



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

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



Rapport

R132:1983

**Dimensioneringsanvisningar för
markisolering av ouppvärmade
byggnader**

Jan Ställ

Byggforskningsrådet

Drill.

R132:1983

DIMENSIONERINGSANVISNINGAR FÖR MARKISOLERING
AV OUPPVRÄMDA BYGGNADER

Jan Ställ

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 821400-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Arne Johnson
Ingenjörbyrå AB, Umeå.

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

R132:1983

ISBN 91-540-4042-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1983

INNEHÅLL

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER	4
FIGUR OCH TABELLFÖRTECKNING	5
FÖRORD	6
SAMMANFATTNING	7
1 BAKGRUND	9
2 METOD	10
3 RESULTAT	11
3.1 STATISTISKA FROSTMÄNGDER	11
3.2 DIMENSIONERINGSANVISNINGAR	11
3.2.1 ALLMÄNT	11
3.2.2 AKTUELLT TJÄLDJUP	13
3.2.3 ERFORDERLIG MARKISOLERING	14
3.3 KONTROLL AV DIMENSIONERINGSANVISNINGAR MED HJÄLP AV DATORKÖRNINGAR	17
BILAGA 1 Figurer och tabeller	18
BILAGA 2 Uppgifter angående köldmängdsstatistik.	24
BILAGA 3 Exempel	26
BILAGA 4 Exempel på resultat av datorkörning ...	31
LITTERATURFÖRTECKNING	32

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER

b	Bredd	m
h_0	Tjäldjup i sand och grus	m
h	Tjäldjup i aktuellt jordmaterial	m
Fstatistisk	Den statistiskt framräknade frostmängden	$h \times ^\circ\text{C}$
$F_2, F_5, F_{10}, F_{100}$	Den statistiska frostmängd som i genomsnitt överskrids 1 gång på 2, 5, 10 eller 100 år	$h \times ^\circ\text{C}$
k	Korrektionsfaktor för tjäldjupet i sand och grus. Beroende av aktuell jordart	-
M	Värmemotstånd	$\text{m}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{W}$
Z	Tjocklek	mm, m
ρ	Densitet	kg/m^3
λ	Värmeledningstal	$\text{W}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
ϑ_m	Normala årsmedeltemperaturen	$^\circ\text{C}$
σ	Tryckhållfasthet	kN/m^2
$\sigma_{5\%}^{\text{max}}$	Tryckhållfasthet vid 5% deformation (korttidstryckhållfasthet)	kN/m^2
$\sigma_{2-3\%}^{\text{långtidslast}}$	Tryckhållfastheten vid 2-3% deformation (långtidstryckhållfastheten)	kN/m^2
h_G	Grundläggningsdjup	m

FIGUR OCH TABELLFÖRTECKNING

- Figur 1: Tjälldjup h_0 i sand och grus (oisolerad). Enligt Gundersen NBI.
- Figur 2: Lathund för bestämning av nödvändig isolertjocklek när erforderligt värmemotstånd $Merf$. och det praktiska värmeledningstalet $\lambda_{praktiskt}$ är känt (diagrammet är baserat på $Zisol. = M \times \lambda$). Efter Frost i jord nr 17.
- Tabell 1: Årmedeltemperatur för perioden 1931-1960 (Roger Taesler: Klimatdata över Sverige) och statistisk frostmängd.
- Tabell 2: Minsta värmemotstånd M_{min} . hos tjälisolering, för att hindra tjällyftning under kalla isolerade konstruktioner. Efter Frost i jord nr 17.
- Tabell 3: Markisoleringens minsta bredd b . Isoleringsbredden räknas från konstruktionens ytersida. Efter Frost i jord nr 17.
- Tabell 4: Vägledning för val av statistisk frostmängd $F_{statistisk}$. Efter Frost i jord nr 17.
- Tabell 5: Korrektionsfaktor k , för bestämmande av tjälldjup i olika jordmaterial. Enligt Gundersen NBI.
- Tabell 6: Värmeledningstal λ .
- Tabell 7: Data för isolermaterial.

FÖRORD

Föreliggande rapport avser att ge anvisningar angående aktuellt tjäldjup och erforderlig markisolering.

Initiativtagare till utredningen har varit Sven Sköld och Lennart Douhan, ARNE JOHNSON Ingenjörbyrå ab, Umeå.

Goda råd och upplysningar har förutom av projektledaren erhållits av bland andra Sven Knutsson, avd. för Geoteknik Högskolan i Luleå, Bengt Klefsjö och Harry Hanse, avd. för Matematik Högskolan i Luleå, Bertil Eriksson SMHI Norrköping.

Till alla dessa riktas ett varmt tack. Ett extra varmt tack riktas till Bengt Efring vid Lunds Tekniska Högskola, som har genomfört de datorberäkningar som är omnämnda i denna rapport.

Projektledare vid ARNE JOHNSON Ingenjörbyrå ab har varit civilingenjör Lennart Douhan.

Det är författarens förhoppning att denna rapport ska ge korrektare och billigare grundkonstruktioner för uppvärmda byggnader.

Umeå juni 1983

Jan Ställ

SAMMANFATTNING

Vid grundläggning av ouppvärmade byggnader stöter man ofta på problemet markisolering contra urgrävning till frostfri nivå (framförallt i de norra delarna av Sverige).

Angående markisolering av ouppvärmade byggnader, är det svårt att hitta tillämpbara regler i gällande svenska normer och bestämmelser. SBN berör inte hur man kan reducera grundläggningsdjupet för ouppvärmade byggnader med hjälp av markisolering.

Vid ouppvärmade byggnader kan man bara utnyttja värmeinnehållet i jorden från sommarsäsongen för att hindra frosten att tränga ned. I motsats till uppvärmda byggnader strömmar det inte ned någon värme genom golvet som bidrar till att reducera frostdjupet vid fundamenten.

För att ta vara på värmeinnehållet i jorden från sommarsäsongen, måste man använda sig av markisolering. Genom att välja tillräckligt stort värmemotstånd hos markisoleringen hindras frosten att tränga ned under markisoleringen till lager som man önskar hålla frostfria t.ex. ett lager av tjälfarlig jord.

De frågor denna utredning ville besvara var:
Måste jag markisolera för att klara mig ifrån frost?
Hur tjock måste denna markisolering vara?
Vilken utsträckning måste den ha?

Utredningen indelades i tre huvuddelar, varav den första delen bestod i att framtaga adekvata statistiska frostmängder (integralen av den negativa temperaturen under vintern) för ett antal karaktäristiska orter i Sverige. Del ett genomfördes med hjälp av statistik från SMHI.

Den andra delen i projektet bestod i att ta fram en praktiskt användbar dimensioneringsmetod för markisolering. Detta genomfördes som en litteraturstudie där slutresultatet blev ett sammandrag av den dimensioneringsprincip som finns angiven i [6]. Dock har införts en reduktion av markisoleringens utbredning vid grundmurar och plintar. Reduktionen varierar med grundläggningsdjupet.

Den tredje och sista delen i projektet var att med hjälp av datorprogram kontrollera om den aktuella dimensioneringsmetoden gav korrekta resultat.

I rapporten presenteras resultatet i form av dimensioneringsanvisningar som är enkla att använda, rapporten innehåller också tre praktiska exempel.

I dimensioneringsanvisningarna ingår statistiska frostmängder för 17 olika orter i Sverige från Karesuando i norr till Lund i söder. De statistiska frostmängderna presenteras i form av en tabell. De frostmängder som presenteras i rapporten är de som i genomsnitt överskrids 1 gång på 2, 5, 10 eller 100 år alltså F_2 , F_5 , F_{10} eller F_{100} .

Att observera är att dimensioneringsanvisningarna endast är giltiga för orter som har en årsmedeltemperatur som är > 0 °C.

Vid kontroll av dimensioneringsanvisningarna med hjälp av datorprogram, visade det sig att överensstämmelsen var god mellan de resultat man fick fram med hjälp av dimensioneringsanvisningarna och de resultat som datorkörningarna visade.

Författaren skulle också vilja påpeka vikten av att denna rapport läses igenom i sin helhet innan man börjar använda sig av den.

1 BAKGRUND

Vid grundläggning av uppvärmda byggnader stöter man ofta på problemet markisolerings contra urgrävning till frostfri nivå (framförallt i de norra delarna av Sverige).

Angående markisolerings av uppvärmda byggnader är det svårt att hitta tillämpbara regler i gällande svenska normer och bestämmelser. I SBN kapitel 23:12 "Grundläggning med hänsyn till tjäle" står "en grundkonstruktion i tjälfarlig jord skall utformas så att skador p.g.a. tjäle förhindras". Lite längre ned i samma kapitel finner man "exempel på godtagna åtgärder är grundläggning på tjälfri nivå enligt 33:5 eller dimensionering av konstruktionen för uppträdande tjältryck, jfr. 22:211".

Om vi då tittar på vad som står i kapitel 33:52 "Tjälfritt grundläggningsdjup för några konstruktioner" så finner vi där under punkt a) "Grundkonstruktioner under ett uppvärmt utrymme" att en grundkonstruktion (som man vill skydda mot påverkan från tjäle) under utrymme vars temperatur inte är nämnvärt högre än ytterluftens ska nedföras till djupet h_0 under markytan enligt figur 33:52. Figur 33:52 är en schablonkarta över tjäldjupet i tjälfarliga jordar i Sverige.

SBN tar alltså endast upp grundläggning på frostfritt djup för uppvärmda byggnader, där står ingenting om hur man kan reducera grundläggningsdjupet med hjälp av markisolerings.

Efter litteraturstudier fann författaren att det är svårt att överhuvudtaget hitta någonting om markisolerings av uppvärmda byggnader i svensk facklitteratur.

Vid uppvärmda byggnader kan man bara utnyttja värmeinnehållet i jorden från sommarsäsongen för att hindra frosten att tränga ned. I motsats till uppvärmda byggnader strömmar det inte ned någon värme genom golvet som bidrar till att reducera frostdjupet vid fundamenten.

För att ta vara på värmeinnehållet i jorden från sommarsäsongen måste man använda sig av markisolerings (om man inte väljer att gräva ur till frostfritt djup förstås). Genom att välja tillräckligt stort värmemotstånd hos markisoleringen hindras frosten att tränga ned under markisoleringen till lager som man önskar hålla frostfria t.ex. ett lager av tjälfarlig jord.

De frågor man önskar svar på är alltså: Måste jag markisolera för att klara mig ifrån frost? Hur tjock måste denna markisolerings vara? Vilken utsträckning måste den ha?

Målsättningen med denna utredning har varit att ge svar på de ovan nämnda frågeställningarna.

2 METOD

Utredningen indelades i tre huvuddelar, varav den första delen bestod i att framtaga adekvata statistiska frostmängder för ett antal karaktäristiska orter i Sverige.

Frostmängden är definierad som integralen av den negativa temperaturen under vintern.

Detta genomfördes med hjälp av statistik från SMHI:s årsböcker på så sätt att köldmängden baserad på femdygnsmedelvärdet (eller månadsmedelvärdet där femdygnsmedelvärdet inte fanns tillgängligt, se bilaga 2) sammanräknades för alla år som observationer fanns tillgängliga på aktuell ort. När detta var gjort för alla orter, kontrollerades genom stickprov om man kunde anse köldmängdsobservationerna vara normalfördelade, denna kontroll gjordes med normalfördelningspapper och χ^2 test.

Den andra delen i projektet bestod i att ta fram en praktiskt användbar dimensioneringsmetod för markisolering. Detta genomfördes som en litteraturstudie där slutresultatet blev ett sammandrag av den dimensioneringsprincip som finns angiven i [6].

Dock har införts en reduktion av markisoleringens utbredning vid grundmurar och plintar. Reduktionen varierar med grundläggningsdjupet.

Den tredje och sista delen i projektet var att med hjälp av datorprogram kontrollera om den aktuella dimensioneringsmetoden gav korrekta resultat. Detta genomfördes på så sätt att ett antal, med hjälp av dimensioneringsmetoden, handräknade exempel kontrollerades mot datorberäkningar genomförda av Bengt Eftring vid Lunds Tekniska Högskola.

3 RESULTAT

3.1 Statistiska frostmängder

Vid kontroll befanns köldmängderna vara normalfördelade både på normalfördelningspapper och i χ^2 test (förkastade på 5% signifikansnivå). Fstatistisk är därför framräknat utgående från att köldmängderna är normalfördelade. Den statistiska köldmängden (Fstatistisk) framräknades för 17 olika orter i Sverige, från Karesuando i norr till Lund i söder (se tabell 1).

3.2 Dimensioneringsanvisningar för markisolering

3.2.1 Allmänt

Innan man kan besluta om man ska markisolera eller göra urgrävning till frostfritt djup måste man veta hur långt ned tjälens tränger i det aktuella jordmaterialet. För att kunna få reda på detta djup är det två parametrar som man måste ha kännedom om. Dessa två parametrar behöver man även senare när man ska dimensionera eventuell markisolering.

De två parametrarna är:

STATISTISK FROSTMÄNGD Fstatistisk definieras som integralen av den negativa temperaturen under vintern. Den statistiska frostmängden väljs bl.a. med hänsyn till följande faktorer:

- * Konsekvenser för byggnaden av tjällyftning.
- * Hur många säsonger ska tjälisoleringen vara effektiv?
- * Hur känslig är konstruktionen för tjällyftning?
- * Om lufttemperaturen inne är högre än ute, d.v.s. om frostmängden inne < frostmängden ute.

Sannolikhet att frostmängden ska bli < Fstatistisk

Fstatistisk

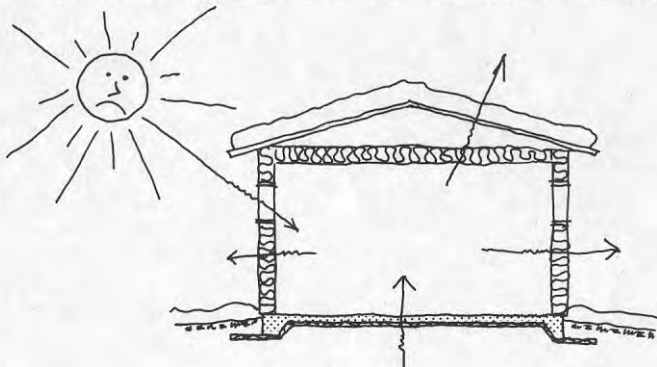
50%	F ₂
80%	F ₅
90%	F ₁₀
99%	F ₁₀₀

Den statistiska frostmängden väljs dels för golvet och dels för aktuell grundläggningsmetod. Normalt så dimensionerar vi en byggnad för 50 år och då väljs den statistiska frostmängden lika med F₁₀₀. Vanligast är att aktuell grundläggningsmetod är känsligare än golvet för tjällyftning.

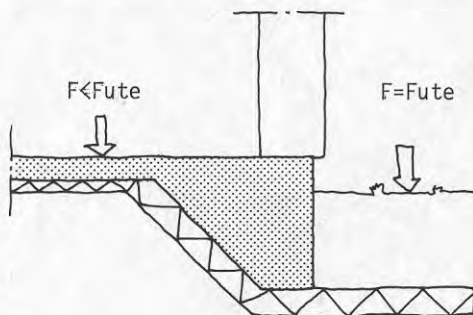
Under bestämda förhållanden kan man välja Fstatistisk mindre än F₁₀₀. Dessa förhållanden varierar dock från projekt till projekt och det är därför omöjligt att ange konkreta regler för val av Fstatistisk, se även tabell 4: Vägledning för val av statistisk frostmängd Fstatistisk.

En viktig men osäker faktor är den verkliga frostmängden inne i en uppvärmd byggnad i förhållande till frostmängden i utomhusluften. Om en uppvärmd byggnad är tät och isolerad så är det troligt att den har högre lufttemperatur och därför lägre frostmängd än utanför. Är det stora fönsterareor i byggnaden så kan

man få en betydande solinstrålning vilket kan öka temperaturskillnaden mellan utomhus och inomhus (se nedan).



Om inneklimatet är i det närmaste likt uteklimatet och byggnaden ska stå i flera år bör man alltid dimensionera grundläggningen för F_{100} . Undantag från detta kan vara provisoriska konstruktioner då en liten tjällyftning inte får stora konsekvenser för vare sig säkerhet eller brukbarhet. Då kan man reducera $F_{\text{statistisk}}$ något men inte lägre än till F_{10} . En viktig notering är dock att kantbalkar och fundament längs en byggnad alltid utsätts för uteklimat oavsett om frostbelastningen inomhus på golvet är lägre (se nedan).



Golv på mark kan tänkas tåla viss tjällyftning, hur mycket är beroende av konstruktionen och funktionen. Ett betonggolv beräknat för stora laster och tung trafik bör inte utsättas för tjällyftning ($F_{\text{statistisk}}$ väljs lika med F_{100}). Ett enklare golv av asfalt kan tänkas tåla moderata tjällyftningar ($F_{\text{statistisk}}$ kan väljas lika med F_{10}) och ett golv av grus eller jord

(t.ex. en carport) kan vara lika brukbart med normal tjällyftning ($F_{\text{statistisk}}$ väljs lika med $0 - F_5$).

För byggnader som av en eller annan anledning måste hållas frostfria inomhus med temperaturen ≥ 0 °C, behöver golvet inte isoleras för att förhindra tjällyftning.

Under gynnsamma snöförhållanden kommer ett snötäcke utanför en uppvärmd byggnad att medföra en reducerad frostmängd på marken. Förhållandet mellan den frostmängd som belastar luften och den som belastar marken är i första hand beroende av snötäckets tjocklek.

I praktiken är det dock högst osäkert hur mycket snö man kan räkna med. Temperaturväxlingar mellan + och - under en vinter innebär att snötäcket krymper och mister sin isolerande effekt. En annan faktor som påverkar isoleringseffekten är liggtiden, snön kan komma sent eller helt utebli.

Om snön skulle utbli innebär det att man p.g.a. utstrålning kan få en extra frostbelastning på bar mark. Detta tillägg kan bli ända upp till 7000-8000 h x °C för en yta som är skärmd från sol men exponerad för utstrålning. Att räkna med denna extra frostbelastning skulle dock innebära att man hade en ärkepeessimistisk syn på saken eftersom även ett mycket tunt snötäcke ger tillräckliga säkerhetsmarginaler.

P.g.a. ovan nämnda orsaker, tas i denna rapport ingen hänsyn till varken snöns isolerande effekt eller den extra frostbelastning man kan få på bar mark.

ÅRSMEDELTEMPERATUREN $\bar{\theta}_m$, den aktuella årsmedeltemperaturen fås från tabell 1. De dimensioneringsanvisningar som är angivna i denna rapport gäller endast under den förutsättningen att ortens årsmedeltemperatur är > 0 °C.

Höjd årsmedeltemperatur ger höjt frostmotstånd och reducerar isoleringsbehovet. Orter med mycket låg årsmedeltemperatur (+ 10 och lägre) har litet värmeinnehåll i jorden och isoleringsbehovet blir då mycket stort.

När man har bakgrunden till dessa två parametrar (statistisk frostmängd $F_{\text{statistisk}}$ och årsmedeltemperaturen $\bar{\theta}_m$) klart för sig, kan man använda sig av den beräkningsgång som anges i 3.2.2 och 3.2.3.

3.2.2 Aktuellt tjäldjup

1. Vilket jordmaterial består marken av
 - (a) Sten-makadam
 - (b) Stenigt grus
 - (c) Sand och grus
 - (d) Silt

- (e) Lera och blandjord
- (f) Torv och bark

För material (a), (b), (c) och (f) förekommer ingen större tjällyftning, där grundläggs på den nivå som passar bäst ur byggnadsteknisk synpunkt.

För material (d) och (e) räknas tjälldjupet ut enligt nedan beskrivna beräkningsgång.

- (A) Vilken statistisk frostmängd $F_{\text{statistisk}}$ väljs? Vilken årsmedeltemperatur Θ_m gäller för orten ifråga? Dessa faktorer framtas med hjälp av tabell 1.
- (B) Med hjälp av årsmedeltemperaturen Θ_m , statistiska frostmängden $F_{\text{statistisk}}$ och figur 1 tar man reda på hur långt tjälen tränger ned i sand och grus h_0 .
- (C) Korrigera tjälldjupet h_0 för aktuellt jordmaterial (se tabell 5) ger h , $h = k \times h_0$.

EX. Plats: Umeå

Jordart: Silt

På vilket djup ska jag lägga en grundsula för att undvika tjällyftning?

(A) $F_{\text{statistisk}} = F_{100} = 42092$

$\Theta_m = 3.4^\circ\text{C}$

(B) $h_0 = 2.5 \text{ m}$

(C) $h = 0.85 \times 2.5 \text{ m} = 2.13 \text{ m}$

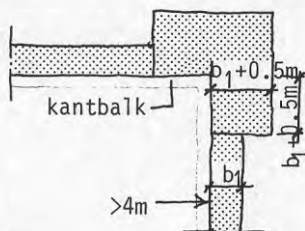
2. Kan vi acceptera att göra urgrävning till aktuellt frostfritt djup ur teknisk och ekonomisk synpunkt, eller måste vi använda oss av markisolering?

Om vi väljer att använda markisolering vill vi veta vilken tjocklek och hur stor yta vi behöver, angående dessa frågor se kapitel 3.2.3 (erforderlig markisolering).

3.2.3 Erforderlig markisolering

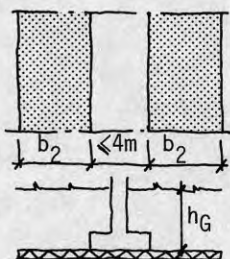
Dimensioneringsanvisningarna för markisolering berör tre olika typer av grundläggning nämligen:

- (1) KANTFÖRSTYVADE GRUNDPLATTOR > 4 m



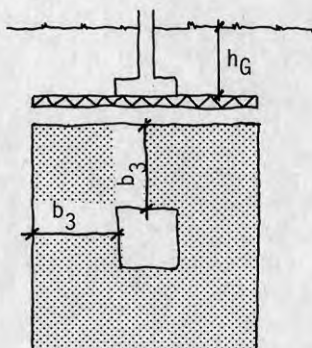
Markisoleringen måste föras ett stycke b_1 utanför grundulan för att förhindra frostnedträngning från sidorna. Nödvändig isoleringsbredd ökar med ökande frostmängd. Bredden ökar också vid hörn där frostnedträngningen kan föregå från flera sidor.

(2) GRUNDPLATTOR ≤ 4 m OCH GRUNDMURAR



Nödvändig isoleringsbredd b_2 blir större än för grundplattor > 4 m, eftersom värmeflödet från grunden kan gå till två sidor.

(3) PLINTAR



Värmeflödet från grunden kan här gå till fyra sidor, och isoleringsbredden b_3 blir därför extra stor.

Dimensionerande parametrar är:

Grundläggningssätt (1), (2) eller (3).

Arsmedeltemperatur ϑ_m ur tabell 1 (se 3.2.1)

Statistisk frostmängd $F_{\text{statistisk}}$ (se 3.2.1)

Beräkningsgången blir följande: (tillämpliga delar gäller även för golv)

(A) Tag reda på aktuella förutsättningar d.v.s.

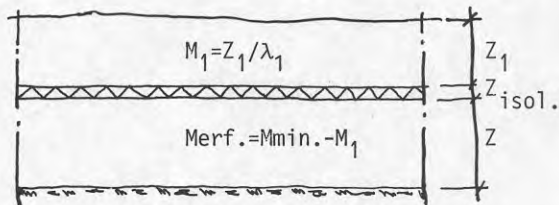
$F_{\text{statistisk}}$

ϑ_m

Grundläggningssätt

Material och tjocklek på dränerande lager.

- (B) Tag reda på isoleringens minsta värmemotstånd M_{min} enligt tabell 2.
- (C) Räkna bort värmemotståndet för ovanförliggande lager M_1 , lager Z_1 anses fruset. All återfyllning ovanför markisoleringen ska utföras med icke tjällyftande material. Angående värmeledningstal λ_1 , se tabell 6.



- (D) Räkna ut aktuell isolertjocklek
 $Z_{isol.} = Merf. \times \lambda_{isol.}$ (se figur 2)
 Angående värmeledningstal λ för isolering se tabell 7.
 Punkt (E) och (F) varierar sen beroende på vilken sorts grundläggning man har.

(E1) KANTFÖRSTYVADE GRUNDPLATTOR > 4 m

Markisoleringens minsta bredd b_1 framtas från tabell 3.

- (F1) GOLV: Om man tillåter en liten frostnedträngning genom golvet blir kantbalken utsatt för frost från insidan, då måste man föra isoleringen bredden b_1 också innanför kantbalken. Om frostnedträngningen genom golvet är stor (oisolerat golv) måste man ta fram erforderlig isoleringsbredd enligt de regler som gäller för GRUNDPLATTOR ≤ 4 m OCH GRUNDMURAR. Lämpligt är dock att isolera även under golvet. Om frostmängden på golvet alltid = 0 (frostfritt byggande) kan golvisoleringen slopas helt. Markisoleringen måste dock ändå sticka ut bredden b_1 utanför kantbalken. Man bör sträva efter att hålla markisoleringen i ett sammanhängande skikt över eller under både golv och kantbalk på så vis undviker man köldbryggor som kan ge lokal frostnedträngning. Tjocklek på isolering under golv framräknas enligt punkt (A) - (D) i detta stycke. Angående val av Fstatistisk se tabell 4. och 3.2.1

(E2) GRUNDPLATTOR ≤ 4 m OCH GRUNDMURAR

Markisoleringens minsta bredd b_2 framtas med hjälp av tabell 3. Vid hörn utkragas isoleringen med de mått som anges för plintar i tabell 3. Beroende på grundläggningsdjup kan respektive bredd reduceras enligt: $b_{red.} = b \left(1 - \frac{h_G}{h}\right)$.

Om stor tjällyftning av omkringliggande mark befaras, utförs ingen reduktion av bredden (minskar risken för lyftning av grundkonstruktionen).

(F2) GOLV: Denna grundläggningsmetod används när man låter golvet vara oisolerat eller när man har en byggnad med isolerat golv (fribärande eller golv på mark). Tjocklek på isolering under golv framräknas enligt punkt (A) - (D) i detta stycke. Angående val av Fstatistisk se tabell 4 och 3.2.1.

(E3) PLINTAR:

Markisoleringens minsta bredd b_3 framtas med hjälp av tabell 3. Beroende på grundläggningsdjup h kan bredden reduceras enligt: $b_3 \text{ red.} = b_3 (1 - \frac{h}{h_0})$
Om stor tjällyftning av omkringliggande mark befaras, utförs ingen reduktion av bredden (minskar risken för lyftning av grundkonstruktionen).

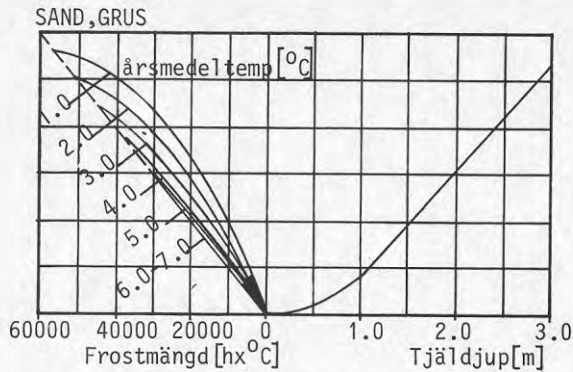
OBS! Isoleringen måste kontrolleras för aktuell vertikallast.

(F3) GOLV: Denna grundläggningsmetod används vanligen vid golv på mark isolerat eller oisolerat. Tjocklek på isolering under golv framräknas enligt punkt (A) - (D) i detta stycke. Angående val av Fstatistisk se tabell 4 och 3.2.1.

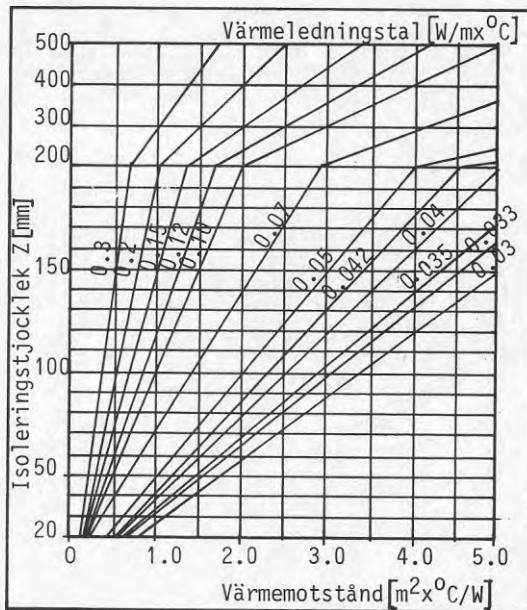
3.3 Kontroll av dimensioneringsanvisningar med hjälp av datorberäkningar.

För att kontrollera dimensioneringsanvisningarnas giltighet utfördes ett antal datorberäkningar. Ett av resultaten redovisas i bilaga 4. För samtliga av dessa beräkningar kunde konstateras att datorberäkningarna visade god överensstämmelse med dimensioneringsanvisningarna.

BILAGA 1 Figurer och tabeller



Figur 1: Tjäldjup h_0 i sand och grus (oisolerad).
Enligt Gundersen NBI.



Figur 2: Lathund för bestämning av nödvändig isoler-
tjocklek när erforderligt värmemotstånd M_{erf} .
och det praktiska värmeledningstalet $\lambda_{praktiskt}$
är känt (diagrammet är baserat på $Z_{isol} = M \times \lambda$).
Efter Frost i jord nr 17.

STATION	NORMALA ÅRS- MEDELTEMP.	STATISTISK FROSTMÄNGD I LUFT			
	$\bar{\theta}_m$	F ₂	F ₅	F ₁₀	F ₁₀₀
	[°C]	[h x °C]			
Karesuando	-1.5	49028	56683	60680	70178
Kiruna	-1.2	43140	49297	52512	60152
MalMBERGET	0.2				
Jokkmokk *	-0.2	44077	51906	55994	65709
Haparanda	1.6	32971	40543	44496	53891
Luleå	2.0	28815	35926	39639	48462
Piteå *	2.3	28262	35868	39839	49277
Stensele	0.7	35919	43432	47354	56676
Umeå	3.4	22852	29816	33452	42092
Östersund	2.7	21665	28329	31808	40077
Härnösand	4.4	15850	22097	25359	33111
Sundsvall	3.9				
Sveg	2.1	27944	34562	38017	46228
Delsbo *	4.0	18145	24035	27111	34419
Edsbyn	3.9				
Mora	3.5				
Gävle	5.0				
Falun	4.6	15947	21982	25133	32621
Uppsala	5.7				
Västerås	5.9				
Karlstad	5.9				
Stockholm	6.6	7584	11636	13752	18780
Åmål	6.1				
Strömstad	6.6				
Nyköping	6.2				
Norrköping	6.9				
Linköping	6.8				
Skara	5.8				
Jönköping	6.1	6849	10935	12722	17510
Västervik	6.9				
Borås	6.3				
Göteborg	7.9	3546	6366	7842	11349
Nässjö	5.4				
Visby	7.2				
Växjö	6.5				
Kalmar	7.0				
Karlshamn	7.6				
Kristianstad	7.7				
Lund	8.0	3025	5401	6642	9592
Malmö	8.0				
Ystad	7.8				

Tabell 1: Normala årsmedeltemperaturen för perioden 1931-1960 (Roger Taeslers: Klimatdata över Sverige) och statistisk frostmängd (se även bilaga 2).

*Normala årsmedeltemperaturen efter statistik från SMHI Norrköping.

STATISTISK FROSTMÄNGD Fstatistisk [h x °C]	10000			20 000			30 000			40 000			50 000	
	(alla)	2	3	4-7	1	2	3	4-6	1'	2	3-4	1	2	
NORMALA ARSMEDELTEMP. [°C]														
TJÄLSAKERT LAG MELLAN ISOLERING OCH UNDERGRUND														
TYP	ISOLERINGENS MINSTA VÄRMOTSTÅND Mmin. [m ² x °C/w]													
0.1 - 0.2	0.8	1.6	1.4	1.2	3.2	2.6	2.2	2.0	4.2	3.5	2.8	(5.0)	(4.0)	
GRUS	0.5	1.2	1.0	0.8	2.5	2.0	1.6	1.4	3.5	2.8	2.2	(4.0)	(3.2)	
GROV SAND 0.6 (ρ = 1700)	0.3	0.8	0.6	0.5	1.7	1.4	1.0	0.8	2.5	2.0	1.6	3.0	2.4	
0.8	0	0.6	0.4	0.3	1.4	1.1	0.8	0.7	2.1	1.6	1.3	2.5	1.9	
1.0	0	0.4	0.3	0.2	1.0	0.7	0.6	0.5	1.6	1.2	1.0	1.8	1.4	

Tabell 2: Minsta värmotstånd Mmin. hos tjälisolering, för att hindra tjällyftning under kalla isolerade konstruktioner. Efter Frost i jord nr 17.

Anm.1 För mellanliggande värden av Fstatistisk och Øm interpoleras rätlinjigt.

Anm.2 För sand och grus är det räknat med ett vatteninnehåll på 8 vikts%.

Anm.3 De angivna värdena på Mmin. tillåter frosten att tränga en liten bit (0.1 - 0.2 m) ned i det tjälfarliga materialet. Tjällyftningen av denna tjälmedträngning är dock försumbar. Värden inom parentes nyttjas med försiktighet, kan ge en större frostnedträngning än 0.1 - 0.2 m.

KONSTRUKTION	SE SID	STATISTISK FROSTMÄNGD $F_{\text{statistisk}} [h \times ^\circ C]$						
		10000	20000	30000	40000	50000	60000	
Platta > 4 m		0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.50	(m)
Platta \leq 4 m		0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	2.50	(m)
Plintar		0.75	1.10	1.50	2.25	3.00	3.75	(m)

Tabell 3: Markisoleringsens minsta bredd b som denna är definerad på figur sid 15. Isoleringsbredden räknas från konstruktionens yttersida. Efter Frost i jord nr 17.

Anm. För mellanliggande värden av $F_{\text{statistisk}}$ interpoleras rätlinjigt.

FÖREMÅL	STATISTISK FROSTMÄNGD $F_{\text{statistisk}} [h \times ^\circ C]$	
	KANTBALK FUNDAMENT	GOLV
Permanent konstruktioner utsatt för uteklimat $F_{\text{statistisk}} = F_{\text{ute}}$	F10-F100 Värdering av byggnadskonstruktion	0-F100 Värdering av brukskrav och golvtyp
Ouppvärmda slutna isolerade byggnader. $F_{\text{inne}} < F_{\text{ute}}$	($F_{\text{statistisk}} = F_{\text{ute}}$) F10-F100 Värdering av byggnadskonstruktion	($F_{\text{statistisk}} = F_{\text{ute}}$) 0-F10 Värdering av frostbelastning brukskrav och golvtyp
Isolerade byggnader med innetemp $> 0^\circ C$ $F_{\text{inne}} = 0$	($F_{\text{statistisk}} = F_{\text{ute}}$) F10-F100 Värdering av byggnadskonstruktion	0

Tabell 4: Vägledning för val av statistisk frostmängd $F_{\text{statistisk}}$. Efter Frost i jord nr 17.

JORDART	KORREKTIONS- FAKTOR k
Sten - Makadam, stenigt grus	1.4
Sand och grus	1.0
Silt	0.85
Lera och blandjord	0.7
Torv, bark	0.3

Tabell 5: Korrektionsfaktor k för bestämmande av tjäldjup i olika jordmaterial. Enligt Gundersen NBI.

JORDART	λ_{fruset}	λ_{ofruset}
Sten - Makadam	0.6 - 1.3	0.7 - 1.5
Stenigt grus	0.7 - 1.8	1.0 - 2.0
Sand och grus	0.8 - 1.8	1.1 - 2.2

Tabell 6: Värmeledningstal λ [$\text{W} / \text{m} \times ^\circ\text{C}$]

Anm. De högre värdena väljs där hög fukthalt förväntas i övrigt väljs medelvärdet.

TYP EXTRUDERAD CELLPLAST	UNGEFÄRLIG DENSITET ρ [kg/m ³]	TJOCKLEK Z [mm]	Apraktisk [W/m x °C]	$\sigma_{5\%}^{max}$ [kPa]	långtidslast $\sigma_{2-3\%}^{max}$ [kPa]	JÄMFÖRELSETAL $\lambda \times pris/m^3$ $\left[\frac{W \times kr}{C \times m^4} \right]$
STYROFOAM 957-00	40-42	40, 50, 60, 80	0.033	350	160 (2%)	23
STYROFOAM 953-00	32-36	50, 70	0.033	250	100 (2%)	20
STYROFOAM 975-00	50	50	0.033	700	250 (2%)	41
STYROFOAM 983-00	32-36	50-120	0.033	250	100 (2%)	20
TYP EXPANDERAD CELLPLAST						
FRIGOLIT 901-00	15	10, 20, 30	*	60	15 (3%)	9 (20 mm)
FRIGOLIT 911-00	20	40-120	*	80	20 (3%)	10 (80 mm)
FRIGOLIT 931-00	30	50, 70	*	150	30 (3%)	15 (70 mm)
STYROLIT GRUNDSK.	20	40-100	*	110	20 (3%)	10 (100 mm)
STYROLIT MARKSK.	30	40-100	*	175	30 (3%)	12 (100 mm)
STYROLIT VÅGSKIVA	50	40-80	*	300	50 (3%)	23 (80 mm)
TYP STENULLSSKIVA						
MARKSKIVA 389-00 (Rockwool)	160	50-100	*	-	4 (3%)	20 (70 mm)
MINWOOL SKIVA 9056 (Gullfiber)	150	50-100	*	-	4 (3%)	20 (100 mm)

Tabell 7: Data för vissa isolermaterial (enligt tillverkarens uppgifter).

* Produkt och konstruktionsberoende

BILAGA 2 Uppgifter angående köldmängdsstatistik.

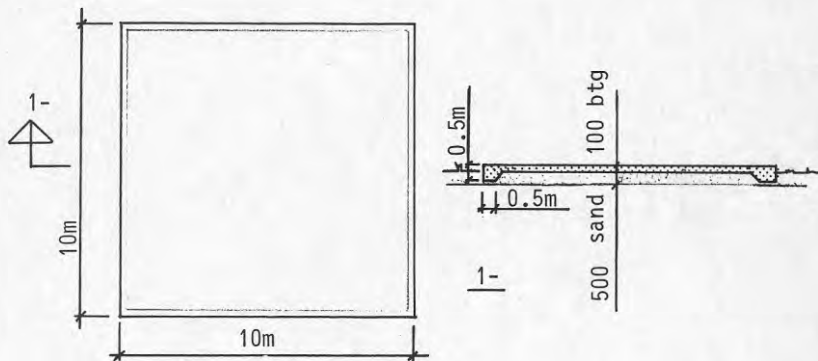
KARESUANDO:	MÅNADSMEDELVÄRDE:	1926-1929, 1933-1968, 1970-1975
	5 D.M	: 1979-1925, 1930-1932, 1969, 1976-1980
KIRUNA :	MÅNADSMEDELVÄRDE:	1961-1964
	5 D.M	: 1915-1960, 1965-1980
JOKKMOKK :	MÅNADSMEDELVÄRDE:	
	5 D.M	: 1874-1980
HAPARANDA :	MÅNADSMEDELVÄRDE:	1960-1964
	5 D.M	: 1874-1959, 1965-1980
LULEÅ :	MÅNADSMEDELVÄRDE:	1926-1980
	5 D.M	:
PITEÅ :	MÅNADSMEDELVÄRDE:	1961-1964
	5 D.M	: 1874-1960, 1965-1980
STENSELE :	MÅNADSMEDELVÄRDE:	1961-1964
	5 D.M	: 1874-1960, 1965-1980
UMEA :	MÅNADSMEDELVÄRDE:	
	5 D.M	: 1874-1980
ÖSTERSUND :	MÅNADSMEDELVÄRDE:	
	5 D.M	: 1873-1980
HÄRNÖSAND :	MÅNADSMEDELVÄRDE:	1926-1928, 1935, 1937-1942 1945-1947, 1949-1969, 1970-1975
	5 D.M	: 1874-1925, 1929-1934, 1936, 1943 1944, 1948, 1969, 1976-1980
SVEG :	MÅNADSMEDELVÄRDE:	
	5 D.M	: 1875-1878, 1880-1980
DELSBO :	MÅNADSMEDELVÄRDE:	1961-1966
	5 D.M	: 1878-1960, 1967-1980
FALUN :	MÅNADSMEDELVÄRDE:	1926-1928, 1933-1968, 1970-1971, 1973-1975
	5 D.M	: 1873-1925, 1929-1932, 1969, 1972, 1976-1980
STOCKHOLM :	MÅNADSMEDELVÄRDE:	1926-1929, 1933, 1937-1968, 1970-1975
	5 D.M	: 1873-1925, 1930-1932, 1934-1936, 1969, 1976-1980

JÖNKÖPING	:	MÅNADSMEDELVÄRDE:	1961-1966
		5 D.M	: 1878-1960, 1967-1980
GÖTEBORG	:	MÅNADSMEDELVÄRDE:	1874, 1926-1927, 1929, 1933-1975, 1977-1980
		5 D.M	: 1873, 1875-1925, 1928, 1930-1932, 1976
LUND	:	MÅNADSMEDELVÄRDE:	1874, 1927-1929, 1933-1968, 1970-1972
		5 D.M	: 1873, 1875-1926, 1930-1932, 1969, 1973-1980

Anm. 5 D.M = Femdygnsmedelvärde.

BILAGA 3 Exempel

Exempel 1: Grundplatta > 4m.

Förutsättningar

PLATS: Umeå

$$\vartheta_m = 3.4^{\circ}\text{C}$$

Fstatistisk = $F_{100} = 42092$ (kantbalk), $F_{10} = 33452$ (golv)

MATERIAL: Silt

HUR MYCKET MARKISOLERING ($\lambda = 0.033 \text{ W/m} \times ^{\circ}\text{C}$) KRÄVS FÖR ATT MAN INTE SKA FA NAGON TJÄLLYFTNING UNDER KANTBALKEN OCH TJÄLLYFTNING I GENOMSNITT VART 10:e ÅR UNDER GOLVET.

Lösning

Tar först reda på hur långt tjälen tränger ned i oisolerad mark.

(A) $F_{\text{statistisk}} = F_{100} = 42092$ (kantbalk)

$$\vartheta_m = 3.4^{\circ}\text{C}$$

(B) $h_o = 2.5\text{m}$

(C) $h = 0.85 \times 2.5 = 2.1\text{m}$

Detta kan ej accepteras när vi kräver att tjällyftningen = 0 under kantbalken. Vi måste alltså markisolera.

Kantbalken

(B) $M_{\text{min.}} = 2.8 \text{ m}^2 \times ^{\circ}\text{C} / \text{W}$

(C) $M_1 = 0$

$$M_{\text{erf.}} = 2.8 \text{ m}^2 \times ^{\circ}\text{C} / \text{W}$$

(D) $Z_{\text{isol.}} = 2.8 \times 0.033 = 0.092\text{m} = 9\text{cm.}$

(E1) $b_1 = 1.3\text{m}$

(F1) Golvet

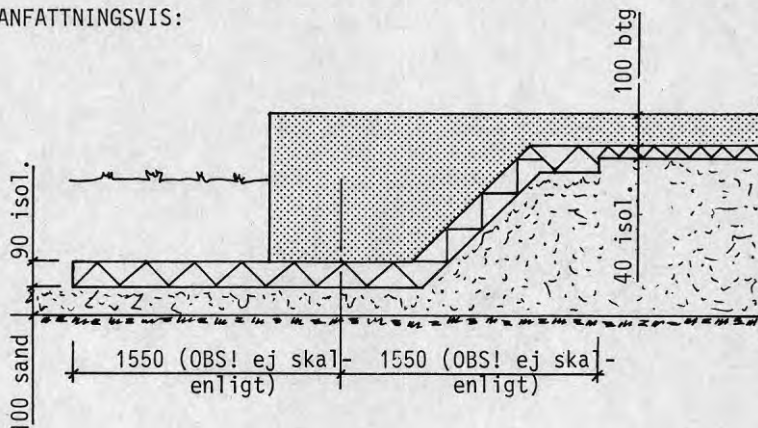
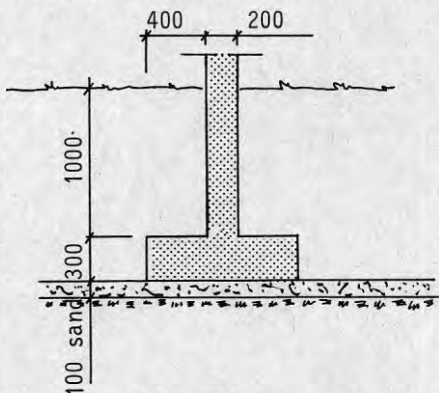
(B) $M_{\min.} = 1.15 \text{ m}^2 \times 0^\circ\text{C} / \text{W}$

(C) $M_1 = 0$

$M_{\text{erf.}} = 1.15 \text{ m}^2 \times 0^\circ\text{C} / \text{W}$

(D) $Z_{\text{isol.}} = 1.15 \times 0.033 = 0.038\text{m} = 4\text{cm.}$

SAMMANFATTNINGSVIS:

Exempel 2: GrundmurFörutsättningar

PLATS: Östersund

$\vartheta_m = 2.7^\circ\text{C}$

$F_{\text{statistisk}} = 40077 \text{ h} \times 0^\circ\text{C}$

MATERIAL: Silt

HUR MYCKET MARKISOLERING ($\lambda = 0.033 \text{ W} / \text{m} \times 0^\circ\text{C}$) KRAVS FÖR ATT
 MAN INTE SKA FA NAGON TJÄLLYFTNING ?

Lösning

Tar först reda på hur långt tjälen tränger ned i oisolerad mark.

$$(A) \quad F_{\text{statistisk}} = F_{100} = 40077 \text{ h} \times ^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_m = 2.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$(B) \quad h_o = 2.6 \text{ m}$$

$$(C) \quad h = 0.85 \times 2.6 = 2.2 \text{ m}$$

Detta kan ej accepteras när vi kräver att tjällyftningen = 0.

Vi måste alltså markisolera.

$$(B) \quad M_{\text{min.}} = 3.0 \text{ m}^2 \times ^\circ\text{C} / \text{W}$$

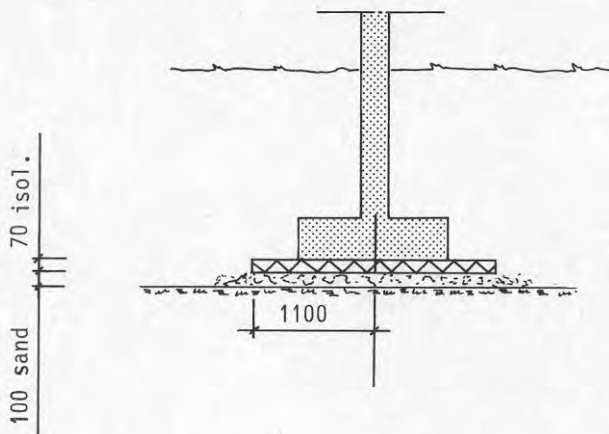
$$(C) \quad M_1 = 1.3 / 1.30 = 1.0 \text{ m}^2 \times ^\circ\text{C} / \text{W} \text{ (frusen sand)}$$

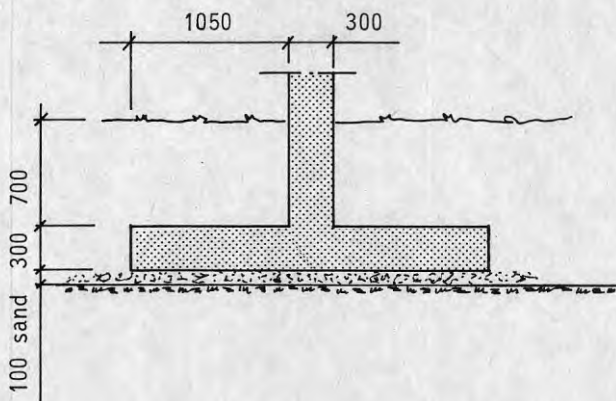
$$M_{\text{erf.}} = 3.0 - 1.0 = 2.0 \text{ m}^2 \times ^\circ\text{C} / \text{W}$$

$$(D) \quad Z_{\text{isol.}} = 2.0 \times 0.033 = 0.066 = 7 \text{ cm.}$$

$$(E2) \quad b_2 \text{ red} = 1,5 \left(1 - \frac{1,3}{2,2}\right) = 0,6 \text{ m}$$

SAMMANFATTNINGSVIS:



Exempel 3: PlintFörutsättningar

PLATS: Luleå

$$\vartheta_m = 2.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{statistisk}} = F_{100} = 48462 \text{ h} \times \text{ } ^\circ\text{C}$$

MATERIAL: Lera

HUR MYCKET MARKISOLERING ($\lambda = 0.033 \text{ W} / \text{m} \times \text{ } ^\circ\text{C}$) KRÄVS FÖR ATT MAN INTE SKA FÅ NAGON TJÄLLYFTNING ?

Lösning

Tar först reda på hur långt tjälen tränger ned i oisolerad mark.

$$(A) \quad F_{\text{statistisk}} = F_{100} = 48462 \text{ h} \times \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_m = 2.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$(B) \quad h_o = 2.8 \text{ m}$$

$$(C) \quad h = 0.7 \times 2.8 = 1.9 \text{ m}$$

Detta kan ej accepteras när vi kräver att tjällyftningen = 0.

Vi måste alltså markisolera.

$$(B) \quad M_{\text{min.}} = 3.9 \text{ m}^2 \times \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$$

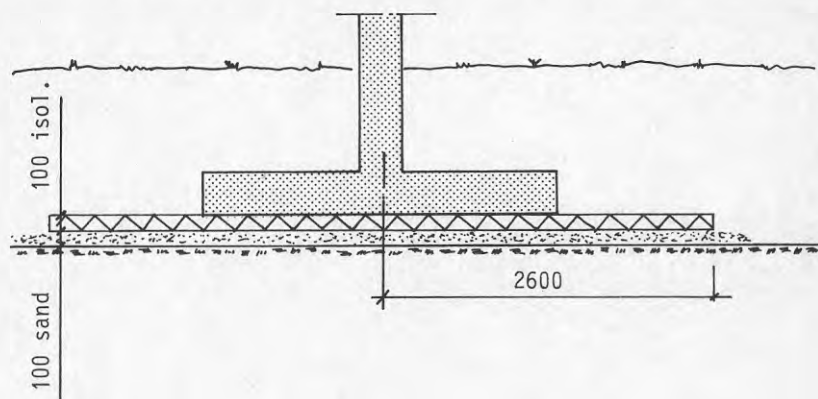
$$(C) \quad M_1 = 1.0 / 1.3 = 0.77 \text{ m}^2 \times \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W} \quad (\text{frusen sand})$$

$$M_{\text{erf.}} = 3.9 - 0.77 = 3.13 \text{ m}^2 \times \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$$

$$(D) \quad Z_{\text{isol.}} = 3.13 \times 0.033 = 0.10 = 10 \text{ cm}$$

$$(E3) \quad b_3 \text{ red} = 2,9 \left(1 - \frac{1,0}{1,9}\right) = 1,4 \text{ m}$$

SAMMANFATTNINGSVIS:



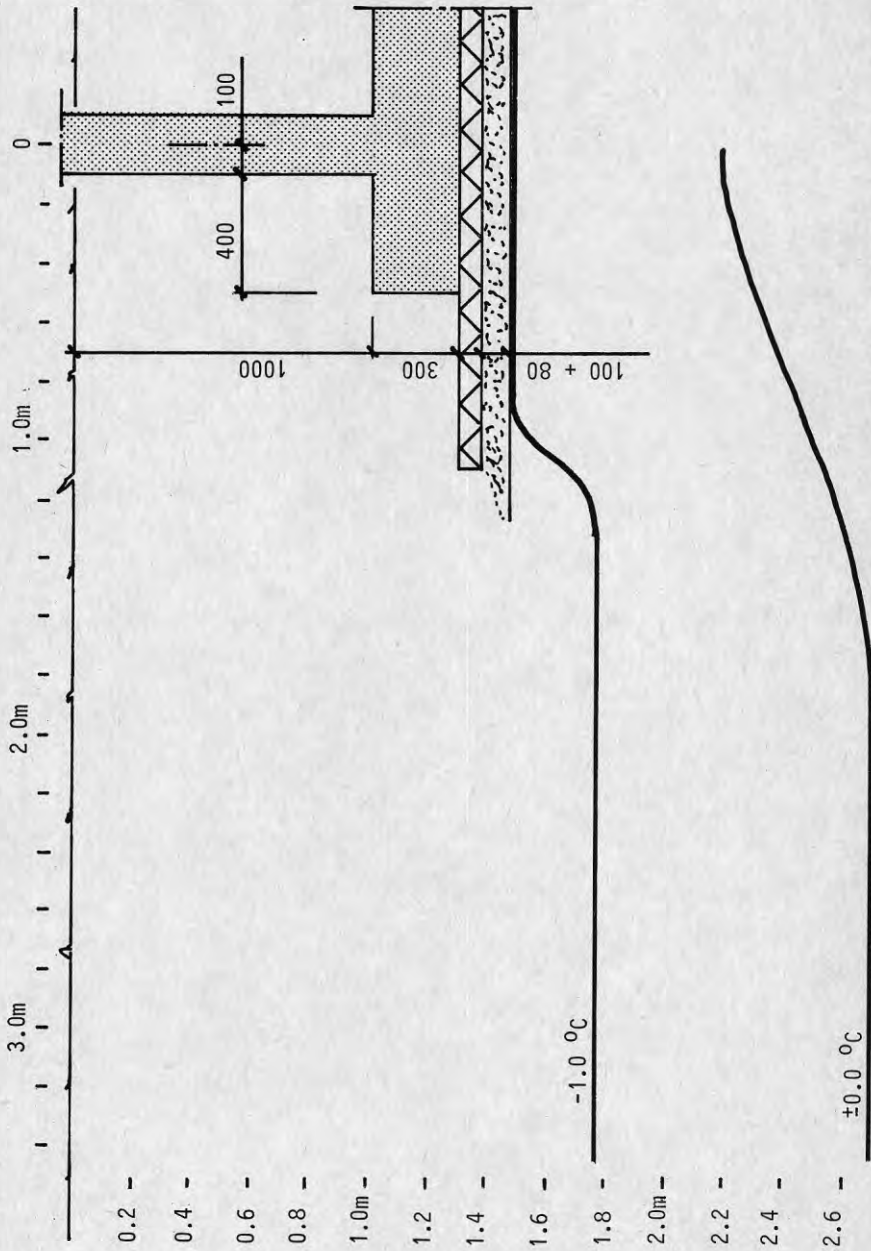
Exempel 2: Grundmur

PLATS: Östersund

Fstatistisk = $F_{100} = 40077 \text{ h} \times \text{°C}$

$\vartheta_m = 2.7 \text{ °C}$

MATERIAL: Silt



LITTERATURFÖRTECKNING

- [1] Jansson, Lars-Erik, 1968, Tjälldjupet i Sverige slutrapport, Statens Naturvårdsverk, v 4 1968, Stockholm
- [2] Knutsson, Sven, 1981, Tjältningsprocessen, LuTH, Rapport 1981:5, Luleå
- [3] Knutsson, Sven, Klimatbelastningar vid tjälldjupsberäkningar, Avdelningen för Geoteknik, LuTH, utdrag ur kompendium, Luleå
- [4] Knutsson, Sven, Jordmaterials värmetekniska egenskaper, Avdelningen för Geoteknik, LuTH, utdrag ur kompendium, Luleå
- [5] Taesler, Roger, 1972, klimatdata över Sverige, Svensk Byggtjänst, Stockholm
- [6] Frost i jord, nr 17, 1976, Norges Teknisk-Naturvetenskapelige forskningsråd og Statens Vegvesen, Oslo
- [7] Rockwool, 1979, Frostisolering av Va-ledningar i mark, Broschyr 399/1
- [8] SMHI, Årsbok, Meteorologiska iakttagelser i Sverige 1864 - 1980

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
821400-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Arne Johnson Ingenjörbyrå AB, Umeå.**

R132: 1983

ISBN 91-540-4042-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700832

**Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik**

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

Cirkapris: 20 kr exkl moms