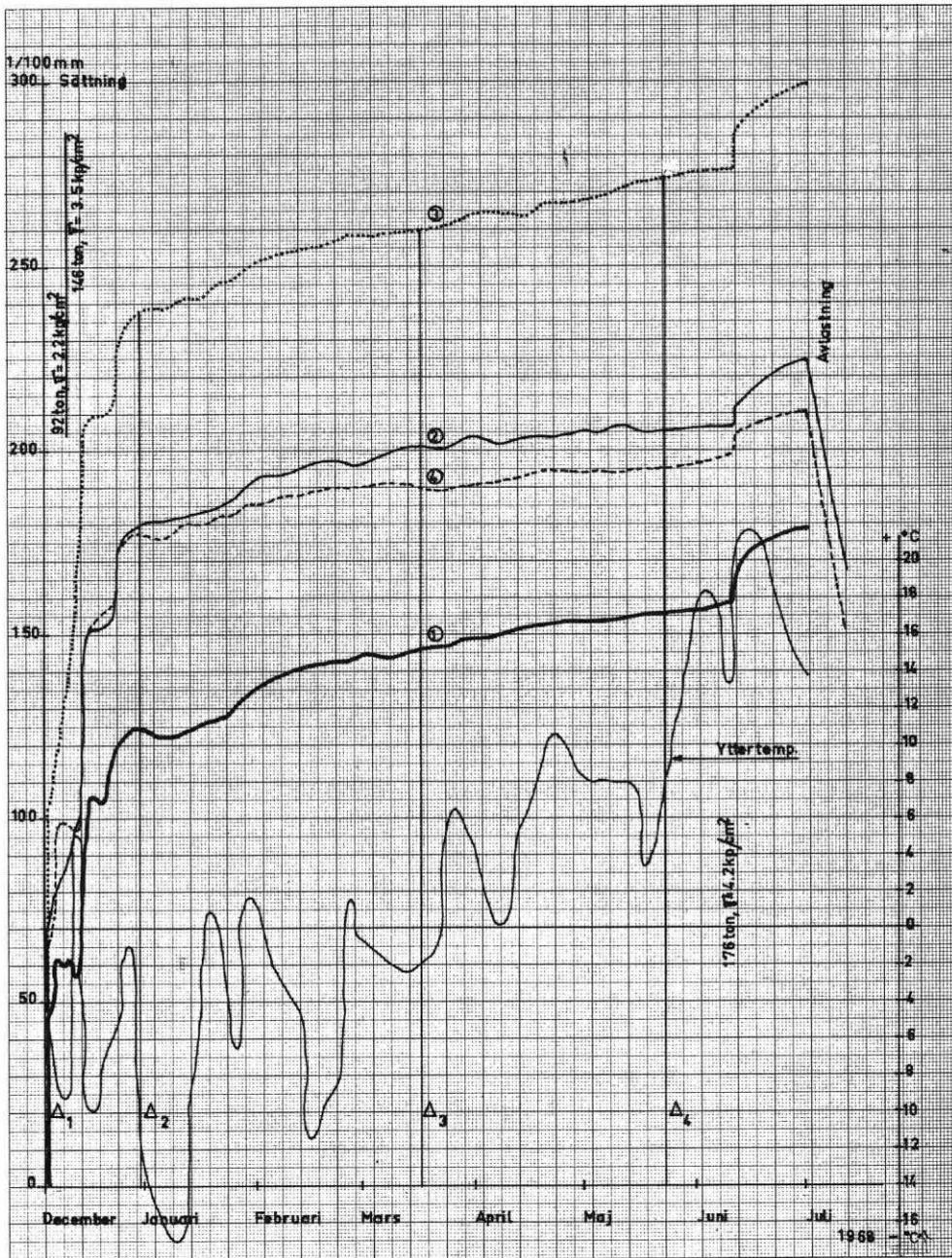


Fig.103. Totala sättningar under mellanväggar.

Total settlement under the internal walls.

#### 7.4 Slutsatser

I fig 104 visas medelvärden för totala sättningar vid ytterpunkter (y) och innerpunkter (i) för respektive ytter- (I) och mellanväggar (II). Sättningarna i mellanväggspunkterna (IIy och Iii) visar ett normalt förlopp. Skillnaderna i sättning mellan punkterna IIy och Iii är naturliga med hänsyn till gynnsammare lastspridning i jord vid ytterpunkterna.

Vid ytterväggspunkterna visar sättningskurvorna ett oregelbundet förlopp, särskilt markerat för punkten Iy. Anmärkningsvärt är dessutom att sättningarna i ytterpunkterna (Iy) blivit större än i innerpunkterna (Ii). Förklaringen till detta kan härledas till de upprepade tjälbildningarna, mest omfattande i ytterpunkterna. Dessa kvarstående deformationer har huvudsakligen inträffat i bärlager och beläggning. De torde i första hand orsakats av oregelbundna tjälkrafter i den underliggande moränen, vilka lokalt varit mycket stora.

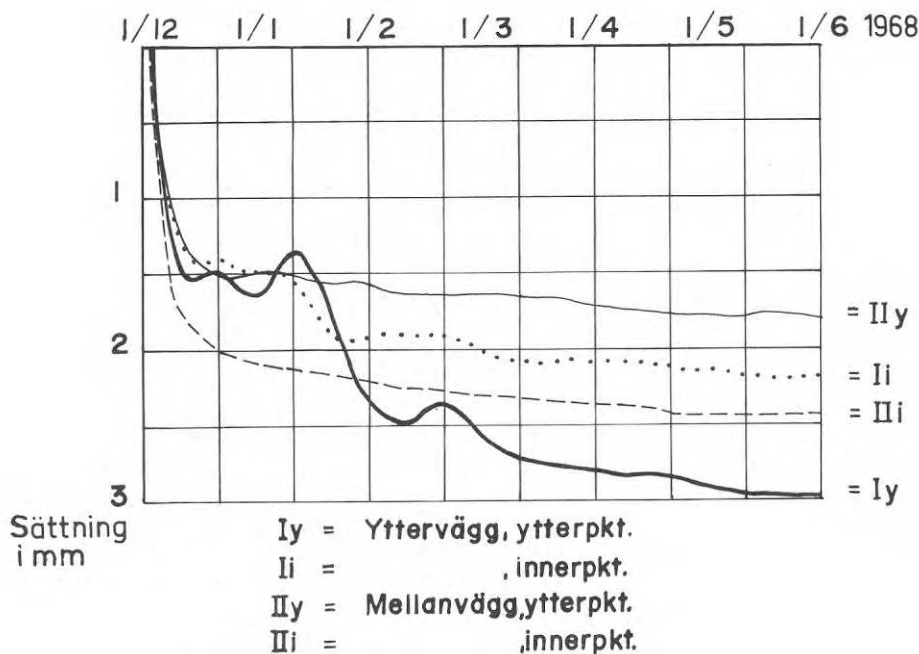


Fig.104.Totala sättningar för ytterväggar och mellanväggar.

Total settlements for external and internal walls.

Intill mellanväggselementen på en sträcka av ca 0,3 m från kanten buktade beläggningsen upp maximalt ca 5 mm efter påförning av slutlasten. Detta svarar mot den totala nedsjunkningen med tillägg av deformation av negativt moment i beläggningsen. Detta har den praktiska betydelsen, att golvläggning bör ske sedan hela lasten påförts. Reglarna för golvet måste klossas på beläggningsen.



## 8 FÖRSLAG TILL KONSTRUKTIONER

### 8.1 Erfarenheter från försöken

Försöken har gett följande erfarenheter:

#### 8.1.1 Grundplattor

De vid försöken använda plattorna (elementen) är dimensionerade för trevånings lamellhus. Två elementtyper har använts; den ena för ytterväggar, den andra för bärande mellanväggar. Dessa har visat sig lätthanterliga och väl avpassade för sitt ändamål. Vid andra hustyper kan modifieringar lätt göras.

Plattorna bör vara försedda med ursparningar vid ändarna med ingjutna stålstänger för kroklyft.

Plattorna sätts i ett lättflytande cementbruk (1:4), vars tjocklek kan varieras mellan 1 - 5 cm för att ta upp variationer i belägningens nivå.

Vidhäftningen mellan cementbruk och asfalt har visat sig anmärkningsvärt god. Någon särskild förankring fordras inte.

#### 8.1.2. Asfaltbeläggning

Den täta typ av asfaltbetong som används bör vid större laster ersättas med en öppnare och stabilare typ.

Den valda beläggningstjockleken får ej överskridas utan bör hellra minska så långt bärigheten under byggnadsskedet medger.

Det vid försöken använda asfaltbindemedlet A 135 gav ingen besvärande lukt.



En lämplig beläggning vid flerfamiljshus är 80 HAB 16 ö.  
Vid småhusbyggande kan lämpligen 60 HAB 12 t användas.

### 8.1.3 Bärlager och undergrund

Eftersom lokal tjälbildning inte kan undvikas i bärlagret måste detta vara absolut tjälsäkert.

Bärlagrets tjocklek skall väljas med hänsyn till förekomsten av markisolering och dennas utformning för att hindra tjäl-inträngning i terrassen.

Vid den markisolering som valts i försöken är en bärlager-tjocklek av 30 cm tillräcklig. Utan isolering rekommenderas 70 cm tjocklek under ytterväggarna (se fig 107). Dessa mått medger även jordar i terrassen med tjälfarliga egenskaper. Det angivna värdet på den senare tjockleken är beräknat med viss marginal med hänsyn till risk för tjälinträngning i slänten. Kompletterande försök fordras för att mindre tjocklekar skall kunna godtas.

Hela terrassen skall packas och skyddas mot tjälinträngning vilket bör observeras vid vinterbyggnad.

Terrassens överyta bör lutas (1:50) så att vattenavrinning erhålls.

### 8.1.4 Markisolering

Den vid försöken använda markisoleringen har god effekt varför den rekommenderas som konstruktivt hjälpmedel vid speciella terrängförhållanden eller då schaktningsarbeten och djupare bärlager av någon anledning bör undvikas.

Om man vid ogynnsamma markförhållanden vill säkerställa en frostfri dränering förlängs markisoleringen över dräneringen. Denna del av markisoleringen bör vara vattengenomsläpplig.

## 8.2 Alternativa lösningar

I fortsättningen beskrivs tre varianter av den grundläggningsmetod som provats i försöken. Dessa varianter förutsätter en undergrund som medger konventionell plattgrundläggning med de krav som fastställs i Svensk Byggnorm 67 (SBN 67), kap. 23:5.

Beläggningen som i försöken utgjordes av asfaltbetong kan också utföras av 5 cm cementstabiliserat grus (CG) eller cementbunden makadam (CM) vilket tidigare beskrivits.

Detaljstudier av plattelementen bör kunna resultera i ett fåtal typer avpassade till frekventa väggkonstruktioner.

### 8.2.1 Konstruktion med markisolering

Konstruktionen framgår av fig 105. Den överensstämmer med den i försöken provade och bygger på erfarenheter och försök inom väg- och husbyggandet.

Som markisolering har valts 25 mm Styrofoam FR som är en cellplast av styren. Denna typ har med framgång använts i amerikanskt och svenskt vägbyggande som tjälförhindrande isolering. Styrofoam's värmeledningstal ( $\lambda$ ) är 0,03 kcal/mh<sup>o</sup>C och permeabilitet för vatten 0,04 g/m<sup>2</sup> h mm Hg.

Släntlutningen har av arbetstekniska skäl föreslagits till 1:1,5.

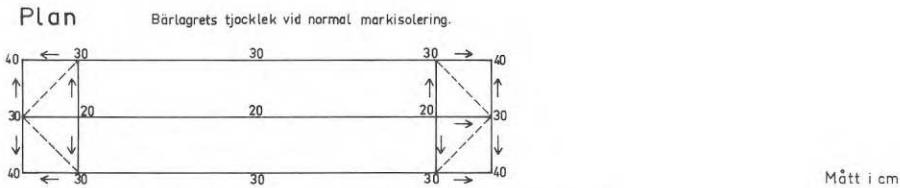
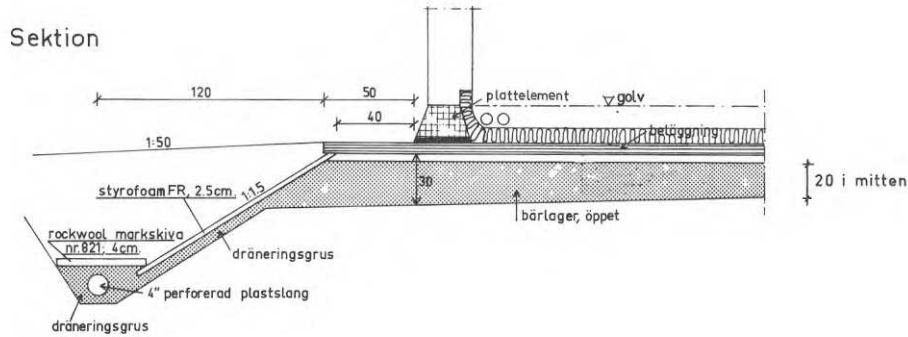


Fig.105.Grundläggning med markisolering av cellplast.

Foundations with ground insulation of expanded polysterene .

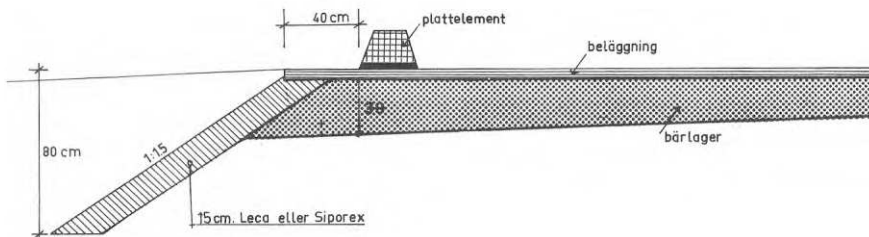


Fig.106.Grundläggning med markisolering av lättbetong eller cementbunden lättklinker.

Foundation with ground insulation of light concrete or cement bound expanded shale .

Som alternativ lösning till denna släntisolering torde lättbetong eller cementbunden lättklinker vara användbara material. Konstruktionen visas i fig 106.

Bärlagret skall vara dränerande. Det utgörs därför av grus med öppen korngraderingskurva, makadam eller sprängstensskärv. Ytan måste tätas med stennjöl eller slitlagergrus så att den kan hårdgöras för att bära bilar och utläggningsmaskiner. Bärlagret packas. Bärlagrets tjocklek skall vara 20 cm i mitten, 30 cm i kanterna och 40 cm i hörnen. Det större måttet genom de större värmeförlusterna.

Det dränerade bärlagret förbindes med dräneringsrören genom ett 5 - 10 cm lager av dräneringsgrus på slänten innanför markisoleringsen.

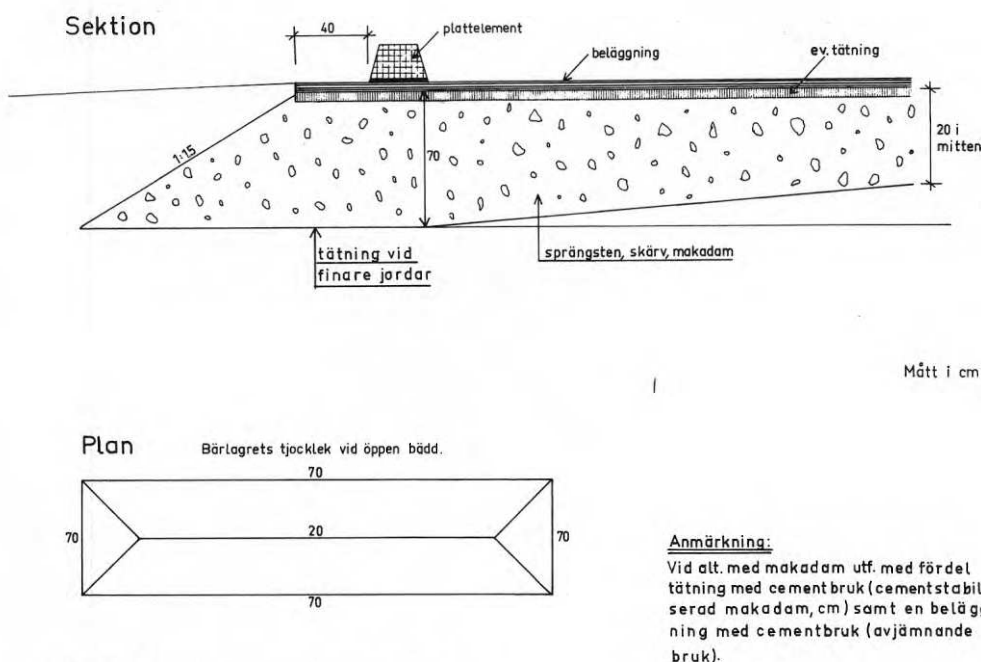


Fig.107. Grundläggning på öppen bädd.  
Foundation on an open bed.

### 8.2.2 Konstruktion med öppet bärlager

Konstruktionen visas i fig 107. I denna konstruktion behövs ej särskild markisolering. Bärlagret har en minimitjocklek under ytterväggar av 70 cm. Det utgörs av ett öppet stenmaterial, såsom sprängsten, skärv eller makadam. Under betryggande material- och packningskontroll kan med fördel dränerande grus användas. Bärlagret packas enligt föreskrifter i SBN 67, kap. 23:5. Vid val av makadam till bärlager kan denna med fördel cementbindas (CM).

I denna konstruktion bör dräneringsrör kunna undvaras.

### 8.2.3 Förlängning av VA-ledningar

Avloppsledningar, kulvertar samt rör för tappvatten och värme måste som alltid vid källarlöst byggande förläggas på sådant sätt att störningar av grundläggningen vid schaktning och återfyllning av ledningsgravar reduceras i största möjliga utsträckning. Samtidigt bör givetvis ledningar förläggas så att de är utbytbara. Denna möjlighet föreligger om övergolvs-konstruktionen exv. utförs som ett uppreglat golv. Utrymmet mellan beläggning och golv (ca 20 cm) medger korsningar av isolerade ledningar av gängse dimensioner.

Avloppsledningar kan i gynnsamma fall förläggas i detta utrymme, i övriga fall förlägges de i bärlagret. Ett utbyte av dessa inom huskroppen underlättas av att t. ex. asfaltbetongen är relativt lätt att hugga.

Installationer, kulvert- och ledningsförläggningar är i huvudsak beroende av husgruppering och planlösning. Att närmare precisera lämpliga lösningar speciellt lämpade för denna grundläggningsprincip är därför inte möjligt.

### 8.3 Arbetets planering

För här redovisade konstruktioner gäller följande schematiska arbetsföljd:

1. Terrassen schaktas, fylls och packas
2. Serviceanslutning för vatten och avlopp samt värmekulvertbrunnar med skyddsanslutningar utförs. Återfyllningen packas väl
3. Bärlager utläggs och packas, eventuellt i skikt
4. Schaktning, utläggning och återfyllning för avloppsledningar i bärlagret utförs
5. Bärlagret hårdgörs
6. Erforderliga dräneringsgravar schaktas, slänten för markisoleringen justeras, rören läggs med anslutning till dagvattenledningen, slänten förses med dränerings-

grus, rören kringfylls och överfylls med dräneringsgrus. Markisoleringen i slänt och över dräneringsrör utläggs. Återfyllning upp till färdig mark utförs. Återfyllningen packas.

#### 7. Beläggningen påförs.

Arbetena t. o. m. beläggningen ingår lämpligen i markarbetena. Med beläggning menas här både asfaltbeläggning, cementstabiliserat grus och cementbunden makadam.

Applicering av grundplattor utförs i samband med stommontaget. Sedan stommen uppförts kan golv på mark läggas.

#### 8.4 Kostnader

En jämförande kostnadsberäkning mellan fyra tänkbara grundläggningsalternativ är redovisade i tabell 5.

Kostnadsjämförelsen hänför sig till ett tre-våningshus med 600 m<sup>2</sup> byggnadsyta grundlagt på normalmorän. Huset förutsättes ingå i en grupp hus belägna på en plats med ett kostnads-läge i dyrortsgrupp V. Beräkningen innebär viss osäkerhet på grund av att många arbetsutföranden är oprövade. Bl. a. är besparingar för lägre väggelement, tillägg för klotsning, ev. försvårade ledningsdragningar, diverse infästningsdetaljer o. d. ej medtagna.

- |         |  |
|---------|--|
| Alt I   | Hel bottenplatta av betong 15 cm med kantbalk                              |
| Alt II  | Grundplatteelement, asfaltbeläggning, markisolering av cellplast (fig 105) |
| Alt III | Grundplatteelement, asfaltbeläggning, öppen stenbädd (fig 107)             |
| Alt IV  | Grundplatteelement, cementbunden makadam (fig 107)                         |
| Alt V   | Grundplatteelement, asfaltbeläggning på befintlig sprängstensfyllning.     |

Beräkningen visar att kostnadsbesparingar kan göras genom de föreslagna nya grundläggningssätten. Största besparingarna erhålls när sprängstensfyllning är tillgänglig på området.

Tabell 5. Kostnadsjämförelser mellan olika grundläggningssätt. Entreprenadpriser

Kostnadsslag	Sort	a Pris	Alt I		Alt II		Alt III		Alt IV		Alt V	
			Mängd	Kr	Mängd	Kr	Mängd	Kr	Mängd	Kr	Mängd	Kr
Schakt för mark- isol.+återfyllning	m <sup>3</sup>	15:-			160	2400						
Schakt för kant- balk+återfyllning	m <sup>3</sup>	27:-	62	1675 <sup>a</sup>								
Urschakt för sten- bädd+utplan.mas- sor	m <sup>3</sup>	10:-					220	2200	200	2200		
Stenfyllning	m <sup>3</sup>	31:-					330	10230	330	10230		
Tätning av fyllning	m <sup>3</sup>	4:-					330	1320				
Dränerings- resp. bärlager	m <sup>3</sup>	37:-	100	3700 <sup>a</sup>	165	6105						
Justering d:o	m <sup>2</sup>	1:50	600	900	650	975						
Isolering cellplast	m <sup>2</sup>	14:-			165	2310						
Betongplatta 15 cm	m <sup>2</sup>	35:-	600	21000								
Kantbalk d:o	m	48:-	124	5950								
Plastfolie	m <sup>2</sup>	1:50	620	930 <sup>a</sup>								
Asfaltbeläggn.80												
Ab	m <sup>2</sup>	7:50			650	4875	650	4875			650	4875
CM	m <sup>2</sup>	7:20							650	4680		
Ytterplattetele- ment	m	30:-			124	3720	124	3720	124	3720		
Mellanplattetele- ment	m	40:-			180	7200	180	7200	180	7200	180	7200
Schakt kantb., sprängst.	m <sup>3</sup>	60:-	62	3720 <sup>b</sup>								
Avjämn., just.bef. sprängstensfyll- ning	m <sup>2</sup>	2:50									650	1625
		Summa		34155 <sup>d</sup>	27585		29545		28030		17420	
		Skillnad		31570 <sup>c</sup>	-6570		-4610		-6125		-14150	
				30070 <sup>e</sup>							12650 <sup>e</sup>	

<sup>a</sup> Utgår vid sprängstensfyllning

<sup>b</sup> Tillkommer vid sprängstensfyllning

<sup>c</sup> Vid sprängstensfyllning

<sup>d</sup> Vid låg kantbalk minskas kostnaderna  
ca 1000:- kr.

<sup>e</sup> Låg kantbalk, sprängstensfyllning

I tabell 6 är jämförelse gjord med kostnaderna utslagna per normal lägenhet om  $70 \text{ m}^2$  ly (18 lägenheter).

Tabell 6. Kostnadsminskningar per lägenhet.

Alt	Kostn. minskn. kr/lgh
I Hel bottenplatta 15 cm	-
II Elem., asf. bel., markisol., cellplast	474:-
III Elem., asf. bel., öppen stenbädd av makadam	333:-
IV Elem., cementbunden makadam	442:-
V Elem., asf. bel., bef. sprängstensfyllning l. 022:- (d:o vid låg kantbalk)	(914:-)

Kostnadsminskningar per lägenhet i jämförelse med hel bottenplatta på mark och alternativa metoder med grundplattaelement. Entreprenadpriserna är ökade med 30% för diverse oförutsett och moms samt byggherrens omkostnader.

Grundläggningssättet blir mest lönande vid relativt stora objekt. Kostnaderna är givetvis lokalt beroende. Beräkningarna visar att sådana besparingar kan göras att metoden är användbar även där i övrigt plastgjutning förekommer.

Metoden innebär enklare administrativa styrningar och snabbare utförande. Gränsen för markentreprenören kan lättare flyttas uppåt. Man slipper den i flera avseenden besvärliga byggfukten.





## 9 PRAKTISK TILLÄMPNING AV KONSTRUKTION MED ÖPPET BÄRLAGER

I avsnitt 8.2.2 har som alternativ föreslagits en konstruktion med öppet bärlager av makadam stabiliserat genom injektering med cementbruk. Denna konstruktion har praktiskt tillämpats vid ett småhusbygge. Därvid har säkrare uppgifter om arbetsteknik och kostnader kunnat erhållas. Termoelement för temperaturmätningar har byggts in så att kompletterande värden för konstruktionen erhållits. Mätningarna har pågått vintern 1969-70 och har ännu ej bearbetats.

Vid grundläggningen har lätta betongelement använts. Grundläggningen har utförts i början på oktober 1969. Huset restes även under denna månad varför värme kunde kopplas på i början av november.

Byggnadsplatsen är belägen inom Österåkers kommun, norr om Stockholm.

Denna konstruktionsprincip förutsätts tillämpbar även för flerfamiljshus.

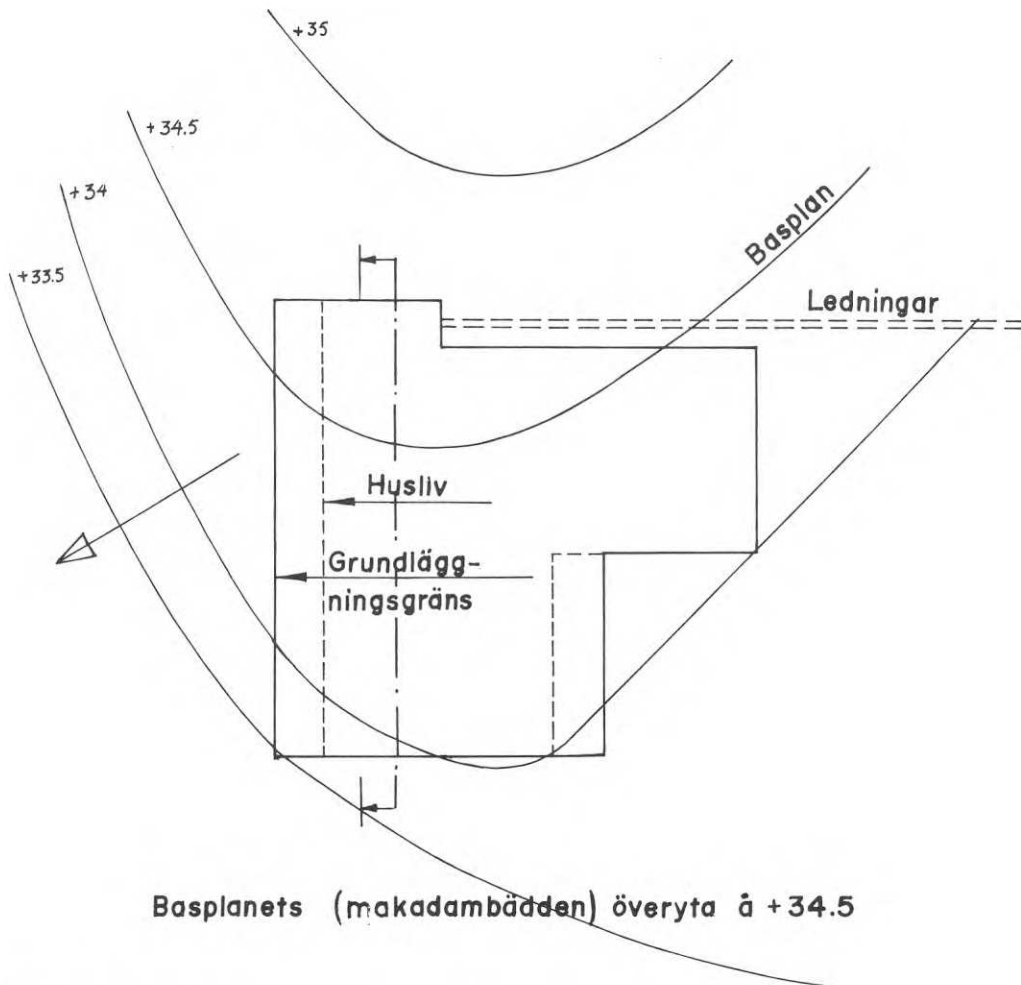


Fig.108. Översiktsplan.

Site plan.

### 9.1 Huskonstruktionen

Huset är ett 1-plans trähus. Konstruktionen framgår av fig 108 - 111. Ledningarna utgörs av 4" PVC (spillvatten), 1 1/4" polyeten (kallvatten) samt el och tele i skyddsrör av polyeten. Samtliga ledningar anslutes till huset i ett förrådsutrymme.

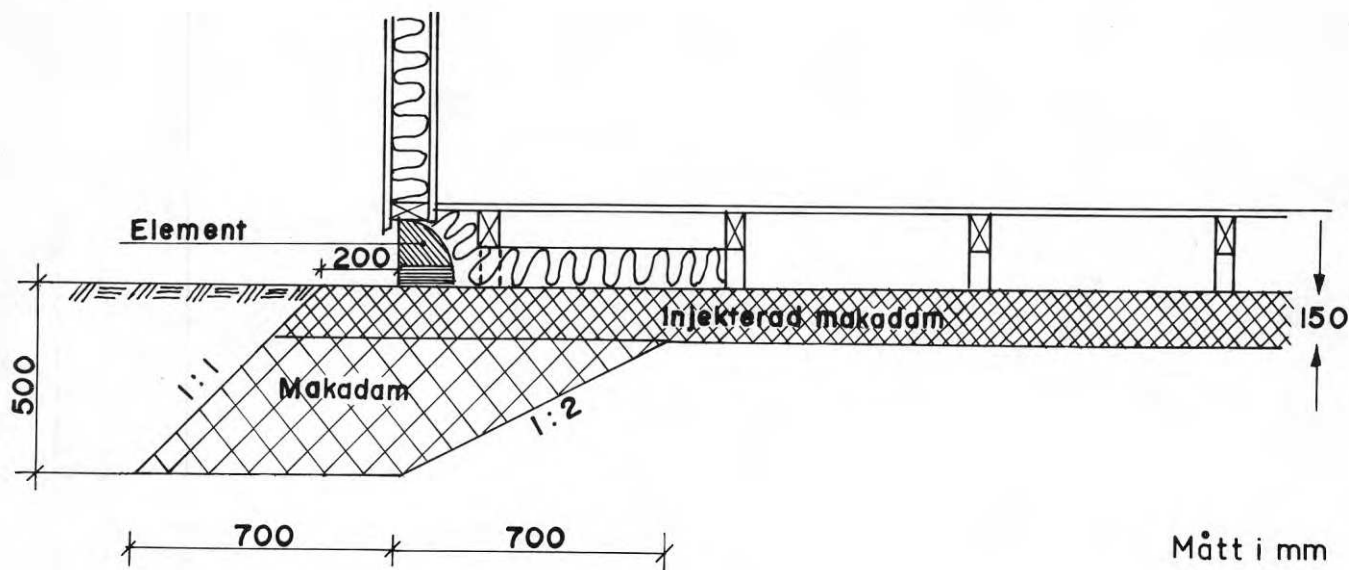
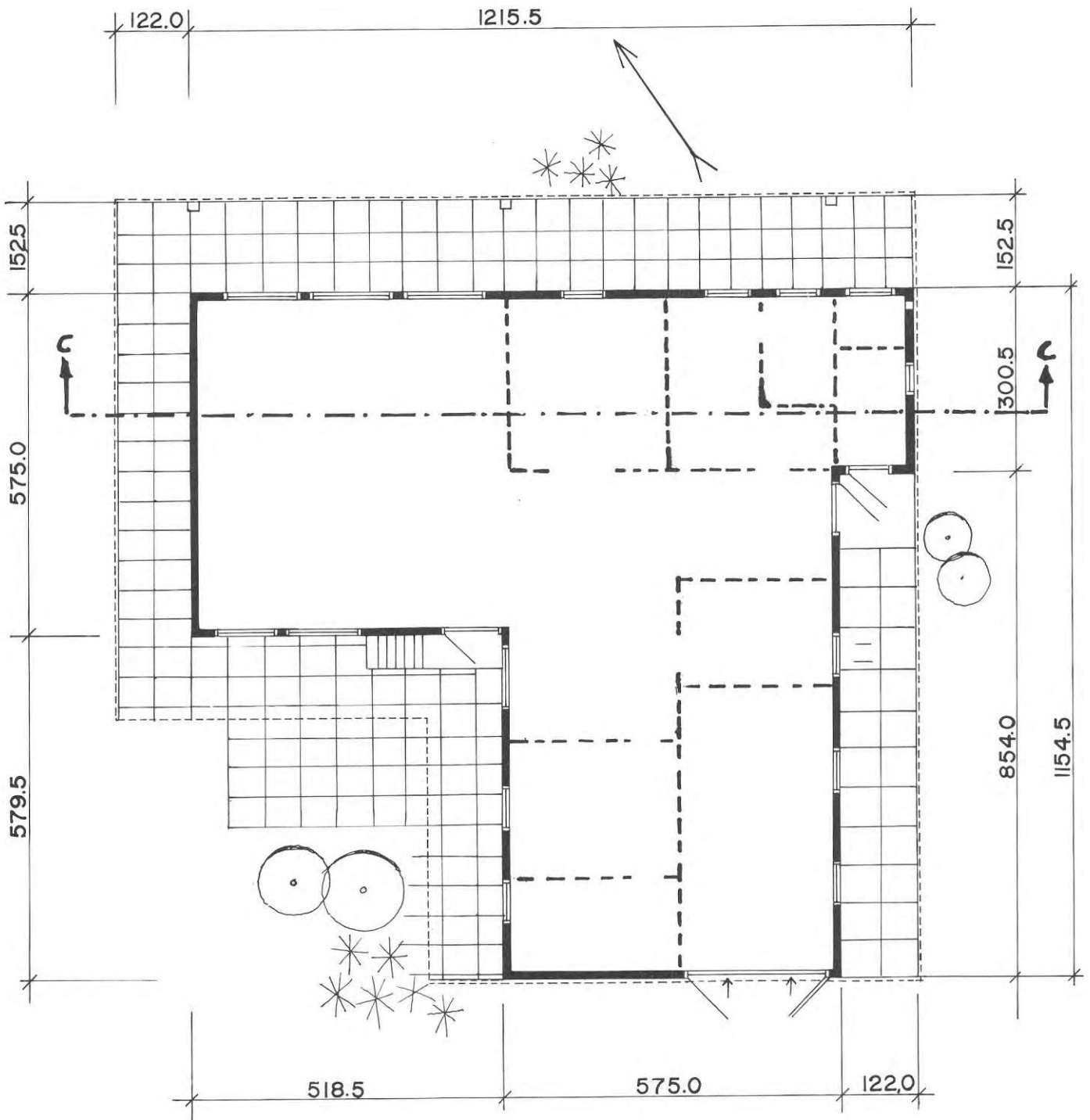


Fig.109. Detalj vid element.

Detail through unit.

Huset är delvis försett med utkragat tak som avlastats på pelare enl plan. Grunden har där fått motsvarande utbyggnad. Ytterväggar och mellanväggar har gjorts av monteringsfärdiga block av trä. Ytterväggarna har ställts på betongelement, medan innerväggarna såväl de bärande som de icke bärande har ställts på golvreglarna som klossats mot grunden.



Mått i cm

Fig.110. Plan av hus.  
Plan of house.

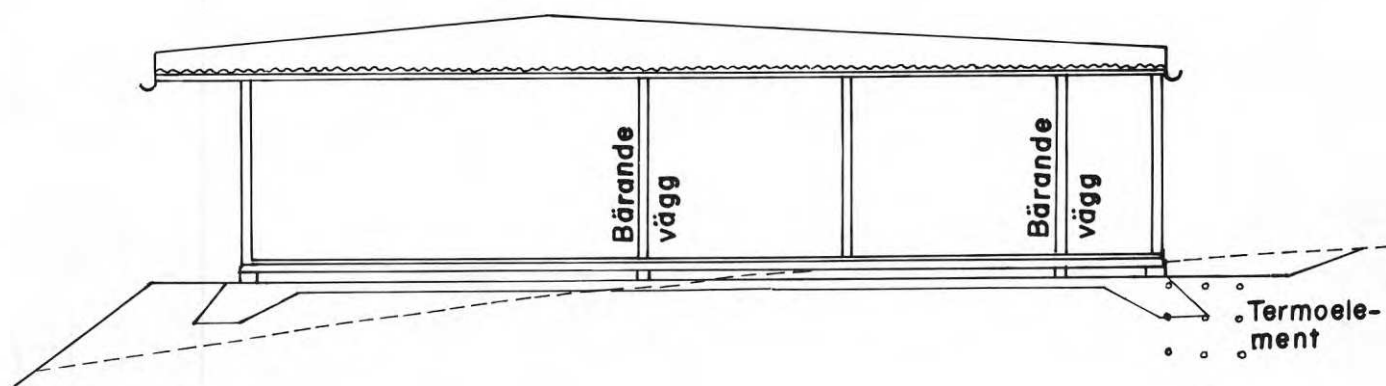


Fig.111. Sektion av hus.

Section through house.

## 9.2 Marken

Marken utgörs av en normalmorän med ett översta lager rikt på sten och block, fig 112. Vegetationstäcket var relativt tunt, 5-10 cm, och utgjordes av mossor och ris av typisk skogskaraktär. Inom grundläggningsområdet är nivåskillnaden 1,3 m i jämn lutning. Någon särskild dräneringsledning har ej ansetts erforderlig.



Fig.112. Jorden utgörs av en normalmorän med block och sten på ytan.

The soil consists of ordinary moraine with boulders and stones on the surface.

## 9.3 Arbetets utförande

### 9.3.1 Terrassen

Nivåplaneringen utfördes med en hydraulisk grävmaskin på hjul med 500 l skopa; en maskintyp som var väl lämpad för den svårframkomliga terrängen, fig 113. Maskinen förflyttade sig med hjälp av skopan och de bakre drivhjulena.



Fig.113. Nivåplaneringen utfördes av en grävmaskin på hjul med 500 l skopa. Förflyttning gjordes med hjälp av skopan.

Levelling was carried out with an excavator mounted on wheels. The scoop was also used to move the machine.

För att dränera marken schaktades först ledningsgraven, fig 114. Återfyllningen utfördes i anslutning till övrig schaktning. De större blocken sprängdes. Disponibla stenmassor placerades underst i fyllningen. Bottenstenar behölls när de kunde täckas med minst 5 cm makadam, fig 113.

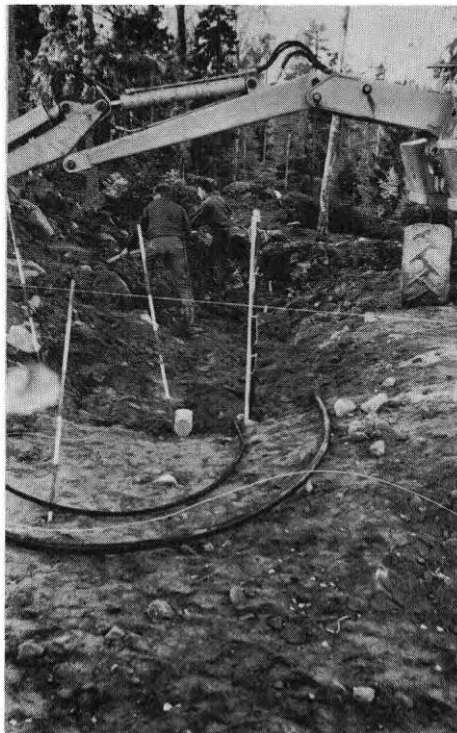


Fig.114. I ledningsgraven utlades vatten-, avlopps- och skyddsror för el och tele, allt i plast.

Water pipes and sewers and conduits for electricity and telephone cables - all in plastic - were placed in the trench.

Konstruktionen hade två nivåer, en yttre 50 cm och en inre 15 cm under färdigt plan. Släntlutningen mellan de bägge nivåerna gjordes 1:2. Ytterslänten på makadambädden gjordes 1:1 med 20 cm bankett, fig 115.



Fig.115. Under ytterväggarna schaktades eller fylldes till ett djup av 50 cm under färdigt plan. Under huset i övrigt utfördes terrassen till 15 cm under färdigt plan. Större stenar behölls.

The earth under the outer walls was levelled with fill and cut to within 50 cm of the finished subfloor. Beneath the remainder of the house to within 15 cm of the finished surface. Larger stones were retained.



Olika packningsförfaranden provades:

1. Packningen av undergrund inklusive slänter utfördes till en del med vibrationssläde. Genom ojämnheter var detta arbete mycket besvärligt och resultatet otillfredsställande. Vibrationsslädar eller stampar är ej att rekommendera till detta slags arbete
2. Ett bättre resultat erhöles då packningen utfördes med vibrationsvält sedan ett avjämningslager av fint material utlagts
3. På en del av undergrunden provades ett annat arbetsförfarande. Här utfördes packningsarbetet först sedan graven fyllts med makadam.

Betydande efterpackning av terrassen erhålls då makadamlagrets toppskikt packas och då cementbruket senare vibreras ned i makadamlagret. Vid större arbeten bör undergrunden packas med hjälp av en traktordragen vibrationsvält.

Det finns självgående vibrerande "handvältar" avsedda för mindre arbeten och speciellt lämpade för slänter. Det förefaller troligt att hela packningsarbetet kan utföras med en sådan vält vid så små arbeten som det här varit frågan om. Metoden bör undersökas.

### 9.3.2 Ledningar

Graven som innehöll ledningar för avlopp och kallvatten samt polyetenskyddsror för elkabel och telekabel låg nära huslivet och måste därför packas lika mycket som den övriga grunden. Särskilt avloppsledningen, PVC-röret, blev hårt påfrestad under packningen, men även kallvattenledningen av polyeten var illa utsatt. Ledningar och skarvar bör dimensioneras med hänsyn till detta.

### 9.3.3 Makadambädden

Makadamstorlekarna 25-40, 40-65 och 65-140 mm provades.

Utbredningen skedde helt för hand (fig 116). Utbredningen av skärven (25-65 mm) kunde göras med skyffel. För mellanmakadamen var skyffelutbredning besvärlig och gjordes bäst med fyllhammare. För skärven kunde endast fyllhammare användas. Dessutom måste skärven tätas med finmakadam. Större delen av arbetet utfördes med finmakadam då man kände till att denna sortering var lämplig för cementbruksinjektering.

Fig.116. Makadamen breddes ut manuellt.  
Ju finare storlek dess lättare  
att arbeta.

The macadam was spread manually  
the 1. finer the grade the easier  
the work.



Vid packningsarbetet visade det sig mycket svårt att få slän-  
terna (1:1) oberoende av makadamstorleken att stå innan mot-  
fyllning påförts. Med motfyllning av jord gick packningen lätt.  
Vid bankslänter fordras en bankettbredd av minst 1 m.

Vibrationssläden var ej lämplig vid packningen av makadamen.  
Packningen utfördes därför med den självgående 1,7 t vibra-  
tionsvält, fig 117.

Fig.117. Makadamen packades med en  
självgående 1,7 t vibra-  
tionsvält.

The macadam was compressed with  
a self-powered 1.7 t vibrating  
roller.



Kring avloppsledningar placerade i makadamskiktet måste  
packningen ske med handstamp. Det beredde inga svårig-  
heter att få ett fullgott arbete utfört. Totalt åtgick  $70 \text{ m}^3$  ma-  
kadam som breddes ut och packades av två man på ett skift.

### 9.3.4 Injektering med cementbruk

Det använda cementbruket bestod av "grus" 0-8 mm samt 400 kg/m<sup>3</sup> portlandscement. Vattencementtalet var mycket högt (1,0); bruket var extremt lättflytande. Det transporterades till arbetsplatsen i en roterande tombola och fördelades över makadambädden (fig 118). Tippning måste ske försiktigt då annars den "tung" vätskan får makadamen att flyta.

Fig.118. Cementbruk 0-8  
400 kg cem/m<sup>3</sup> vc 1,0 för-  
delades över makadamlagret  
vid tömningen.

Cement mortar 0-8,  
400 kg cem/m<sup>3</sup> vc 1.0 (slurry)  
was deposited over the macadam  
bed.



Utbredningen av bruket gjordes enklast med piasavakvast och skyffel. Viss fördelning skedde med vibrationsvälten, fig 119.

Arbetet att få ned bruket i hålrummen var överraskande enkelt med den självgående vibrationsvälten. Bruket bildade en vall framför valsarna innan det trängde ned. Vibrationssläden var även här fel arbetsredskap. Rädslan för rörskador gjorde att injekteringen ej blev effektiv kring rören, vilket ej i detta fall har någon betydelse. Den vältade ytan är möjlig att justera och bearbeta under lång tid. Eftertätningar med piasavakvast och avjämning med slätvält kunde ske flera timmar efter injekteringen, fig 120. Det beredde inga svårigheter att passa av injekteringstjockleken genom att avbryta vibreringen. Optimala konstruktioner har vid detta tillfälle ej studerats utan bör utredas i annat sammanhang.

Fig.119. Utbredningen av bruket gjordes enklast med en piasavakvast, men även vibrationsvälten fördelade bruket samtidigt som nedvibrering skedde. Det gick mycket lätt att få ned bruket i hålrummen i makadamen. Någon skillnad därvidlag mellan makadamgraderingarna 25-40 och 40-65 mm förelåg ej.

Spreading of the mortar was carried out most suitably with a stiff broom but the vibrating roller also helped the distribution. It was very easy to get the mortar into the cavities in the macadam. No difference was noticed in this connexion between macadam grades 25-40 and 40-65 mm.



Fig.120. Försök gjordes att riva upp ytan med kvastning och sedan jämna ytan med slätvältning.

Evening out the surface with a broom and then evelling off with a smooth roller was tried.



Det förelåg ingen märkbar skillnad vid injektering av finmakadam och mellanmakadam. Vibreringen av bruket garanterade att hela underlaget blev väl packat. För att få ned bruket fordrades 4-5 överfarter.

Totalt åtgick  $6 \text{ m}^3$  bruk för att stabilisera och binda  $145 \text{ m}^2$  makadam dvs. en genomsnittlig åtgång av  $42 \text{ l/m}^2$ . Fördel-

ning och injektering gjordes av två man med vibrationsvält på 4 timmar.

Två hål togs upp efter tre dagar för att undersöka brukets nedträngning. I det ena hålet hade bruket trängt ned till den underliggande moränen, i detta fall 15 cm djup. I det andra hålet förelåg en betydande hållfasthet vid 15 cm djup och bruk hade trängt ned 18 cm till moränen. Vid senare taget prov nära kanten av stabiliseringen förelåg full hållfasthet för de översta 5 cm, dvs. hålrummen var helt utfyllda. Därunder fanns dock god stabilitet.

Överytans måttavvikelser blev  $\pm 2,5$  cm. Ojämnheten har inte inneburit någon olägenhet. Särskild efterhärdning av betongen utfördes ej. Trots relativt torrt väder stod fukten kvar ca 1 vecka, vilket sammanhänge med årstiden (gjutning den 14.10) samt den stora vattenmängden i betongen.

Redan dagen efter injekteringen belastades grunden med ca 7 t axeltryck från en lastbil utan att deformationer kunde iakttas.

#### 9.3.5 Sättning av ytterväggselement

Dagen efter injekteringen nedsattes utsättningsgalgar, fig 121, i den relativt ohärdade betongen.

Fig.121. Betongelementen sattes i torrt cementbruk 1:4. De sattes efter snöre på galgar med högst 9 m avstånd.

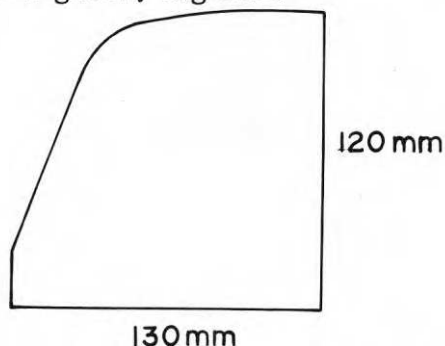
The concrete units were bedded in dry cement mortar 1:4. They were laid after a line stretched between cross arms placed max. 9 m centre to centre.



Grundplattor för ytterväggarna utgjordes av betongelement egentligen avsedda till kantstöd för gator, fig 122.

Fig.122. Sektion av element

Section through unit.



Elementen hade en höjd av 12 cm, basbredd 13 cm samt var 1,0 m långa. I hörnen användes särskilda vinkelement, även de från den ordinarie produktionen av limmade kantstöd, fig 123. Passbitar sågades med betongsåg. De använda elementen vägde 32 kg, vilket gjorde dem lätta att hantera. Inklusiv handblandning av bruk sattes 48 m element av två man på en dag. Medelhöjden på bruksskiktet var 8 cm.

Fig.123. Elementen var 1,0 m långa. I hörnen användes särskilda vinkelement. Passbitar sågades med betongsåg.

The units are 1.0 m long. Special angle units are used at corners. Shorter lengths are cut with a concrete saw.

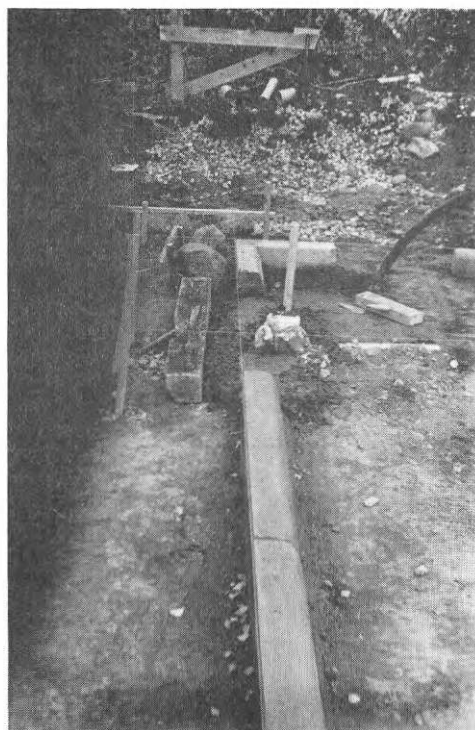


Elementen sattes i cementbruk. Lämplig tjocklek på bruket var 3-6 cm då arbetet gick snabbast. Vid större tjocklekar måste bruket vara mycket torrt. Vid små höjder gjordes bruket smidigare. Vid försöken provades med gott resultat tjocklekar från 0,5 till 12 cm, fig 121.

Elementens undersida var behandlade med en asfaltlösning (primering) då de var avsedda för annat ändamål, fig 124. Det visade sig att primerade ytor hade väsentligt mycket bättre vidhäftning till bruket än oprimerade. Element med asfaltprimering satt stadigt dagen efter, medan de oprimerade satt relativt löst.

Fig.124. Elementen var behandlade med asfaltlösning på undersidan (primerade). Obehandlade element hade svårt att fästa vid det torra bruk som fordrades.

The units are treated with "cut back" underneath (grounded). Untreated units did not adhere well to the dry mortar required.



Ballastmaterialet utgjordes av putssand 0-2 mm som i sig själv stod mycket bra och var väsentligt mycket bättre än det tidigare provade 0-4 mm, s. k. slipsand. Det fanns ett optimalt förhållande mellan cement, sand och vatten som gav stabilaste bruk, vilket dock ej i detalj kunde provas ut i försöken. Vid exv. propotionen 1:8 för cement:sand erhöills ett synnerligen stabilt bruk som dock ej fick tillräcklig hållfasthet innan cementslamning utförts. Det kända blandningsförhållandet 1:4 gav de bästa resultaten; det var relativt stabilt och tillräckligt starkt. Det magrare bruket vidhäftade även sämre till elementen. Vid tunna brukstjocklekar, under 2 cm, måste bruket göras smidigare genom tillsats av mera cement och vatten.

Fig.125.

Omedelbart sedan elementen var satta kunde överskottsbruket skäras bort och användas på nytt. Det var lätt att få sidorna att stå vertikalt.

Immediately after the units were laid the excess mortar could be cut away and reused. It was easy to get the sides to stand vertical.



Regnvatten togs ut ur tillfälliga hål. Fogarna tätades med cementbruk, fig 126. Senare cementslammades element och bruksfog utvändigt varvid en fullt tillfredsställande yta erhöles.

Fig.126.

Fogarna tätades med cementbruk. Senare cementslammades hela sockeln. Vatten, avlopp, el och tele samt termoelement för temperaturmätningar utmynnade i markplanet under förrådsutrymmet.

The joints were filled with cement mortar. The entire plinth was later covered with thin cement slurry. Water pipes, sewers, electric and telephone cables were carried in to the subfloor under the storage space.



### 9.3.6 Husmontering

Ytterväggar och innerväggar levererades i block. De förra sattes på ytterväggselementen (grundplattorna) och de senare, såväl bärande som icke bärande, på golvreglarna.

Elementen var som tidigare nämnts avsedda som kantstöd för väggar. Av olika skäl var ändarna på elementen fasade. Därför finns det ingen anledning gå in på det detaljförfarande som tillämpades vid blockens anslutning till grundplattorna.



Vid här tillämpade konstruktion erhålls alltid en sockelhöjd mellan 15 och 18 cm. Dessutom erhålls runt huset en synlig horisontell yta på minst 20 cm bredd. Detta förhållande förutsätter en markbehandling av annan karaktär än de vedertagna. För att ernå goda lösningar bör grundplattorna inkl. bruk ej underskrida 20 cm höjd.

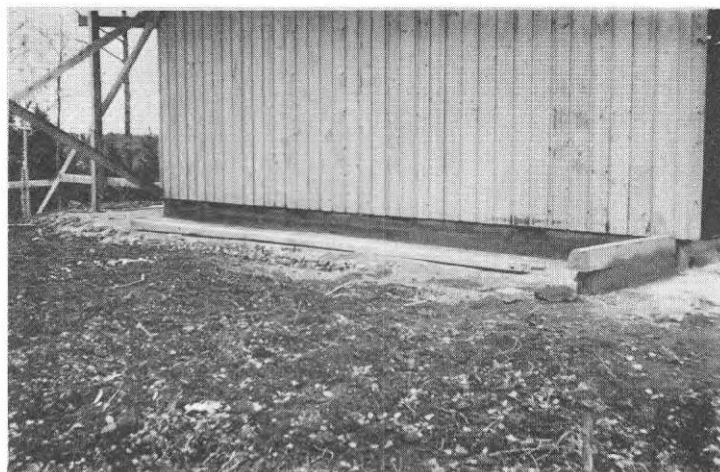


Fig.127.  
Sockelhöjden blev vid denna sida 18 cm.

The plinth was 18 cm high on this side.

Golvreglarna klossades med 2" x 2" impregnerat trä. Smärre justeringar gjordes med papp, fig 128. Kantisolering utfördes med 10 cm mineralullsmatta. I övrigt utfördes ingen golvisolering. Någon ångspärr utfördes inte.



Fig.128.  
Golvreglar av 2" x 4" klossades med stående 2" x 2", c 1,0 m. Vid skarvarna spikades klossarna fast vid en spikförankrad bräda.

The floor joints of 4" x 2" are laid up on 2" x 2" blocks at 1.0 m centres. The blocks at the joint scarves are nailed to a board which is nailed to the subfloor.



Fig. 129.

Den cementsbruksbundna makadamen  
utgjorde ett stabilt underlag  
för bl.a. skorstenen.

The mortarbound macadam provided  
a stable base for the chimney.

Den stabiliserade ytan utgjorde även en bra grundläggning för  
konstruktioner med tunga koncentrerade laster, såsom exv.  
skorsten, spisar m. m., fig 129.



De genomförda försöken anvisar två enkla grundläggnings-sätt för hus. Med hänsyn till jordens beskaffenhet kan antingen markisolering eller öppen stenbädd väljas. Med utgångspunkt från dessa två huvudprinciper kan detaljerna varieras och förbättras. Ingående studium av de redovisade temperaturförloppen kan leda till ännu enklare konstruktioner och därmed stimulera till en god utveckling.

Konstruktionen med den öppna bädden bör kunna förbilligas genom ett tunnare bärlager och brantare ytterslänt. En fortsatt forskning för att fullständigt klarlägga dessa problem är en angelägen uppgift.

Trots en lovvärd utveckling inom jordpackningsteknikens område bör man utforska andra jordstabiliserande åtgärder. Ett sätt är anvisat i rapporten, nämligen att åstadkomma granulerings effekter vid blandning av de finare jordarna med cement eller kalk på samma sätt som används inom vägbyggnadstekniken. Därigenom erhålls en billig fyllnadsterrass som sannolikt motsvarar högt ställda stabilitetskrav aktuella vid husbyggandet.

En förutsättning att ernå goda packningseffekter är att grundläggningen är plan och i det närmaste horisontell. Därigenom kan man använda självgående eller påhängda vibrationsvältar.



- Adamson, B, 1961  
Marktemperatur och frostfri nivå vid obebyggd mark. *Byggmästaren* 3 (40) p. 85-92. Stockholm.
- Adamson, B, Domner, G, & Rönning, M, 1964  
Marktemperaturer under hus utan källare. (Byggforskningen) *Handlingar* 46, 64 p. Stockholm.
- Andersson, L, 1963  
Användningsområden för kalkstabilisering. *Svenska Vägföreningens tidskrift* 8. Stockholm.
- Andersson, L, & Fredriksson, G, 1962  
Jordstabilisering med kalk och puzzolan. Laboratorieundersökningar och erfarenheter av svenska jordarter. *Meddelande från Kalkforskningslaboratoriet* 2, 48 p. Stockholm
- Arbetsbeskrivning för flygfältsarbeten  
Cementbruksslitlager på bärlager av cementbruksbunden makadam. Bärlager av cementbruksbunden makadam. Cementstabiliserat bärlager av naturmaterial. (Kungl. Flygförvaltningen, Flygfältsbyrån.) Stockholm.
- Bengtsson, H, Lundberg, B, & Persson, I, 1964  
Kostnadsjämförelse mellan olika grundläggningsmetoder. (Svenska Riksbyggen, Byggnadsteknisk information.) *Meddelande* 9, 15 p. Dupl. Stockholm.
- Blake, L, S, 1964  
Present-day experience of cement stabilized bases. (Civ. Engng, P. W.) *Rev.* 59, p. 464-6.
- Boussinesq, J, 1885  
*Applications des potentials*, Paris
- Brand, W, 1964  
Die Bodenverfestigung als konstruktive und betriebstechnische Massnahme im Erd- und Strassenbau-Technik 13, (17).
- Bub, H, 1963  
Flachgegründete Streifenfundamente (Umschlag-Titel). Beitrag zur Ermittlung der Verteilung der Normal- und Schubspannungen and der Sohle von Streifenfundamenten und zur Bemessung flachgegründeter Streifenfundamente aus unbewehrtem Beton. /Ernst & Sohn (Vertrieb)/ 94 p., 126 Bild., 30 Tabl. Berlin.
- Busk, G, 1965  
Grundläggning på utfylld mark. Föredrag 175, 2 p. Dupl., Stockholm.
- Busk, G, 1967  
Provbekastning av grundplattor på sprängstensmassor. (Statens institut för byggnadsforskning.) *Rapport* 13, 72 p. Stockholm.
- Byggnadstekniska anvisningar (BYA), 1968  
Bärlager av cementstabiliserat grus. Bärlager av cementbruksbunden makadam. (Statens Vägverk.) Kap. 353. Stockholm

- Cadling, L, 1965  
Grundläggning på packad jordfyllning. Råd och anvisningar. (Svenska Riksbyggen.) Handlingar 13. Stockholm.
- Cadling, L, Paus, K, Bengtsson, H, Lundberg, B, & Persson, I, 1965  
Grundläggning på berg. Grundläggning på packad sprängbotten och packad sprängstensfyllning. Råd och anvisningar. (Svenska Riksbyggen.) Handlingar 10, 57 p. Stockholm.
- Domnér, G, & Rönning, M, 1964  
Temperaturförhållanden under ett källarlöst hus. (Statens institut för byggnadsforskning.) Informationsblad 24:1924, 2 p. Stockholm.
- Ericsson, H, 1957  
Småhusbyggande i Nordamerika. Byggmästaren B 11, p. 237-247. Stockholm.
- Ericsson, H, 1958  
Hus utan källare. Grundläggningsmetoder. (Statens nämnd för byggnadsforskning.) Handlingar 32. Stockholm.
- Ericsson, H, & Holmquist, N, 1957  
Betonggolv direkt på mark. Småskrift 12, (Byggforskningen.) Stockholm.
- Forssblad, L, 1963  
Jordvibreringsundersökningar. Stockholm.
- Forssblad, L, 1966  
Jordvibrering. (AB Vibro-Verken.) 31 p. Stockholm.
- Geiger, R, 1950  
The Climate near the Ground. Cambr. Massachus.
- Gynnerstedt, T, & Lindblad, L, 1968  
Utfyllnad med schaktad moränlera. Byggnadsindustrin 10, p. 35-37. Stockholm.
- Hansbo, S, 1967  
Sättningar och bottenproblem vid grundläggning med plattor på friktionsjord. STF-TLI kursverksamhet. Stockholm.
- Hansen, F, & Holmberg, A, 1968  
Deformation, sättning och skador hos långa hus. Väg- och Vattenbyggaren 8. Stockholm.
- Svenska Riksbyggens utvecklingskontor, 1967  
Huvudlinjer vid statisk beräkning av bottenplatta för Riksbyggens system. (Svenska Riksbyggen, Byggteknisk information.) Meddelande 1, 12 p. Stockholm.
- Jansson, L-E, 1964  
Frost Penetration in Sandy Soil. Bulletin No 64 of the Devision of Hydraulics. (Kungl. Tekniska Högskolan.) Handlingar 231, 165 p. Stockholm.
- Kersten, M, S, 1949  
Thermal Properties of Soils, Bulletin 28. (University of Minnesota.) Eng. Exp. St. Vol. L II 21.
- Leussink, H, 1967  
Ergebnisse von Setzungsmessungen an Hochbauten. /Fortsetzung 1960 bis 1966/ (Selbstverlag.) 81 p. 49 diagr. 1 Tabl. Karlsruhe.

- Nilsson, L, O, & Cederberg, K, G, 1968  
Cementstabilisering av hydraulfyll i Falu Gruva. Cement och Betong 2. Stockholm.
- Odemark, N, 1949  
Undersökning av elasticitetsegenskaperna hos olika jordarter samt teori för beräkning av beläggningar enligt elasticitetsteorin. (Statens Väginstitut.) Meddelande 77. Stockholm.
- Olsson, G, 1967  
Stabilisering i vägars överbyggnad. Svenska Vägföreningens tidskrift 1 (54) p. 10-19, Stockholm.
- Paulman, G, 1965  
Bodenverfestigung mit Strassenteer in Deutschl. Strasse- und Tiefbau 11 (19) p. 1249-52.
- Paus, K, 1967  
Grundläggning på sprängbotten och sprängstensfyllning. Väg- och Vattenbyggaren 13:3, p. 73-76. Stockholm.
- Paus, K, & Persson, B, 1968  
Gatu- och ledningsarbeten i bergterräng. (Bygghforskningen, Svenska Bokförlaget.) 96 p. Stockholm.
- Persson, B, O, E, 1948  
Isbildning och istillväxt på fria vattensamlingar. Svenska Vägföreningens Tidskrift, p. 324-330. 8. Stockholm.
- Byggnadsstyrelsen, 1966  
Provisoriska normer för grundläggning på fyllning och sprängbotten. Kungl. Byggnadsstyrelsens meddelanden 3, 7 p. Stockholm.
- Pusch, R, 1968  
Markförstärkning genom urgrävning och återfyllning med mera bärigt material. (Statens institut för byggnadsforskning.) Rapport 39.
- Saare, E, & Wenner, C, G, 1957  
Värmeledningstal hos olika jordarter. (Statens nämnd för byggnadsforskning.) 136 p. Stockholm.
- Schnitter, G, & Jenatsch, R,  
Schweizerische Erfahrungen mit zementstabilisierten Tragschichten im Güterwegebau 52, 12 p.
- Sherard, J, 1960  
Undergrund på beställning. Byggmästaren 4 (39) p. 88-92. Stockholm.
- Statens råd för byggnadsforskning (Kommitté), 1964  
Småhusgrunder - problem och forskningsbehov. (Statens råd för byggnadsforskning.) Programskrift 2, 123 p. 111. Stockholm.
- Sommer, H, 1967  
Die Bodenverfestigung mit Zement im Europäischen Strassenbau. Bauindustrie 4, (11).
- Springenschmidt, R, 1961  
Praktische Hinweise für den Bau von Boden-zementverfestigungen mit Mehrgangmischern. Betontechnische Berichte p. 141-173.
- Steinbrenner, W, 1934  
Tafeln zur Setzungsberechnung, Die Strasse, Vol. 1.



- Svenska Riksbyggen, 1964 Anvisningar för packning av fyllning på vilken grundläggning skall utföras. (Svenska Riksbyggen, Geotekniska kontoret.) Anvisningar 1, 5 p. Stockholm.
- Svensk Byggnorm, 1967 Svensk Byggnorm 67. (Statens planverk.) Publ. 1. Stockholm.
- Tiefbau, 1967 Baugrund. Setzungsbeobachtungen an entstehenden und fertigen Bauwerken. Tiefbau 7 (9), pag. 510, 512, 514, 516, 518, 520 und 4 Bild., Diagr.
- Vuorelainen, O, 1960 Thermal Conditions in The Ground from the viewpoint of Foundation Work, Heating and Plumbing Installations and Draining. (Statens tekniska forskningsanstalt.) 40 p. Publ. 51. Helsingfors.
- Vuorelainen, O, 1960 The Temperature Field Produced in the Ground by a Heated slab laid direct on Ground, and the Heat Flow from Slab to Ground. (Statens tekniska forskningsanstalt.) 60 p. Publ. 52. Helsingfors.
- Vuorelainen, O, 1960 The Temperatures under Houses Erected Immediately on the Ground and the Heat Losses from their Foundation Slab. (Statens tekniska forskningsanstalt.) 105 p. Publ. 55. Helsingfors.
- Vuorelainen, O, 1963 A Practical Method for Calculation of the Heat Losses into the Ground from Buildings Erected Immediately on the Ground. (Acta Polytechnica Scandinavia.) 48 p., Ci 19, Helsingfors.
- Öberg, L, 1962 Mineralull mot tjäle. Väg- och Vattenbyggaren 7 (8), p. 259-261. Stockholm.
- Örbom, B, 1957 Cementstabilisering - ett led i modern vägbyggnadsteknik. Gullkornet 2, p. 15-18.
- Örbom, B, 1960 Cementstabilisering enligt verkblandningsmetoden. Cement och Betong 1, p. 16-33. Stockholm.
- Örbom, B, 1965 Cementstabiliserade lagars utförande. Gullhögens kurs i cement- och kalkstabiliseringsteknik, 9 p.
- Örbom, B, 1967 Planering och kontroll av cementstabiliseringsarbeten på vägar och flygfält. Stencil 14 p., 2 bil. Gullhögens kurs i cement- och kalkstabiliseringsteknik.

**R18: 1970**

**Denna rapport avser anslag nr C 382: 1—2 från Statens råd för  
byggnadsforskning till HSBs Riksförbund, Stockholm**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84, Stockholm  
Abonnemangsgrupp: k (konstruktion)**

**Pris: 25 kronor**