



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.



HENRIK CARLSSON

Fuktsäkert golv på mark

R25: 1994

90-talets golv – byggfukt-
fri betongplatta på ångtät
isolering



BYGGDOK

Sankt Eriksgatan 46
112 34 Stockholm
tel: 08-617 74 50
fax: 08-617 74 60



BYGGFORSKNINGSRÅDET

130-099

R25:1994

FUKTSÄKERT GOLV PÅ MARK

**90-talets golv - byggfuktfri
betongplatta på ångtät isolering**

Henrik Carlsson

17,

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 900552-6
från Byggeforskningsrådet till Neste Cellplast AB.**

REFERAT

Under förutsättning att byggfukten tas om hand i byggskedet erhålls den säkraste platta på mark-konstruktionen med en ångtät isolering under betongplattan, det vill sägs så som man bygger platta på mark i de flesta andra länder.

Rapporten redovisar i två laboratoriestudier och en fältstudie hur man med hjälp av vakuumbehandling kan åstadkomma en byggfuktfri betongplatta före mattläggning.

Med hjälp av en tredje laboratoriestudie påvisas skillnader beträffande skyddet mot markfukt med öppen respektive ångtät värmeisolering under betongplattan.

Vidare ges anvisningar för konstruktion och utförande av platta på mark så att följande viktiga funktionskrav tillgodoses:

- bärförmåga och beständighet
- fuktskydd och emissioner
- energihushållning och komfort
- lufttäthet och radonskydd
- frostsäkerhet

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

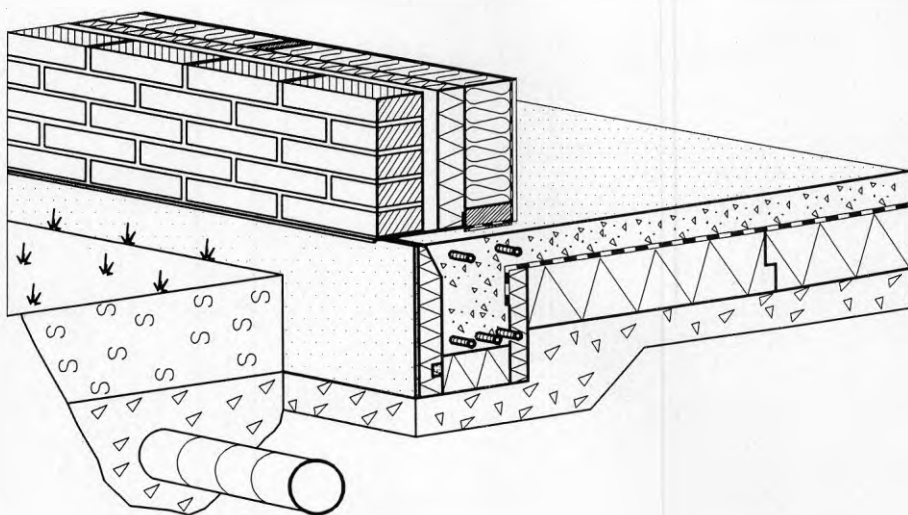
R25:1994

ISBN 91-540-5658-6
Byggeforskningsrådet, Stockholm

gotab 11344, Stockholm 1994

Fuktsäkert golv på mark

90-talets golv - byggfuktfri betongplatta
på ångtät isolering



Henrik Carlsson

Fuktsäkert golv på mark

90-talets golv - byggfuktfri betongplatta på ångtät isolering

INNEHÅLL

	Sid
Förord	1
1. Beteckningar	4
2. Sammanfattning med principlösning	6
3. Bakgrund och funktionskrav	10
4. Delprojekt A: Uttorkning av byggfukt	21
5. Delprojekt B: Skydd mot markfukt	35
6. Delprojekt C: Uttorkning av byggfukt. Verifiering i laboratorium	41
7. Delprojekt D: Uttorkning av byggfukt. Fältstudie	49
8. Slutsatser av delprojekt A -D	58
9. Konstruktion och utförande	61
10. Referenser	76
BILAGA 1: Betongrecept	78
BILAGA 2: Beräkning av självuttorknings- effekten	79
BILAGA 3: Arbetsanvisning	81

Förord

Projektet "90-talets golv" består av fyra delar A, B, C och D som alla tillsammans redovisas i denna rapport.

Del A "Uttorkning av byggfukt" samt del B "Skydd mot markfukt" startade i september 1989 och mätningarna avslutades i november 1990.

Projektgruppen för delarna A och B hade följande sammansättning och funktioner:

1. Neste Cellplast AB, Göran Gudmundsson
 - initiativtagare till projektet "90-talets golv"
 - huvudfinansiär
 - materialleverantör för provkroppstillverkning
2. Tremix AB, Christer Molin (numera BARAB)
 - delfinansiär (egna kostnader)
 - tillverkning av betongprovkroppar, del A
3. Chalmers Tekniska Högskola, Byggnadsmaterial, Lars-Olof Nilsson och Juhan Aavik
 - mätning av uttorkning av byggfukt, del A
 - tillverkning av provkroppar, del B
 - mätning av stationär fuktfördelning, del B
 - ansvarig för delrapport
4. Arne Johnson Ingenjörbyrå ab, Henrik Carlsson, (numera Kjessler & Mannerstråle AB, Göteborg)
 - ansvarig för provningsprogram, projektledning och slutrapport

Eftersom laboratoriestudien av "Uttorkning av byggfukt" utföll positivt beslöts att gå vidare med en utökad studie del C "Verifiering av hypotesen att med hjälp av vakuumsugning erhålla byggfuktfri betong" respektive del D "Fältstudie".

Syftet med den utökade laboratoriestudien var dels att verifiera tidigare goda resultat med vakuumbehandling från del A och dels att studera inverkan av en utökad och varierad regnbelastning.

Med fältstudien avsågs att testa metoden i ett passande småhusprojekt.

I inledningen av delprojekt A deltog Bror Dyrander, vars mångåriga och hängivna arbetsinsats inom Tremix AB haft stor betydelse för att sprida och utveckla god teknik och ändamålsenliga arbetsmetoder för gjutning av bra betonggolvs, se Tremixhandboken (20).

Brors stora kunskap och insikter om vakuumbehandlingens positiva effekter var en starkt bidragande orsak till projektets inriktning mot denna metod som en möjlig väg till byggfuktfria betonggolvs.

Det positiva utfallet av delprojekt A glädde Bror. Tyvärr förunnades det honom inte att få uppleva försättningen av projektet som till fullo kom att bekräfta hans övertygelse. Brors insats lever vidare i tacksamt minne.

Del C startade i februari 1991 och avslutades med de sista fuktmätningarna i mars 1992.

Del D fick starten uppskjuten till december 1991 och sista fuktmätningen i fält ägde rum i februari 1993.

Att mäta fukt i betong är som framgår en tidskrävande syssla.

Projektgruppen för delarna C och D fick följande sammansättning och uppgifter:

1. Neste Cellplast AB, Börje Andersson och Sven Agneman
 - initiativtagare till projektet "90-talets golv"
 - delfinansiär
 - materialleverantör till provkroppstillverkning
2. Tremix AB, Christer Molin (numera BARAB)
 - tillverkning av betongprovkroppar, del C
 - ansvarig för arbetsplatsutbildning av gjutlag
 - ansvarig för delrapport
 - delfinansiär (egna kostnader)
3. Chalmers Tekniska Högskola, Byggnadsmaterial, Lars-Olof Nilsson och Juhan Aavik
 - mätning av uttorkning av byggfukt, del C
 - mätning av uttorkning i fält, del D
 - ansvarig för delrapport
4. NCC Bygg AB, Lars Söderlind
 - ansvarig för planering och genomförande av fältstudie, del D
 - ansvarig för delrapport
5. Arne Johnson Ingenjörbyrå ab, Henrik Carlsson, (numera Kjessler & Mannerstråle AB, Göteborg)
 - ansvarig för provningsprogram, projektledning och slutrapport

FoU-Väst, som är ett branschutskott inom Byggmästarföreningen Väst, har medverkat som referensgrupp för fältstudien, del D.

Projektet "**90-talets golv**" har till större delen finansierats av de deltagande företagen Neste Cellplast AB (44%) respektive Tremix AB (13%). Resterande finansiering har Statens råd för byggnadsforskning (BFR) och Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) bidragit med (28% respektive 15%).

Ett särskilt tack vill jag rikta till Lars-Olof Nilsson vars kunnande och helhjärtade engagemang haft största betydelse för projektets genomförande och färdigställande.

Jag vill slutligen tacka alla som på olika sätt medverkat i projektet för goda insatser och gott samarbete.

Göteborg i april 1994

Henrik Carlsson

Kjessler & Mannerstråle AB

1. Beteckningar

BK	besparingskostnad (den ökning av investeringskostnaden som erfordras för att spara en kilowattimme)	kr/kwh
C	cementmängd	kg/m ³
E _{jd}	dimensioneringsvärde för jordens elasticitetsmodul	MPa
F ₁₀₀	köldmängd som statistiskt överskrids en gång per 100 år	h·°C
f _{kk}	karaktäristisk hållfasthet (0,05-fraktilen av cellplastens tryckhållfasthet σ_{10} enligt SS 16 95 24)	kPa
R	värmemotstånd	m ² ·K/W
R _{övr}	övrigt värmemotstånd	m ² ·K/W
R _{si}	inre värmeövergångsmotstånd	m ² ·K/W
R _{se}	yttre värmeövergångsmotstånd	m ² ·K/W
RF	relativ fuktighet (relativ ånghalt)	%
RF _{akt}	aktuell fuktpåverkan	%
RF _{krit}	kritisk fuktpåverkan som utgör gräns för uppkomst av skador	%
RF _{medel}	genomsnittlig fuktnivå i hela tvärsnittet	%
Δ RF _{säkerhet}	säkerhetsmarginal av storleksordningen 5-10% RF mot olägenheter av fuktpåverkan	%
STB	snabbtorkande (och självtorkande) betong	
T _i	innetemperatur	°C
U _i	värmeövergångskoefficient för omslutande byggnadsdel reducerad med hänsyn till markens värmelagring m m.	W/m ² ·K
U _m	genomsnittlig värmeövergångskoefficient för hela byggnaden	W/m ² ·K
vct	vattencementtal (W/C)	kg/kg
W _o	mängd blandningsvatten	kg/m ³

ΔW_o	borttagen vattenmängd vid vakuumbehandling	kg/m ³
W_e	fysiskt bundet vatten vid aktuell relativ fuktighet	kg/m ³
W_n	kemiskt bundet vatten	kg/m ³
Z	ånggenomgångsmotstånd	s/m
$e_{50 \text{ år}}$	totaldeformation vid 50 års belastningstid	%
λ	värmekonduktivitet	W/m·K
$\Delta \lambda_w$	korrektionsterm för fuktig miljö	W/m·K

Övriga beteckningar för visst material eller visst förfarande förklaras i texten.

2. Sammanfattning med principlösning.

Målsättning

"90-talets golv" är en *platta på mark*-konstruktion med följande egenskaper som målsättning.

- hög bärförmåga och beständighet
- fuktsäker och emissionsfri
- energisnål och komfortabel
- lufttät och (vid behov) radonsäker
- frostsäker
- enkel att bygga
- låg byggkostnad

Upprinnelsen till projektet var en strävan att med utgångspunkt från den bästa *platta på mark*-lösningen med avseende på skydd mot markfukt (den farligaste fuktkällan) finna en lösning på byggfuktsproblematiken.

Hög bärförmåga och beständighet

"90-talets golv" består av material som har väldokumenterad hög bärförmåga och beständighet.

Bärande värmeisolering av polystyrencellplast tillverkas i hållfasthetsklasser från 65 till 700 kPa. Detta innebär att golvets bärförmåga i första hand kan förbättras genom *byte till en starkare cellplastkvalitet* istället för att öka på tjockleken hos betongplattan, se tabell 9:II.

Polystyrencellplast (EPS alt. XPS) har *mycket god åldringsbeständighet* i mark vilket bland annat framgår av mångårig användning som tjälisolering i vägar.

Både bärförmåga och beständighet hos bärande värmeisolering i *platta på mark* har undersökts av Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP).

Resultatet som redovisas i (1) anger en *metod för bestämning av 50-årsdeformationen* för polystyrencellplast.

Fuktsäker och emissionsfri

Med en byggfuktfri betongplatta på ångtät isolering ovanpå en väldränerad undergrund är såväl den *tillfälliga byggfukten* som den *permanent markfukten* definitivt omhändertagna utan några förbehåll för brukaren.

Ångtätheten hos värmeisoleringen erhålls genom komplettering med 0,2 mm polyetenfolie, som skall *uppfylla kraven för åldrings- och alkaliebeständighet* enligt Sveriges Plastförbund, SPF Verksnorm 2000/2001, utgåva 2 (19).

Den farliga *byggfukten* i betonggolvet skall alltid tas omhand under byggskedet. Ett bra och billigt sätt att åstadkomma en byggfuktfri betongplatta är att *vakuumbehandla* betongen.

Med vakuumbehandling *förkortas uttorkningstiden för byggfukt 2-3 ggr* jämfört med obehandlad betong.

Den vakuumbehandlade betongen "tål" regn under byggtiden och får också en god frostbeständighet.

Metoden med vakuumbehandling har god inverkan på plattjocklekar upp till 200 mm.

OBS! Ställ *krav på sugbarhet* enligt SS 13 72 18 (TREVAC) till betongleverantören.

Ett annat sätt att bemästra byggfukten är att välja en *snabbtorkande betongkvalitet* (STB), se beteckningar.

OBS! Ställ krav på betongleverantören beträffande *maximal torktid* till en angiven RF.

Med en heltäckande ångtät värmeisolering under betongplattan på en väldränerad undergrund är *markfukten* definitivt hindrad från att komma i kontakt med betonggolvet. Detta innebär att man utan risk för fuktskador kan:

- stänga av värmen (även golvvärme) lokalt, periodvis eller tillsvidare
- bygga breda hus
- tåla värmeläckage från lokala värmekällor typ kulvertar od.
- byta ut öppna golvmaterial mot täta golvmattor.

Energisnål och komfortabel

Det är normalt lönsamt att välja en tjockare isolering under *platta på mark* än vad som krävs för att enbart tillgodose normkravet beträffande energihushållning.

Vid en avskrivningstid på 28 år är tjocklekar upp till 200 mm lönsamma vid jämförelse med ett energipris av 0,60 kr/kWh, se figur 9.10.

Isoleringen kan med fördel delas upp med en tunnare cellplastskiva (20-30 mm) ovanpå betongplattan medan huvuddelen ligger kvar under betongplattan. På så sätt kan man undvika den kalla betonggolvkänslan och öka komforten, se figur 3.5.

För att minska värmeläckaget genom plattkanten och därmed förbättra ytemperaturen i golvet men även för att höja frostbeständigheten är en välisolerad sockel helst utan köldbryggor betydelsefull, se figur 2.1.

Lufttät och (vid behov) radonsäker

"90-talets golv" ger i praktiken en helt lufttät golvkonstruktion. I Boverkets byggregler BBR 94 premieras detta genom att i motsats till NR nu även golv på mark får medräknas som omslutande bygnadsdel vid bestämning av tillåtet luftläckage för en byggnad.

Härmed ges bättre förutsättningar att klara normens krav på luftläckage i byggnader än med någon annan grundkonstruktion.

"90-talets golv" motsvarar i normalfallet kraven på *radonskyddande utförande*, se Radonboken (4).

Vid höga radonhalter och krav på *radonsäkert utförande* bör PE-folien ersättas av tätare material typ gummiduk eller folieförstärkt asfaltmatta. Runt rör genomförningar tätas med stosar och fogning enligt figur 3.6.

Frostsäker

Platta på mark ger genom sin direktkontakt med undergrunden goda förutsättningar för en frostsäker grundläggning.

Observera Boverkets krav på maximalt värmemotstånd vid grundläggning på tjälfarlig jord vilket leder till största isolertjocklek enligt tabell 3:II.

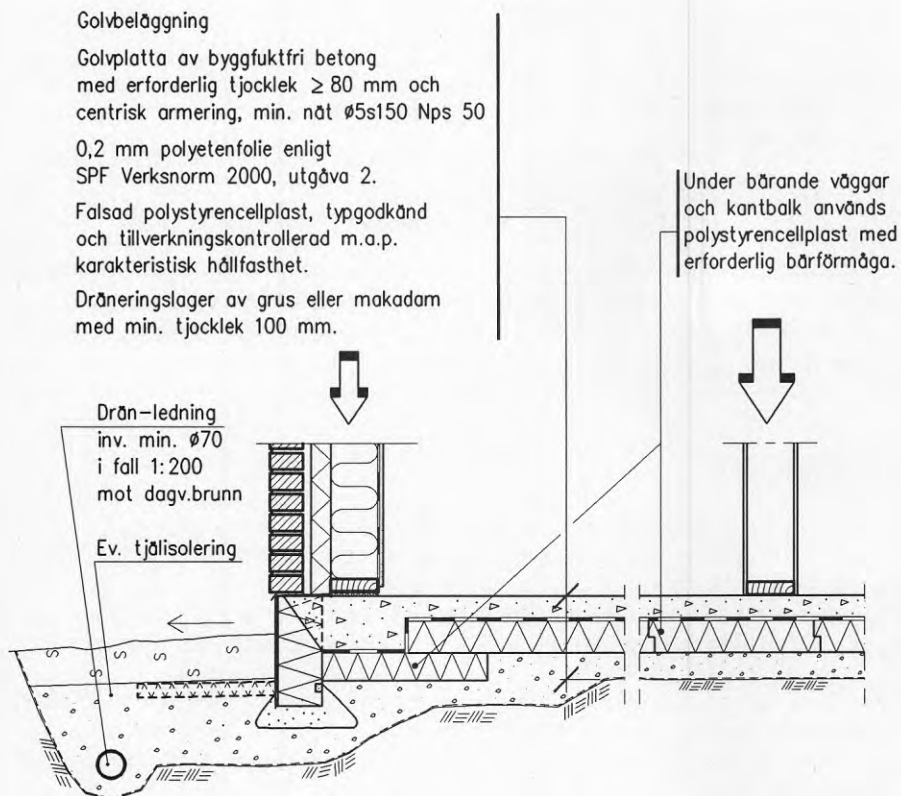
Vid stor köldmängd (från och med zon B enligt figur 9.5) behövs en utvändigt tjälisolering inte bara vid hörn utan runt hela plattan, se figur 9.6 och tabell 9:I.

Enkel att bygga och låg byggkostnad

Grundläggningsmetoden med *platta på mark* har blivit dominerande för olika typer av byggnader som bostäder, skolor, daghem etc. främst genom sin enkelhet och låga byggkostnad.

Felaktigt utförande har emellertid genom åren gett grundläggningsmetoden ett oförtjänt dåligt rykte i Sverige, se (18). Uppreglade trägolv som varit helt oskyddade mot fuktpåverkan från betongen och marken har i stor omfattning drabbats av fuktskador.

Med en byggfuktfrï betongplatta på ångtät isolering är *platta på mark* en helt fuktsåker konstruktion som har goda förutsättningar att kunna bli "90-talets golv".



Figur 2.1 **90-talets golv** - Byggefuktfrï betongplatta på ångtät isolering, ett fuktsåkert golv på mark.

3. Bakgrund och funktionskrav

Olika typer av byggnader som bostäder, skolor, daghem och sjukhus grundläggs idag ofta med *platta på mark*.

Grundläggningsmetodens popularitet är till största del orsakad av dess enkelhet och låga byggkostnad.

Rätt utförd är *platta på mark* emellertid även en säker grundläggningsmetod.

Viktiga funktionskrav

För att en grundkonstruktion skall fungera tillfredsställande måste viktiga funktionskrav uppfyllas avseende:

- *bärförmåga och beständighet*
- *fuktskydd och emissioner*
- *energiushållning och komfort*
- *lufttäthet och (i förekommande fall) radonskydd*
- *frostsäkerhet*

Funktionskraven skall dessutom uppfyllas under byggnadens livslängd (minst 50 år) ofta utan möjlighet till utbyte eller förnyelse av inbyggda material.

Syftet med denna rapport är att ge enkla och säkra anvisningar beträffande utformning och materialval för *platta på mark* så att ovanstående funktionskrav kan tillgodoses.

Kort tillbakablick

I slutet av 40-talet började de första husen med *platta på mark* uppföras i Sverige. Liksom inom många andra områden importerades metoden från USA där den hunnit tillämpas under cirka tio års tid.

Den amerikanska konstruktionen "concrete-slab" redovisades ingående i en artikel i tidskriften "Byggmästaren" nr 10, 1955 författad av W. Wredenfors (21).

Av artikeln framgår att de amerikanska kraven på fuktskydd var rigorösa. Under betongplattan skulle finnas en membranisolering av helst två lager asfaltimpregnerad takpapp med en mellanliggande strykning av varmasfalt. Membranen drogs upp runt alla kanter till betongplattans överyta. Under membranen skulle utläggas en minst 4" tjock bädd av välpackat, tvättat grovt grus eller makadam. Färdigt golv skulle helst ligga 25 cm över omgivande mark, vilken i sin tur skulle luta ifrån byggnaden.

Om vi följt dessa anvisningar som man gjort exempelvis i Norge hade vi med största sannolikhet inte drabbats av några fuktproblem med *platta på mark* i Sverige utan istället betraktat den på samma sätt som normmännen - "en helt säker grundläggningsmetod".

Av en kommentar till artikeln skriven av H. Ericsson i samma nummer framgår att även om man i Sverige insåg behovet av en fuktspärr speciellt om betongplattan hade ingjutna värmeslingor, så trodde man ändå att skilda klimatförutsättningar gjorde att vi jämfört med USA ofta kunde klara oss utan fuktspärr, i synnerhet som den var både dyr och svår att utföra.

I kommentaren omnämnes vidare att man i Sverige börjat pröva uppreglade och på lämpligt sätt ventilerade trägolv på betongplattan eftersom "ventilerade konstruktioner erbjuder goda möjligheter att komma tillrätta med fuktproblemen".

Med facit i hand vet vi idag att detta var ett misstag då just denna golvtyp dominerar skadestatistiken för fukt- och mögelskador i golv, Samuelsson (18). Det är också denna golvtyp som gett grundläggningsmetoden *platta på mark* dess oförtjänt dåliga rykte i Sverige.

Bärförmåga och beständighet

Dagens *platta på mark* - konstruktioner har som regel en bärande värmeisolering placerad under betongplattan, som därmed i normalfallet blir varmare och torrare än med en överliggande värmeisolering.

Kraven är emellertid höga på isoleringsmaterialets bärförmåga och beständighet eftersom det inte är utbytbart utan måste fungera på avsett vis under husets hela livslängd.

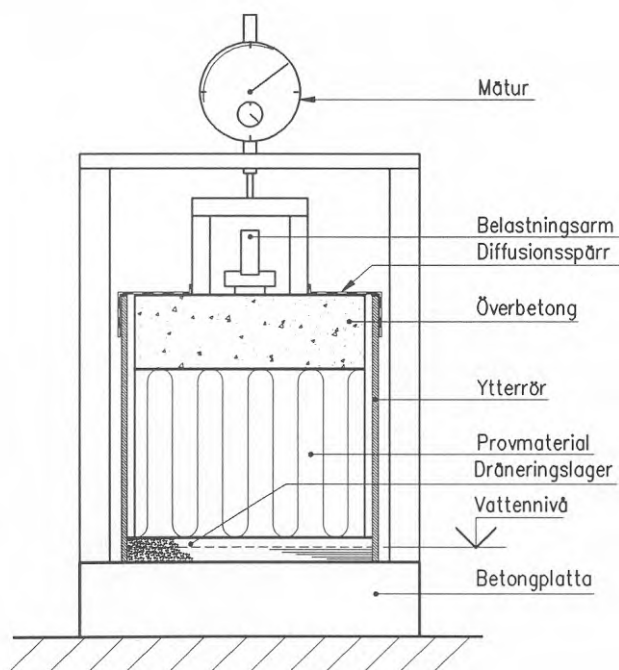
Beständighet hos byggnadsdelar av plast och gummi har studerats i ett samverkansprojekt mellan Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP) och Statens råd för byggnadsforskning (BFR).

Det övergripande målet är att utveckla tillförlitliga metoder för livslängdsförutsägelser upp till tidsrymder motsvarande byggnadens livslängd. Som en del i detta projekt startades 1986 en undersökning av isoleringsmaterial förekommande i *platta på mark* - konstruktioner.

Tre olika materialgrupper ingick i undersökningen:

1. expanderad och extruderad polystyrencellplast (EPS och XPS)
2. polyuretancellplast (PUR)
3. mineralull

I modellförsök av en *platta på mark* - konstruktion inkluderande underliggande vattenförande dräneringsgrus och övertäckande, motgjuten betongplatta utsattes isoleringsmaterialen för fyra olika belastningar vid tre temperaturnivåer mellan +20 och +60°C under en tid av cirka 20.000 h (drysigt två år), se figur 3.1.



Figur 3.1 Provkropsarrangemang. Bergström (1)

Resultatet av undersökningen redovisas av Bergström (1). Endast för en materialgrupp, *expanderad och extruderad polystyrencellplast*, kunde säkra slutsatser göras om bärförmåga och beständighet under långtidsbelastning. Rapporten anger en provningsmetod för 50-årsdeformation hos EPS och XPS som har väckt internationell uppmärksamhet.

De övriga materialgrupperna PUR och mineralull uppvisade båda påtaglig fuktpåverkan med negativa konsekvenser för såväl bärförmåga som beständighet. Något motsvarande samband för 50-årsdeformation gick heller inte att fastställa.

Som en direkt följd av projektet finns idag tillgängligt karakteristiska hållfasthetsdata för *EPS-cellplaster* för dimensionering med partialkoefficientmetod enligt Boverkets Nybyggnadsregler, se (3) och (10).

Fuktskydd och emissioner

Den primära fuktpåverkan på en *platta på mark* - konstruktion orsakas av markfukt och byggfukt.

Medan markfukten utövar en permanent fuktbelastning på golvet utgör byggfukten en engångsföreteelse och skall som sådan tas omhand under byggskedet.

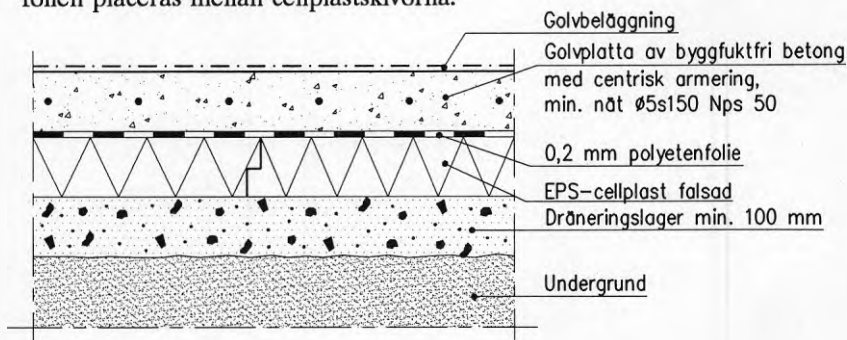
Att *markfukten är den farligaste fuktkällan* framgår tydligt i (18) där markfukten anges som vanligaste skadeorsak i två oberoende skadeinventeringar utförda vid Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut respektive Lunds Tekniska Högskola.

Rätt utformad kan *platta på mark* ge erforderligt skydd mot markfukt såväl i vätske- som ångfas utan några förbehåll eller inskränkningar beträffande byggnadens storlek eller dess uppvärmning.

Skyddet mot markfukt i vätskefas skall alltid utföras med stora säkerhetsmarginaler eftersom påfrestningarnas storlek i det enskilda fallet inte är säkert förutsägbara, Nilsson (14) och (15).

Med en för ändamålet typgodkänd värmeisolering av EPS-cellplast (9) och dito fuktspärre av minst 0,2 mm åldrings- och alkalibeständig PE-folie under betongplattan fås dubbelt skydd mot kapillärsugning utan krav på tvättning av dräneringsmaterialiet.

Fuktspärren placeras vid isolering i ett skikt erfarenhetsmässigt bäst mellan betongplattan och cellplastskivan, se figur 3.2. Vid isolering i två skikt skall PE-folien placeras mellan cellplastskivorna.



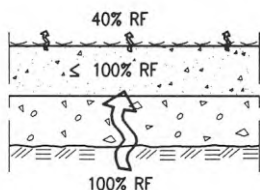
Figur 3.2 90-talets golv. Fuktfri betongplatta på mark

Under isoleringen skall normalt alltid finnas ett minst 100 mm tjockt lager av dräneringsgrus eller makadam i förbindelse med en dräneringsledning runt byggnaden. Endast vid grundläggning i genomsläppliga jordarter över högsta grundvattennivån bortfaller behovet av ett särskilt dräneringslager, se Byggvägledning Fukt (7).

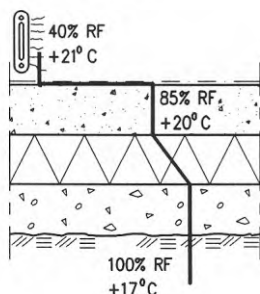
Skydd mot markfukt i ångfas är enklare att utforma på ett säkert sätt eftersom påfrestningen går att noggrant definiera.

Man skiljer vanligen mellan fyra principer för ångskydd, se figur 3.3.

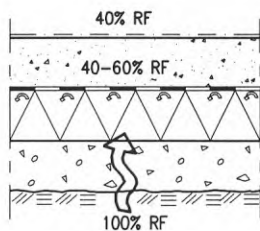
1. Öppna ytskikt
2. Permanent temperaturskillnad
3. Fuktspärr
4. Ventilation



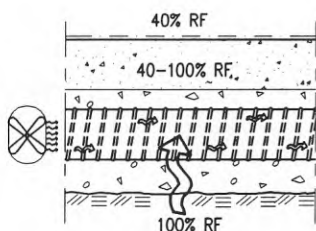
1. Öppet golvytskikt som tillåter fukten passera. Betongplattan är i sin undre del nästan lika fuktig som marken.



2. Sänkning av relativa fuktigheten i betongplattan med hjälp av en permanent uppvärmning av golvet.



3. Fuktspärr som stoppar fuktvandringen och tillåter betongplattan att inta fuktjämvikt med inomhusluften utan krav på temperaturskillnad mot marken.



4. Borttransport av fuktig markluft med mekanisk ventilation under betongplattan. Sambandet mellan erforderligt luftflöde och RF i betongplattan är osäkert.

Figur 3.3 Skydd mot markfukt i ångfas med hjälp av fyra olika principer, Nilsson (14)

En heltäckande fuktspärr av minst 0,2 mm åldrings- och alkalibeständig PE-folie under betongplattan ger ett säkert skydd mot markfukt i ångfas oberoende av eventuella ångtrycksvariationer i marken till följd av värmeläckage från byggnaden eller andra värmekällor.

Med en heltäckande fuktspärr under betongplattan kan man utan risk för fuktskador:

- stänga av värmen (även golvvärme) lokalt, periodvis eller tillsvidare.
- bygga breda hus
- tåla värmeläckage från lokala värmekällor typ kulvertar.
- byta ut öppna golvmaterial mot täta golvmattor.

Under förutsättning att en permanent temperaturskillnad av minst 2 - 3 °C kan upprätthållas mellan betongplattan och marken ger cellplastisoleringen en ytterligare förbättring av ångskyddet.

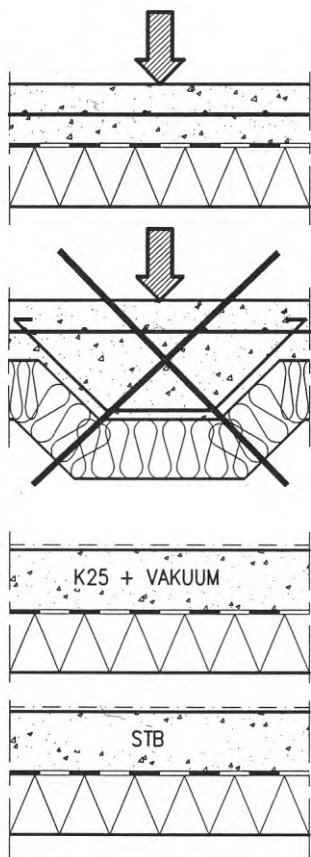
Bästa skyddet mot markfukt i ångfas fås alltså med princip 3 som med fördel kombineras med princip 2.

Byggfukten är en engångsföreteelse och skall därför tas om hand i byggskedet och inte lämpas över på nyttjaren.

Med hjälp av fyra byggnadstekniska åtgärder är det möjligt att till små kostnader klara byggfukten i *platta på mark*:

1. tunn betongplatta (>80 mm) utan "slentrianvoter" eller andra onödiga förtjockningar.
2. byggfuktfri eller snabbtorkande betong.
3. membranhärdning med vävarmerad PE-folie eller membranhärdningsvätska (välj vätska som är effektiv och acceptabel ur miljösynpunkt).
4. skydda det nygjutna golvet mot regn (övertäckning, tält, gjutning under tak).

Punkt 1 och 2 behandlas närmare i denna rapport.



1. Tunn betongplatta (≥ 80 mm) med samma tjocklek över hela golvytan och dimensionerad att i samverkan med den bärande cellplastisoleringen uppta förekommande laster från bärande väggar.

2. Med hjälp av metod eller material åstadkomma en byggfuktfri betongplatta ($RF < 90\%$) före och efter matläggning.

STB = Snabbtorkande (själv-torkande) betong.

VATTENHÄRDNING



MEMBRANHÄRDNING



- 3 & 4. Skydda det nygjutna golvet mot uppfuktning. Varje fukttillskott i betongplattan ökar på innehållet av byggfukt och förlänger uttorkningstiden.

Figur 3.4 Byggnadstekniska åtgärder för att minska innehållet av byggfukt i betongplattan och därmed förkorta uttorkningstiden.

Före montage av fuktkänsliga golvmaterial eller avjämningsmassor *skall den relativa fuktigheten (RF) mätas i golvet*. Mätningen bör tillgå så att man vid upprepade mättillfällen kan *konstatera en avtagande RF i varje mätpunkt*. Minst tre mätningar per punkt bör göras.

Normalt mäter man på ett bestämt djup beroende av om man har ensidig eller dubbelsidig uttorkning (6). Bättre underlag för bedömning av fuktillståndet får man om man även mäter på olika djup och bestämmer fuktprofilen i betongplattan.

Fuktillståndet i plattan, RF_{akt} , jämförs vanligen med Hus AMA:s RF-värden i tabell Q/2 (6). Dessa anger med någon säkerhet tolerabla nivåer på RF med hänsyn till direkta fuktskador på angivna golvbeläggningar (mjukgörarvandring, förtvålning etc).

En större säkerhetsmarginal kan troligen vara befogad med hänsyn till emissioner från golyttskikt. Nilsson anger i (14) och (15) acceptabla fuktnivåer ($RF_{krit} - \Delta RF_{säkerhet}$) där $\Delta RF_{säkerhet}$ är en säkerhetsfaktor av storleksordningen 5 - 10% RF. Kritiska gränsvärden (utan säkerhetsfaktor) ges även av Harderup (5).

Golvmaterial	$RF_{krit} - \Delta RF_{säkerhet}$
Träbaserade material (rörelser)	60% RF
Träbaserade material (mögel)	75% RF (85% RF)
Limmade golvbeläggningar (alkalinedbrytning)	85% RF (90% RF)
Flytspackel (alkalinedbrytning)	85% RF

Tabell 3:I Acceptabla fuktillstånd, $RF_{krit} - \Delta RF_{säkerhet}$. Värden inom parentes avser kortvarig belastning (någon månad).

Träbaserade material är normalt så fuktkänsliga att de alltid bör skiljas från betonggolvet med en fuktspärr. Före utläggning av en fuktspärr ovanpå betonggolvet bör byggfukten ha torkat ut till 85 - 90% RF.

För golvet sekundära fuktkällor som *nederbörd* och *yvatten* skall på bästa sätt ledas bort från byggnaden genom rätt utformade detaljlösningar vid sockel respektive med marklutning från huset.

Fuktskador på grund av *läckage* undviks genom att inte bygga in vattenledningsrör i golvet. Rörinstallationer bör helst utformas så att eventuella läckage snabbt kan upptäckas och åtgärdas.

En torr betongplatta är bästa förutsättningen för låga emissioner från golvmattor etc. Men även betongen kan utgöra en emissionskälla om den innehåller större mängder av olämpliga flyttillsattningsmedel.

För närvarande är kunskapsnivån låg beträffande emissioner från betong. En viss försiktighet rekommenderas därför vid användning av kemiska tillsatser i betongmassan.

Energihushållning och komfort

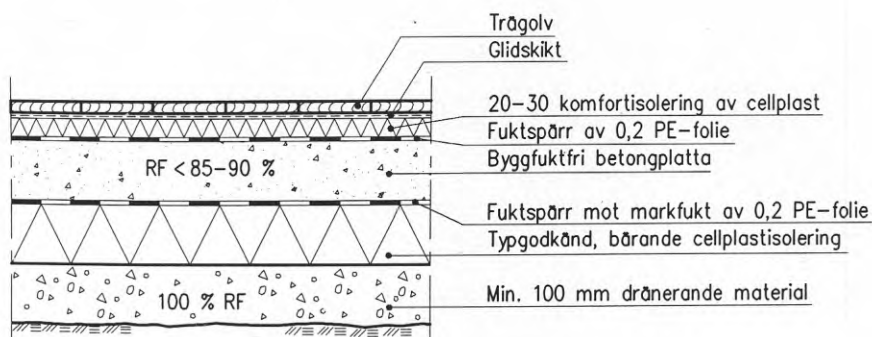
För god värmeekonomi under husets hela livslängd krävs ett *lågt och varaktigt* λ -värde hos isoleringsmaterialet.

I EPS-cellplast består *cellgasen av luft*. Det är alltså luftens låga λ -värde som främst bestämmer cellplastens värmekonduktivitet och någon risk för försämring av λ -värdet på grund av gasutbyte med omgivningen föreligger inte.

Eftersom cellerna är vattentäta och uppfuktning på grund av kondensation ej kan ske då marken normalt har lägre temperatur än golvet behåller cellplastisoleringen sitt låga λ -värde genom åren.

Det är oftast lönsamt att lägga in en tjock isolering under betongplattan. En ökad isolertjocklek medför som regel inga andra kostnadskonsekvenser än den ökade materialkostnaden. Vid grundläggning på tjälfarlig jord måste dock isoleringstjockleken begränsas, se nedan.

I utrymmen där man vill undvika den hårda och kalla betonggolvs känslan kan man dela upp isoleringen och lägga en tunn cellplastskiva (20 - 30 mm) ovanpå betongplattan. Observera att en fuktspärr alltid erfordras ovanpå betongplattan om golvet ovanpå komfortisoleringen är träbaserat.



Figur 3.5

Platta på mark med värmeisolering uppdelad i en tunn komfortisolering ovanpå och en tjockare, bärande isolering under betongplattan.

Ett alternativ till komfortisolering är golvvärme. Vid golvvärme kan man med fördel sänka temperaturen i rumsluften ett par grader utan förlust av komfort. Förutom inbesparade uppvärmningskostnader innebär en sänkning av temperaturen en ökad luftfuktighet och därmed bättre inomhusklimat under uppvärmnings-säsongen vilket är speciellt viktigt för allergiker som lider av torr luft.

Lufttätet och radonskydd

En *platta på mark*-konstruktion med underliggande fuktspärr av 0,2 mm PE-folie och cellplastisolering torde kunna anses som i det närmaste helt lufttät. Härmed ges bättre förutsättningar att klara normens krav på luftläckage i byggnader än med någon annan grundkonstruktion.

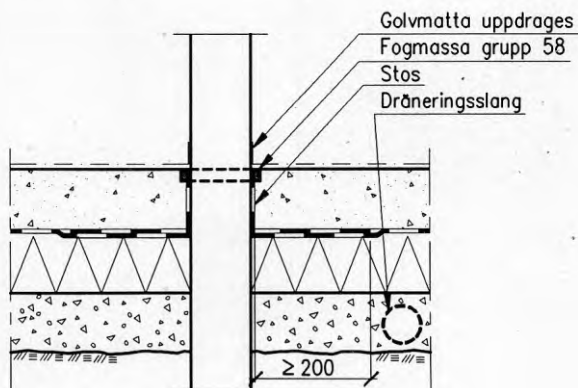
Vid *låga radonhalter* i undergrunden ger normalt *platta på mark* enligt ovan ett tillfredsställande skydd under förutsättning av noggrann tätning runt alla genomförningar i golvet.

Vid *höga radonhalter* och krav på *radonsäkert utförande* bör PE-folien ersättas av starkare och tätare material typ gummiduk (1,0 mm EPDM) alternativt folieförstärkt asfaltmatta (YAP 3500). I båda fallen utförs tätskiktet med klistrade skarvar.

Särskild uppmärksamhet ägnas åt plattkanten så att denna får motsvarande lufttätet.

Runt rörgenomförningar i tätskikt och isolering tätas omsorgsfullt före gjutning genom uppdragning och fasttejpning av stosar av samma material som tätskiktet.

En rimlig åtgärd vid all grundläggning på radonmark är att förlägga perforerade dräneringsslangar i dräneringslagret för att möjliggöra en eventuell framtida avluftning av radongas. Se närmare anvisningar i Radonboken, (4).



Figur 3.6 Tätning vid rörgenomförning vid radonsäkert utförande.

Frostsäkerhet

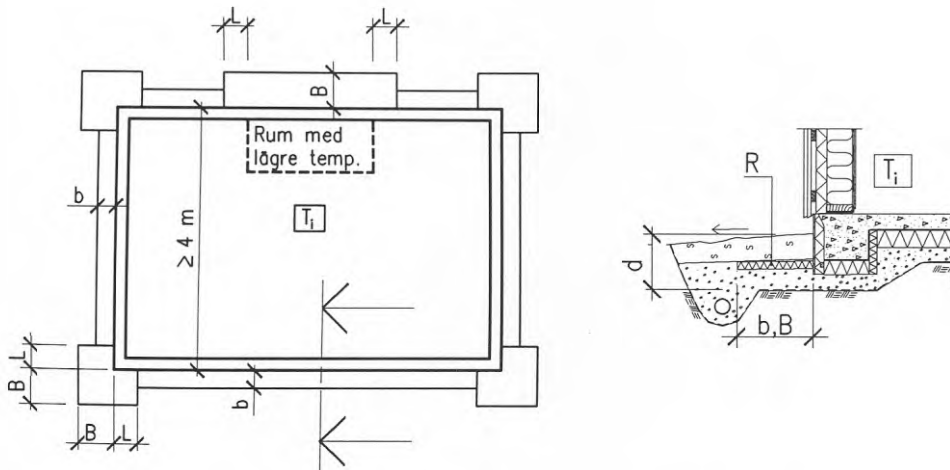
Vid grundläggning på tjälfarlig (frostaktiv) jord måste grundkonstruktionens frostsäkerhet beaktas.

Boverkets krav beträffande största värmemotstånd hos den horisontella isoleringen under *platta på mark* ger följande maximala tjocklekar för olika λ -klasser.

λ -klass	Maximal tjocklek mm
39	150
36	140
33	125

Tabell 3:II Maximal tjocklek för horisontell värmeisolering under *platta på mark* vid grundläggning på tjälfarlig jord.

Vid större köldmängder krävs en kompletterande utvändig tjälisolering, som dimensioneras enligt lämplig anvisning (11).



Figur 3.7 Tjälisolering runt platta på mark dimensionerad enligt anvisningar i (11).

4. Del A. Uttorkning av byggfukt

Målet med delprojekt A var att finna och ange en lösning på problemet att gjuta en betongplatta, som under byggskedet efter rimligt kort torktid vid ensidig uttorkning kan beläggas med täta golvytskikt.

Delprojekt A anger två metoder att uppnå målet:

1. *Tunn betongplatta*
2. *Vakuumbehandlad betong*

Tunn betongplatta

Torktiden för en betongplatta är i det närmaste direkt proportionell mot plattjockleken i kvadrat. En dubblering av plattjockleken ger alltså cirka fyra gånger så lång uttorkningstid.

I Norge förekommer plattjocklekar ned till 60 mm med centrisk nätarmering. För detta projekt valdes 80 mm som normal minsta plattjocklek anpassad till svenska byggmetoder (exempelvis omlotts skarvning av nätarmering i stället för fingerskarvning). Även med hänsyn till bärförmåga är en centriskt armerad 80 mm tjock betongplatta väl lämpad för belastning med bärande innerväggar i småhus, se Konstruktion och utförande kap. 9.

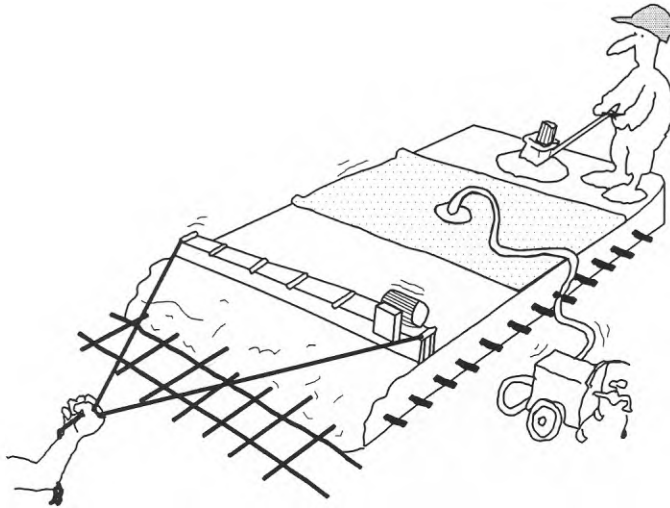
En minskning av plattjockleken från 100 till 80 mm ger nominellt 36% kortare uttorkningstid för byggfukt.

Vakuumbehandlad betong

Av flera skäl ville vi i projektgruppen studera vakuumbehandlingens inverkan på uttorkningstiden.

Framförallt tidigare goda erfarenheter av metoden kombinerat med dess relativt låga utförandekostnad var avgörande.

Vakuumbehandling av betong innebär i korthet att man med hjälp av en enkel vakuumpump utnyttjar atmosfärstrycket till att pressa ut så mycket av blandningsvattnet som möjligt ur den färska betongmassan, se figur 4.1.



Figur 4.1 Vakuumbehandling av betongbjälklag.

Vakuumbehandlingen, som ursprungligen är en svensk uppfinning, ger många välkända fördelar:

- gåbar och bearbetbar betongyta direkt efter avslutad vakuumbehandling.
- snabbare hållfasthetstillväxt och högre tryckhållfasthet
- kraftigt reducerat vct
- lägre krympning
- ingen kantresning
- god frostbeständighet
- ökad slitstyrka
- låg byggkostnad

Metoden har egentligen inga nackdelar men följande kan ändå framhållas:

- krav på ballastsammansättningen (begränsning av andelen finmaterial)
- försämrad sugbarhet vid låga temperaturer (vattnets viskositet ökar vid låg temperatur)
- mindre effektiv vid grövre plattjocklekar (>200 mm)
- svår att använda vid mycket uppstickande armering etc. ur plattan

Laboratorieundersökning

Vakuumbehandlingens inverkan på byggfukten och dess uttorkning har studerats för 80 mm tjocka plattor av K25-betong. Inverkan av *slipning*, *membranhärdningsvätska* och *tidigt regn* har också undersökts.

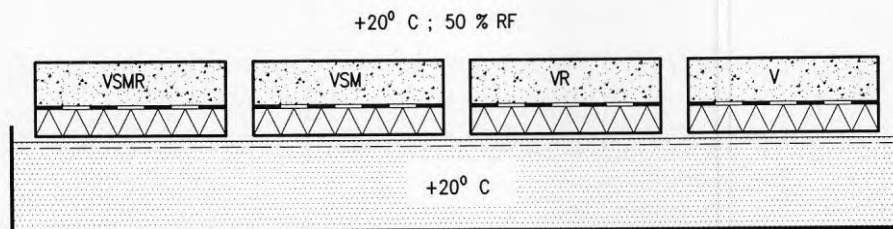
Som referensprover har använts 60 respektive 110 mm tjocka betongplattor.

Laboratorieundersökningen inklusive alla mätdata redovisas av Nilsson, Aavik (16). Utdrag ur undersökningen med utvärdering och slutsatser redovisas nedan. Alla provkroppar förseglades i plast fram till torkstart.

Provkropparna var samtliga gjutna mot 0,2 mm PE-folie på 50 mm EPS-cellplast, se figur 4.2. För att så nära som möjligt efterlikna verkliga förhållanden placerades provkropparna vid torkstart med sin cellplastisolering strax över ett rumstempererat vattenbad. Torkklimatet i rummet var $+20^{\circ}\text{C}$ och 50% RF.

Förutsättningarna för uttorkning var således:

- ensidig uttorkning
- "normalt" torkklimat



Figur 4.2 Provkropsarrangemang.

Vakuumbehandlingen medförde att betongmassans vatteninnehåll minskade med 41 kg/m^3 (21 %) varvid vattencementtalet minskade från $\text{vct} = 0,75$ till $\text{vct} = 0,59$. Betongmassans sammansättning redovisas i bilaga 1.

Fuktmätningen utfördes med RF-mätning på uttagna prover från olika djup efter torktiderna två veckor, en respektive två månader. 110 mm-plattorna mättes även efter 4 månader.

Efter en månads uttorkning förseglades delar av provkropparna i tätslutande plast under ett års tid varefter fuktmätning utfördes. Syftet med detta var att undersöka vad som händer med kvarvarande byggfukt efter mattläggning när de yttre torkmöjligheterna helt försvinner.

Utvärdering

Typiska fuktprofiler i några olika provkroppar framgår av figur 4.3. De erhållna fuktfördelningarna visar en uttorkning uppåt.

I stället för att beräkna något medelvärde ur de uppmätta RF-fördelningarna har maximala RF-värden i botten av betongplattorna jämförts med $RF = 90\%$.

I tabell 4:I ges en sammanställning av RF_{max} . Dessa RF-värden skall med undantag för 1-års-värdena inte jämföras med de RF-värden på 90 eller 85% som exempelvis Hus-AMA anger för läggning av golvytskikt. En sådan jämförelse kräver att fuktprofilerna analyseras så att man kan bedöma hur stor RF blir i betongplattans överyta efter att kvarvarande byggfukt omfördelats.

1-års-värden i tabell 4:I motsvarar däremot ungefär RF_{medel} i plattvärnsnittet efter en månads uttorkning och därpå följande ett års omfördelning respektive fortsatt självuttorkning mellan helt täta ytskikt.

En utvärdering av mätresultaten kan göras enligt följande:

1. Vakuumbehandlade plattor som slipats (VSM eller VS) har redan vid första mättillfället (två veckors torkning) kommit under 90% RF i hela plattvärnsnittet om de ej utsatts för regn. De kan i allra högsta grad rubriceras som "byggfuktfria".
2. Alla icke vakuumbehandlade plattor har $RF \geq 90\%$ på något djup fortfarande efter två månaders torkning, även om de ej utsatts för regn.
3. 110 mm tjocka plattor av normalbetong (ej vakuumbehandlade) har som regel $RF \geq 95\%$ i undre hälften även efter fyra månaders torkning.
4. Effekten av en tidig regnbelastning på de icke vakuumbehandlade plattorna är inte märkbar vid sen torkstart (sex veckor). Vid torkstart efter två veckor blir uttorkningen något fördröjd av regnet.
5. Regnbelastning har en inverkan även på de vakuumbehandlade plattorna.
6. Regnbelastningen på en del av de vakuumbehandlade plattorna har dock inte större inverkan än att man i genomsnitt har en RF lägre än 90% redan efter två veckors torkning.
7. Efter en månads torktid är så gott som alla vakuumbehandlade plattor i genomsnitt torrare än 90% RF även om de regnbelastats.
8. Utsugen vattenmängd 41 kg/m^3 motsvarar 138 ml från en 15 cm betongkub och överstiger kravet för *god sugbarhet* (120 ml) enligt SS 13 72 18 (TREVAC-testet).

Slutsats

Vakuumbehandling har stor effekt på uttorkning av byggfukt i betong. Torktiden verkar kunna mer än halveras genom vakuumbehandling.

Den sänkning av vct-talet som vakuumbehandlingen innebär medför att effekten av betongens självuttorkning blir större, se Fagerlund (2).

Regn har inte någon större inverkan på uttorkningsförloppet i den vakuumbehandlade betongen. Efter en månads (ensidig) uttorkning är i genomsnitt $RF < 90\%$.

Betongen som inte vakuumbehandlats är hela tiden betydligt fuktigare trots att den inte utsatts för regn.

Parameter	Serie 8A				Serie 8B			
	14 d	1 mån	2 mån	1 år	14 d	1 mån	2 mån	1 år
VSMR	95	92	88	84	93	88	84	77
VSR	93	93	88	85	96	86	82	78
VMR	95	93	89	83	91	88	85	80
VR	96	95	86	83	92	87	85	81
VSM	92	91	86	81	90	85	86	77
VS	90	90	85	80	88	84	82	75
VM	95	95	87	81	90	86	84	76
V	93	93	87	81	93	85	82	75
SMR	97	96	94	89	96	93	90	85
SR	98	96	92	88	96	93	90	86
MR	98	96	95	87	97	95	93	87
R	98	97	93	88	97	94	93	86
SM	94	95	90	87	96	93	90	84
S	96	95	91	87	96	93	92	85
M	98	97	93	88	97	93	93	86
-	97	96	91	87	97	94	93	87

Parameter	Serie 6A				Serie 10B				
	14 d	1 mån	2 mån	1 år	14 d	1 mån	2 mån	4 mån	1 år
VSMR	93	94	93	85					
VSM	86	90	83	80					
SMR					98	98	97	96	91
SR					98	97	97	96	92
R					98	98	97	97	92
SM					97	98	95	97	89
S					98	97	96	94	92
-					97	99	96	97	94

V = vakuumbehandlad

S = slipad

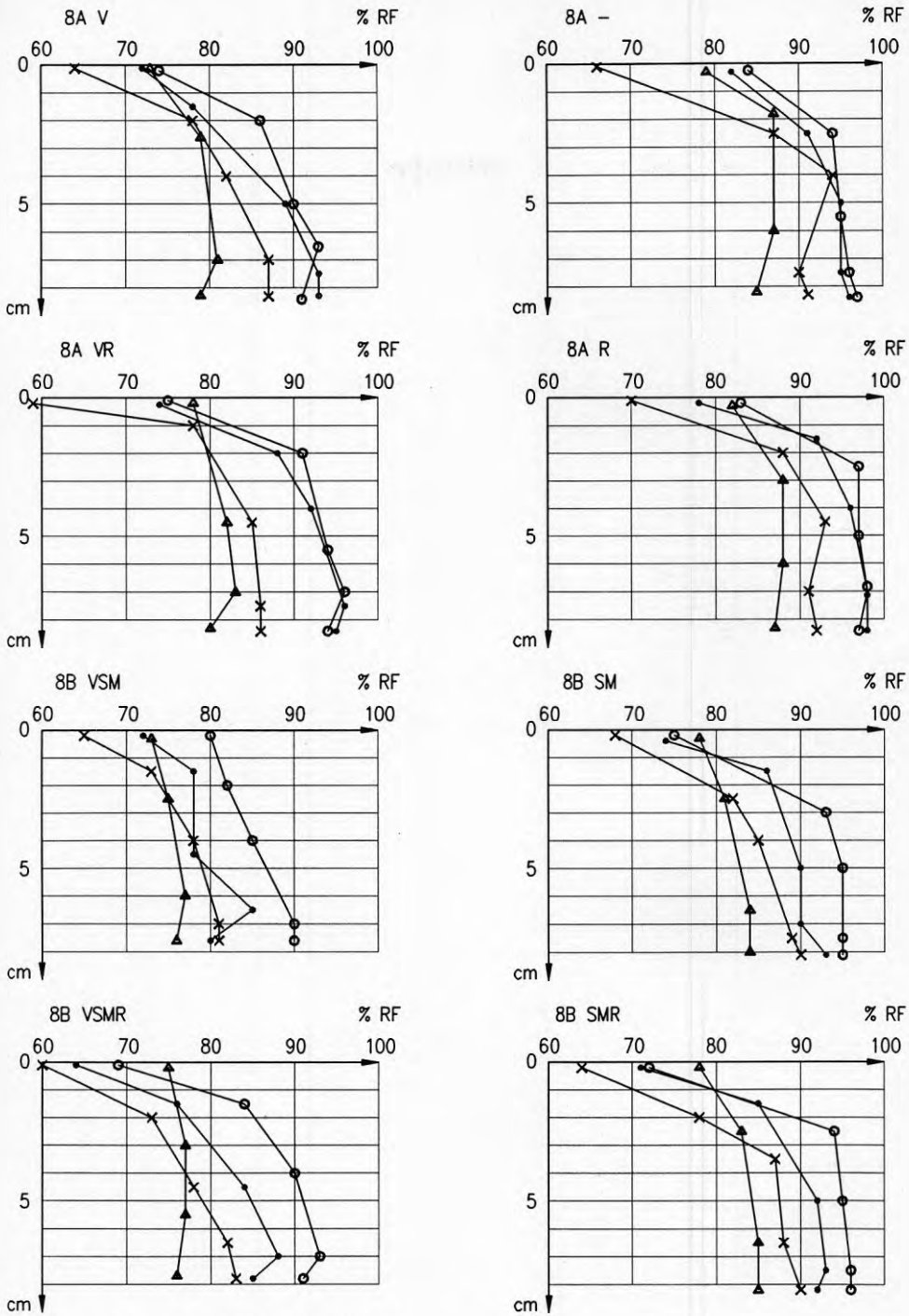
M = membranhärdad med membranhärdningsvätska

R = regnbelastad

Tabell 4:I Maximal relativ fuktighet RF_{max} i underkanten av betongplattorna (16).

Serie A har 2 veckors ålder vid torkstart.

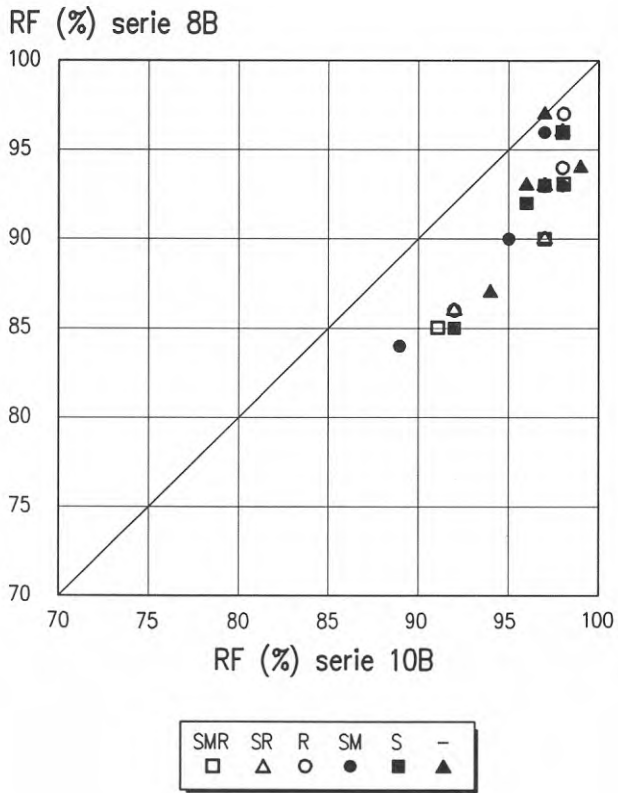
Serie B har 6 veckors ålder vid torkstart.



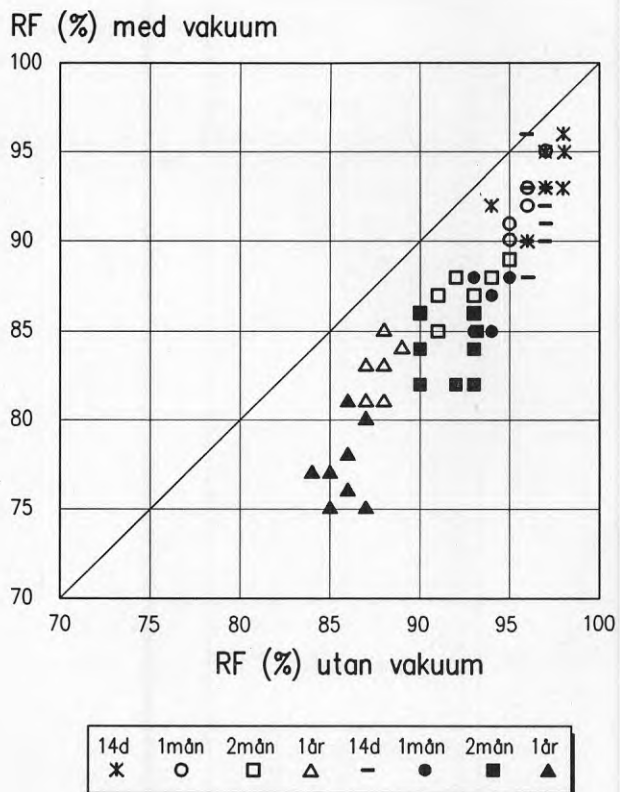
Figur 4.3 Typiska fuktprofiler (16)

V = Vakuumbehandlad
 S = Slipad
 M = Membranhärdad
 R = Regnbelastad

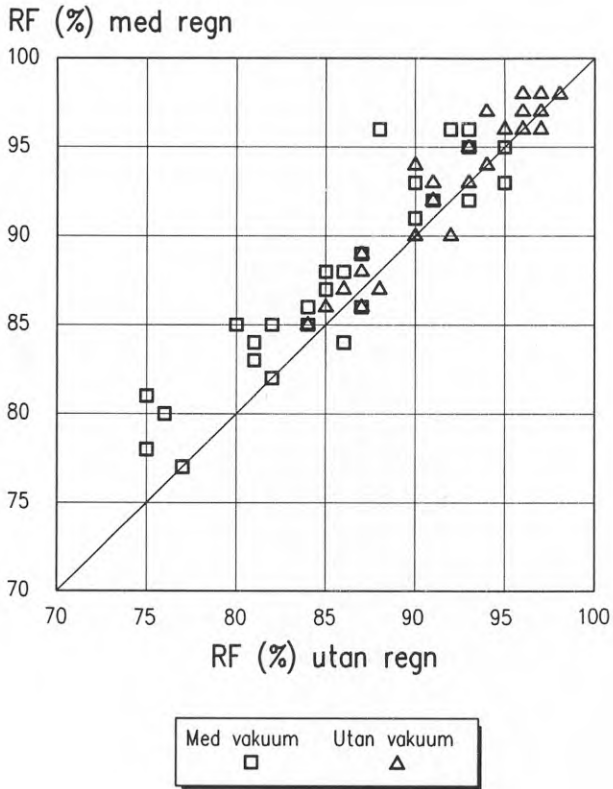
○ 14 dygn
 ● 1 månad
 × 2 månader
 ▲ 12 månader



Figur 4.4 Effekt av tunn betongplatta på uppmätt RF_{max} vid olika tidpunkter (enbart ej vakuumbehandlad betong) (16). (Mätvärdena från tabell 4:I)

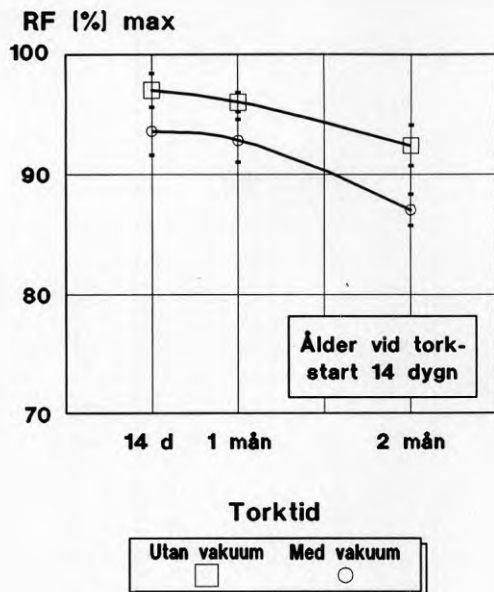


Figur 4.5 Effekt av vakuumbehandling på uppmätt RF_{max} vid olika tidpunkter. (16)
(Mätvärdena från tabell 4:I)

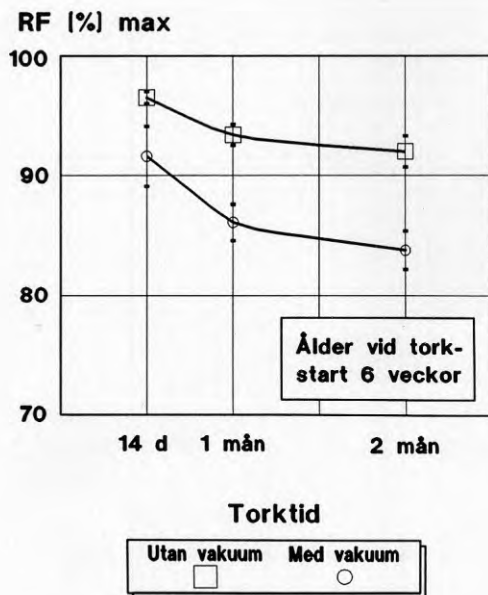


Figur 4.6

Effekt av tidig regnbelastning på uppmätt RF_{max} vid olika tidpunkter. (16)
 (Mätvärdena från tabell 4:I)

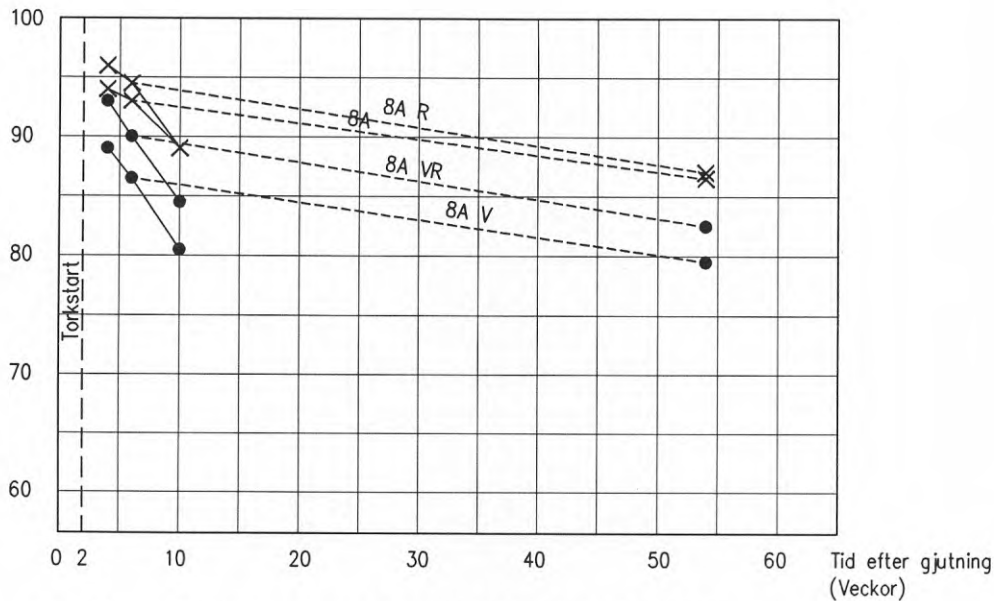


Figur 4.7 Medelvärden av RF_{max} i undre delen av plattorna vid olika torktider för serie 8A, d v s 80 mm plattjocklek och 14 dygns ålder vid torkstart. Kurvorna visar en halvering av torktiden vid vakuumbehandling (92,8% RF efter en månad jämfört med 92,4% RF efter två månader utan vakuum). (16)



Figur 4.8 Medelvärden av RF_{max} i undre delen av plattorna vid olika torktider för serie 8B, d v s 80 mm plattjocklek och sex veckors ålder vid torkstart. Kurvorna visar en fjärdedel så lång torktid vid vakuumbehandling (91,6% RF efter två veckor jämfört med 92,0% RF efter två månader utan vakuum). (16)

RF(%) Måtdjup 32 mm.

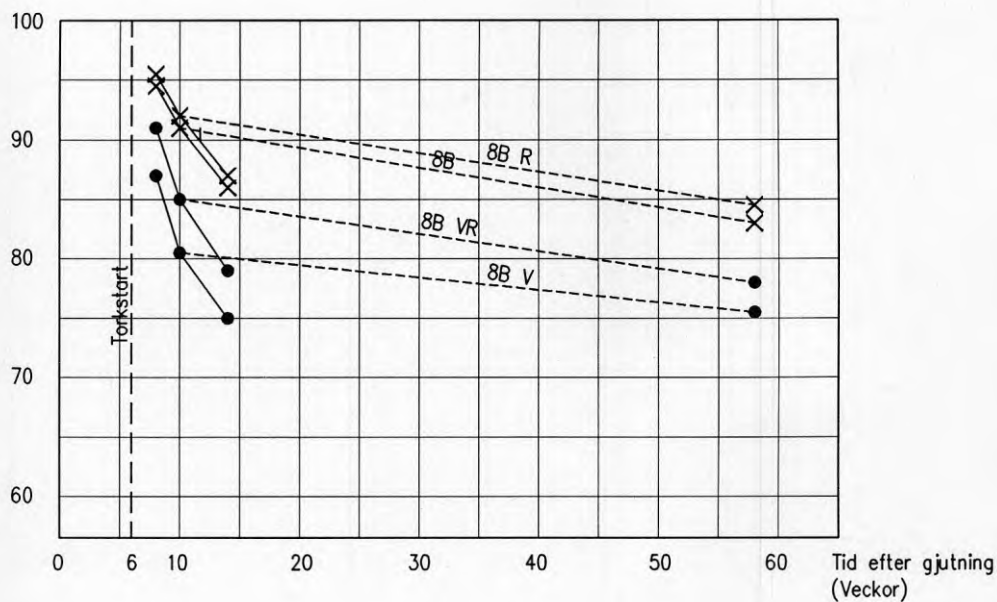


Figur 4.9 Uttorkning av byggfukt i betongplatta på ångtät isolering, serie 8A.
 Plattjocklek 80 mm. Måtdjup 32 mm (40 % av plattjockleken)

x—x	K25 referensbetong (utan vakuum)	vet = 0,75
●—●	K25 vakuum	vet = 0,59
R	Regnbelastning	
V	Vakuumbehandling	

OBS: Alla mätvärden utom 12-månaders värdena gäller ensidig uttorkning. Värdet vid 12 månader (cirka 54 veckor efter gjutning) visar fuktnivån i betongplattan då matläggning utförts en månad efter torkstart.

RF(%) Måtdjup 32 mm.

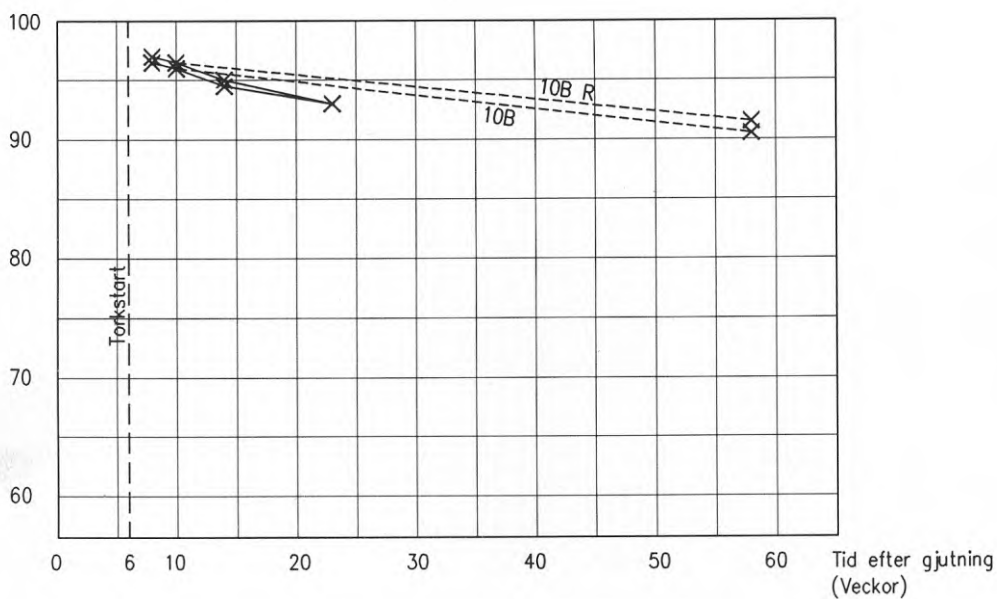


Figur 4.10 Uttorkning av byggfukt i betongplatta på ångtät isolering, serie 8B. Plattjocklek 80 mm. Måtdjup 32 mm (40 % av plattjockleken)

x—x	K25 referensbetong (utan vakuum)	vct = 0,75
•—•	K25 vakuum	vct = 0,59
R	Regnbelastning	
V	Vakuumbehandling	

OBS: Alla mätvärden utom 12-månaders värdena gäller ensidig uttorkning. Värdet vid 12 månader (cirka 58 veckor efter gjutning) visar fuktnivån i betongplattan då mattläggning utförts en månad efter torkstart.

RF(%) Måtdjup 45 mm.



Figur 4.11 Uttorkning av byggfukt i betongplatta på ångtät isolering, serie 10B.
 Plattjocklek 110 - 115 mm. Måtdjup 45 mm (40 % av plattjockleken)
 x—x K25 ej vakuumbehandlad vct = 0,75
 R Regnbelastning

OBS: Alla mätvärden utom 12-månaders värdena gäller ensidig uttorkning. Värdet vid 12 månader (cirka 58 veckor efter gjutning) visar fuktnivån i betongplattan då mattläggning utförts en månad efter torkstart.

5. Del B. Skydd mot markfukt

Målet med delprojekt B var att visa skillnader mellan olika metoder att skydda en *platta på mark*-konstruktion mot markfukt i ångfas vid täta respektive mycket täta golvvytskikt samt att verifiera gängse metod för beräkning av fuktfordelning.

Laboratorieundersökning

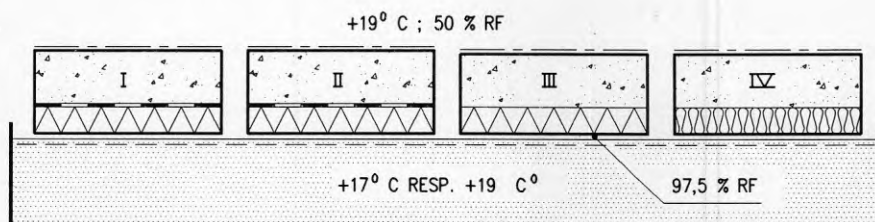
Följande metoder för ångskydd studerades:

1. ångspärr av 0,2 mm PE-folie på en värmeisolering av 50 mm EPS-cellplast
2. enbart värmeisolering av 50 mm EPS-cellplast
3. enbart värmeisolering av 50 mm mineralull (markskiva)

I stället för en betongplatta användes en träfanerskiva i provkropparna för att tiden till stationärt fuktillstånd inte skulle bli alltför lång (mer än ett år).

För att ytterligare förkorta tiden till stationärt fuktillstånd konditionerades fanerskivorna till 80% RF för provkroppar med PE-folie.

Provkropparna placerades över två vattenbad med temperaturen $+19\text{ }^{\circ}\text{C}$ (rumstempererat) respektive $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$, se figur 5.1. De två vattenbaden motsvarar dels förhållandet för uppvärmd byggnad och dels för byggnad med permanent uppvärmning.



Figur 5.1 Provkropsarrangemang för mätning av stationärt fuktillstånd.

Undersökningen med alla mätdata redovisas utförligt av Nilsson, Aavik (16).

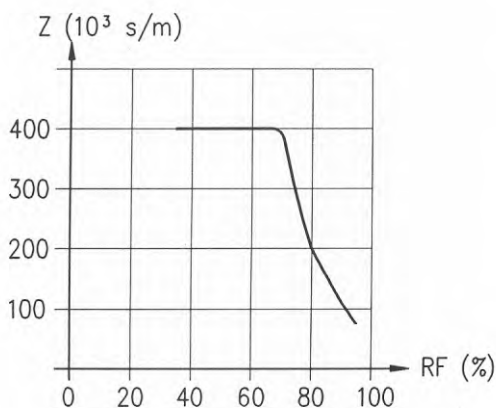
Provkropparna placerades med sin underkant endast 10 mm över vattenytan. Relativa fuktigheten i luftspalten mellan vattenbad och isolering uppmättes till 97,5% RF.

Fuktförloppet fram till stationära förhållanden följdes dels med en fuktindikation med resistansmätningar i träfanerskivorna och dels med ungefärliga RF-mätningar i utrymmet mellan golvmatta och fanerskiva. När stationära förhållanden ansågs ha inträffat efter cirka 10 månader avbröts försöket och fuktmätningar utfördes på prover av fanerskivorna. Mätresultaten framgår av tabell 5:1.

Utvärdering


En jämförelse av mätresultaten med beräknade värden framgår av figur 5.3. Överensstämmelsen mellan beräknade och uppmätta värden är relativt god. Redovisade avvikelser beror till viss del på att de uppgivna ångmotstånd för ingående material är behäftade med smärre felaktigheter. För några material är kanske inte ånggenomgångsmotståndet en konstant utan varierar med omgivningens fuktighet, se figur 5.2. Möjligen är såväl de båda PVC-mattornas som PE-foliens ångmotstånd för höga vid aktuella RF.


För provkroppar typ I har sannolikt stationärt tillstånd inte uppnåtts när provningen avbröts. Av figur 5.3 framgår att ett startvärde på 50% RF hade varit bättre för att snabbt nå fram till slutmålet än 80% RF.



Figur 5.2 Exempel på ånggenomgångsmotståndets variation med omgivande RF för Linoleummatta (2,5 mm). Efter Harderup (5).

Slutsats

Av figur 5.4 framgår tydligt att en ångspärr av PE-folie under betongplattan utgör ett klart bättre och effektivare ångskydd mot marken än enbart en värmeisolerering. 

I synnerhet när temperaturskillnaden är noll mellan betongplatta och mark erhålls inget som helst fuktskydd med enbart värmeisolerering. 

Även vid en extremt tät plastmatta (2,0 mm homogen PVC) hamnar RF under 80% vid stationärt tillstånd med en underliggande PE-folie (provkropp typ II). Observera att ångspärrens ånggenomgångsmotstånd inte nödvändigt behöver vara större än golvmattans för att ge erforderligt skydd.

I provkroppar typ II är ångspärrens Z-värde endast 2/3 av mattans men ger ändå ett tillräckligt fuktskydd.

17 - 19 °C					19 - 19 °C				
Platta	Prov	Givare	RF	Sond 28/2	Platta	Prov	Givare	RF	Sond 28/2
I:1	1	8	66		I:3	1	3	68	
	2	8	66			2	8	68	
I:2	1	6	65	64	I:4	1	8	67	68
	2	7	70			2	7	69	
II:2	1	6	74	76	II:1	1	8	77	
	2	7	80			2	7	80	
II:3	1	1	75		II:4	1	4	79	79
	2	2	72			2	3	78	
III:3	1	1	84	88	III:1	1	6	91	93
	2	2	87			2	6	92	
III:4	1	4	86		III:2	1	1	92	
	2	3	84			2	7	96	
IV:1*	1	1	68	68	IV:3	1	4	96	
	2	2	70			2	3	96	
IV:2	1	3	91		IV:4	1	1	95	
	2	4	90			2	2	96	

I: Forshaga $Z = 1200 \cdot 10^3$ s/m, PE-film $Z = 4500 \cdot 10^3$ s/m, Grundisol (50 mm) $Z = 100 \cdot 10^3$ s/m.

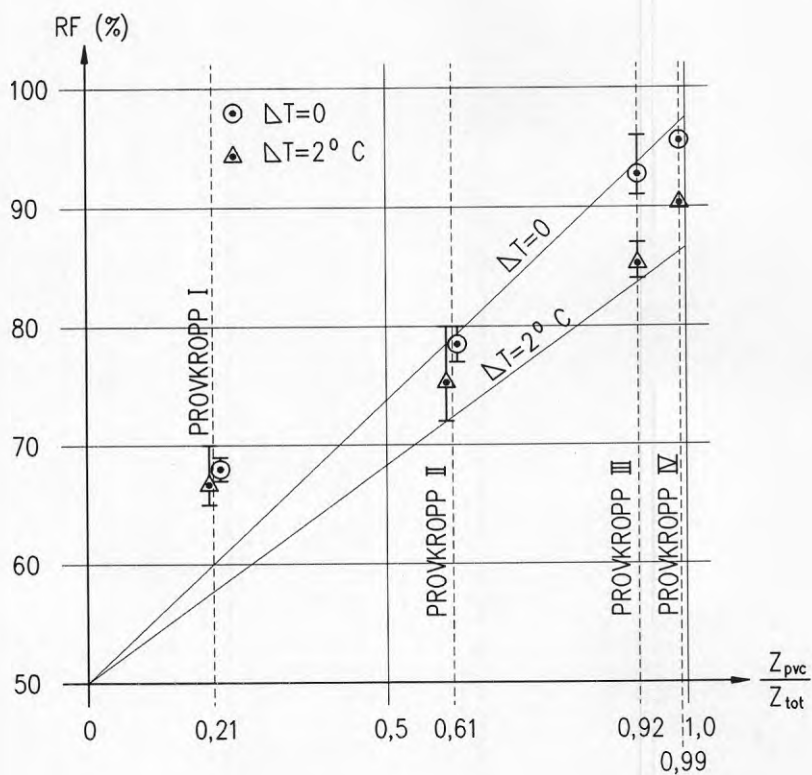
II: Tarket $Z = 7100 \cdot 10^3$ s/m, PE-film $Z = 4500 \cdot 10^3$ s/m, Grundisol (50 mm) $Z = 100 \cdot 10^3$ s/m.

III: Forshaga $Z = 1200 \cdot 10^3$ s/m, Grundisol (50 mm) $Z = 100 \cdot 10^3$ s/m.

IV: Forshaga $Z = 1200 \cdot 10^3$ s/m, Rockwool markskiva (50 mm) $Z = 10 \cdot 10^3$ s/m.

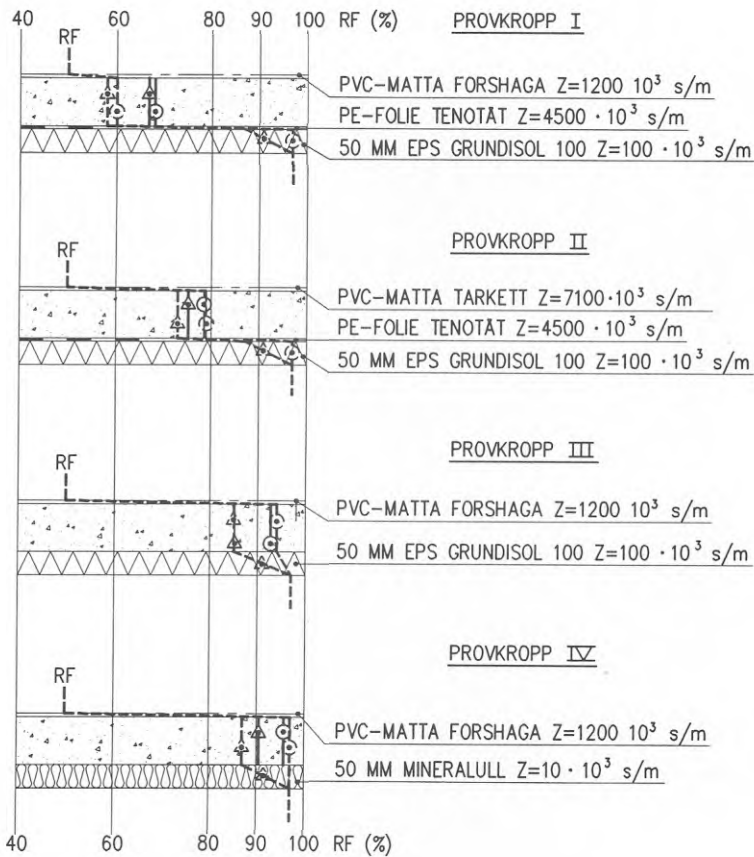
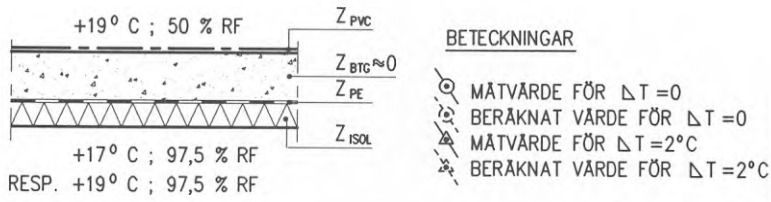
* IV:1 med PE film $Z = 4500 \cdot 10^3$ s/m

Tabell 5:I Uppmätta relativa fuktigheter (% RF) i provkroppar I-IV. (16).



Figur 5.3

Uppmätta (punkter) och beräknade (linjer) stationära fuktillstånd i "betongplattan" för provkropparna I-IV. (16).



Figur 5.4 Uppmätta och beräknade stationära fuktprofiler i "betongplattan" för provkropparna I-IV

6. Del C. Uttorkning av byggfukt. Verifiering i laboratorium

Syftet med delprojekt C var dels att med en utökad laboratoriestudie verifiera de i delprojekt A uppmätta effekterna av vakuumbehandling och dels att studera vakuumbehandlingens inverkan vid större plattjocklek (200 mm).

Den i delprojekt A undersökta regnbelastningen i form av ett tidigt regn med något dygns varaktighet utökades i del C till att omfatta dels tidigt regn med två, fyra respektive åtta dygns varaktighet (2R/T, 4R/T och 8R/T) och dels tvådygns-regn som inträffar ett, två respektive fyra dygn efter gjutning (2R/1, 2R/2 och 2R/4).

Syftet med denna studie var att påvisa eventuella skillnader i torktider orsakade av ett tidigt regn jämfört med ett regn som inträffar efter några dygn när betongytan torkat upp.

Laboratorieundersökning

Liksom i delprojekt A provades enbart ensidig uttorkning. Provkropparnas uppbyggnad och torkmiljö var identiska med delprojekt A:s, se figur 4.2.

På en viktig punkt skiljer sig dock delprojekt C från delprojekt A nämligen beträffande utsugen vattenmängd vid vakuumbehandlingen.

För den tunna betongplattan (80 mm) minskade vatteninnehållet med 28 kg/m^3 (14 %) vilket gav en minskning av vattencementtalet från $v_{ct} = 0,75$ till $v_{ct} = 0,64$.

För den tjocka betongplattan (200 mm) var den utsugna vattenmängden ännu mindre 21 kg/m^3 (11 %) med motsvarande minskning av vattencementtalet från $v_{ct} = 0,75$ till $v_{ct} = 0,67$.

Samtliga provytor slipades på samma sätt som i delprojekt A dock användes ingen membranhärdningsvätska.

Som referensprover användes provkroppar med respektive tjocklek utan vakuumbehandling och utan regnbelastning.

Samtliga provkroppar förseglades fram till torkstart.

Fuktmätningen utfördes på samma sätt som i delprojekt A efter torktiderna två veckor, en respektive två månader samt fyra månader för de tjockare (200 mm) provkropparna. Fuktmätning utfördes även vid torkstart samt efter ett år på delar av provkroppar som förseglats efter en månads uttorkning.

Laboratorieundersökningen med mätdata redovisas ingående av Nilsson, Aavik (17).

Utvärdering

Vakuumbehandlingen har inte varit lika effektiv som i delprojekt A. För den tunna betongplattan motsvarar den utsugna vattenmängden 28 kg/m^3 95 ml från en 15 cm kub och klarar därmed precis undre gränsen 90 ml för att sugbarheten skall klassas som *godtagbar* enligt SS 13 72 18 (TREVAC-testet).

200 mm-plattan klarar inte ens kravet för godtagbar sugbarhet. Här faller utsugen vattenmängd till 21 kg/m^3 vilket motsvarar 71 ml från en 15 cm betongkub.

Den jämfört med delprojekt A försämrade sugbarheten hos betongen har troligen orsakats av för mycket finmaterial. Någon TREVAC-test utfördes tyvärr aldrig av den här aktuella betongleverantören, se bilaga 1.

Vakuumbehandlingen av provkropparna i delprojekt C kan alltså med rätta betecknas som *svag*.

Man kan dock fortfarande konstatera en tydlig effekt på uttorkningen av vakuumbehandlingen även om den inte är lika stor som i delprojekt A.

Av fuktprofilerna i fig. 6.1 framgår att *alla vakuumbehandlade provkroppar*, även de som utsatts för regn, är *torrare än 90 % RF efter två månader* i praktiskt taget hela plattvärnsnittet.

Bortsett från läget vid torkstart, där den icke regnbelastade vakuumbetongen är något torrare upptill, föreligger inga påtagliga skillnader mellan fuktprofilerna för de vakuumbehandlade provkropparna. Uttorkningsförloppet är i stort sett likartat oavsett regnbelastning. Den, jämfört med delprojekt A, något långsammare uttorkningen torde helt ha orsakats av den svagare vakuumbehandlingen.

Fuktprofilerna i figur 6.2 visar samma utgångsläge 92 - 95 % RF vid torkstart som i figur 6.1 men sedan fortskrider uttorkningsförloppet något snabbare i dessa provkroppar. Efter två månaders uttorkning är fuktprofilen klart under 90 % RF i hela plattan. Om orsaken är skillnaden i regnbelastning eller möjligen en något kraftigare vakuumbehandling av dessa provkroppar går inte att bestämma.

Dessa betongplattor är "*byggfukt fria*" efter *fyra à fem veckors uttorkning* trots att sugbarheten endast var godtagbar.

De *icke vakuumbehandlade* referensbetongplattorna har klart högre RF på alla nivåer och tidpunkter *trots att de skyddats mot regn*. Efter två månaders uttorkning är fortfarande RF högre än 90% i större delen av plattvärnsnittet. Det är tveksamt om mattläggning efter en månads uttorkning skulle gå bra här då RF efter ett år fortfarande inte sjunkit under 90 %.

Figur 6.3 visar fuktprofilerna i de 200 mm tjocka betongplattorna. Trots att vakuumsugning var mycket dålig (och egentligen inte godkänd enligt TREVAC-testet) så framgår en tydlig positiv effekt i hela plattvärnsnittet av vakuumbehandlingen.

Inverkan av regnbelastning påverkar liksom i 80 mm plattorna enbart fuktnivån i överkant platta vid torkstart. I övrigt är fuktprofilerna helt jämförbara i de vakuumbehandlade proverna på alla nivåer och vid alla torktider.

Den i detta fallet tidiga regnbelastningen med upp till åtta dagars varaktighet påverkar alltså inte torktiderna för vakuumbetongen. Efter två à tre månaders uttorkning är fuktnivån på mätdjupet 80 mm (40 % av plattjockleken) under 90 % RF.

Om mattläggning skulle ske efter en månads uttorkning då RF på mätdjupet 80 mm fortfarande överstiger 90 % hamnar ändå fuktnivån under 90 % RF i hela plattvärsnittet efter ett år tack vare betongens fortsatta självuttorkning.

Referensbetongen som varken vakuumbehandlats eller utsatts för regn torkar mycket långsamt. Från en i stort sett likartad fuktnivå vid torkstart som för vakuumbetongen händer inte särskilt mycket. Efter fyra månaders uttorkning överstiger fortfarande den relativa fuktigheten 90 % RF i nästan hela plattvärsnittet. Det första årets omfördelning och fortsatta självuttorkning ger heller inte tillräcklig effekt i den icke vakuumbehandlade betongplattan för att påtagligt sänka RF-nivån.

Uttorkningsförloppen på mätdjupet 40 % av plattjockleken visas i figur 6.4 och 6.5.

Slutsats

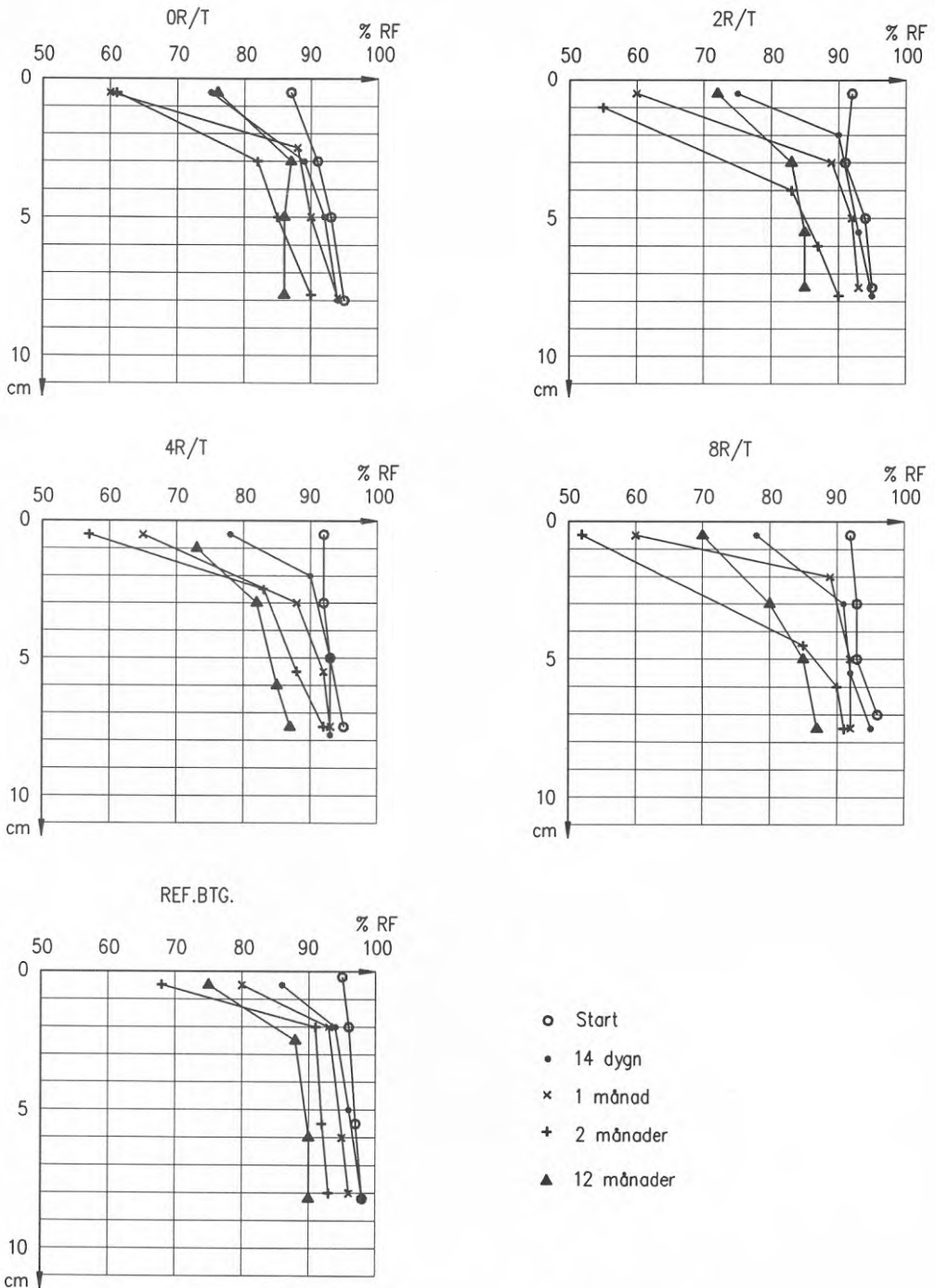
Delprojekt C visar att även en dålig vakuumbehandling har påtaglig effekt på uttorkningstiden för byggfukt.

Efter tre till fyra veckors uttorkning är alla vakuumbehandlade 80 mm tjocka betongplattor i genomsnitt torrare än 90 % RF.

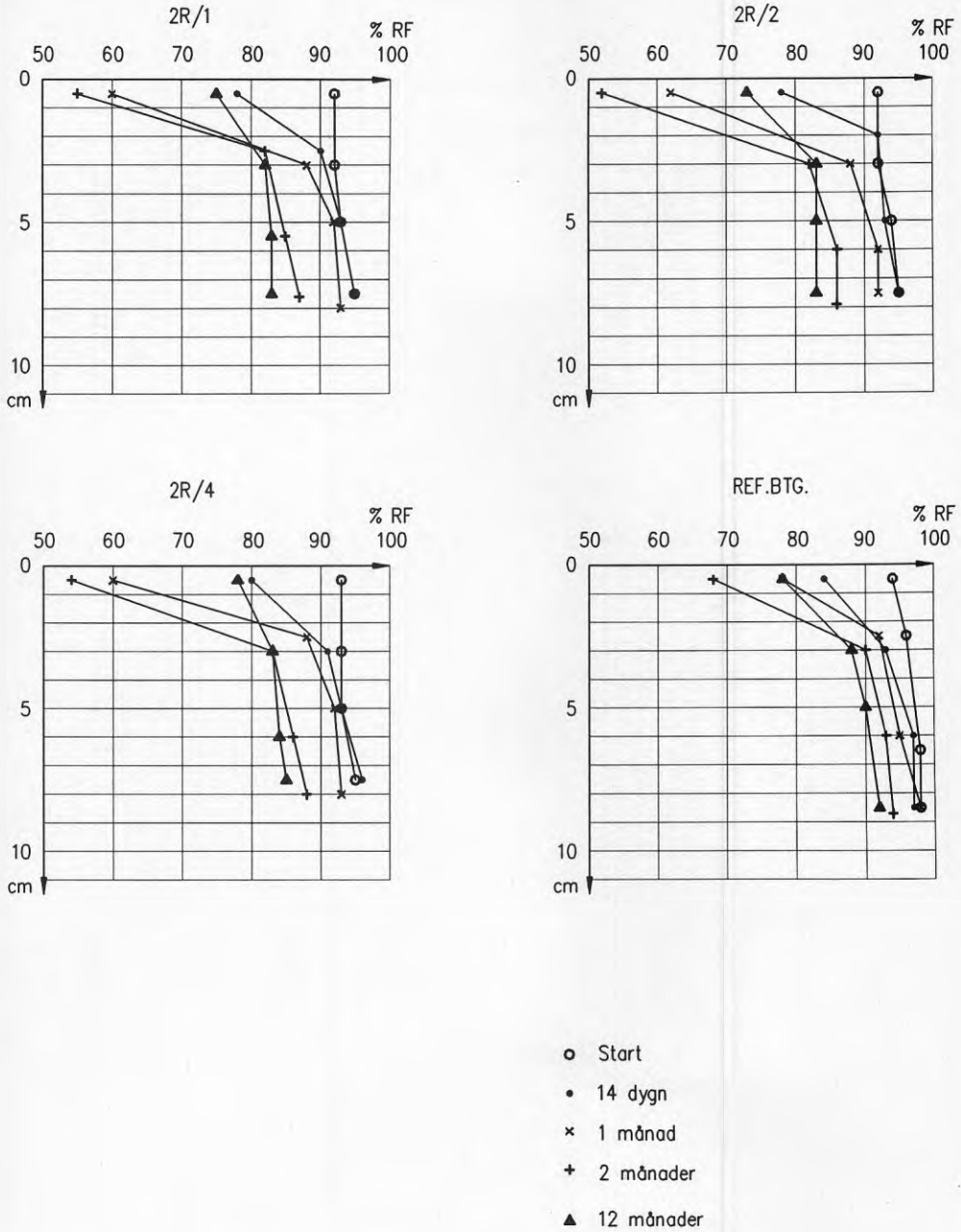
För de 200 mm tjocka vakuumbehandlade betongplattorna är motsvarande torktid nio till tio veckor trots en mycket dålig vakuumbehandling och ensidig uttorkning. Olika varianter av regnbelastning med hänsyn till starttidpunkt och varaktighet ger enbart en mätbar fuktökning i betongplattans överyta vid uttorkningens början. Efter två veckors uttorkning är effekten av regnbelastningen helt borta.

För de icke vakuumbehandlade referensplattorna går uttorkningen långsamt trots att de inte utsatts för regn. *Dessa betongplattor är i alla skeden våtare än de vakuumbehandlade plattorna.* Uttorkningstiden för 80 mm referensplattan till 90 % RF är enligt figur 6.4 cirka åtta till nio veckor vilket är något längre än beräknad torktid enligt Nilsson (13).

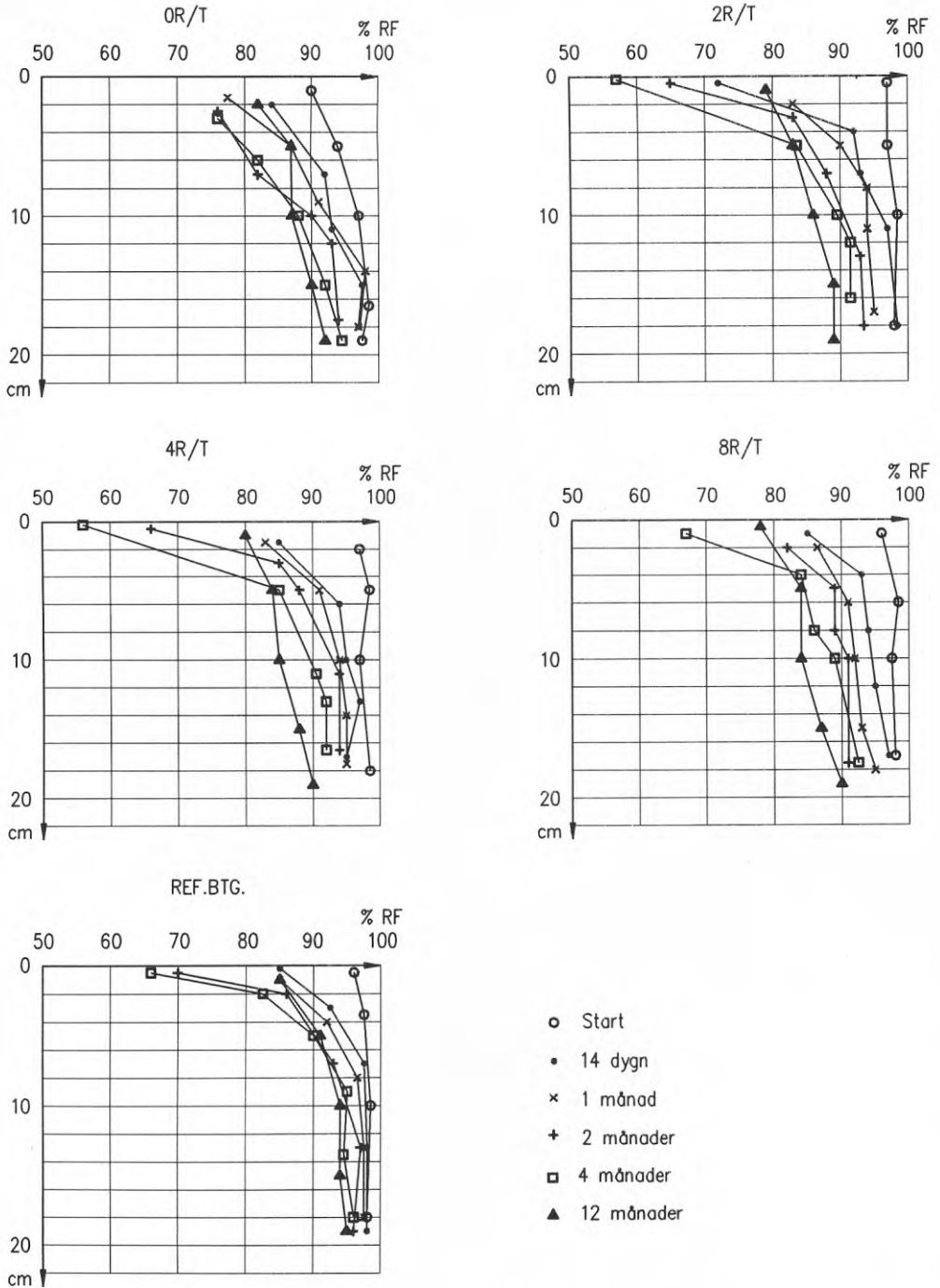
För 200 mm referensplattan ger mätningarna inget besked om uttorkningstiden till 90 % RF, figur 6.5. Beräknad uttorkningstid enligt Nilsson (13) är minst 28 veckor alltså *tre gånger längre tid än för de vakuumbehandlade provplattorna.*



Figur 6.1 Fuktprofiler för respektive provyta vid 80 mm plattjocklek. (17).
 2R/T = Tidigt regn med varaktighet 2 dygn
 4R/T = Tidigt regn med varaktighet 4 dygn
 8R/T = Tidigt regn med varaktighet 8 dygn
 OR/T = Ingen regnbelastning
 Ref.btg = Ej vakuumbehandlad referensbetong utan regnbelastning



Figur 6.2 Fuktprofiler för respektive provyta vid 80 mm plattjocklek. (17).
 2R/1 = 2-dygnregn med början 1 dygn efter gjutning
 2R/2 = 2-dygnregn med början 2 dygn efter gjutning
 2R/4 = 2-dygnregn med början 4 dygn efter gjutning
 Ref.btg = Ej vakuumbehandlad referensbetong utan regnbelastning



Figur 6.3

Fuktprofiler för respektive provyta vid 200 mm plattjocklek. (17).

2R/T = Tidigt regn med varaktighet 2 dygn

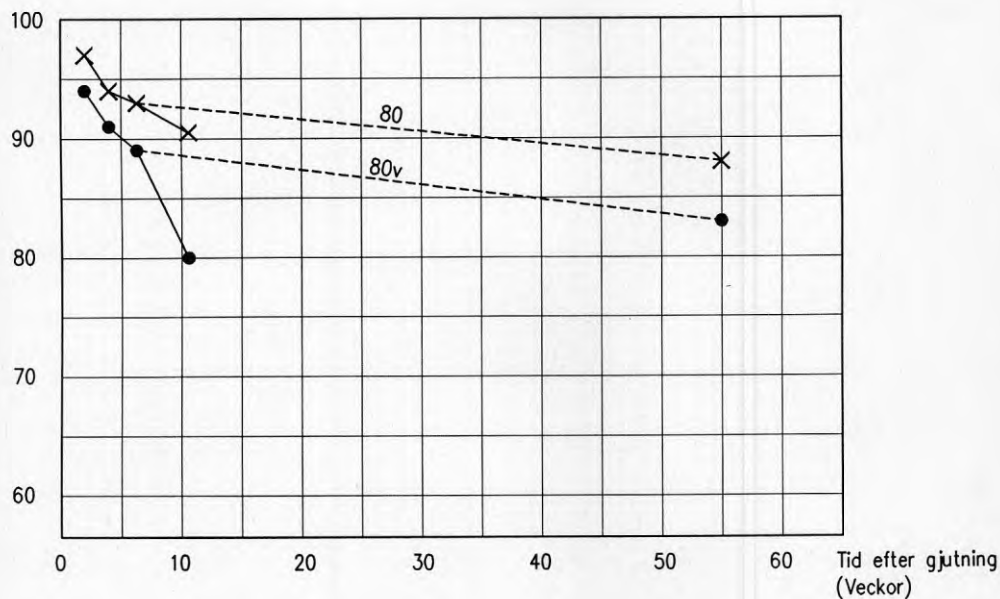
4R/T = Tidigt regn med varaktighet 4 dygn

8R/T = Tidigt regn med varaktighet 8 dygn

OR/T = Ingen regnbelastning

Ref.btg = Ej vakuumbehandlad referensbetong utan regnbelastning

RF(%) Måtdjup 32 mm.



Figur 6.4 Uttorkning av byggfukt i betongplatta på ångtät isolering. Plattjocklek 80 mm. Måtdjup 32 mm (40 % av plattjockleken)

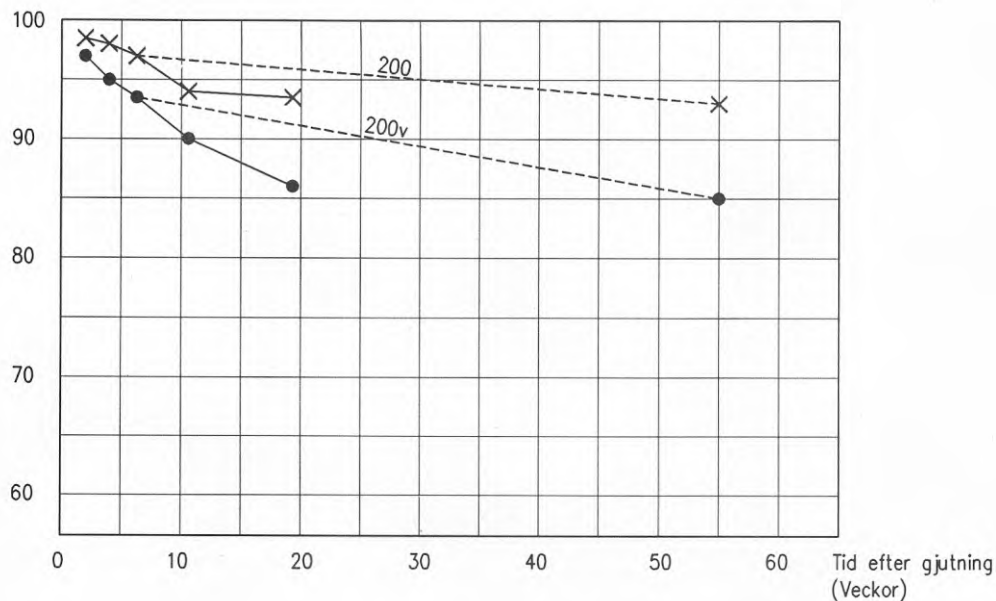
x—x K25 referensbetong (utan vakuum) vct = 0,75

•—• K25 "svag" vakuum vct = 0,64

V Vakuumbehandling

OBS: Alla mätvärden utom 12-månaders värdena gäller ensidig uttorkning. Värdet vid 12-månader (cirka 55 veckor efter gjutning) visar fuktnivån i betongplattan då mattläggning utförts en månad efter torkstart.

RF(%) Måtdjup 80 mm.



Figur 6.5 Uttorkning av byggfukt i betongplatta på ångtät isolering. Plattjocklek 200 mm. Måtdjup 80 mm (40 % av plattjockleken)

x—x K25 referensbetong (utan vakuum) vct = 0,75

•—• K25 "svag" vakuum vct = 0,67

V Vakuumbehandling

OBS: Alla mätvärden utom 12-månaders värdena gäller ensidig uttorkning. Värdet vid 12-månader (cirka 55 veckor efter gjutning) visar fuktnivån i betongplattan då mattläggning utförts en månad efter torkstart.

7. Del D. Uttorkning av byggfukt. Fältstudie.

Syftet med delprojekt D var att undersöka om man med hjälp av vakuumbehandling av betonggolvet vid praktiskt genomförande i fält kunde nå lika goda resultat beträffande torktider och regntålighet som erhållits i laboratorium i delprojekt A och C.

Fältstudie

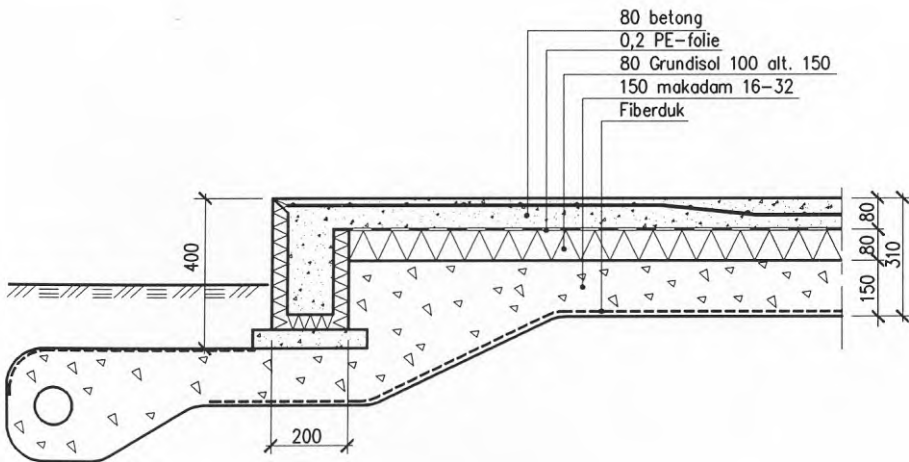
Till fältobjekt utvaldes en värmeisolerad förrådsbyggnad K1 inom ett grupp-husområde Öslanda Gärde i Stenkullen, Lerums kommun strax utanför Göteborg, se figur 7.1.



Figur 7.1 Fältobjektet, Öslanda Gärde i Stenkullen, Lerums kommun.

Ett nominellt 80 mm tjockt betonggolvt med planmått 5,42 x 10,72 m² göts på en diffusionstät värmeisolering direkt på mark, se figur 7.2

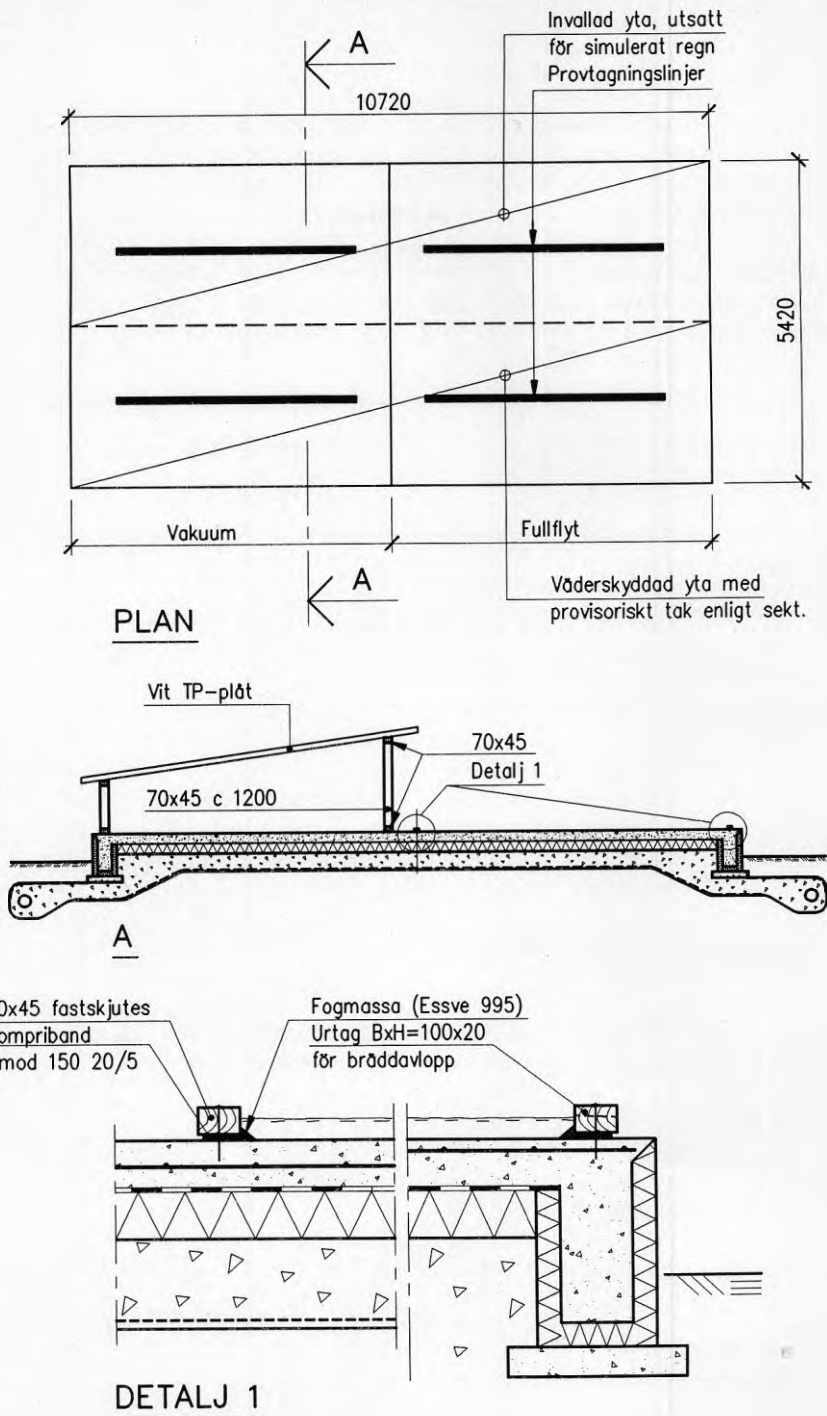
Ena halvan av golvet göts med flytbetong ("fullflyt" enligt entreprenörens standardmetod), medan andra halvan göts med K25-betong som vakuumbehandlades. Sammansättningen av respektive betong framgår av bilaga 1. Båda golvhalvorna göts med sloda och laser. K25-betongen stavvibrerades medan flytbetongen göts utan vibrering.



Figur 7.2 Fältobjektets golvuppgnads.

K25-betongen vakuumbehandlades under 27 minuter varvid 135 liter vatten sögs ut ur 2,5 m³ betong. Vatteninnehållet minskade alltså med 54 kg/m³ (26 %) vilket innebar en sänkning av vattencementtalet från vct = 0,76 till vct = 0,57. Direkt efter avslutad vakuumbehandling maskinglättades golvet.

Gjutningen av golvet ägde rum 1991-12-18. Samma dag försågs halva golvet med ett väderskydd så att både vakuimgolvet och flytbetonggolvet blev övertäckta, se figur 7.3.



Figur 7.3 Övertäckning respektive invallning av golvytan.

Den andra halvan av golvet som fick förbli under bar himmel vallades in och vattenbegöts dagen efter gjutning. Golvet lämnades därefter med tillsyn så att vattnet inte torkade bort. Efter tre veckor påfördes överbyggnaden och torkning med värme startade.

Veckan efter gjutning inträffade en köldperiod varvid vattnet i invallningen frös till is. Frysningens påverkan på golvytan framgår av figur 7.4. Efter torkstart har torkklimatet varierat med temperatur mellan +10 och +20 °C och relativ luftfuktighet 30 - 50% RF.

På grund av frostsador i golvytan, se figur 7.4, måste flytbetonghalvan försees med ett cirka 5 mm tjockt lager flytspackel.

Fyra veckor efter torkstart utfördes mattläggning med 1,5 mm PVC-matta Forshaga, jämför figur 5.4.

Fuktmätningarna startade direkt vid torkstart. Därefter mättes fukten efter två respektive fyra veckor. Direkt efter sistnämnda fuktmätning utfördes mattläggningen.

Därpå följande fuktmätningar gjordes en, tre och tolv månader efter mattläggning.

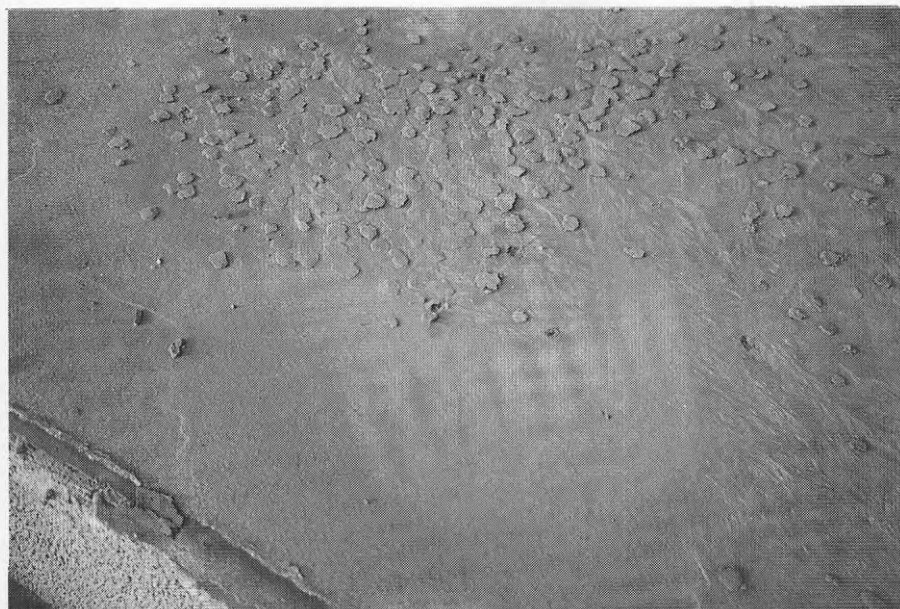
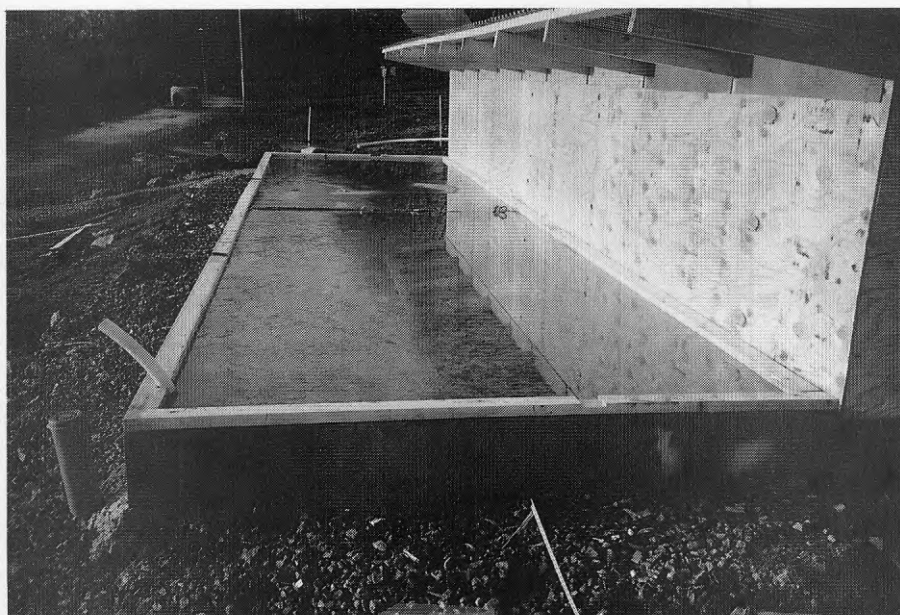
Fältstudien skiljer sig här på en viktig punkt från laboratorieundersökningarna genom att alla fuktmätningar efter mattläggning har skett under PVC-mattan. I delprojekt A och C simulerades mattläggning på en del av provkroppen medan resterande del fick fortsätta att torka ut (ensidigt) ytterligare en respektive tre månader.

I fältstudien har vi således kunnat följa hur fuktprofilen förändras efter mattläggning.

Parametrarna i fältstudien har varit betongen (Vakuum respektive Flytbetong) samt regnet (Torr respektive Våt) vilket leder till fyra kombinationer:

- FT Flytbetong Torr (regnskyddad)
- FV Flytbetong Våt (utsatt för tre veckors regn)
- VT Vakuumbehandlad betong Torr (regnskyddad)
- VV Vakuumbehandlad betong Våt (utsatt för tre veckors regn)

Fältundersökningen med alla mätdata redovisas utförligt av Nilsson, Aavik (17).



Figur 7.4 Effekten av frysning av fritt vatten på gobytan. Flytbetongytan har omfattande frysskador medan den vakuumbehandlade ytan är opåverkad.

Utvärdering

Den i fältstudien använda *K25-betongen hade god sugbarhet*. Den utsugna vattenmängden 54 kg/m^3 motsvarande 182 ml från en 15 cm kub ligger långt över gränsen 120 ml för god sugbarhet enligt SS 13 72 18 (TREVAC-testet).

Fuktprofiler för alla fyra golvarianterna (FT, FV, VT och VV) är sammanställda vid respektive mättillfälle i figur 7.5.

Vid torkstart skiljer sig inte fuktprofilerna nämnvärt åt i övre delen av betongplattan utom VT, som är klart torrare än de övriga.

I nedre delen av betongplattan är den vakuumbehandlade betongen 3 - 4 % RF torrare redan vid torkstart.

Efter två veckors torktid är VT i genomsnitt torrare än 90 % RF och alltså i princip *byggfuktfri* medan VV är cirka 2 % RF fuktigare. Detta överensstämmer väl med resultatet i delprojekt A.

Efter fyra veckors uttorkning är i genomsnitt både VT och VV torrare än 90 % RF medan flytbetongen FT och FV fortfarande ligger klart över 90 % RF i större delen av plattvärnsnittet.

Uttorkningen i flytbetongen går mycket långsamt. Den från och med mattläggning påbörjade fuktomfördelningen innebär att den svaga uttorkningen i flytbetongens överyta snabbt jämnas ut så att fuktprofilen ett år efter mattläggning i stort sett överensstämmer med fuktprofilen vid torkstart. En månads uttorkning före mattläggning var alltså för flytbetongen en alldeles för kort uttorkningstid för att kvarvarande självuttorkning skulle kunna ge effekt.

Beräknad torktid till RF <90% blir 7-10 veckor enligt Nilsson (13) med hänsyn till variationen 80 - 100 mm i plattjocklek och en medeltemperatur av cirka 15°C . Flytspacklingen av flytbetongytan kan antas ytterligare förlänga uttorkningen med cirka tre veckor, se Molin (8).

Den vakuumbehandlade betongen har en uttorkning fram till mattläggning som väl överensstämmer med resultaten från delprojekt A och C.

Efter mattläggning sker en utjämning av fukten som leder fram till en återuppfuktning av övre delen av plattvärnsnittet, se figur 7.6. Tre månader efter mattläggning nås max-värdet 90 % RF på mätdjupet 40 mm. Av fuktprofilen i figur 7.5 framgår att omfördelningen vid denna tidpunkt i stort sett är klar. Härefter sker en likartad självuttorkning i hela betongtvärnsnittet genom cementets fortsatta hydratisering. Fuktprofilerna parallellflyttas 8 - 12 % RF under tiden som förflyter mellan de två sista mättillfällena, cirka 9 månader.

Den stora skillnaden i självuttorkningseffekt mellan flytbetongen och den vakuumbehandlade betongen kan beräkningsmässigt förklaras, se bilaga 2 samt Nilsson, Aavik (17). Den avgörande orsaken är skillnaden i vatteninnehåll vid torkstart då flytbetongen har $v_{ct} = 0,80$ medan den vakuumbehandlade betongen har $v_{ct} = 0,57$.

Den tre veckor långa regnbelastningen mellan gjutning och torkstart märks inte alls i fuktprofilerna för flytbetongen, som oavsett regnet är mycket fuktig. För den vakuumbehandlade betongen ökar skillnaden mellan VT och VV från 2 % RF före mattläggning till cirka 6 % RF ett år senare. Den enkla förklaringen till detta fenomen är följande: Efterhand som uttorkningsförloppet fortskrider planar desorptionskurvan ut. En bestämd minskning av fukthalten (självuttorkningseffekten) har därför större inverkan på relativa fuktigheten i den torrare betongen VT än i den regnbelastade betongen VV.

Frostbeständigheten för den vakuumbehandlade betongen visade sig vara god. Isbildningen enligt figur 7.4 gav ingen synlig påverkan på den vakuumbehandlade golvytan medan flytbetongytan fick omfattande frostsador och måste senare spacklas.

Under fuktmättningsperioden har även följande noterats:

- mattlimmet biter mycket bättre på vakuumbetongen.
- vakuumbetongen är hård och svår att bila.
- flytbetongen är porös och lätt att bila upp för provtagning.
- underkant betongplatta har genom sin goda anliggning mot PE-folien en yta som är jämförbar med en högglanspolerad betongyta.
- den elastiska återfjädringen hos cellplasten är svagt märkbar i botten på provgruperna.

Slutsats

Delprojekt D, fältstudien, visar att samma positiva effekter beträffande byggfuktens uttorkning som tidigare noterats i laboratorieförsök även uppnås i fält.

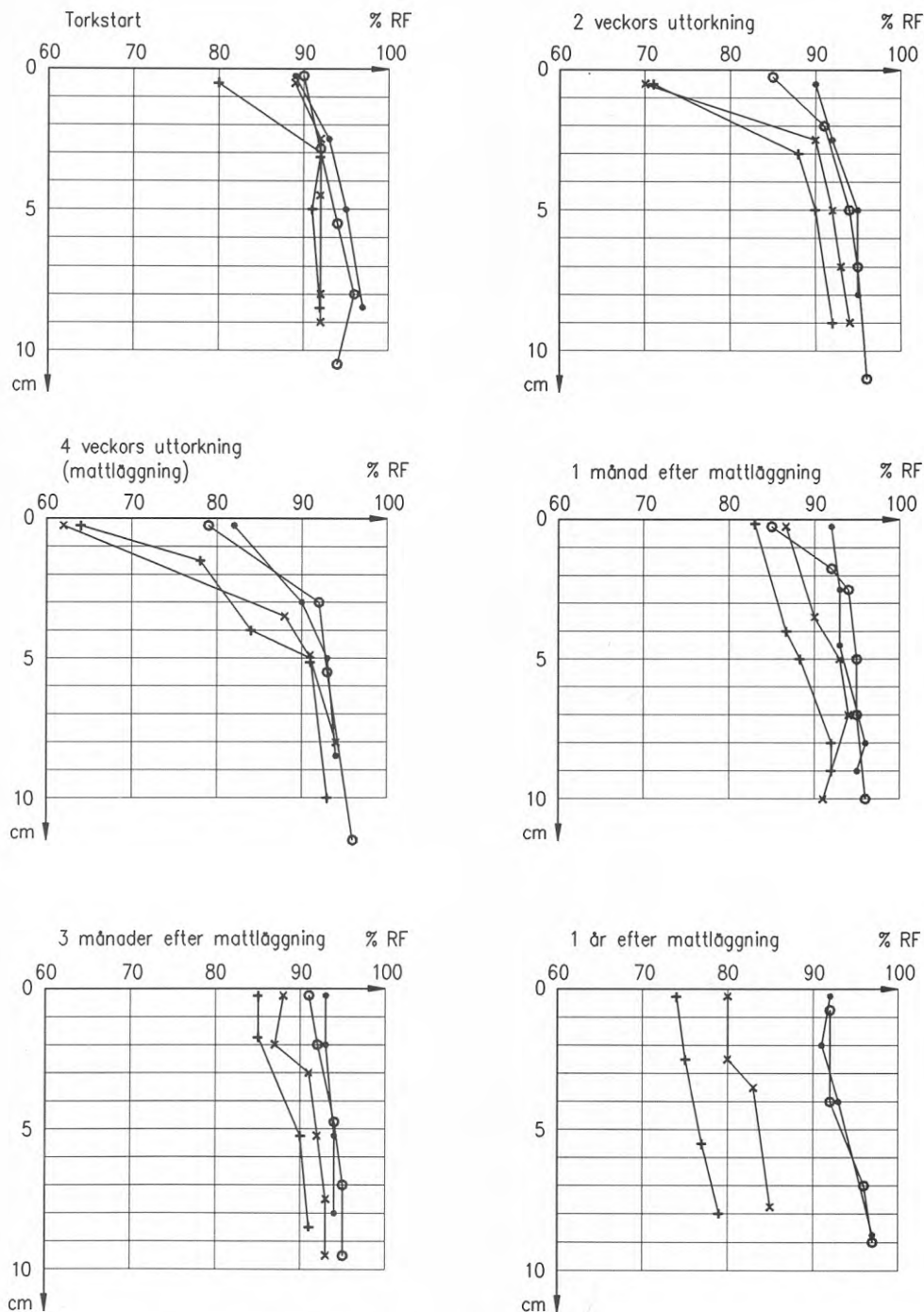
Det var inga svårigheter att från betongstation erhålla en K25-betong med god sugbarhet.

Förkortningen av torktiderna av vakuumbehandling i fält och laboratorium är likvärdig.

Den 80 - 100 mm tjocka betongplattan blir efter vakuumbehandling *byggfuktfri efter två till tre veckors uttorkning* medan flytbetongplattan inte hinner få någon nämnvärd uttorkning under de fyra veckorna före mattläggning.

Ju torrare betongen blir av vakuumbehandlingen desto tydligare märks effekten av en tidig regnbelastning. Regnbelastningen orsakar dock ingen skadlig uppfuktning av betongplattan.

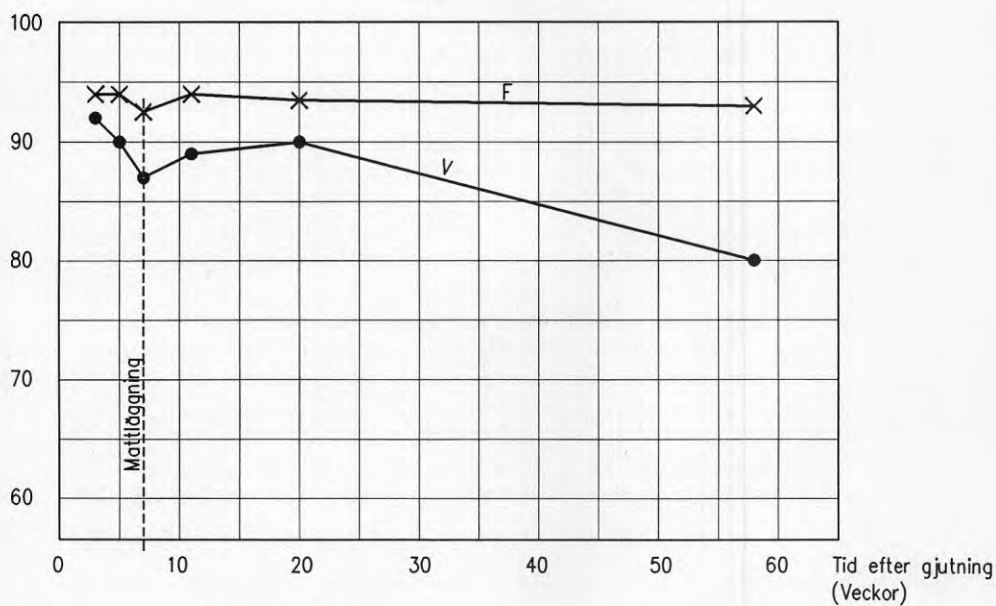
Vakuumbehandlingen ger en frostbeständig betongyta som inte påverkas av att på betongplattan stående vatten fryser till is.



Figur 7.5 Fuktprofiler vid respektive mätillfälle. (17)

- FT = Flytbetong Torr (regnskyddad)
- o FV = Flytbetong Våt (utsatt för tre veckors regn)
- + VT = Vakuumbehandlad betong Torr (regnskyddad)
- x V = Vakuumbehandlad betong Våt (utsatt för tre veckors regn)

RF(%) Måtdjup 40 mm.



Figur 7.6 Uttorkning av byggfukt i betongplatta på ångtät isolering.
Plattjocklek 80 - 100 mm. Måtdjup 40 mm (cirka 40 % av plattjockleken).

F
x-x K25 Flytbetong vct = 0,80

V
•-• K25 Vakuum vct = 0,57

8. Slutsatser av delprojekt A - D

I figur 8.1 är uttorkningskurvorna för *plattjocklekarna 80 - 100 mm* från delprojekten A, C och D sammanställda.

Alla *vakuumbehandlade betongplattor* är torrare än 90 % RF, det vill säga "byggfukt fria" efter 2 - 3 veckor.

För de *icke vakuumbehandlade referensplattorna* är motsvarande torktid 6 - 9 veckor vilket väl *överensstämmer med beräknad torktid enligt Nilsson (13)*.

Självtorkningseffekten för den vakuumbehandlade betongen är i stort sett konstant i de tre delprojekten och innebär *en sänkning av den relativa fuktigheten med 6 - 7 % RF* under första året efter mattläggning.

Av kurvan för delprojekt D framgår även vad som händer under mattan när fuktutjämningen i plattvärsnittet inledningsvis efter mattläggningen har större betydelse än den fortskridande självtorkningen. Under första halvåret efter mattläggning uppstår en fuktökning om maximalt 3 % RF på mätdjupet 40 % av plattjockleken.

Om man vill vara säker på att klara $RF \leq 90\%$ efter mattläggning bör man således undvika att lägga på mattan förrän *RF-nivån på mätdjupet sjunkit under 87 % RF*.

Självtorkningseffekten i referensbetongen varierar från att i delprojekt A vara lika stor som i den vakuumbehandlade betongen till att vara helt borta i delprojekt D. Av detta kan man dra slutsatsen att självtorkningseffekten inte endast har *mindre betydelse utan också är mera oberäknelig vid höga vattencementtal*.

Att även en dålig vakuumbehandling har god effekt på uttorkningen av byggfukt framgår av delprojekt C. Skillnaden mellan en bra och en dålig vakuumbehandling, ungefär motsvarande 3 - 4 % RF, är inte större än att betongplattan blir "byggfukt fri" även med en dålig vakuumbehandling.

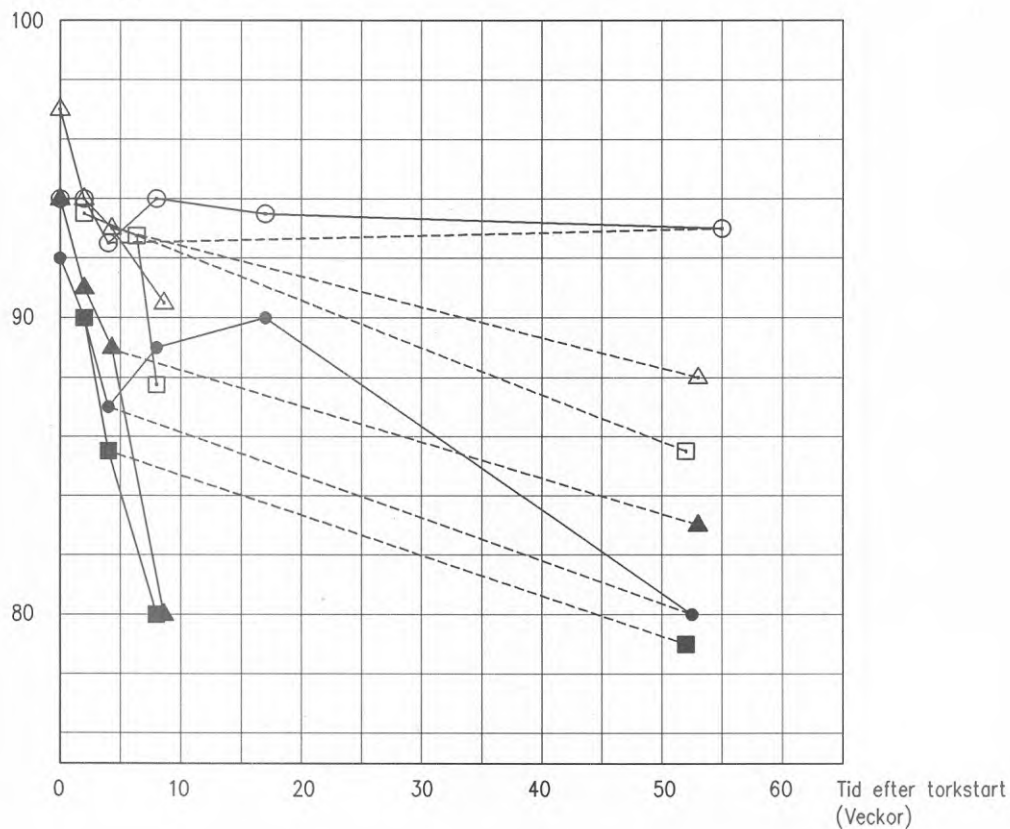
Sammanfattning

1. Vakuumbehandling av betong *minskar uttorkningstiden för byggfukt 2 - 3 ggr* jämfört med obehandlad betong.
2. Effekten av vakuumbehandling på uttorkningstiden minskar med ökande plattjocklek men är fortfarande tillräcklig vid plattjockleken 200 mm.

3. Tidig regnpåverkan liksom regn med lång varaktighet upp till tre veckor har begränsad effekt på den vakuumbehandlade betongen.
Den vakuumbehandlade betongen "tål" regn under byggtiden.
4. Självuttorkningseffekten i vakuumbehandlad betong medför en RF-sänkning av 6 - 7 % RF under det första året efter mattläggning.
5. Vakuumbehandlad betong får snabbt god frostbeständighet och skadas inte av att vatten på betongens överyta fryser till is redan en vecka efter gjutning.
6. Bästa skyddet mot markfukt i ångfas ges av *en heltäckande fuktspärr under betongplattan*. Fuktspärren placeras lämpligast mellan betongplattan och en underliggande, bärande värmeisolering av polystyrencellplast.

Ånggenomgångsmotståndet hos fuktspärren behöver inte vara större än golvbeläggningsens. Ett tillräckligt fuktskydd erhålls med en fuktspärr vars Z-värde är minst 2/3 av golvsmattans.

RF(%) Måtdjup 32-40 mm.



Figur 8.1

Uttorkning av byggfukt i betongplatta på ångtät isolering.
Plattjocklek 80 - 100 mm. Måtdjup 32 - 40 mm (40 % av plattjockleken).

■	K25	vakuum	vct = 0,59 (Delprojekt A)
▲	K25	"svag" vakuum	vct = 0,64 (Delprojekt C)
●	K25	vakuum	vct = 0,57 (Delprojekt D)
□	K25		vct = 0,75 (Delprojekt A)
△	K25		vct = 0,75 (Delprojekt C)
○	K25	"fullflyt"	vct = 0,80 (Delprojekt D)

9. Konstruktion och utförande

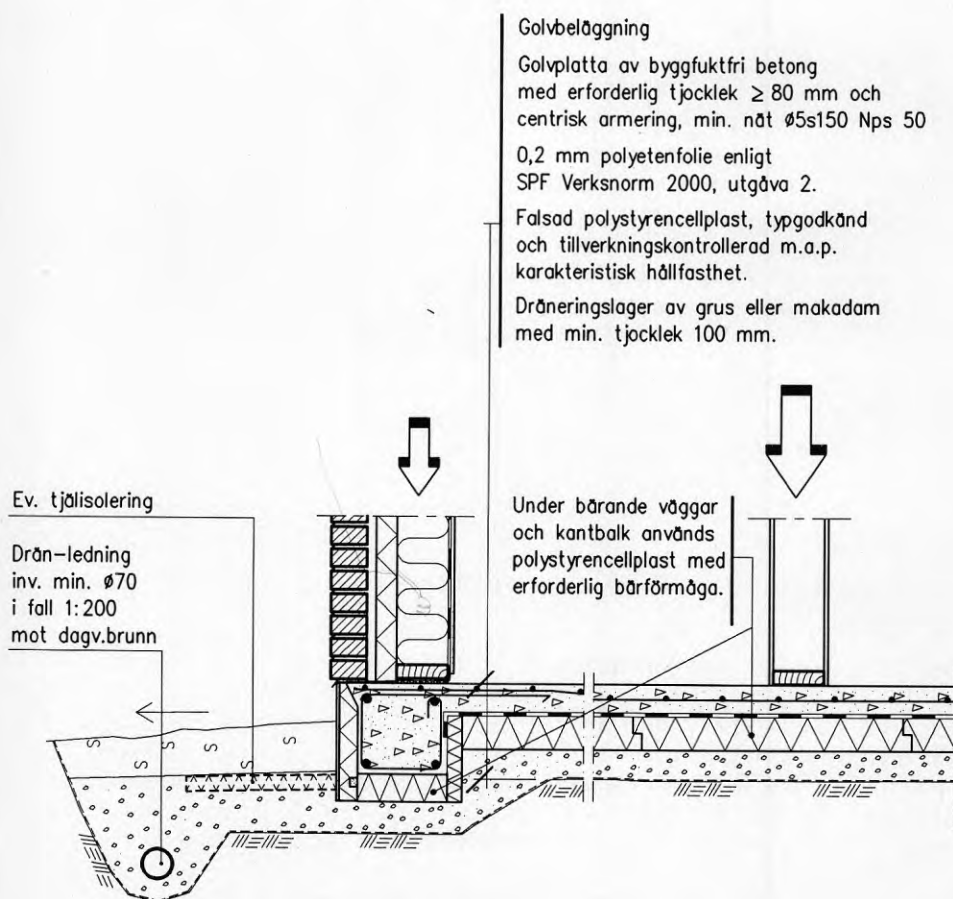
Principiell uppbyggnad

Platta på mark skall dimensioneras och utföras som en tunn och jämntjock betongplatta.

Vid plattkanten bör betongvolymen i kantbalken minimeras på lämpligt sätt. ?

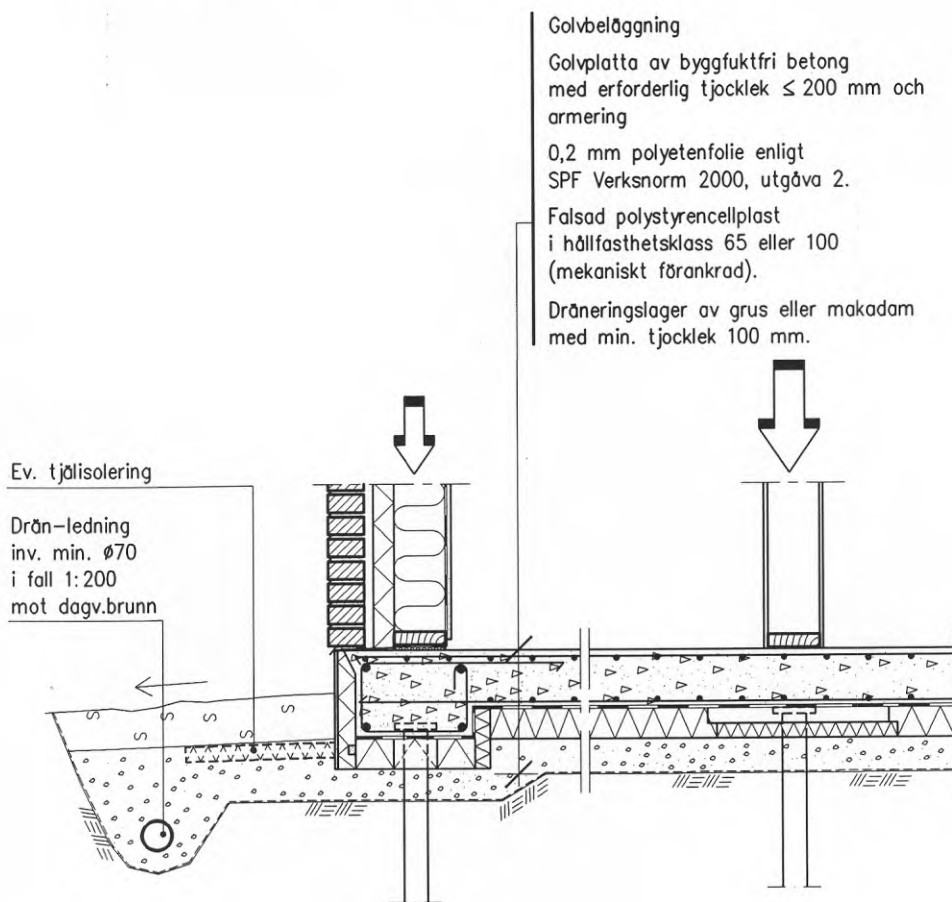
Hela *platta på mark*-konstruktionen skall vila på en diffusionstät, bärande cellplastisolering ovanpå ett väl-dränerat underlag.

Med hjälp av metodval (vakuumbehandling) eller materialval (snabbtorkande betong) minimeras uttorkningstiden för byggfukt så att uttorkningen med god marginal är avklarad före mattläggning.



Figur 9.1 Principfigur 90-talets golv

Vid fribärande, pålad grundläggning tillämpas samma principer som ovan. Plattjockleken bör om möjligt inte överstiga 200 mm och höjden på eventuella grundbalkar minimeras genom att undvika alltför stora spännvidder.



Figur 9.2 Principfigur 90-talets golv, alternativ pålad grundläggning

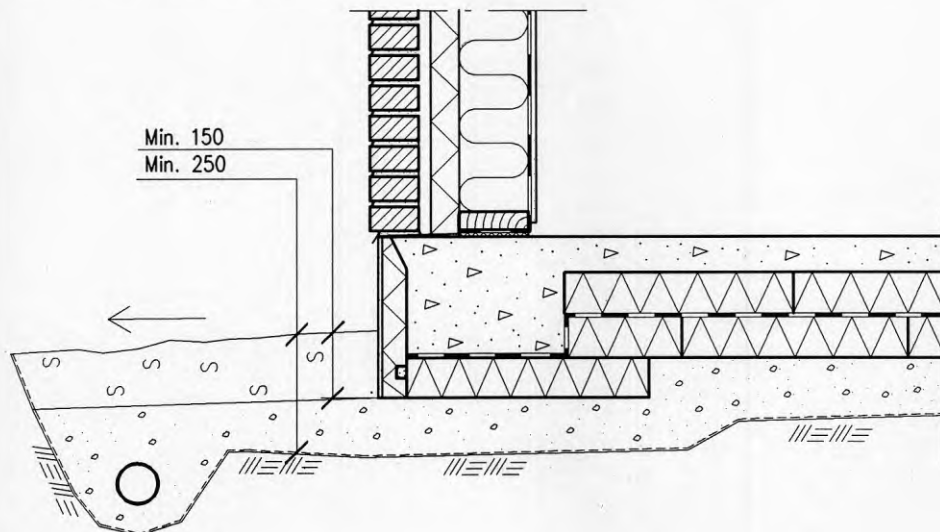
Grundläggningsdjup och tjälisolering

Jord- och krossmaterial indelas normalt i tre tjälfarlighetsgrupper, I, II och III. I är icke tjälfarligt material, II är måttligt tjälfarligt och III är mycket tjälfarligt. Till gruppen I hör alla grovkorniga friktionsjordar med sand som minsta fraktion. Gruppen II omfattar alla blandkorniga moräner samt lera och lermorän och gruppen III omfattar alla finjordar och finmoräner som silt, siltig lera och siltmorän.

En tjälfarlighetsbedömning av undergrunden bör alltid göras i samråd med geotekniskt sakkunnig.

Vid grundläggning på *icke tjälfarliga jordar* bestäms grundläggningsdjupet i första hand av önskemål om minsta återfyllnadshöjd över underkant kantbalksisolering.

Eftersom bärförmågan hos en friktionsjord till viss del är beroende av överlagringstrycket på grundläggningsnivån bör återfyllnadshöjden inte understiga 150 mm vilket ger ett minsta grundläggningsdjup av 250 mm till underkant dräneringslager, se figur 9.3.



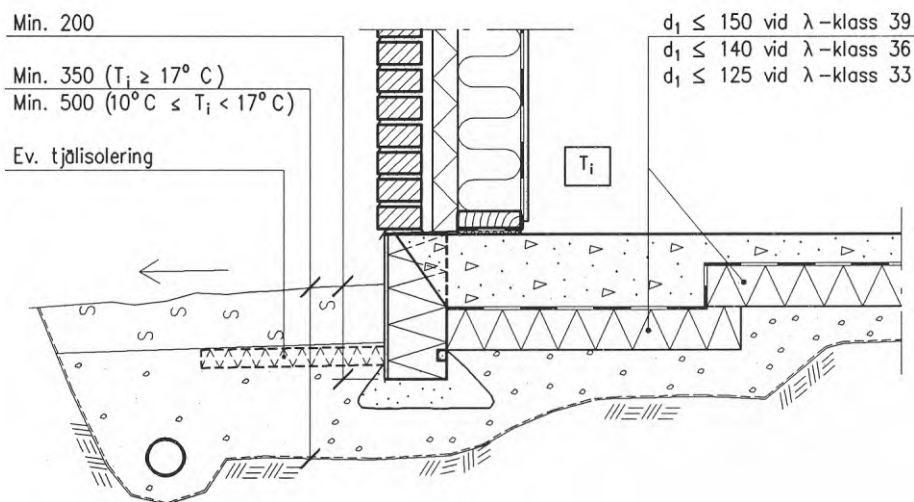
Figur 9.3 Grundläggningsdjup vid *icke tjälfarlig jord*

Vid grundläggning på *tjälfarlig (frostaktiv) jord* måste grundkonstruktionen nedföras till den lägst förekommande tjälfria nivå som kan förutsättas inträffa under byggnadens livslängd.

Tjälfri nivå eller tjälfritt grundläggningsdjup påverkas av och bestäms med hänsyn till klimatförhållandena, värmeförlust från marken och byggnaden samt egenskaper i olika jordarter. I tjälfritt grundläggningsdjup inräknas lager av dränerande material, se figur 9.4.

De klimatförhållanden som främst påverkar tjälnedträngningsdjupet är årsmedeltemperaturen, köldmängd i luften och snödjupet.

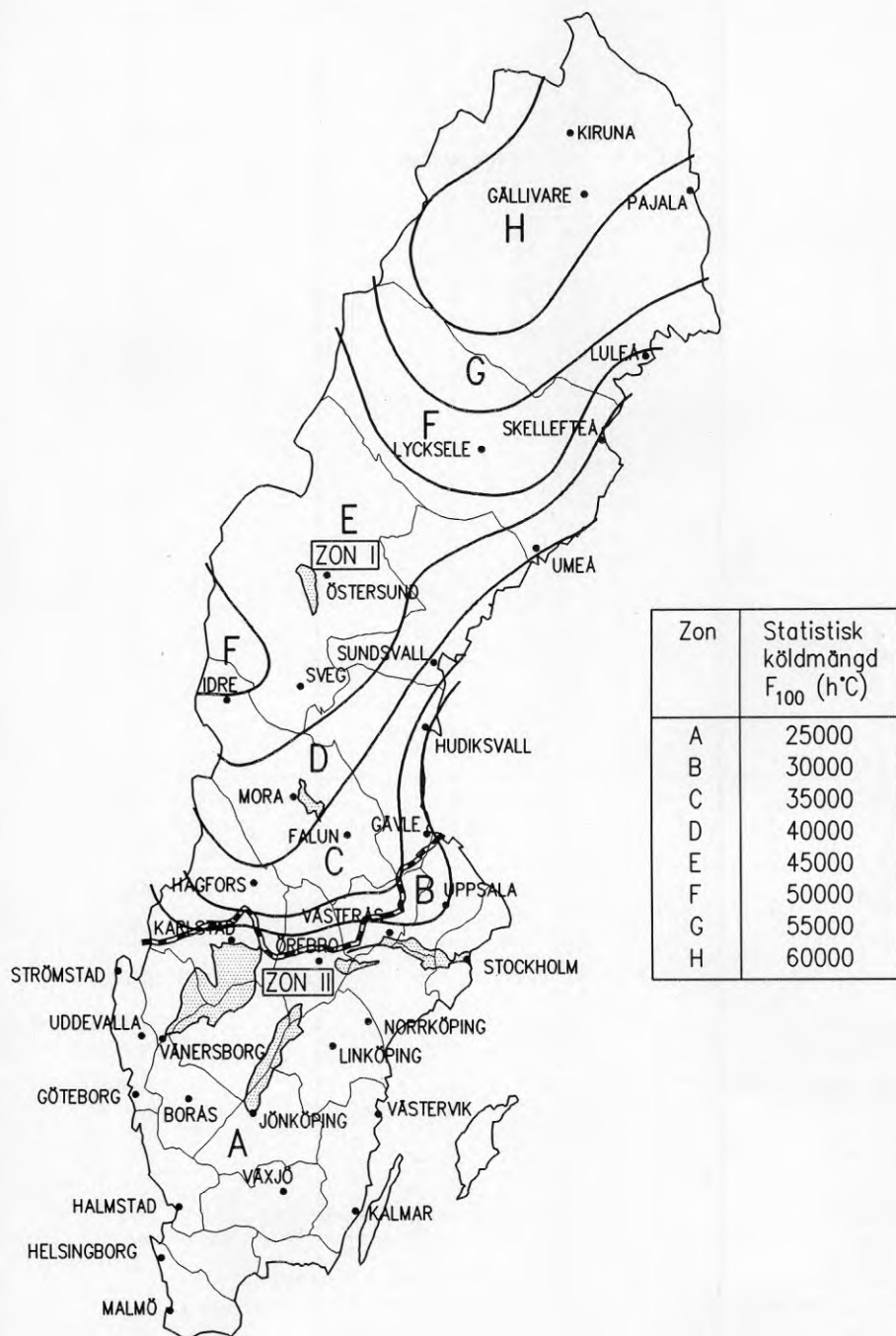
Temperaturer och köldmängder grundar sig på statistik från SMHI. Köldmängden har enheten timgrader ($h^{\circ}C$) och är definitionsmässigt tidsintegralen av den negativa lufttemperaturen under året. Dimensionerande köldmängd sätts normalt till F_{100} där index 100 anger att statistiskt inträffar dimensionerande värde en gång under en tidsperiod av 100 år. Köldmängden dimensionerar erforderlig tjälisolering och antar värden i olika zoner inom landet enligt figur 9.5



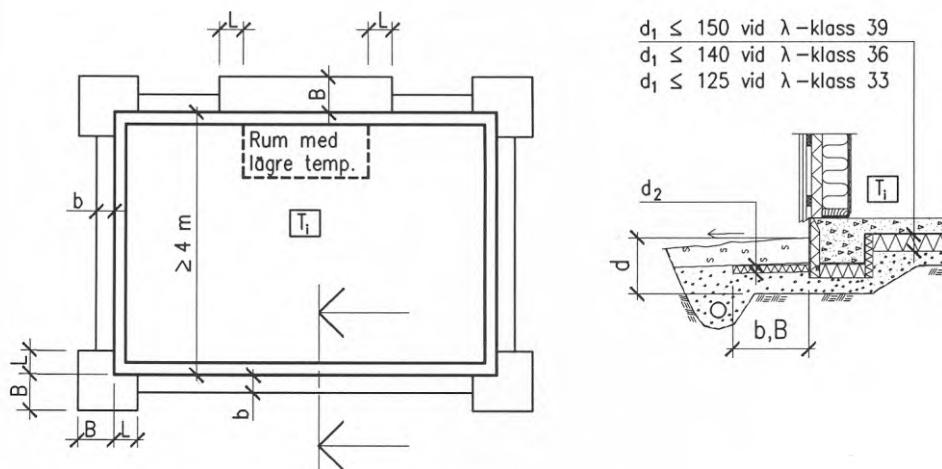
Figur 9.4 Grundläggningsdjup vid *tjälfarlig jord* enligt Boverkets rapport "Värmeisolering"

Vid stor köldmängd krävs en kompletterande utvändigt tjälisolering som kan dimensioneras enligt anvisningarna i figur 9.6 och tabell 9:I.

För mera nyanserad dimensionering hänvisas till lämplig anvisning, se Tjälisolering (11).



Figur 9.5 Zonindelning avseende statistisk köldmängd F₁₀₀.



Figur 9.6 Tjälsolering runt platta på mark.

Tjälsolering	Kölmängdszoner A - H enligt figur 9.5							
	A	B	C	D	E	F	G	H
B (m)	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	1,0	1,0
L (m)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0
b (m)	-	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75
λ_{kl} 36 ¹⁾								
d_2 (mm)	50	50	50	50	50	80	80	80
λ_{kl} 33 ²⁾								
d_2 (mm)	50	50	50	50	50	70	70	70
λ_{kl} 33 Super ³⁾								
d_2 (mm)	40	40	40	40	40	60	60	60

1) Korrektionsterm $\Delta\lambda_w = 0,013$ (W/m·K) (enligt Boverkets rapport *Värmeisolering*)

2) Korrektionsterm $\Delta\lambda_w = 0,013$ (W/m·K) (enligt Boverkets rapport *Värmeisolering*)

3) Korrektionsterm $\Delta\lambda_w = 0,006$ (W/m·K) (enligt särskilt typgodkännande)

Tabell 9.1: Tjocklek och utbredning av tjälsolering vid olika kölmängdszoner.

Bärförmåga

Lastöverföringen till undergrunden vid grundläggning med *platta på mark* sker som namnet antyder genom direktkontakt mellan betongplatta och cellplastisolerings respektive cellplastisolerings och dräneringslager/undergrund. Betongplattan antas samverka med den bärande cellplastisoleringen och marken enligt teorin för platta på fjädrande bädd.

En viktig förutsättning för samverkan är att undergrunden inklusive dräneringslagret är likformigt komprimerat och avjämnat över hela ytan. Även vid nivåövergångar intill kantbalkar etc måste packningen utföras omsorgsfullt.

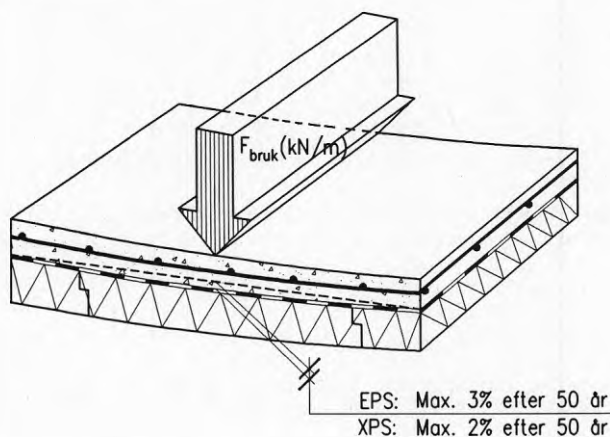
För invändiga laster bestäms bärförmågan av betongplattans momentkapacitet respektive den bärande cellplastisoleringens tryckhållfasthet och styvhet i kombination med undergrunden, se tabell 9:II.

För kantlaster är bestämningen av plattans bärförmåga även beroende av kantbalkens geometri och grundläggningsdjup samt jordens bärförmåga enligt allmänna bärlinjeekvationen. Beräkningen blir genast mer komplicerad och bör utföras med hjälp av lämpligt dataprogram se (9) och (10).

Bärförmågan beräknas med partialkoefficientmetod, se (3) och (10). Det är viktigt att den bärande isoleringen är tygodkänd och tillverkningskontrollerad med avseende på angivna karakteristiska tryckhållfasthetsvärden.

Dimensionerande bärförmåga i brottgränstillstånd beräknas för både korttidslast och långtidslast enligt (3) och (10).

För brukslast kontrolleras att totaldeformationen vid 50-års belastningstid inte överstiger de rekommenderade nivåerna 3% för EPS-cellplast respektive 2% för XPS-cellplast.



Figur 9.7 Rekommenderad maximal totaldeformation vid 50-års belastningstid för polystyrencellplast.

Om undergrunden är *sättningsbenägen* skall maximalt utnyttjade grundtryck bestämmas i samråd med geotekniskt sakkunnig med hänsyn till risk för oacceptabla sättningar.

Detta kan medföra lägre bärförmåga för invändiga laster än vad som anges i tabell 9:II:

Behovet av eventuell kompensationsgrundläggning och lastutbredning med hjälp av lättfyllnadsblock eller övergång till pålad grundläggning bedöms också i samråd med ansvarig geotekniker.

Betongplattans (K25 och Nps50) effektiva höjd d (mm)	Lerjord (torrskorpa) $E_{jd} = 10 \text{ MPa}$					Friktionsjord (fast lagrad) $E_{jd} = 20 \text{ MPa}$				
	Cellplastisoleringens hållfasthetsklass f_{kk} (kPa)					Cellplastisoleringens hållfasthetsklass f_{kk} (kPa)				
	100	150	200	300	400	100	150	200	300	400
Brottngränstillstånd korttid. Dimensionerande bärförmåga (kN/m)										
40	36	47	53	60	--	37	52	60	69	--
60	43	57	65	77	86	47	64	75	91	103
80	48	64	74	88	101	53	73	86	104	121
100	52	70	80	96	111	58	80	94	115	134
Brottngränstillstånd långtid. Dimensionerande bärförmåga (kN/m)										
40	23	35	50	60	--	22	33	46	67	--
60	30	47	63	77	86	28	44	62	88	103
80	35	57	71	87	101	34	53	75	99	121
100	41	65	77	94	111	38	60	86	108	131
Bruksgränstillstånd (långtid). Brukslast (kN/m) vid e_{50} är < 3%										
40	21	33	50	60	--	21	32	46	64	--
60	28	44	63	77	86	26	41	60	85	103
80	33	53	71	87	101	31	49	73	99	121
100	38	61	77	94	111	35	57	85	108	131

Tabell 9:II Dimensionerande bärförmåga för invändiga linjelaster. Säkerhetsklass 1.

Beräkningen är utförd med dataprogram NCGRUND för isolertjocklek 100 mm och med följande armeringsnät vid respektive hållfasthetsklass för cellplastisoleringen:

$f_{kk} = 100 \text{ kPa}$ - nät $\phi 5$ c 100

$f_{kk} = 150 \text{ kPa}$ - nät $\phi 6$ c 100

$f_{kk} = 200 \text{ kPa}$ - nät $\phi 8$ c 150

$f_{kk} = 300 \text{ kPa}$ - nät $\phi 9$ c 150

$f_{kk} = 400 \text{ kPa}$ - nät $\phi 10$ c 150

Dränering

Efter avplaning av schaktbotten, gärna med ett mindre fall (1:100) åt sidorna, utläggs ett dränerande lager av makadam 8-32 eller drängrus med minsta tjocklek 100 mm. Det dränerande lagret ansluts till en dräneringsledning med placering cirka 500 mm utanför grundsulan runt om blivande byggnad. Dräneringsledningens dimension anpassas till storleken på dränerad yta dock med en minsta invändig diameter av 70 mm och i fall 1:200 mot dagvattenbrunn. Högsta vattengång hos dräneringsledningen får inte ligga högre än underkanten på anslutande dräneringslager.

Dräneringsledningen kringfylls med makadam eller drängrus.

✗ Det är viktigt att dräneringslagret komprimeras och avjämnas noggrant över hela ytan.

Om marken består av erosionskänsligt jordmaterial (silt eller finsand) erfordras ett särskilt filterskikt under dräneringslagret. Detta utförs enklast med geotextil (så kallad fiberduk) i lägst bruksklass 2 enligt Vägverkets bruksklassificering.

✗ Även vid grundläggning på lera är det lämpligt med geotextil mellan mark och dräneringslager, se bilaga 3.

✗ Mellan dräneringsledningens kringfyllnad och marken bör det alltid finnas en geotextil utom vid grovkorniga jordar.

Ångtät värmeisolering

Direkt på det avjämnade och komprimerade dräneringslagret utläggs den bärande cellplastisoleringen, se bilaga 3.

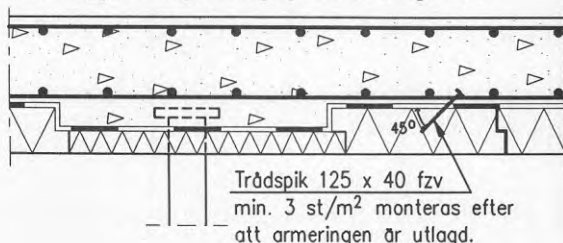
Ovanpå cellplastskivorna alternativt mellan skivorna vid isolering i två skikt utläggs ett lag av 0,2 mm PE-folie.

PE-folien skall uppfylla kraven enligt Sveriges Plastförbund, Verksnorm 2000/2001, utgåva 2 (19). Fuktspärren skall täcka hela golvytan och omlottskarvas med minst 300 mm överlappning.

✗ Eventuell trasig PE-folie överlappas med ny folie före gjutning.

✗ När krav på radonsäkert utförande föreligger bör PE-folien ersättas av starkare och tätare material typ gummiduk (1,0 mm EPDM) alternativt folieförstärkt asfaltmatta (YAP 3500).

Vid pålad grundläggning måste cellplastisoleringen förankras mekaniskt genom PE-folien till betongplattan på lämpligt sätt, se figur 9.8.



Figur 9.8

Mekanisk förankring av cellplastisoleringen vid pålad platta.

Byggfuktfri betong

Genom metod- eller materialval skall uttorkningstiden för byggfukt göras så kort att uttorkningen med god marginal är avklarad före mattläggning. *Betongen skall vara "byggfuktfri"*.

Med *vakuumbehandling* erhålls en *förkortning av uttorkningstiden 2-3 ggr* jämfört med obehandlad betong.

Lämplig betong för vakuumbehandling är en normal K25 eller K30 med låg halt av finmaterial. Betongens sugbarhet skall alltid kontrolleras med TREVAC-test enligt SS 13 72 18 före leverans från betongstationen.

Tiden för själva vakuumbehandlingen skall minst vara 1½ minut per centimeter plattjocklek. Dock bör behandlingen pågå så länge som vatten sugts ut från den färska betongmassan.

Den utsugna vattenmängden skall ligga inom intervallet 15-25% av den ursprungliga vattenmängden (blandningsvattnet).

Mängden utsuget vatten bör dokumenteras.

Ett alternativ till vakuumbehandling är att välja en så kallad *snabbtorkande (och självtorkande) betongkvalitet (STB)*.

Vid beställning av snabbtorkande betong bör man precisera krav på relativ fuktighet (RF) och maximal torktid för att komma under kritisk RF i den aktuella konstruktionen. Det är betongleverantörens ansvar att levererad betong uppfyller kravet på torktid.

Särskild uppmärksamhet måste riktas mot risken för tidiga sprickor i den snabbtorkande betongen. För att motverka uppkomsten av plastiska krymp-sprickor i den färska betongmassan måste betongytan täckas med plast snarast efter utläggning och avjämning. Plasten får ligga kvar tills det är dags för maskinglättning av ytan.

De plastiska krympsprickorna går inte att förhindra med ett ökat armeringsinnehåll.

Man bör också vara medveten om det snabba krympförloppet. Självttorkningen sker under de första veckorna och ger då en uttorkningskrympning.

Observera även risken för oönskade emissioner från betongen vid stort innehåll av olämpliga flyttillsatser etc.

På arbetsplatsen bör man alltid vidta alla rimliga åtgärder för att minimera byggfuktinnehållet antingen man väljer vakuumbehandling eller snabbtorkande betong.

Rimliga åtgärder för att ytterligare minska byggfukten är exempelvis följande:

- aldrig påbörja en gjutning förrän eventuella vattensamlingar inom gjutområdet är upptorkade/bortsugna.

- undvika övertjocklek vid gjutning.
- undvika gjutning vid ihållande regnväder om man inte kan gjuta under väderskydd.
- välja membranhärdning istället för vattenhärdning (membranhärdningsvätska eller vävarmerad plastfolie).
- på lämpligt sätt skydda det nygjutna golvet mot regn (utförs enklast genom täckning med vävarmerad plastfolie, som får ligga kvar tills överbyggnaden är på).
- undvika pågjutning och golvspackling utan istället göra direktslipade golv.
- när överbyggnaden är på plats, tidigast möjliga torkstart med värme/vädring alternativt värme/avfuktning.

Fuktmätning

Före montage av fuktkänsliga golvvytskikt eller målning av golvytan *skall den relativa fuktigheten (RF) mätas i betongen.*

Mätningen bör alltid tillgå så att man vid upprepade mättillfällen kan *verifiera en avtagande RF i varje mätpunkt.* Minst tre mätningar per punkt bör utföras.

Den relativa fuktigheten mäts antingen med hjälp av fasta givare (PW-metoden) eller med mätsond typ Vaisala i borrarade hål.

Oavsett mätmetod bör man alltid *vänta en vecka efter att man borrar, rengjort och tillslutit mätstålen* innan man gör några avläsningar. Betongen är trög och man får räkna med att det tar tid innan effekten av uppvärmningen på grund av borrhiningen har utjämnats.

Vid mätning med sond får avläsning göras *tidigast en timma efter montering av sonden.* Troligtvis hamnar avläst relativ fuktnivå ändå *några procent för lågt.*

Antingen man mäter med fasta givare eller portabel mätsond måste alltid dessa kalibreras före mätning.

Mätdjupet i golv på mark skall vara 40-50% av *den verkliga plattjockleken.*

Gränsvärdet för relativ fuktighet väljs i intervallet 85-90% RF med hänsyn till typ av golvvytskikt.

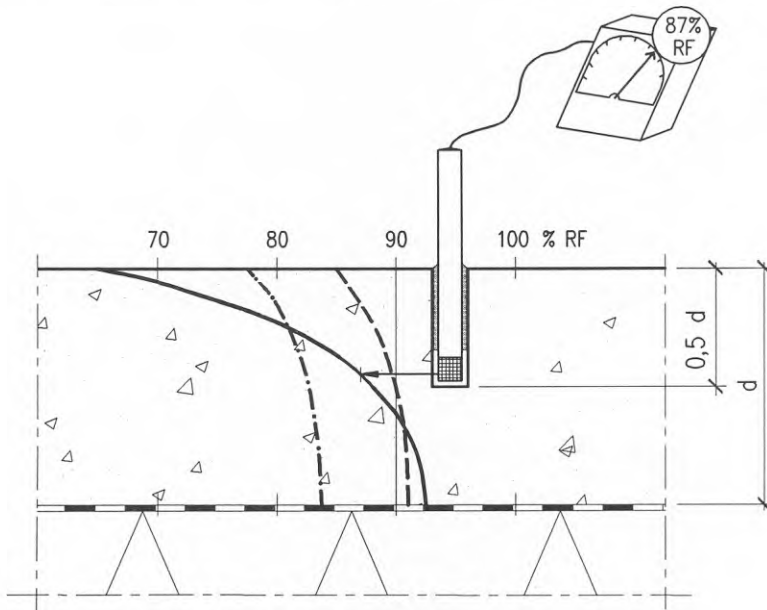
Obs: Gränsvärdet skall fastställas vid projekteringen och klart framgå i bygghandlingarna.

Enbart hänvisning till Hus AMA:s tabell Q/2 räcker normalt inte, jämför bilaga 3.

Efter mattläggning sker en omfördelning av kvarvarande fukt i betongplattan innebärande att övre hälften av plattan utsätts för en uppfuktning och en RF-höjning, se figur 7.5 och 9.9. Denna uppfuktning får dock inte bli så stor att gränsvärdet för RF överskrids vid överytan.

✕ Fuktmätning i betong är mycket svårt att genomföra med tillräcklig tillförlitlighet och bör därför alltid utföras av kvalificerad och erfaren personal.

Fuktmätningen skall dokumenteras av entreprenören och ingå i dennes kvalitetsplan.



Figur 9.9 Principiellt uttorkningsförlopp i vakuumbehandlad betong vid ensidig uttorkning. Fuktmätning skall ske på ett djup av 40-50% av verklig plattjocklek d . Relativa fuktnivån på mätdjupet bör understiga 90% RF med någon procent vid mattläggning.

- | | |
|-----------|---|
| — | Fuktprofil vid mattläggning |
| - - - | Fuktprofil någon månad efter mattläggning |
| - · - · - | Fuktprofil ett år efter mattläggning |

Värmeisolering

Cellplastskivor för värmeisolering under *platta på mark* tillverkas i λ -klasserna 30 till 39. Vanligast är λ -klass 33 och 36.

Lämplig tjocklek på isoleringen bestäms utifrån en beräkning av byggnadens genomsnittliga värmegenomgångskoefficient U_m .

Normalt bör man välja en tjocklek som för golvet ger $U_i < 0,180$ ($W/m^2 \cdot K$) i bostäder respektive $U_i < 0,240$ ($W/m^2 \cdot K$) i lokaler.

Det är ofta lämpligt att använda samma isolertjocklek under hela golvet, se tabell 9:III.

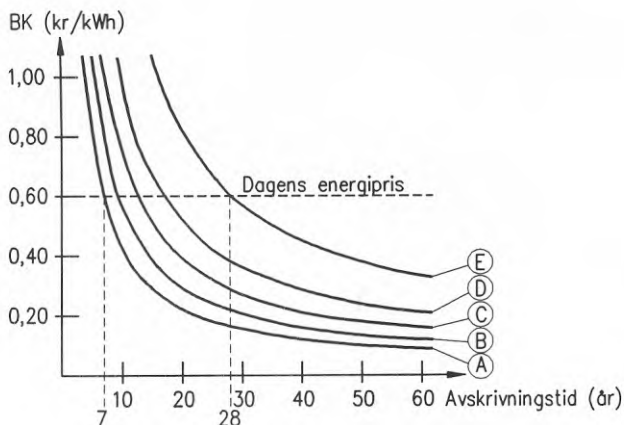
λ-klass	Jordart	U_i (W/m ² · K)						
		I konstruktionsdelen ingår $R_{\text{str}} = 0,35$ (m ² · K/W), inkl. $R_{\text{gl}} + R_{\text{se}} = 0,17$						
		Tjocklek (mm)						
		70	80	90	100	120	150	200
36	Lera, drän.sand o. grus	0,183	0,172	0,163	0,155	0,141	0,125	0,106
	Silt, icke drän.sand o. grus, morän	0,213	0,199	0,187	0,176	0,159	--	--
	Sprängsten	0,227	0,211	0,197	0,186	0,166	0,144	0,119
	Berg	0,242	0,225	0,209	0,196	0,174	0,150	0,123
33	Lera, drän.sand o. grus	0,176	0,165	0,156	0,148	0,135	0,119	0,101
	Silt, icke drän.sand o. grus, morän	0,204	0,190	0,178	0,168	0,151	--	--
	Sprängsten	0,216	0,201	0,188	0,176	0,157	0,136	0,112
	Berg	0,231	0,213	0,198	0,186	0,165	0,142	0,116

Tabell 9:III Värmeledningkoefficientens medelvärde för olika jordarter och isolertjocklekar. Beräkningarna är utförda med dataprogram NCVARM enligt BBR94 9:21 för byggnad med planmått 8x12 m² och med hänsyn till jordens värmelagring. Innetemperatur + 20° C.

Den ekonomiska isoleringstjockleken är i de flesta fall större än vad normkravet anger. En ökad tjocklek av isoleringen under *platta på mark* medför normalt inga andra kostnadskonsekvenser än den ökade materialkostnaden.

Man beräknar den marginella besparingskostnaden, som är den ökning av investeringskostnaden som erfordras för att spara en kilowattimme (kWh), och jämför den med dagens energipris. Så länge den marginella besparingskostnaden är lägre än energipriset är åtgärden lönsam.

Av figur 9.10 framgår besparingskostnaden för ett antal stegvisa ökning av isoleringstjockleken med hänsyn till avskrivningstidens längd. Med en avskrivningstid av 28 år är det lönsamt att välja tjockleken 200 mm under hela golvet.



Figur 9.10 Den marginella besparingskostnaden BK (kr/kWh) vid olika avskrivningstid och för succesivt ökande tjocklek av isoleringen under *platta på mark* jämfört med dagens energipris. Beräkningen är utförd enligt besparingskostnadsmetoden med hjälp av dataprogrammet NCVARM och gäller Göteborg och grundläggning på lera. Framtida energiprisökning har uppskattats till 3% per år. Önskad realränta 4%.

- A: tjockleksökning 70-80 mm
- B: tjockleksökning 80-100 mm
- C: tjockleksökning 100-120 mm
- D: tjockleksökning 120-150 mm
- E: tjockleksökning 150-200 mm

I utrymmen där man vill undvika den hårda och kalla betonggolvs känslan kan isoleringen även delas upp med en tunnare cellplastskiva (20-30 mm) ovanpå betongplattan och en tjockare inunder.

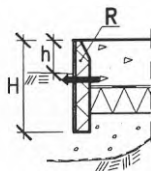
Betongplattan förses med en vertikal kantisolering (kantelement) som hindrar värmeläckage genom plattkanten.

Vid grundläggning på *icke tjälfarlig jord* bestäms tjockleken hos kantisoleringen utifrån önskemål om komfort och energihushållning.

Ju tjockare kantisolering desto högre yttemperatur på golvet nära yttervägg respektive desto mindre värmeförlust.

Rekommenderade minimitjocklekar enligt tabell 9:IV.

Kantbalkshöjd (mm)	Tjocklek (mm)
$H \leq 500$	60
$H \leq 600$	80



Tabell 9:IV Rekommenderad min.tjocklek för kantisolering (λ -klass 36) vid *icke tjälfarlig jord*.

Vid grundläggning på *tjälfarlig jord* anges i Boverkets rapport *Värmeisolering* krav på lägsta värmemotstånd hos kantisoleringen med hänsyn till sockelhöjd och geografisk zon, se tabell 9:V.

Kantisoleringen neddrages min. 200 mm under mark dock alltid till kantbalkens undersida.

Sockelhöjd över mark (mm)	Temperaturzon I		Temperaturzon II	
	Tjockl.(mm)	R (m ² · K/W)	Tjockl.(mm)	R (m ² · K/W)
h ≤ 300	80	≥2,0	60	≥1,5
h > 300	130	≥3,0	100	≥2,5

Tabell 9:V. Tjocklek och värmemotstånd R för kantisolering (λ-klass 36) vid *tjälfarlig jord*.

10. Referenser

1. Bergström, G. Deformationstillväxt hos belastad markisolering. SP-Rapport 1990:17, Statens Provningsanstalt, 1990.
2. Betonghandbok. Material. Svensk Byggtjänst och Cementa AB, 1980.
3. Carlsson, Hammarstedt. Partialkoefficient och karakteristisk hållfasthet för EPS-cellplast. Förutsättningar och krav vid tillämpning av partialkoefficientmetoden. Sveriges Plastförbund, SPF. Göteborg april 1990.
4. Clavensjö, Åkerblom. Radonboken. Åtgärder mot radon. Byggforskningsrådet, Stockholm 1992.
5. Harderup, L-E. Fuktsäkerhet i byggnader, Golv på mark. Byggforskningsrådet T17:1993
6. Hus AMA 83. Svensk Byggtjänst, 1983.
7. Krakenberger, G. Byggvägledning 7. Fukt. Svensk Byggtjänst, 1991.
8. Molin, C. Uttorkning av betongbjälklag med vakuumbehandling. BFR-rapport R3:1992.
9. Neste Cellplast - Byggisolering. Platta på mark med isolering av cellplast. B5-01. 1990-12.
10. Neste Cellplast - Byggisolering. Bärande konstruktioner med EPS. Dimensionering med partialkoefficientmetod enligt NR. B15-01. 1990-12.
11. Neste Cellplast. Tjälisolering B4-01-02. 1993-02.
12. Nevander, Elmarsson. Fukthandbok. Teori, Dimensionering, Konstruktion. Svensk Byggtjänst, 1981.
13. Nilsson, L-O. Fuktproblem vid betonggol. Avd. för byggnadsmaterial, Tekniska Högskolan i Lund. Rapport TVBM-3002. Lund 1977.
14. Nilsson, L-O. Att undvika fuktproblem i betonggol - en introduktion och repetition. AMA-Nytt. Mark-Hus 2/90, sid 18 - 22, 1990.
15. Nilson, L-O. Grundläggande fuktdimensionering av betonggol på mark - Fuktskyddet mot markfukt i ångfas. AMA-Nytt Mark-Hus 1/91, sid 34 - 38, 1991.

16. Nilsson, Aavik. Vakuumbehandlat betonggolv på mark med underliggande värmeisolering av cellplast. Neste-Cellplastprojektet "90-talets golv". Del A: Uttorkning av byggfukt. Del B: Skydd mot markfukt. Rapport P-91:8. Byggnadsmaterial, Chalmers Tekniska Högskola. Juni 1991.
17. Nilsson, Aavik. Vakuumbehandlat betonggolv på mark med underliggande värmeisolering av cellplast. Neste-Cellplastprojektet "90-talets golv". Del C: Uttorkning av byggfukt. Verifiering i laboratorium. Del D: Uttorkning av byggfukt. Fältstudie. Rapport P-93:13. Chalmers Tekniska Högskola. December 1993.
18. Samuelsson, I. Mögel i hus. Orsaker och åtgärder. Teknisk rapport 1985:16, Statens Provningsanstalt, 1985.
19. Sveriges Plastförbund, SPF Verksnorm 2000/2001, utgåva 2. Stockholm 1992-05-11.
20. Tremix System Handbok. Golv på mark. Tremix AB, Stockholm 1987.
21. Wredenfors, W. Det källarlösa husets teknik. Byggmästaren B10, sid 207 - 218. 1955.

BILAGA 1: Betongrecept

Delprojekt A och C

Betong K25 T:	Cement	STD P	260 kg/m ³
	Sand	0 - 1	150 kg/m ³
	Grus	0 - 8	880 kg/m ³
	Singel	8 - 16	830 kg/m ³
	Vatten		195 kg/m ³
			2.315 kg/m ³

Betongen till delprojekt A levererades av Västerås Betong AB
 Betongen till delprojekt C levererades av AB Betongindustri, Stockholm

Delprojekt D

Betong K25 för vakuumbehandling:	Cement	STD P	275 kg/m ³
	Finsand	0 - 8	1049 kg/m ³
	Sten	8 - 16	827 kg/m ³
	Vatten		210 kg/m ³
			2.361 kg/m ³

Betong K25 "fullflyt":	Cement	STD P	255 kg/m ³
	Grus	0 - 8	1108 kg/m ³
	Sten	8 - 16	780 kg/m ³
	Vatten		204 kg/m ³
			2.347 kg/m ³

Flytmedel 1,4% Peramin F

Betongen levererades av ESS-Betong, Gråbo

BILAGA 2: Beräkning av självuttorkning

Delprojekt D. Fältstudie, Stenkullen

Vakuumbetong

$$\left. \begin{array}{l} C = 275 \text{ kg/m}^3 \\ W_o = 210 \text{ kg/m}^3 \text{ före vakuum} \end{array} \right\} \rightarrow \text{vct} = 0,76 \text{ före vakuum}$$

$$W_o - \Delta W_o = 210 - 54 = 156 \text{ kg/m}^3 \text{ efter vakuum} \rightarrow \text{vct} = 0,57 \text{ efter vakuum}$$

Antag hydratationsgraden $\alpha = 0,8$ vid mattläggning

$$W_n = 0,25 \cdot 0,8 \cdot 275 = 55 \text{ kg/m}^3 \text{ (kemiskt bundet vatten)}$$

$$RF_{\text{medel}} = 90\% \text{ } ^1) \rightarrow W_e = 0,31 \cdot 275 = 85 \text{ kg/m}^3 \text{ } ^2) \text{ (fysiskt bundet vatten)}$$

Alltså har $156 - 55 - 85 = 16 \text{ kg/m}^3$ torkat bort under första månaden.

Antag hydratationsgraden $\alpha = 0,95$ ett år efter mattläggning.

$$W_n = 0,25 \cdot 0,95 \cdot 275 = 65 \text{ kg/m}^3$$

$$W_e = 85 - 10 = 75 \text{ kg/m}^3 \rightarrow W/C = 75/275 = 0,27$$

$$\left. \begin{array}{l} W/C = 0,27 \\ \text{vct} = 0,57 \end{array} \right\} \rightarrow RF = 82\% \text{ } ^2) \text{ (RF}_{\text{verkl.}} = 80\%)$$

"Fullflytbetong"

$$\left. \begin{array}{l} C = 255 \text{ kg/m}^3 \\ W_o = 204 \text{ kg/m}^3 \end{array} \right\} \rightarrow \text{vct} = 0,80$$

Antag hydratationsgraden $\alpha = 0,8$ vid mattläggning.

$$W_n = 0,25 \cdot 0,8 \cdot 255 = 51 \text{ kg/m}^3$$

$$RF_{\text{medel}} = 93,5\% \text{ } ^3) \rightarrow W_e = 0,47 \cdot 255 = 120 \text{ kg/m}^3 \text{ } ^2)$$

Alltså har $204 - 51 - 120 = 33 \text{ kg/m}^3$ torkat bort under första månaden.

Antag hydratationsgraden $\alpha = 0,95$ ett år efter mattläggning

$$W_n = 0,25 \cdot 0,95 \cdot 255 = 61 \text{ kg/m}^3$$

$$W_e = 120 - 10 = 110 \text{ kg/m}^3 \rightarrow W/C = 110/255 = 0,43$$

$$\left. \begin{array}{l} W/C = 0,43 \\ v_{ct} = 0,80 \end{array} \right\} \Rightarrow RF = 92\% \quad ^2) (RF_{verkl} = 93\%)$$

- 1) När fuktprofilen utjämnats efter mattläggning blir i genomsnitt relativa fuktigheten 90% RF, se figur 7.6.
- 2) Desorptionskurvor enligt Betonghandboken 8:6.2.2 figur 5, Nilsson (13).
- 3) När fuktprofilen utjämnats efter mattläggning blir i genomsnitt relativa fuktigheten 93,5% RF, se figur 7.6.

BILAGA 3: Arbetsanvisning

Platta på mark med underliggande isolering av Grundisol

1. Dränerande material skall utföras med singel eller makadam 8-32 mm. Högst 5% av materialet får vara mindre än 2 mm. Materialet behöver inte vara tvättat. Materialsiktet skall vara minst 100 mm tjockt.

Om marken består av erosionskänsligt jordmaterial, t ex silt eller finsand, erfordras ett särskilt filterskikt under dräneringslagret. Filterskiktet utförs lättast med geotextil, eller så kallad fiberduk. Geotextil skall vara av lägst bruksklass 2, enligt Vägverkets bruksklassificering.

Även vid grundläggning på lera är det mycket lämpligt att lägga ut ett skikt geotextil som ett separationskikt under dräneringslagret.

Dräneringmaterialet komprimeras och avjämnas enligt C1.12, Mark-AMA 83. *Avjämnningen utförs med så stor noggrannhet att isolerskivorna inte knäcks vid belastning.*

2. Lägg **Grundisolskivorna** med falsarna väl ihopskjutna så att betonggenomslag förhindras. Vid läggning i två skikt skall skarvarna förskjutas minst 100 mm om ofalsade skivor används.

Vid stark vind kan skivorna behöva fixeras så att de inte rubbas ur läge.

3. Förstärkt diffusionsskydd mot markfukt utförs med polyetenfolie som läggs direkt ovanpå **Grundisolskivorna**. Folien skall vara alkaliebeständig och minst 0,2 mm tjock.

Vid läggning av **Grundisolskivorna** i två skikt, bör polyetenfolien placeras mellan skikten. Plastfolien påverkar inte möjligheten att vakuumsuga betongplattan.

4. Om inte annan armering är föreskriven, skall alltid sprickarmering motsvarande nät $\phi 5$ s 150 Nps 50 (N5150) läggas in i betongplattan. Använd distansklossar vid gjutningen.
Armeringen bör alltid läggas utan dröjsmål för att fixera Grundisolskivorna.

5. Om tunga transporter temporärt skall köras över **Grundisolskivorna** bör dessa skyddas med exempelvis lastfördelande plywoodskivor, landgångar eller dylikt.

6. *Utför ingen golvbeläggning innan byggfukten har torkat ut! Målning eller beläggning med fukt känsliga golvmaterial får inte utföras förrän betongens relativa fuktighet (RF) underskrider de värden som anges i tabell Q/2, Hus AMA 83 då fuktisolering inte är nödvändig (första kolumnen).*

Relativa fuktigheten (RF) skall mätas genom uttagning av prov i betonggolvet eller i borrhål, enligt anvisningarna i Hus AMA 83. Enbart fuktmätning på golvytan är inte tillåtet.

Neste Cellplast AB

R25:1994
ISBN 91-540-5658-6
Bygghälsö, Stockholm

Art.nr: 6814025
Abonnementsgrupp:
Z. Konstruktioner och material

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris: 87 kr inkl moms