

Frostsikre gulv på grunnen

* Av sivilingeniør Frode Færøyvik

Særtrykk fra "Frost i jord" nr. 14, oktober 1974.

Sammendrag

Denne artikkelen er en forkortet utgave av en forelesning på NIF-kurset "Frost i jord" mars 1973: "Frostsikring av husfundamenter". Her presenteres resultatene av en beregningsserie som ble utført på NBI ved årsskiftet 1972/73. Varmestrømmen fra et vanlig oppvarmet bolighus ble EDB-simulert gjennom en "30-årsvinter" (vinteren 1965/66). Hensikten var først og fremst å komme frem til enkle, telesikre løsninger som var brukbare i praksis.

Beregningene ble foretatt for 4 byer med forskjellig klima/frostmengde, nemlig Stavanger, Oslo, Lillehammer og Røros. Ut fra et frostmengdekart kan brukere selv finne sitt aktuelle byggesteds plassering i forhold til en av referansebyene. Innvendige temperaturer i boligen er satt til 18°C i oppholdsrom og 4°C i boder. Som jordart er valgt en vanlig siltig leire.

Det er regnet med snøbart terreng. Bl.a. derfor har fundamentløsningene en viss sikkerhetsmargin, og all erfaring i Skandinavia tyder på at den totale sikkerhet er ganske stor. Typiske teleskader på normalt oppvarmede hus med slike grunne fundamenter er ikke kjent i praksis. Derfor kan de viste konstruksjoner ansees like telesikre som tradisjonelle konstruksjoner.

Da det fortsatt foregår en del forskning på dette området, må denne artikkel bare betraktes som en delrapport. Man kan senere vente flere rapporter fra NBI om gulvtemperaturer, fukt-sikring etc.

Innledning

Den tradisjonelle frostsikring har som kjent bestått i å grave fundamentene ned til frostfri dybde. Slik har man utnyttet at temperaturen på et visst dyp alltid er over 0°C. Årsaken til dette har da selvfølgelig vært å hindre skader fra frostbevegelser i jordmassene, ofte kalt telehiv.

Den såkalte frostfrie dybde oppgis normalt som faste tall i hver kommune, men vil i virkeligheten variere kraftig etter forholdene på stedet: Jordsmønn, vanninnhold, snølag osv. På



Norges
byggforsknings
institutt

særtrykk
230

samme sted kan teledybden variere fra noen få desimeter på en snødekt myr til flere meter på snøbare fjellknauser. Når man også tar i betraktning den "varmelekkasje" som foregår f.eks. fra et oppvarmet hus med gulv på grunnen, blir det vanlige begrepet frostfri dybde her helt urealistisk.

Gjennom den forskning og utvikling som naturlig nok har foregått i Nord-Amerika og Nord-Europa, har vi etter hvert fått øket viten på dette fagområdet. Vi i Norge har blitt mest inspirert av våre svenske naboer som var noe tidligere ute med praktiske løsninger. I virkeligheten ble adgangen til generell redusert fundamentersdybde hos oss først åpnet 1. april 1970, da de nye byggeforskriftene trådte i kraft. Her står det nå i pkt. 42:2: "Fundamentene skal utføres slik at bygningen ikke kan skades av tele". Denne formuleringen gir muligheter for riktignere løsninger. På den annen side er det ikke så lett for myndigheter og andre kontrollerende instanser å vurdere bestemte konstruksjoner. Hva skal i så fall være vurderingsgrunnlaget?

Vurderingsmuligheter

En mulighet er å utføre eksperimentelle fundamenter ut fra erfaring og "sunt bondevett" for siden å holde disse under observasjon i et visst antall år. Dette har vært gjort, men løsningene har dessverre ikke blitt satt på noen ordentlig prøve p.g.a. de siste års relativt milde vintre.

En annen metode, som først har åpnet seg i de siste årene med EDB, er å simulere den varme-strøm som foregår fra et oppvarmet hus ned i bakken. En slik simulering kan f.eks. vise temperaturforholdene omkring husfundamentene gjennom en streng vinter. Forutsetningene for å få realistiske resultater, er da at vi a) finner en brukbar matematisk modell for denne varme-strømmen inklusive frysing, tining, stråling osv., b) benytter relevante meteorologiske data, c) har noenlunde riktige termiske verdier for de materi-

* Fra 1973 ansatt som teknisk sjef hos Block Watne Bygg A/S, Fredrikstad.

aler varmestrømmen passerer. (Det siste er ikke alltid så helt enkelt for jordarter og materialer med varierende sammensetning og fuktforhold.)

Varmestrømsberegninger

Det finnes flere regneprogrammer i bruk rundt om i Skandinavia. I Norge har det i noen år vært tilgjengelig et regneprogram ved Institutt for hysbyggingsteknikk, NTH, der NBI har fått utført beregninger etter behov. Dette skjedde hovedsakelig i forbindelse med oppdrag for firmaer. Hele denne prosedyren var imidlertid nokså tungvint, og NBI har derfor fått låne dette regneprogrammet. Det å måtte beregne hvert enkelt tilfelle spesielt, var også lite tilfredsstillende. Forfatteren tok derfor initiativet til en systematisk gjennomregning av noen aktuelle konstruksjoner for forskjellige klimaer. En slik beregningsserie ble utført på NBI ved årsskiftet 1972/73. Beregningene ble utført av siviling. L.T. Bjertnæs.

Hvorfor gulv på grunnen?

Vi kan i dag si at det er 4 aktuelle fundamentkonstruksjoner for hus: Kjeller, kryperom, peler/pilarer og gulv på grunnen. Når vi av disse valgte spesielt gulv på grunnen, har det flere årsaker: Det er mange gode erfaringer med konstruksjonen som har vist seg å gi tekniske og økonomiske fordeler, særlig ved seriebygging av boliger. Dessuten forelå det ikke skikkelige norske dimensjoneringsregler.

Kjellerfundamenter er som regel så dypt nedgravd i bakken at særlige teleproblemer ikke forekommer. I skrått terreng kan imidlertid fundamentene på nedsiden komme nokså grunt, slik at situasjonen blir nokså lik gulv på grunnen. Derfor kan vi si at våre beregninger dekker de to viktigste fundamenteringsformer i Norge i dag.

Klimasoner

Norge har jo et meget variert klima innenfor sine grenser, fra Bergen med en frostmengde på ca. 5 000 h°C til Kautokeino med 75 000 h°C (ifølge

NSB's kart over maksimale frostmengder). Det er ganske åpenbart uøkonomisk å dimensjonere hele landet likt. I disse beregningene har vi valgt ut meteorologiske data fra fire byer som hver kan sies å dekke sine typiske "klimasoner".

1. *Stavanger*, frostmengde ca. 10 000 h°C. Dekker Vestlandets kyststripe fra Lista til Trondheimsfjorden.
2. *Oslo*, frostmengde ca. 25 000 h°C. Dekker det meste av lavlandet og kysten nord til Tromsø.
3. *Lillehammer*, frostmengde ca. 40 000 h°C. Dekker også det meste av innlandet og kysten til Vardø.
4. *Røros*, frostmengde ca. 55 000 h°C. Dekker resten av landet unntatt indre Finnmark.

Frostmengdekartet på fig. 1 kan være en god hjelp i vurderingen av et steds plassering i forhold til ovennevnte byer. Imidlertid kan klimaet variere en del lokalt.

Vi har regnet med vinteren 1965/66 da denne vinteren var spesielt hard og kald for Sør-Norge med mye større frostmengde enn en "normalvinter". Det er over 30 år siden vi hadde en slik vinter i Norge.

Hele problemkomplekset med klimasoner er imidlertid p.t. under bearbeiding, men foreløpig skulle ovenstående inndeling være tilfredsstillende.

Innetemperaturer

Hvilke temperaturer skulle vi velge? Vi vet at temperaturforholdene varierer fra rom til rom og fra hus til hus fordi folk har forskjellig varmebehov. Av praktiske grunner måtte vi velge konstante innetemperaturer, dvs. nærmest "årsdøgnmiddel". For ikke å få for mange varianter (EDB-kjøring er dyrt), valgte vi å beregne alle konstruksjoner for to tilfeller, nemlig 18° og 4°C. De skal dekke oppholdsrom og kjølige (isolerte) boder. Disse tallene kan selvfølgelig diskuteres, noen vil ha dem høyere og noen lavere, men vi anså verdiene som et rimelig kompromiss. 18°C kan innebære et middels varmt soverom, mens 4°C gir en ganske kald bod (kjøleskapstemperatur). Et par graders variasjon på oppholdsrom-temperaturen har nokså liten innflytelse på beregningsresultatene. For øvrig

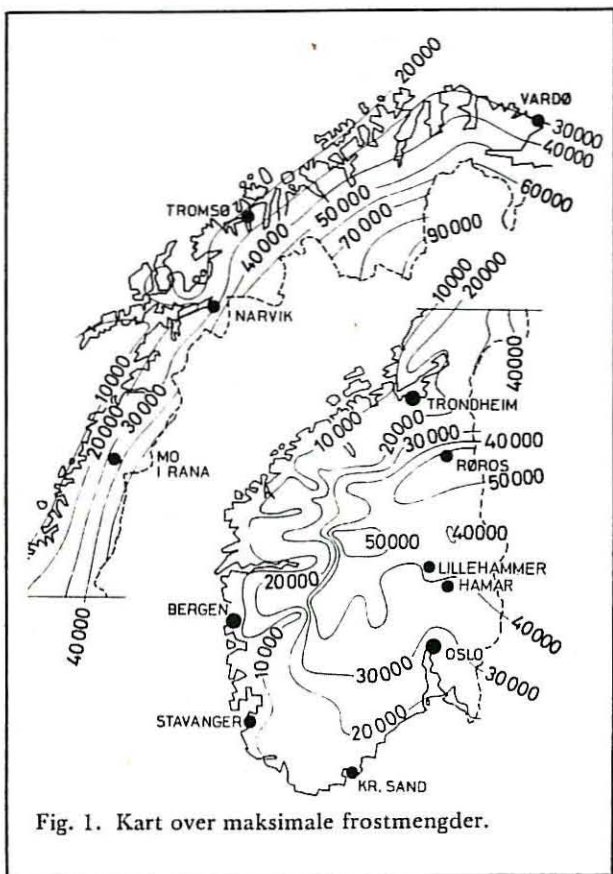


Fig. 1. Kart over maksimale frostmengder.

kan det nevnes at i Sverige regnes det normalt med 20°C.

Uisolerte sportsboder, åpne carporter o.l. er det ikke foretatt beregninger for. Her må det gjøres spesielle tiltak hvis redusert dybde skal velges. Helst bør slike konstruksjoner adskilles fra selve huset.

Grunnforhold

Vi har regnet med absolutt snøfri mark hele året. Dette er en svært ugunstig forutsetning, fordi vinteren 1965/66 var ganske snørik. Som de fleste vet, kan snø ha en betydelig isolasjonsevne. Løs snø kan antas å ha en varmeledningsevne omtrent som løs lettklinker (Leca). Hvor tykt snølag man eventuelt skulle regne med, kan diskuteres. For øvrig regner heller ikke svenskene med snøens isolerende evne, og vi har foreløpig funnet det riktig å gjøre det samme. Det er jo ofte snøbart inntil hus.

Dessuten kan man hevde at vi her har en sikkerhetsmargin som det er riktig å ha. All styrkeberegning f.eks. forutsetter en sikkerhet mot sammenbrudd av en konstruksjon. Ulempen i denne sammenheng er at vi foreløpig ikke vet hvor stor "sikkerhet" vi virkelig har.

Der det kanskje er størst usikkerhet med hensyn til tallverdiene, er i jordartenes termiske data. Av økonomiske og praktiske grunner måtte vi begrense oss til en typisk jordart med tørr romvekt på 1 500 kg/m³ og fuktinnhold på 25% (vekt). Dette tilsvarer omtrent en siltig leire som kanskje er den vanligste jordart i bebodde strøk. Spesielt vil variasjoner i fuktigheten bety endringer i de termiske data. Et økende fuktinnhold vil senke isolasjonsevnen, men også øke varmekapasiteten i bakken. Da disse forhold motvirker hverandre, er den praktiske betydning ikke så stor. For øvrig henvises spesielt interesserte til litteraturoversikten.

Valg av konstruksjoner

Dette er kanskje den viktigste del av oppgaven. Det har tidligere vært utført en rekke beregninger både i Norge og ellers i Skandinavia på diverse uaktuelle konstruksjoner. Våre løsninger er et resultat av NBI's brede kontaktflate med byggebransjen og øvrige forskningsinstitusjoner. Vi har plukket ut tre prinsipløsninger:

- a) Utvendig isolert betongringmur. (Varm ringmur.)
- b) Innvendig isolert betongringmur. (Kald ringmur.)
- c) Ringmur av lettklinkerblokker. ("Lunken" ringmur.)

I tillegg har vi sett på noen litt mer eksperimentelle løsninger som vi har kalt "lave plater" (D og E). Selv om prinsippet ved disse ikke er ukjent, innebærer de en viss nytenkning.

De tre løsningene har ca. 60 cm høy ringmur i alle beregningene. En slik standardisering forenkler og muliggjør samme systemforskaling over hele landet. Vi har valgt 30 cm høyde over terreng for å tilfredsstille den gamle "sedvane-regelen" om avstand til trepanel p.g.a. vannsprut. Hvis man utvendig bruker trykkimpreg-

nert trevirke, asbestsement (Eternit) plater eller andre fuktbestandige materialer, kan denne avstanden sikkert halveres uten skadelige følger. Ved våre lave plater har vi forutsatt slike ytterkledninger.

Selve gulvet består normalt av 5 cm betong på 5 cm lastbærende mineralull eller skumpolystyren. Slik isolasjon bør ligge drenert på avrettede friksjonsmasser (grus/sand). Erfaringer tyder på at polystyren opptar minst fukt fra bakken og derfor egner seg best som "markisolering". Løs lettklinker er selvdrenerende og egner seg bra i en del tilfeller, særlig på ujevnt underlag, men må stabiliseres med sement hvor det blir gangtrafikk under byggearbeidet.

Beregninger og forutsetninger

Det vi har gjort, er å se på hver standardløsning for seg, ta en "kvalifisert gjetning" på isolasjonsmengde og plassering og så kjøre alternativet gjennom regneprogrammet. Hvis 0°-isoterme hele tiden holdt seg utenfor veggiv under fundamentet, ble løsningen ansett som telesikker. I motsatt fall foretok vi en ny gjetning og en ny kjøring til dette kriteriet ble oppfylt. (Regneprogrammet kan altså bare kontrollere våre konstruksjoner, ikke vurdere eller "tenke" i vår forstand av ordet).

Vårt kriterium for en helt telesikker konstruksjon er altså: *Aldri kuldegrader under fundamentet*. Dette er for tiden under debatt. Noen forskere hevder at $\pm 1^\circ$ -isoterme (sogar $\pm 2^\circ$ -isoterme) skal være dimensjonerende. I så fall har vi en viss ekstra sikkerhet mot tele her også.

Dette regneprogrammet kunne bare regne et todimensjonalt snitt, dvs. at forholdene ved hjørner ikke er beregnet. Ut fra beregninger som andre har utført, er det imidlertid mulig for oss å foreta en vurdering av hjørnene. Vi gjør neppe noen særlig feil ved å anta at forholdene ved hjørnene (1 m hver vei) ved $+18^\circ\text{C}$ er tilnærmet lik forholdene utenfor boder med $+4^\circ\text{C}$. (Hvis man har hustyper der slike boder er plassert i hjørner, må disse beregnes eller vurderes spesielt.)

Overflatetemperaturene på gulvet nær yttervegg er fremkommet i beregningene. I en viss grad har vi tatt hensyn til forholdet, men vi har

ikke latt eventuell lav temperatur på betongflaten være dimensjonerende for konstruksjonen. Et gulvteppe, parkett, varmekabel osv. vil nemlig på en relativt enkel måte øke overflatetemperaturen.

Frostsikringsmetoder

Hvis man ser nærmere på de enkelte løsningene, vil kanskje noen undre seg over forskjellige forhold. Vi har først og fremst valgt å *isolere* mot frosten fremfor å bruke varmekabel e.l. oppvarmingsmetoder, fordi slike tiltak medfører driftsutgifter. Dernest la vi inn horisontal markisolasjon bare når det var nødvendig, fordi dette betyr en viss ulempe for beplantninger nær husvegg, kfr. type 2A. Når vi kommer til de kaldeste klimaer, blir denne markisolasjonen ganske omfattende. På Røros har vi faktisk også måttet sløyfe gulvisolasjonen i boder for å klare vårt telesikkerhetskriterium der. Hvis vi forutsetter samme tiltak ved 18° hjørner, vil gulvtemperaturen antakelig her bli så lav at ekstravarme bør tilføres (f.eks. via varmekabel i gulvet).

For de kaldeste strøk kan man selvfølgelig vurdere om det er riktig å holde på 60 cm ringmurshøyde. Hvorfor ikke øke den til 70 – 80 cm og heller redusere denne markisolasjonen? I følge våre beregninger er det relativt lite å vinne på en så liten økning, fordi isotermene står nokså vertikalt her. Skal det monne noe, må vi antakelig gå opp til 90 – 100 cm. Hva som er rimeligst, er egentlig et regnestykke.

Ved utvendig isolert (varm) ringmur ville det antagelig vært varmeøkonomisk å legge mye isolasjon vertikalt på selve muren. Denne vertikalisolasjonen har vi imidlertid begrenset til 3 cm tykkelse for at ikke svillen skal få for eksentrisk lastoverføring. For Røros har vi likevel funnet å måtte øke denne til 5 cm. Det har vi gjort fordi: I så strengt klima bør nok isolasjonen i ytterveggen gjøres 5" – 6", og da er eksentrisiteten ikke noe problem.

Innvendig isolert (kald) ringmur har en fordel i sin robuste overflate, men krever et nokså nøye avrettet og komprimert underlag fordi den må stå på lastbærende isolasjon. Uten denne isolasjonen vil kulden lett ledes ned i grunnen

(kuldebro). Eventuelle setninger i selve isolasjonen vil være små og fremfor alt jevne, hvis man bare benytter *ett lag*. Skumpolystyren gir mindre deformasjoner enn tung/lastbærende mineralull.

Ved *lettklinker-ringmur* ("lunken") har vi vært konsekvente i materialvalget ved å benytte løs lettklinker som gulv- og mark-isolasjon så langt det lot seg gjøre. For de to kaldeste klimaer måtte vi imidlertid gå til markisolasjon av polystyren for å tilfredsstille kriteriet.

For de "lave plater" (type D) har vi valgt løs lettklinker i gulvet. Da slipper man den nøyere avretting av kult-overflaten som de øvrige materialer krever. Markisolasjon er litt vanskelig å få til ved lave plater på kult, og derfor har vi forsøkt å unngå dette mest mulig.

For alle konstruksjonene har vi basert oss på standard produkter, og våre termiske verdier og dimensjoner henfører seg jo til slike. Skumbetong finnes foreløpig ikke i Norge som "vare over disk", men det pågår for tiden demonstrasjoner og markedsføring av blandemaskiner og kjemikalier for et bestemt produkt. Våre termiske data bygger på opplysninger om dette produktet, men selvfølgelig kan det benyttes eventuelle andre materialer som tilfredsstiller elementære krav.

For øvrig virker polyuretanskum ganske lovende som utvendig isolasjon. Det er foreløpig relativt kostbart, men har den fordelen at det enkelt kan lamineres til forskjellige overflate-materialer.

Summary

This article is a condensed edition from a lecture at a "Frost action in soils" conference held in March 1973, titled: "Frost Protection of Shallow Foundations". Here is presented the results of a series of calculations made 1972-73 at The Norwegian Building Research Institute. The thermal flow from a normally heated family house during the extremely severe winter of 1965-66, was simulated on the computer. The purpose was to obtain simple, frost protected foundations for practical use.

The calculations were performed for four towns in Norway with various climate con-

ditions: Stavanger, Oslo, Lillehammer and Røros. From a special freezing index map one can easily find the actual building site's location and compare it with the reference towns.

Indoor temperature was set to 18°C and 4°C. Soil conditions: Normal, silty clay.

In these calculations the insulation effect from fallen snow has been neglected. Thus we can claim to have a certain margin of safety. This assumption is supported by practical experience from Scandinavia. Typical frost damages on normally heated houses on such shallow foundations have not been observed.

Therefore, these solutions can be considered just as safe against frost damages as the more traditional methods.

Referanser:

1. *Færøyvik, Frode og Bjertnæs, L.T.* (1973). Frostsikring av husfundamenter. NBI-arbeidsrapport/Kompendium til "Frost i jord"-kurs.
2. *Kløve, K. og Thue, J.V. m.fl.* (1972). Småhusfundamentering. Frost i jord nr. 8.
3. *Thue, J.V.* (1974). Om utforming av grunne fundamenter. Frost i jord nr. 13.

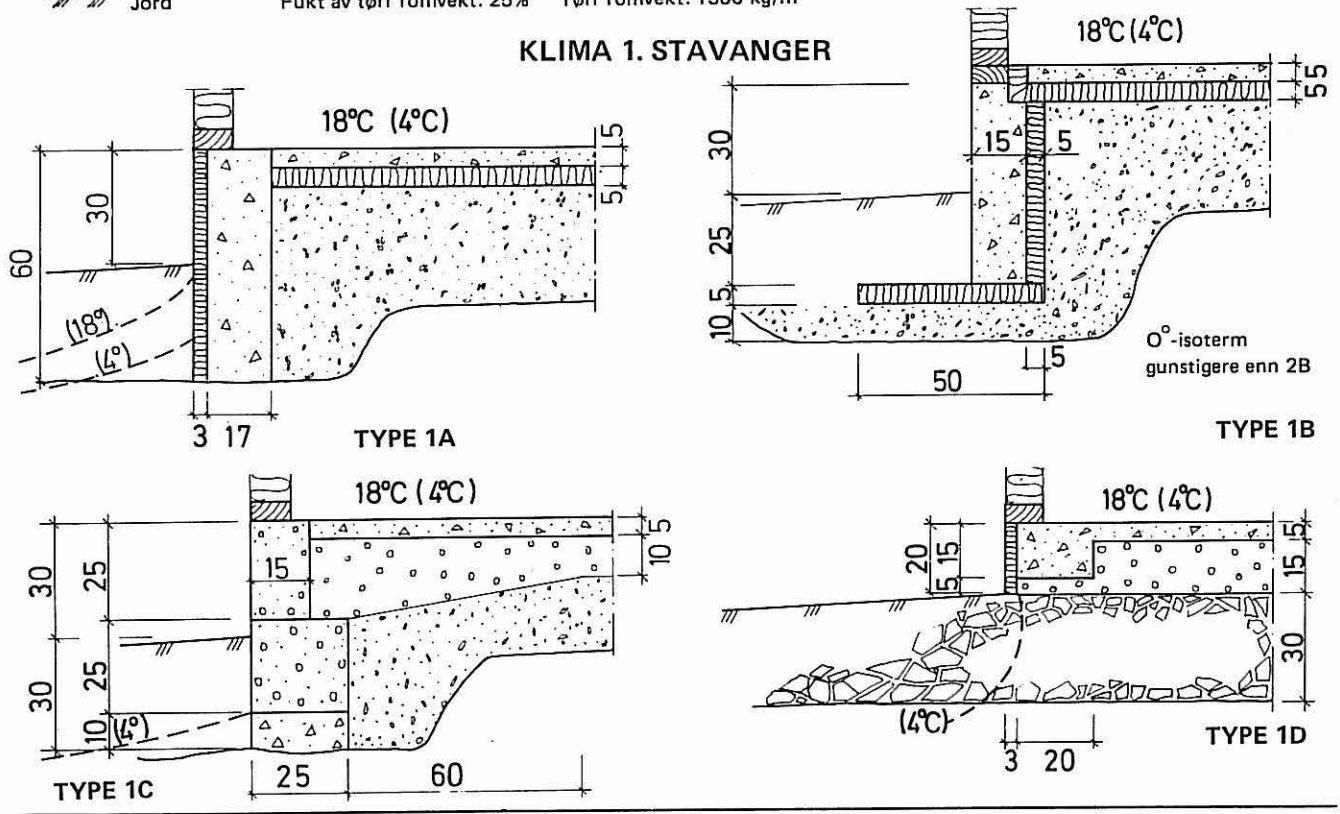
MATERIALDATA

	Varmeledningstall kgcal/hm ² C(w/m C)	Kapasitet kcal/m ³ C(wh/m ³ C)
Betong	1.5 (1.75)	500 (582)
Tre	0.12 (0.14)	120 (140)
Skumplast, min.ull	0.035 (0.041)	20 (23)
Leca, løs	0.11 (0.128)	100 (116)
Stabilisert	0.13 (0.151)	100 (116)
Blokk o. terreng	0.20 (0.233)	100 (116)
Blokk u. terreng	0.23 (0.267)	100 (116)
Kult	1.12 (1.30)	460 (535)
Jord		

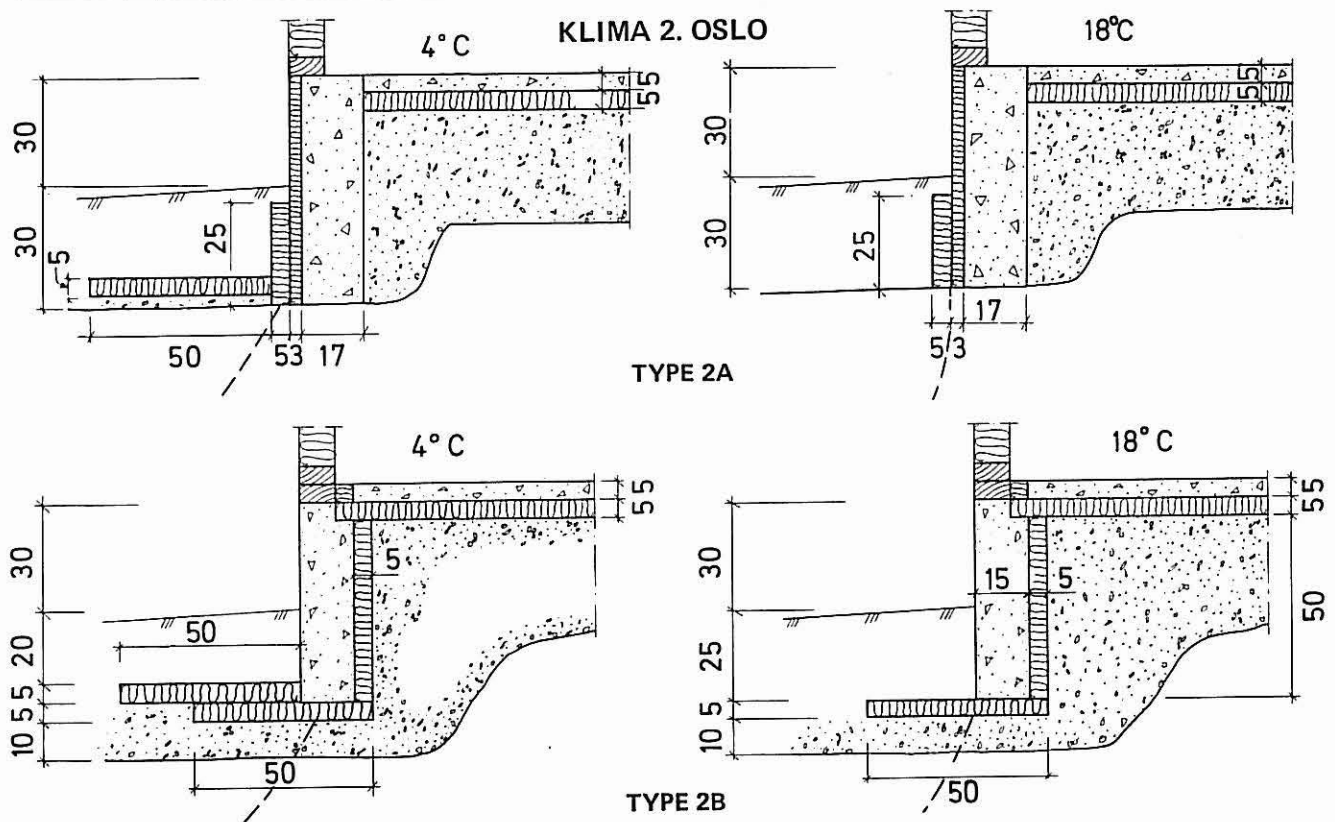
Fukt av tørr romvekt: 25% Tørr romvekt: 1500 kg/m³

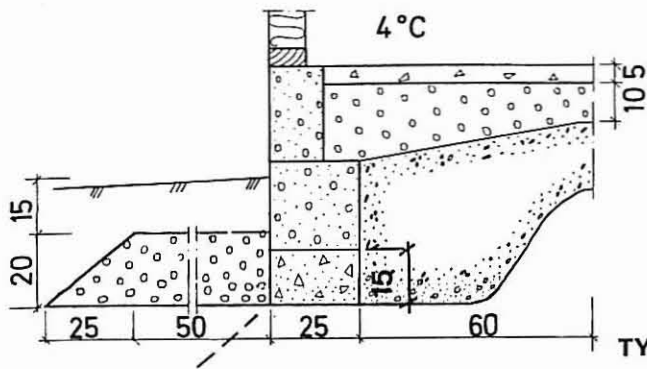
UGUNSTIGSTE
0°-ISOTERM STIPLET
INN PÅ FIGURENE

KLIMA 1. STAVANGER

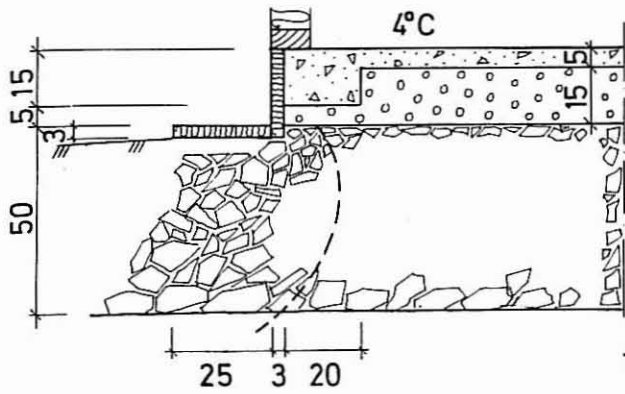
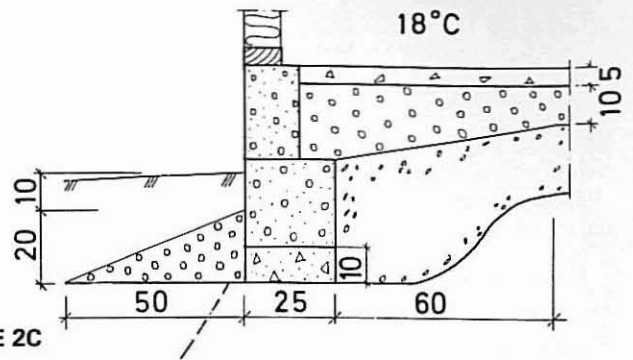


KLIMA 2. OSLO

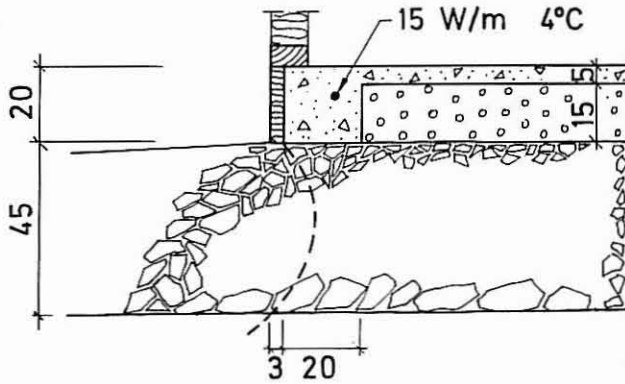
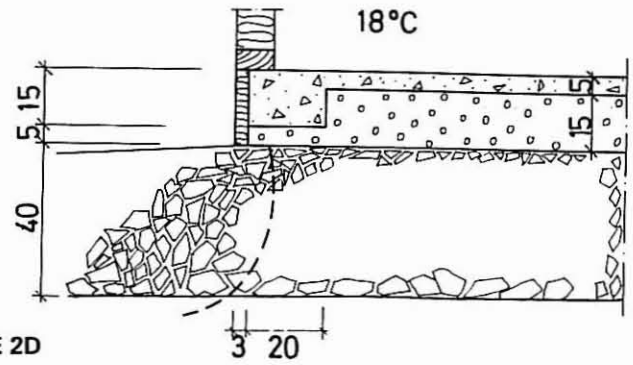




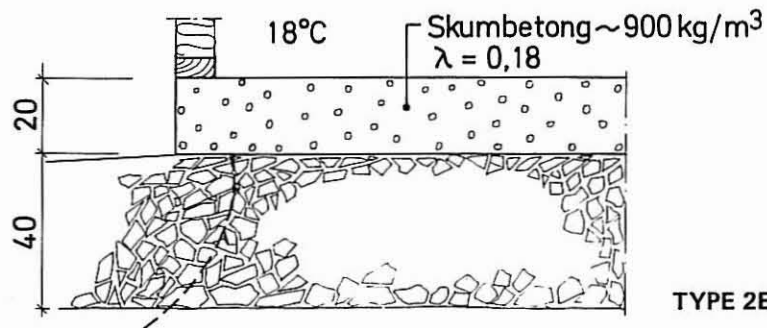
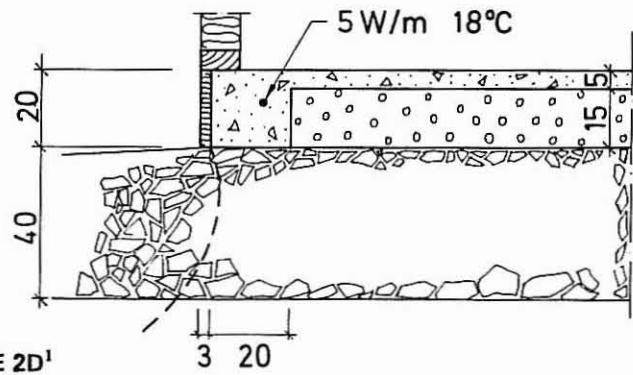
TYPE 2C



TYPE 2D

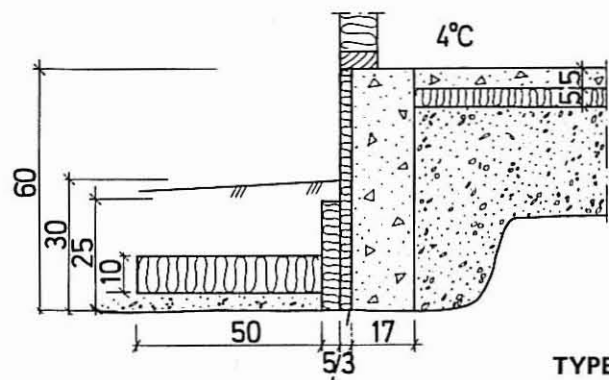


TYPE 2D'

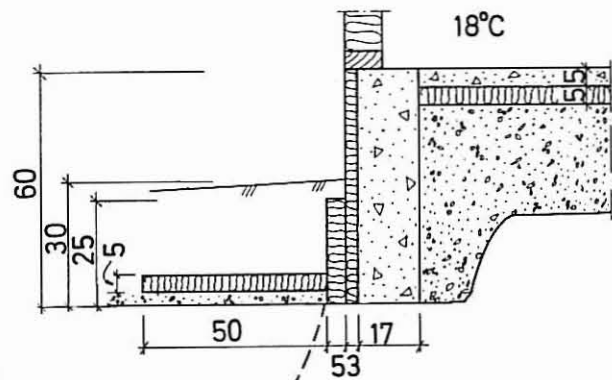


TYPE 2E

KLIMA 3. LILLEHAMMER



TYPE 3A



55

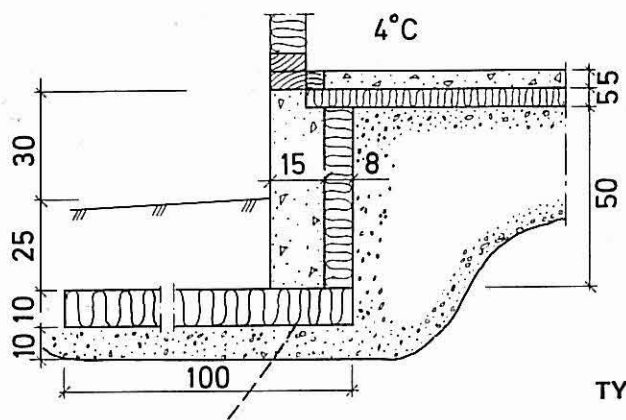
B

B

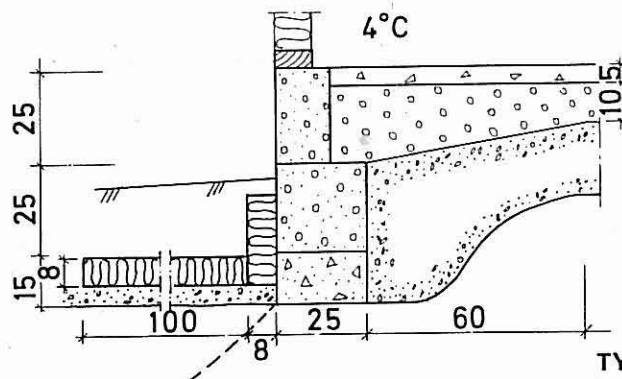
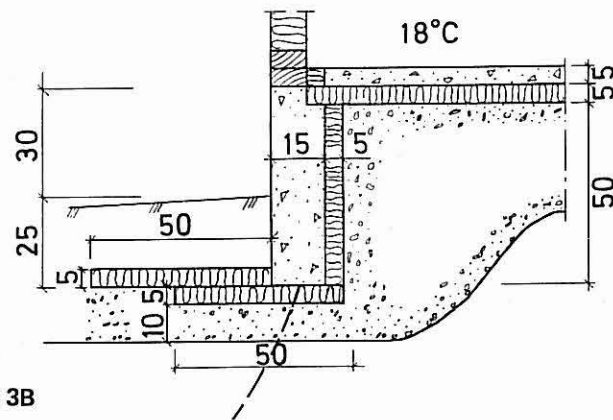
D

55

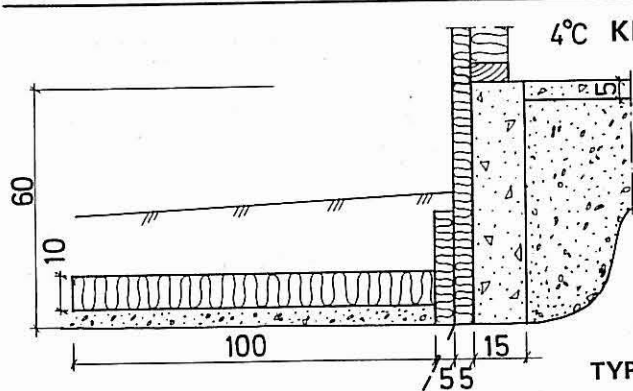
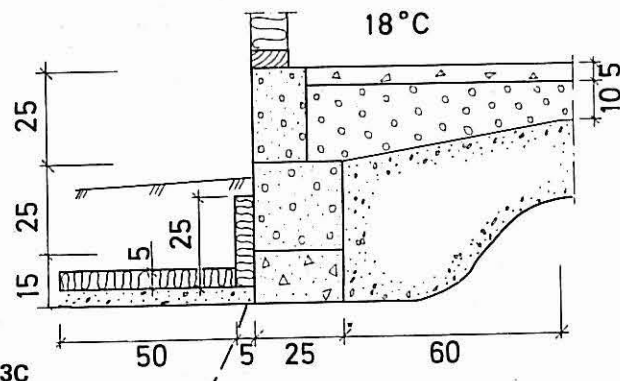
50



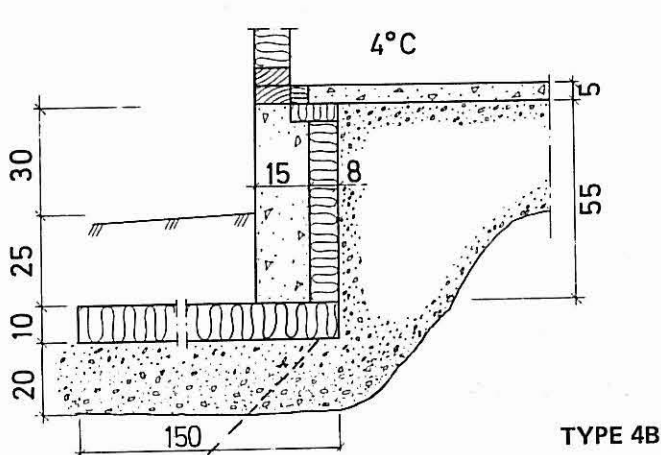
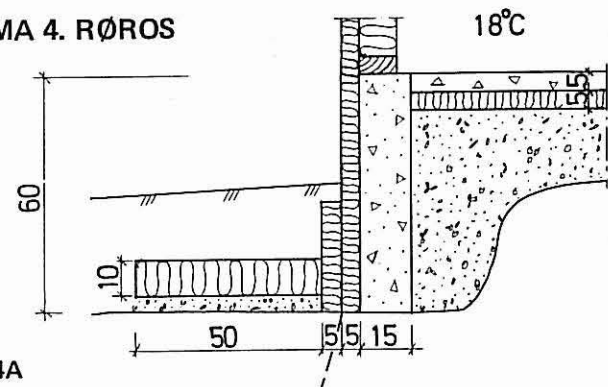
TYPE 3B



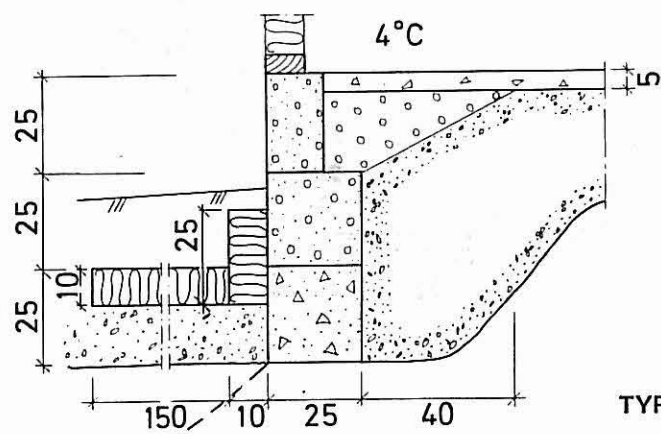
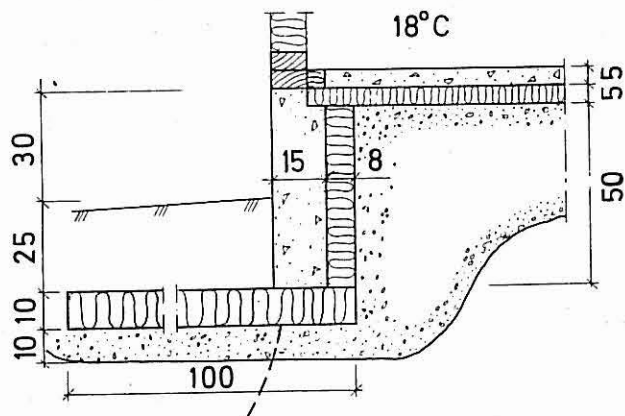
TYPE 3C



TYPE 4A



TYPE 4B



TYPE 4C

