



Svensk Djupstabilisering
Swedish Deep Stabilization Research Centre

**Arbetsrapport 14
1999-12**

Stabilisering av torv i laboratoriemiljö – Utveckling av referensmetod

Fredrik Larsson
Stefan Mårtensson

Svensk Djupstabilisering

Svensk Djupstabilisering (SD) är ett centrum för forskning och utveckling inom djupstabilisering med kalk-cementpelare. Verksamheten syftar till att initiera och bedriva en branschsamordnad forsknings- och utvecklingsverksamhet, som ger säkerhetsmässiga, funktionsmässiga och ekonomiska vinster som tillgodo-sar svenska intressen hos samhället och industrin. Verksamheten baseras på en FoU-plan för åren 1996-2000. Medlemmar är myndigheter, kalk- och cementleverantörer, entreprenörer, konsulter, forskningsinstitut och högskolor.

Verksamheten finansieras av medlemmarna samt genom anslag från Byggforskningsrådet, Svenska bygg-branschens utvecklingsfond och Kommunikationsforskningsberedningen.

Svensk Djupstabilisering har sitt säte vid Statens geotekniska institut (SGI) och leds av en styrgrupp med representanter för medlemmarna.

Ytterligare upplysningar om verksamheten lämnas av SD:s projektledare Göran Holm, tel: 013-20 18 61, 070-521 09 39, fax: 013-20 19 14, e-post: goran.holm@swedgeo.se, <http://www.swedgeo.se/sd.htm>.

Swedish Deep Stabilization Research Centre

The Swedish Deep Stabilization Research Centre coordinates research and development activities in deep stabilization of soft soils with lime-cement columns. A joint research programme based on the needs stated by the authorities and the industry is being conducted during the period 1996 - 2000. Members of the Centre include authorities, lime and cement manufactures, contractors, consultants, research institutes and universities.

The work of the Swedish Deep Stabilization Research Centre is financed by its members and by research grants.

The Swedish Deep Stabilization Research Centre is located at the Swedish Geotechnical Institute and has a Steering Committee with representatives choosen from among its members.

Further information on the Swedish Deep Stabilization Research Centre can be obtained from the Project Manager, Mr G Holm, tel: +46 13 20 18 61, fax: +46 13 20 19 14 or e-mail: goran.holm@swedgeo.se, <http://www.swedgeo.se/sd.htm>.



Svensk Djupstabilisering
Swedish Deep Stabilization Research Centre

Arbetsrapport 14
1999-12

Stabilisering av torv i laboratoriemiljö
– Utveckling av referensmetod –

Fredrik Larsson
Stefan Mårtensson

Förord

Svensk Djupstabilisering (SD) baserar verksamheten på sin FoU-plan som bl a innehåller ett antal stora FoU-projekt. För att öka underlaget för dessa forskningsprojekt satsar SD på kompletterande mätningar/analyser i lämpliga förstärkningsprojekt. Redovisningen av dessa mätningar /analyser granskas inte av SD, utan redovisade resultat och framförda åsikter är författarens. Redovisningarna är arbetsrapporter inom SD. Även delredovisningar av FoU-projekt inom SD sker i SD:s arbetsrapportserie. Rapporter i SD:s arbetsrapportserie skall endast användas internt inom SD och inte spridas utanför SD.

Föreliggande arbetsrapport är en delredovisning av FoU-projektet ”Laboratorieinblandning vid stabilisering av torv. Referensmetod”.

Linköping i april 2000

Göran Holm
Projektledare för SD

Arbetsrapport	Svensk Djupstabilisering c/o Statens geotekniska institut 581 93 Linköping
Beställning (endast för medlemmar av SD)	Tel: 013-20 18 42 Fax: 013-20 19 14 E-post: birgitta.sahlin@swedgeo.se
Upplaga	150 ex
Tryckeri	Roland Offset AB, Linköping, maj 2000

EXAMENSARBETE

Stabilisering av torv i laboratoriemiljö - Utveckling av referensmetod -



FREDRIK LARSSON STEFAN MÅRTENSSON

CIVILINGENJÖRSPROGRAMMET

Institutionen för Väg- och vattenbyggnad
Avdelningen för Geoteknik

Institution

Väg- och vattenbyggnad

Avdelning

Geoteknik

Titel

Stabilisering av torv i laboratoriemiljö -Utveckling av referensmetod-

Författare

Fredrik Larsson & Stefan Mårtensson

Upplaga

30

Datum

1999-10-08

Språk

Svenska

Sammanfattning

Denna rapport behandlar problematiken kring stabilisering och efterföljande provning av torv i laboratoriemiljö. En referensmetod för stabilisering av torv i laboratoriemiljö finns redan framtagen men anses till viss del innehålla brister som bör, eller kan åtgärdas. En referensmetod skall vara pålitlig och generera korrekta resultat av rätt storlek och med liten spridning. Det finns många faktorer som kan påverka stabiliseringseffekten och några av dessa har undersökts i detta arbete. Provkroppar har tillverkats och testats och resultatet av provtryckningar etc. ligger till grund för utvecklingen av referensmetoden. Totalt har ca. 250 provkroppar tillverkats och provats, genom enaxliga tryckförsök. Drygt 100 av testen behandlar problematiken kring spridningen av resultaten och dess beroende av provkropparnas storlek. I försöken ligger standardavvikelsen under 10 % för provserier innehållande 3-10 provkroppar. Spridningen påverkas ej nämnvärt av härdningstiden. Tydligt är att provkroppens diameter (50 eller 68 mm), har ringa betydelse för spridningen. Den parameter som påverkar hållfastheten mest är densiteten, som i sig är direkt beroende av hur provet packats. Detta innebär att det är viktigt att stabiliserade torvprover packas på ett jämnt, homogent och likartat sätt. En intressant, och ej tidigare studerad faktor är hur stabiliserad torv påverkas av frysning i samband med tjälnedträngning. Våra försök visar att nedfrysning påverkar stabiliserade prover negativt.

Typ

Ex.arb. Civilingenjörsprogrammet

Fakultet

Teknisk

Beställare

Luleå Tekniska Universitet, Cementa AB, AB Jacobsson & Widmark
Geoteknikavdelningen, Svensk Djupstabilisering

Nyckelord

torvstabilisering, masstabilisering, blockstabilisering, torv, grundläggning, referensmetod,
Fredrik Larsson, Stefan Mårtensson,

Granskare/handledare

Sven Knutsson / Kerstin Pousette

URL: <http://epubl.luth.se/1402-1617/1999/250>

FÖRORD

Detta examensarbete är utfört på Avdelningen för Geoteknik vid Luleå tekniska universitet. Arbetet har bestått av två delar där första delen var laborativ och den andra en utvärdering med sammanställning och rapportskrivning. Den laborativa delen utfördes på geotekniklaboratoriet vid LTU medan utvärderingen utfördes hos Jacobsson & Widmark's geoteknikavdelning på Lidingö.

Det finns många intressenter inom området stabilisering av torv men de främsta initiativtagarna till detta arbete är geoteknikavdelningen vid LTU i samarbete med Cementa AB genom Ronny Andersson. Flera personer och organisationer har varit inkopplade men, dessa har ej aktivt deltagit under arbetets gång. Organisationen Svensk Djupstabilisering har dock visat stort intresse för hur arbetet skulle läggas upp.

Vi har haft stor hjälp av vår handledare Kerstin Pousette som visat stort intresse, samarbetsförmåga och noggrannhet. Under utvärderingen har vi haft en trevlig tid på J&W och även haft stor hjälp av de resurser som vi kunnat nyttja i denna miljö.

Stort tack till vår handledare Kerstin Pousette vid LTU och alla andra på geoteknikavdelningen. Ett stort tack även till vår kontaktperson och samarbetspartner Maria Eriksson på J&W som bidragit med intresse, synpunkter och idéer. Tack även till Cementa som bistått med resurser och material vilket medfört att detta arbete varit möjligt att genomföra.

En frisk fläkt i detta arbetes genomförande har varit alla pratglada damer på J&W som har givit oss helt nya infallsvinklar i vårt förhållande till livet. Schysst.....

Stockholm juni 1999

Fredrik Larsson & Stefan Mårtensson

SAMMANFATTNING

Stabilisering av lös mark är ofta intressant men är ej helt okomplicerat. För många jordarter finns vedertagna stabiliseringsmetoder men stabilisering av torv är en relativt ny metod. För att ta reda på stabiliseringseffekten i marken kan torv blandas med stabiliseringsmedel och provtryckas i laboratoriemiljö. Denna rapport behandlar problematiken kring stabilisering och efterföljande provning av torv i laboratoriemiljö.

En referensmetod för stabilisering av torv finns redan framtagen men anses till viss del innehålla brister som bör, eller kan åtgärdas. En referensmetod skall vara pålitlig och generera korrekta resultat av rätt storlek och med liten spridning. Det finns många faktorer som kan påverka stabiliseringseffekten och några av dessa har undersökts i detta arbete. De är:

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 1. Spridning i hållfasthet | 7. Torvtyp |
| 2. Inverkan av provkroppsstorlek | 8. Bindemedelstyp |
| 3. Lagring av torv | 9. Frysning |
| 4. Inblandningstid | 10. Markprofil |
| 5. Uttag av provkropp | 11. Härdningstid |
| 6. Inblandningsapparat | 12. Belastning under härdning |

En provplan har upprättats utifrån de parametrar som skall undersökas. Provkroppar har tillverkats och testats och resultatet av provtryckningar etc. ligger till grund för utvecklingen av en referensmetod. Vid tillverkning av provkroppar har ett grundrecept använts och detta har varierats beroende på vilken parameter som har studerats. Totalt har ca. 250 provkroppar tillverkats och provats, främst genom enaxliga tryckförsök. Drygt 100 av testen behandlar problematiken kring spridningen av resultaten och dess beroende av provkropparnas storlek.

I försöken ligger standardavvikelsen under 10 % för provserier innehållande 3-10 provkroppar. Spridningen påverkas ej nämnvärt av härdningstiden. Tydligt är att provkroppens diameter (50 eller 68 mm), har ringa betydelse för spridningen. Den parameter som påverkar hållfastheten mest är densiteten, som i sig är direkt beroende av hur provet packats. Detta innebär att det är viktigt att stabiliserade torvprover packas på ett jämnt, homogent och likartat sätt.

En intressant, och tidigare ej studerad faktor är hur stabiliserad torv påverkas av frysning i samband med tjälnedträngning. Våra försök visar att nedfrysning påverkar stabiliserade prover negativt.

De kanske mest komplexa frågeställningarna i samband med stabilisering av torv är vilken typ av torv man har att arbeta med och hur denna reagerar beroende på vilket stabiliseringsmedel som används. Dessa frågor undersöks endast ytligt i detta arbete, men parallella försök görs bl.a. av Svensk Djupstabilisering (forskningsorganisation).

ABSTRACT

Stabilisation of soft soil is normally complicated. Many types of soil can be stabilised but stabilising peat is a relatively new method. Peat can be stabilised and tested in laboratory in order to examine the stabilisation effects in the ground. This thesis examines the difficulties in stabilising and testing peat in laboratory environment.

A reference method, for peat stabilisation, already exists but the method is deficient and includes some shortcomings. A reference method should be reliable, consistent and generate results with low distribution. Many parameters affect the stabilisation of peat and some of these are examined in this report. These are:

- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| 1. Distribution of the results | 7. Type of peat |
| 2. Size of the sample | 8. Type of adhesive |
| 3. Storage of peat | 9. Freezing of samples |
| 4. Time of mixing | 10. Profile of ground |
| 5. Draft of the test sample | 11. Time for hardening |
| 6. Contraption for mixing | 12. Weights during hardening |

The parameters were studied according to a test plan. Test samples were manufactured and tested and the results from the uniaxial testing form the basis of the development of the suggested reference method. The same basic recipe has been used when samples were manufactured and was then varied depending on the parameter examined. Approximately 250 samples were manufactured and tested by uniaxial testing. More than 100 of these illustrates the distribution of the obtained results and how the results depend on the size of the test sample.

In these tests the standard deviation is 10% for test series containing 3-10 samples. The deviation is not affected by the time of hardening nor the size of the test sample (50 or 68 mm). The parameter showing the greatest importance to the strength is the density, and this is mainly influenced by the initial compaction of the sample. This shows the importance of how samples are compacted during manufacturing.

How stabilised peat samples are affected by freezing and thawing is a parameter that not earlier has been examined. The presented tests show that freezing of samples affect the strength of the stabilised samples in a negative way.

INNEHÅLL

FÖRORD	i
SAMMANFATTNING	ii
ABSTRACT	iii
1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Metodik, omfattning och avgränsningar	2
2. MATERIAL, TILLVERKNING OCH PROVNING	3
2.1 Torv	3
2.1.1 Allmänt	3
2.1.2 Torvtyper	3
2.1.3 Torvens egenskaper	3
2.1.4 Upptagningsplatser och klassificering	4
2.2 Stabiliseringsmedel	5
2.2.1 Allmänt	5
2.2.2 Stabiliseringsmängd	6
2.2.3 Cement	6
2.2.4 Merit	6
2.2.5 Hyttsten	6
2.2.6 Tillsatsmängd vid dessa försök	7
2.3 Provkroppstillverkning – metoder i dagsläget	7
2.3.1 Allmänt	7
2.3.2 Erfarenheter	7
2.3.3 Metod som används inom EES	7
2.3.4 Kommentarer kring använd metod	8
2.4 Metod för tillverkning av stabiliserade torvprover i detta arbete	10
2.4.1 Allmänt	10
2.4.2 Torvprovtagning	10
2.4.3 Förberedelser och vägning	11
2.4.4 Blandning	11
2.4.5 Packning av material i provtuber	11
2.4.6 Lagring av prover under härdningstiden	12
2.5 Metodbeskrivning provning	14
2.5.1 Allmänt	14
2.5.2 Iordningställande av provkropp	14
2.5.3 Provtryckning	15
2.5.4 Mätningar	15
2.6 Laboratorieförsök jämfört med verkliga förhållanden	16
2.6.1 Allmänt	16
2.6.2 Förvaring	16
2.6.3 Inblandningsprocessen	16
2.6.4 Packningsprocessen	16
2.6.5 Konsolideringsprocessen	16

2.7 Riskanalys – kritiska moment vid tillverkning och provning	17
2.7.1 Packning i provtuber	17
2.7.2 Blandningstid	17
2.7.3 Härdning-konsolidering	18
2.7.4 Enaxliga tryckförsök	18
2.7.5 Provtagning	18
2.7.6 Utvärdering	18
3. FÖRSÖKSPROGRAM	19
3.1 Undersökta parametrar	19
3.1.1 Allmänt	19
3.1.2 Beskrivning av undersökta parametrar	19
3.2 Utvärderade fysikaliska parametrar	21
3.2.1 Allmänt	21
3.2.2 Parametrar	22
3.3 Försöksupplägg	23
4. FÖRSÖKSUTVÄRDERING	25
4.1 Spridning	25
4.1.1 Allmänt	25
4.1.2 Försök	25
4.1.3 Resultat och utvärdering av provserier	26
4.1.4 Slutsats	29
4.2 Lagring av torv före tillverkning	30
4.2.1 Allmänt	30
4.2.2 Försök	30
4.2.3 Resultat	30
4.2.4 Utvärdering	30
4.2.5 Slutsats	31
4.3 Inblandningsapparat, -tid och bindemedelstyp	32
4.3.1 Allmänt	32
4.3.2 Försök	32
4.3.3 Resultat och utvärdering av provserier	32
4.3.3 Utvärdering	34
4.3.4 Slutsats	35
4.4 Uttag av provkropp	36
4.4.1 Allmänt	36
4.4.2 Försök	36
4.4.3 Resultat	36
4.4.4 Utvärdering	37
4.4.5 Slutsats	38
4.5 Torvtyp	39
4.5.1 Allmänt	39
4.5.2 Försök	39
4.5.3 Resultat	39
4.5.4 Utvärdering	39
4.5.2 Slutsats	41

4.6 Markprofil	42
4.6.1 Allmänt	42
4.6.2 Försök	42
4.6.3 Resultat	42
4.6.4 Utvärdering	43
4.6.5 Slutsats	43
4.7 Härdningstid	45
4.7.1 Allmänt	45
4.7.2 Försök	45
4.7.3 Resultat och utvärdering av provserier	45
4.7.4 Slutsats	46
4.8 Belastning under härdning	47
4.8.1 Allmänt	47
4.8.2 Försök	47
4.8.3 Resultat och utvärdering av provserier	47
4.8.4 Slutsats	48
4.9 Dimensioneringsparametrar	49
4.9.1 Dimensioneringsfilosofi	49
4.9.2 Korrektionsfaktorer	49
4.9.3 Förväntade sättningar	50
4.9.4 Livslängd	50
5. TJÄLE	51
5.1 Tjälningprocessen	51
5.1.1 Allmänt	51
5.1.2 Tjälningprocessen	51
5.1.3 Tjälens och stabiliserad torv	52
5.2 Frysprover	53
5.2.1 Allmänt	53
5.2.2 Försök	53
5.2.3 Resultat	53
5.2.4 Diskussion om tjälens inverkan på hållfastheten	54
5.2.5 Slutsats	56
6. FÖRSLAG TILL LABORATORIEANVISNING	57
6.1 Allmänt	57
6.2 Förslag	57
7. DISKUSSION OCH SLUTSATSER	61
7.1 Undersökta parametrar	61
7.2 Tjäle	62
7.3 Förslag till laboratorieanvisning	62
7.4 Sammanfattning	63
7.5 Forskningsbehov	63
8. REFERENSER	64

BILAGOR

Bilaga 1	Skala för humifieringsgrad
Bilaga 2	Provplaner
Bilaga 3	Sammanställning av provplaner
Bilaga 4	Brottkurvor
Bilaga 5	Hållfasthetsdiagram – Omgång 1-4
Bilaga 6	Varuinformationsblad, SH P – Merit 5000

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Stabilisering av lösa lerlager med kalk och cement är sedan länge en etablerad metod som har använts med goda resultat i åtskilliga projekt. Metoden har visat sig vara bristfällig när den organiska halten i jorden är alltför hög. På senare tid har en ny metod vuxit fram för stabilisering av organiska jordar som torv och gyttja. Denna metod går ut på att, i stället för att som i lera blanda in stabiliseringsmedlet i form av pelare i marken, blanda ner stabiliseringsmedlet i en hel jordvolym så att en homogen och förstärkt kropp bildas. Detta görs produktionstekniskt genom att man delar upp volymen i mindre etapper och stabiliserar dessa separat efter hand. Metoden kallas mass-, block- eller cellstabilisering och trots att metoden använts ett tag så är kunskapen och erfarenheten inom området begränsad.

Metoden att stabilisera torv är ur miljösynpunkt fördelaktig då man minimerar ingreppen i naturen genom att man slipper gräva ur känsliga markområden.

Det finns många intressenter på marknaden och således en stor efterfrågan på kunskap. Vid Luleå tekniska universitet har avd. för geoteknik länge bedrivit forskning inom området masstabilisering och de är även initiativtagare till detta examensarbete. Förutom entreprenörer som utför stabiliseringen vill t.ex. materialleverantörer och rådgivande konsulter erhålla mer kunskap inom masstabilisering. Ett av de starkast drivande företagen är Cementa AB som även står bakom en stor del av detta arbete. Intresset från Cementas sida är framför allt att få fram en metod som är pålitlig och statistiskt säkerställd så att entreprenader kan genomföras med gott slutresultat.

Inom organisationen Svensk Djupstabilisering pågår många olika utvecklingsprojekt där ett är att etablera metoden att stabilisera torv. Det råder dock delade meningar om huruvida den referensmetod som används för stabilisering och provning av torv i laboratorium verkligen är färdigutvecklad eller ej. Helt klart är att den använda metoden fortfarande går eller bör vidareutvecklas. Utvecklingsarbetet är uppdelat i tre steg enligt följande:

Insamling av erfarenheter för provkroppstillverkning
Utveckling och fastställande av referensmetod
Ringtest på tre laboratorier för att testa operatörsberoendet

Ovanstående steg 1 är redan genomfört och detta examensarbete ingår i steg 2 dvs. arbetet med att utveckla en referensmetod i laboratorium. Steg 3 skall sedan bygga på denna rapport som tillsammans med annan erfarenhet skall ligga till grund för en metod som ger så jämna och repeterbara resultat som möjligt och framförallt är oberoende av vem som utför försöken.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att klargöra hur olika material- och tillverkningsfaktorer påverkar stabiliseringsresultatet hos stabiliserade torvprover som tillverkats på laboratorium. Arbetet skall utmynna i en referensmetod, som bör vara operatörsoberoende, vid tillverkning av stabiliserade torvprover.

En av de viktigaste aspekterna är vilken spridning i hållfastheten som erhålls hos en grupp med tillverkade prover. Det är önskvärt att ha en låg spridning för att förenkla utvärderingen men kanske framför allt för att i detta arbete kunna dra slutsatser om övriga faktorerers inverkan på resultatet.

En helt outforskad del inom masstabilisering av torv är hur dessa påverkas av tjäle. I detta examensarbete utförs en förstudie, som syftar till att klargöra huruvida stabiliserad torv påverkas negativt av upprepade nedfrysningar.

1.3 Metodik, omfattning och avgränsningar

För att kunna undersöka olika faktorerers inverkan på skjuvhållfastheten upprättades en provplan som skall ligga till grund för arbetets genomförande. Vid tillverkning av provkropparna har ett grundrecept (se kap 3.3) fastslagits i samråd med LTU, SD m.fl. Detta grundrecept gäller så länge inget annat nämns i provplanen. För att metoden skall vara funktionell måste den gälla för olika torvtyper, t.ex. torv med olika humifieringsgrad. Försöken utfördes därför på flera olika torvtyper och för varje parameter som undersöktes tillverkades minst trippelprov. Detta för att få en tillräcklig statistisk säkerhet i resultaten.

För utvärdering av spridning i hållfastheten, tillverkades ett större antal prover. För varje tillverkningsomgång redovisas den odränerade skjuvhållfastheten vilken bestämdes genom enaxligt tryckförsök. Spridningen beräknades och redovisas som standardavvikelse, vilket är ett mått på hur långt värdena i genomsnitt ligger från medelvärdet.

De parametrar som har undersökts redovisas i tabell 1.1 nedan. Vid tillverkning och under provning tas olika prover för att bestämma parametrar som vattenkvot, densitet etc. Dessa redovisas i detalj senare i kapitel 2 om försöksbeskrivning.

Tabell 1.1 Parametrar som har undersökts.

Nr.	Parameter
1	Spridning av hållfasthet
2	Provkroppsstorlek
3	Lagringstid före tillverkning
4	Inblandningstid
5	Uttag av provkropp ur provtub
6	Inblandningsapparat
7	Torvtyp
8	Bindemedelstyp
9	Frysning
10	Markprofilens hållfasthetsvariation
11	Härdningstid
12	Belastning under härdning

2. MATERIAL, TILLVERKNING OCH PROVNING

2.1 Torv

2.1.1 Allmänt

Torv består av mer eller mindre förmultnade växtdelar från markvegetation där ursprungsmaterialet främst är vitmossa, starr, fräken och brunmossa. Torv bildas genom att tillväxten är större än förmultningen. Detta kriterium uppfylls i en syrefattig anaerob miljö vilken uppkommer då vatten blir stående eller strömmar över ett markavsnitt och på så vis alltid täcker de döda växtdelarna. I denna anaeroba miljö sker humifieringen mycket långsamt vilket gör att tillväxten av organiskt material ökar på torvens mäktighet med ca. 1 mm/år för de flesta torvmarker.

Torv finns i hela Sverige och upptar ca en femtedel av landets areal. Den största utbredningen av torvmarker finns i de norra delarna där 40-50% av landytan kan vara täckt av torv. Torv finns även i stora områden över hela världen där de rätta förhållanden råder för bildandet av torv.

2.1.2 Torvtyper

Torv kan enligt Carlsten (1989) i princip bildas på 4 olika sätt och de är:

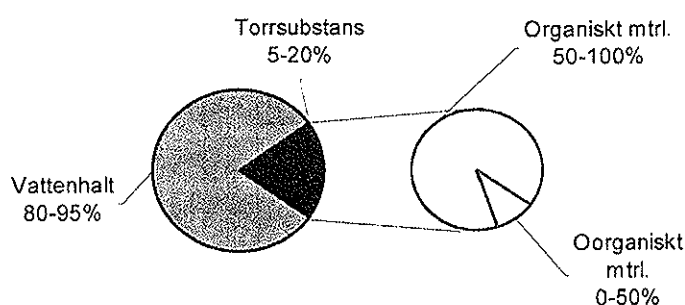
1. *Igenväxningstorvmarker*, dessa bildas då sjöar sakta växer igen.
2. *Översilningstorvmarker*, vilka bildas då vatten sakta strömmar över ett markavsnitt och klimatet är sådant att inte vattnet helt avdunstar från markytan.
3. *Källtorvmarker*, dessa bildas lokalt runt ett källsprång.
4. *Mossar*, dessa bildas då nederbördsvattnet inte kan rinna undan utan sjunker direkt ned i marken.

En torvmark kan ha uppkommit på ett eller flera av dessa bildningssätt. Det kan t.ex. börja med att en sjö växer igen och en igenväxningstorvmark bildas varpå den fortsatta bildningen sker som översilningstorvmark. Beroende på var torven bildats består den av olika växtmaterial. I södra Sverige består torven oftare av en mångsidigare flora så kallade rikkärr. De nordliga består oftast av olika typer av vitmossor vilka benämns fattigkärr eller mossar.

2.1.3 Torvens egenskaper

De geotekniska egenskaperna för torv varierar kraftigt beroende på var och hur de har bildats. I dag finns det inte något gemensamt sätt att klassificera torv på som bygger på geotekniska egenskaper. En metod som ofta används för att klassificera torv är von Posts humifieringsskala (Lennart von Post, bilaga 1). Detta är en metod där humifieringsgraden bestäms enligt en tiogradig skala H1-H10 (se bilaga 1). Denna metod lämpar sig dock mer för torvens utnyttjande som energiråvara än som geotekniskt klassificeringssystem. Torv med samma humifieringsgrad behöver inte nödvändigtvis ha samma geotekniska egenskaper. Torvens fysikaliska egenskaper är bl.a. följande (figur 2.1.1):

- Vattenhalt ca. 80-95%
- Torrsubstans 5-20%
- Organiskt innehåll ca. 50-100%
- Skrymdensitet ca. 1,0 t/m³
- Torv är mycket kompressibelt, den relativa deformationen kan ofta bli ca 50%.
- Permeabilitet 10^{-5} - 10^{-7} m/s och vid 50% kompression kan permeabiliteten minska till en tusendel av detta (Carlstén, 1989).
- Lågförmultnad torv med stort fiberinnehåll har ofta hållfastsegenskaper som påminner om friktionsjord medan högförmultnad snarast är att jämföra med kvicklera (Carlstén, 1989).



Figur 2.1.1 Torvens beståndsdelar.

2.1.4 Upptagningsplatser och klassificering

Torven till våra försök har tagits upp på flera olika ställen i landet för att parametrar som torvsort, markprofil, m.fl. skall kunna utvärderas. Upptagningen har skett med de metoder som beskrivs i kapitel 2.4 (tillverkning). Största noggrannhet har iakttagits för att säkerställa att rätt vattenkvot erhålls och att torv från samma lager tas. Torv T1 och T2 har tagits direkt ur grävmaskinens skopa medan T3 har tagits med rör (diametern 20 cm och längden 70 cm) som tryckts in horisontellt i schaktgropens väggar. Torven som kommer ifrån Gällivare och benämns NT är upptagen med torvprovtagare. Torven från Stockholm är upptagen med hjälp av handkraft och spade. Klassificering av alla torvsorter och prover har utförts och resultaten redovisas i tabell 2.1.1.

Utveckling av referensmetod
2. Material, tillverkning och provning

Tabell 2.1.1 Torvklassificering.

Prov beteckning	Upptagnings plats	Provt. djup [m]	Hum. grad ⁽¹⁾	Vattenhalt [%]	Vattenkvot [%]	Askhalt ⁽²⁾ [%]	pH ⁽³⁾
T1	Arvidsjaur	1,5-2	H3-H4	87	660	22	4,6
T2	Arvidsjaur	1	H2-H3	85	570	17	4,2
T3	Glommersträsk	0,8-1	H7-H8	83	490	55	4,8
NT601	Gällivare	0-1	H2-H3	91	980	15	6,6
NT612	Gällivare	1-2	H2-H3	89	810	16	5,5
NT623	Gällivare	2-3	H3-H(4)	94	1660	9	5,2
NT645	Gällivare	4-5	H9-H10	85	585	57	6
NT701	Gällivare	0-1	H2-H3	91	950	4	4,6
NT712	Gällivare	1-2	H2	92	1135	4	4,6
NT723	Gällivare	2-3	H4-H5	90	870	25	4,8
NT734	Gällivare	3-4	H7-H8	88	730	9	6,4
J9911	Stockholm	0,7-0,9	H2	93	1250	6	3,3
J9913	Stockholm	0,7-0,9	H2	93	1390	2	3
J9940	Stockholm	0,7-0,9	H4-H5	86	660	27	3,8

⁽¹⁾ Humifieringsgrad enligt Von Post (se bilaga 1)

⁽²⁾ Askhalt efter 1 timme i 800°C

⁽³⁾ pH värde mätt i porvatten som för hand pressats ur torv

2.2 Stabiliseringsmedel

2.2.1 Allmänt

Vid stabilisering av torv används oftast cement i kombination med olika biprodukter från industrin. Sådana restprodukter kan vara slagg från metallframställning (masugnsslagg, LD-slagg, m.fl.) och olika typer av aska som t.ex. flygaska från koleldade kraftverk. En anledning till att inte enbart cement används är kostnaderna, då slaggprodukter är billigare än cement. Andra anledningar är att en blandning av rätt biprodukt och cement kan ge högre hållfasthet än enbart cement för viss torv. Det är även av intresse att hitta nya användningsområden för att få avsättning för biprodukterna.

Vid användandet av slaggprodukter måste alltid innehållet i produkten analyseras för att kontrollera att de inte innehåller olämpliga ämnen. Finns det sådana ämnen i biprodukten kan dessa lakas ut ur den stabiliserade jorden och orsaka oacceptabel förorening av mark och vatten. De biprodukter som har använts i denna undersökning innehåller inga skadliga ämnen i sådan omfattning att de skulle kunna ge hälso- och miljöproblem vid eventuell urlakning.

Olika stabiliseringsmedel kan ge stora skillnader i stabiliseringseffekt, beroende på vilken jord som stabiliseras. Det pågår undersökningar inom SGI (Axelsson, 1998), där olika restprodukter och olika torv- och gyttesorter undersöks för att utröna de olika biprodukternas

stabiliseringseffekt. I denna undersökning har därför endast begränsade försök utförts med olika stabiliseringsmedel.

2.2.2 Stabiliseringsmängd

Vid stabilisering av torv, och även andra organiska jordar, krävs oftast en större mängd stabiliseringsmedel än vid stabilisering av lera. Detta beror på att torv innehåller få fasta partiklar och stor mängd vatten. Det innebär att stora hålrum måste fyllas ut och detta görs med stabiliseringsmedlet. En annan orsak till att det krävs mer stabiliseringsmedel är den höga halten av humus och humussyror vilka kan fungera som retarderande ämnen. Vid stabiliseringen reagerar humussyrorna med $\text{Ca}(\text{OH})_2$ och svårlösliga produkter bildas som faller ut på de fasta partiklarna. Humussyrorna kan också göra att pH sjunker vilket minskar reaktionshastigheten hos stabiliseringsmedlet med en lägre hållfasthetstillväxt som följd (Axelsson, 1998).

Tidigare undersökningar indikerar att jord med höga halter av organiskt material kräver att bindemedelsmängden överskrider ett "gränsvärde". När bindemedelsmängden understiger detta gränsvärde förblir jorden ostabiliserad. Detta tros ha att göra med humussyrorna som måste neutraliseras innan någon stabiliseringseffekt uppnås (Axelsson, 1998).

2.2.3 Cement

Cement framställs genom att kalksten bryts och mals till ett pulver varpå det bränns i en ugn tillsammans med lermineral. Härvid erhålls s.k. klinker som sedan mals tillsammans med små tillsatser av vissa ämnen (tex. gips) till ett fint pulver.

Beroende på hur fint pulvret malts får det olika egenskaper. Ett finare pulver ger snabbare reaktionshastighet och snabbare hållfasthetstillväxt (finare pulver har större specifik yta än ett mera grovmalet). Olika typer av cement kan användas vid masstabilisering. Beroende på jorden som skall stabiliseras erhålls olika hållfastheter med olika cementsorter. De vanligaste sorterna som används vid masstabilisering är snabbt hårdnande portlandscement (SH P) eller standard portlandcement (std P) (se bilaga 6).

2.2.4 Merit

Vid framställning av metall ur malm bildas olika sorters slagg som biprodukter. Masugnsslagg är en biprodukt från järnframställningen. Denna kan krossas i olika fraktioner och användas som byggnadsmaterial och bindemedel i olika sammanhang. Merit 5000 är masugnsslagg från Oxelösund (SSAB) som krossats och malts till ett fint pulver (se bilaga 6). Detta pulver kan används som bindemedel och det är även det mest vanliga tillsatsmedlet vid masstabiliseringar. Slaggens egen reaktion är dock så liten att den kan anses som försumbar. Detta innebär att en aktivator måste tillsättas vilken oftast är snabbt hårdnande portlandscement (SH P).

Produkten som i huvudsak använts i dessa försök kallas CM-bindemedel och är en blandning av 50 vikt-% SH P och 50 vikt-% Merit 5000 och den tillhandahölls av Cementa.

2.2.5 Hyttsten

Hyttsten är även det en slaggprodukt från järnframställningen men denna produkt kommer från SSAB i Luleå och är inte så finmald som Merit. Den fraktion som använts här är var 0-3 mm. Tillsatsmedlet som användes i dessa försök var en blandning av 50 vikt-% SH P och

50 vikt-% hyttsten. Försök med detta tillsatsmedel utfördes för att kunna jämföra effekten av olika stabiliseringsmedel på olika torvsorter.

2.2.6 Tillsatsmängd vid dessa försök

I våra försök har vi hela tiden utgått från ett grundrecept där 200 kg/m^3 bindemedel använts. Detta gäller för både CM-bindemedlet och bindemedlet med Hyttstenen. Tillsatsmängden 200 kg/m^3 valdes därför att det är en vanlig nivå för en masstabilisering i fält. Anledningen till att inga andra tillsatsmängder undersöktes är att provplanen då skulle bli för stor för att rymmas inom ramarna för detta examensarbete.

2.3 Provkroppstillverkning – metoder i dagsläget

2.3.1 Allmänt

För att kunna mäta hållfastheten hos stabiliserade torvkroppar måste man ha en tillförlitlig tillverkningsmetod i laboratoriemiljö. Det är viktigt med provresultat som ej genererar för stor spridning och som dessutom överensstämmer någorlunda med fältmässiga förhållanden. Metoden att stabilisera torv är relativt ny och det finns därför ej så mycket dokumenterat om metoden. De arbeten som har utförts är ofta gjorda inom organisationer med begränsad eller utan insyn och det är därför svårt att ta del av erfarenheter och resultat.

En standard för denna typ av torvprovning finns redan i bruk men kan antas ha vissa brister som bör kontrolleras vidare.

2.3.2 Erfarenheter

Inom EU-projektet EuroSoilStab (EES) har det tagits fram en "reference procedure" för tillverkning och lagring av stabiliserade torvprover. Denna referensmetod baseras på steg 1 (som diskuteras i kap. 1.1, insamling av erfarenheter) för att ta fram en referensmetod, där erfarenhet från Sverige (LTU, Cementa) och Finland (Viatak) samlats in (Axelsson 1997). Referensmetoden som nu används inom EU-projektet finns det mycket litet skrivet om. Metoden används främst vid forskning men bör göras mer offentlig så att den kan utnyttjas på laboratorierna ute i Sverige och världen. Stabiliseringar utförs i laboratorier utan att det finns direkt kännedom om denna referensmetod. Det är en klar brist att denna referensmetod inte är känd, då provresultat från olika laboratorier blir omöjliga att jämföra då olika tillverkningsmetoder används. En referensmetod som skall användas vid stabilisering av torv i laboratorier bör vara enkel att utföra samt lätt att upprepa om nya personer utan erfarenhet skall kunna nyttja den.

2.3.3 Metod som används inom EES

Inblandning av stabiliseringsmedel i organisk jord i laboratoriemiljö går i korthet ut på att ett stabiliseringsmedel tillsätts torven och sedan blandas ned under en viss tid. Efter inblandningen packas den stabiliserade torven i en provtub. Provet får sedan härda under belastning och därefter tas provkroppen ur provtuben och provtrycks. Metod och utrustning som används i EES:s referensmetod, kan i korthet beskrivas enligt nedan:

- Plastcylinder med innerdiametern 68 mm och längden 320 mm.
- Filtersten i botten på provet för dränering.
- Stämp med filter på provets översida.
- Provkropparna påförs en belastningsstång.

- Provrigg för förvaring av prover.
- Proverna förvaras med fri tillgång till vatten.

Undersökning av prover och provkroppar

Innan någon tillverkning av provkroppar kan påbörjas skall torven som används klassificeras utifrån vissa parametrar, t.ex. ursprung, humifieringsgrad och pH etc. Bestämning av vattenkvot och skrymdensitet sker både före och efter härdning.

Blandning och preparering av prover

Innan stabiliseringsmedel tillsätts torven, blandas den uppmätta torven till en homogen massa och stora rötter mm. tas bort. Efter detta blandas det uppmätta tillsatsmedlet med torven under fem minuter med hjälp av en degblandare varefter blandningen packas in i en cylinder. Om blandningen i det här stadiet är rinnande behövs ingen kompaktering men om den är fast packas den för hand i 5-6 lager, en viss uppluckring görs mellan lagren med t.ex. en gaffel. Vatteninnehållet hos den blandade torven bestäms och därefter är provet klart att sättas i provriggen för härdning med den belastning som föreskrivits.

Förvaring under härdning

Efter det att ett prov har packats i en provtub placeras provkroppen vertikalt i förvaringsriggen med en filtersten eller -matta i botten. En stämp med filter i botten placeras på provets överyta och belastningen 18 kPa läggs på. Det motsvarar belastningen från en vägbank med höjden 1 m. Proverna skall stå i vatten och båda ändar av proven skall ha tillgång till vatten så att ej uttorkning riskeras. Proverna härdras i rumstemperatur 18-22°C. Rekommenderad härdningstid är normalt 28 dygn.

2.3.4 Kommentarer kring använd metod

Jämförelse mellan metoden i detta arbetes grundrecept (dvs. det som vi arbetat efter och som redovisas i kap 3.3 försöksupplägg) och ESS-metoden innebär vissa förändringar, vilka redovisas nedan:

- Cylindrar med diametern 68 mm används inom ESS men i vårt arbete har vi även använt diameter 50 mm för att studera skillnaderna i resultat mellan provkroppar med olika diameter.
- Belastningen under härdning är 18 kPa inom ESS. Vi har använt 20 kPa av praktiska skäl, vilket ej påverkar resultatet nämnvärt.
- I ESS blandas provet 5 minuter men i vårt arbete använde vi 2 minuter och antog att detta räcker för att få en homogen inblandning. Blandningstiden kan vara beroende av vilken apparat som väljs för inblandning samt jordart. Tidigare försök vid LTU har visat att 2 minuter är tillräckligt för att få en homogen blandning med den blandningsapparat som används här.
- Härdningstiden är normalt 28 dagar inom ESS men det kan räcka med 14 dagar enligt erfarenhet från LTU. Vi har använt båda härdningstiderna för att studera skillnaderna.

Den metod som används inom ESS har visat sig ge god repeterbarhet vid försök och metoden kan av erfaren person vara lätt att genomföra. Metodbeskrivningen ger dock inte tillräcklig information för att personer som ej har erfarenhet av metoden skall kunna utföra provning och få samma goda repeterbarhet och hållfasthetsnivå.

Utveckling av referensmetod 2. Material, tillverkning och provning

I Steg 1 i detta projekt där erfarenheter av provkroppstillverkning samlats in (Axelsson 1997), presenteras en rad faktorer som bör undersökas vidare. Sedan Axelssons rapport presenterades har mycket hänt på området och det innebär att vissa reflektioner kan avskrivas.

Följande faktorer tas upp (Axelsson 1997) och bör utredas vidare:

- Provutrustningen bör definieras närmare i fråga om provhylsans diameter och längd, provlådans- och plastpluggens utformning, filter i botten samt belastningsstängernas utformning.
- För ostabiliserad torv bör man definiera hur förvaring och lagringstid innan tillverkning påverkar hållfastheten hos den stabiliserade torven.
- Inblandning och preparering av provkroppar bör undersökas vad gäller likheter med fält, vattenavgång vid packning och härdning, samt själva inpackningsmetoden av stabiliserad torv i provtuber.
- Lagrings och förvarings förhållanden under härdning bör utredas, där påverkan av faktorer som temperatur och belastning under härdning och vattenhöjd i provlådan undersöks.
- Kompressionen som erhålls i laboratorium jämföras mot sättningar i fält.
- Hur silikoninsmörjning på insida av provtuber påverkar friktionen mot stämpan vid belastning.

Vissa frågetecken är redan uträtade men fortfarande finns det mycket som behöver undersökas vidare. Några av de frågeställningar som före denna rapport fortfarande var outredda presenteras nedan i korta ordalag:

Inpackningsmetod

Momentet inpackning av torv i provtuber har avgörande betydelse för erhållen hållfasthet och dess spridning. Det gäller att finna en metod som är lätt att genomföra och framför allt att upprepa. Packningen får ej vara så överdriven att allt för höga hållfastheter erhålls efter härdning, men det kan vara svårt att bedöma packningsgraden om den görs för hand.

Det skulle även vara intressant att finna en inpackningsmetod som gör att varierande storlek på provkroppen ger samma resultat i spridning och hållfasthet. Det finns dock ett skalberoende som gör att tryckhållfastheten minskar när provkroppens volym ökar. Denna teori bygger på att brottet initieras av en kritisk inre spricka och att sannolikheten är större att det finns ställen med defekter och därvid låg hållfasthet i större kroppar än i små, se betonghandbok 1990.

Provkroppsstorlek

Man kan fråga sig varför man inom ESS valt provtuber med diametern 68 mm och om dessa verkligen har jämförts med standardtuber (diameter 50 mm) på ett seriöst sett. Det kan vara lätt att välja något vedertaget bara för att det fungerar utan att ifrågasätta metoden. Mycket skulle förenklas med avseende på provtagning och genomförande i laboratoriemiljö om standarprovtuber (50 mm) används. De är betydligt enklare att handskas med och packa i jämförelse med special (68 mm) tuber.

Dessutom går det åt 2.5 gånger så mycket torv för de större tuberna vilket kräver mer omfattande provtagning. Provtuber med diametern 50 mm är standard ute på laboratorier och arbetsplatser, vilket är viktigt ur genomförandesynpunkt.

För att förhindra att kompressionen under härdningstiden störs av friktionen mellan tub och prov bör provcylindern smörjas in med glidmedel av något slag. På LTU används silikonfett eller vaselin.

Blandningstid och härdningstid

Blandningstiden har betydelse för hållfastheten och det kan räcka med en kortare tid än den i EES föreskrivna 5 min. Inblandningstiden bör dock hela tiden ställas i relation till valet av blandningsapparat. Detsamma gäller härdningstiden 28 dygn vilket i sig kan vara befogat i vissa sammanhang men frågan är hur man under ett projekt reagerar om man måste vänta en månad på resultaten. Erfarenheter från försök på LTU visar att hållfasthetstillväxten mellan dag 14 och 28 är relativt liten och sällan mer än 10%.

2.4 Metod för tillverkning av stabiliserade torvprover i detta arbete

2.4.1 Allmänt

Arbetet med att tillverka stabiliserade torvprover kan beskrivas i ett antal delmoment:

- Torvprovtagning
- Förberedelser och vägning av material (torv respektive stabiliseringsmedel)
- Blandning av materialen
- Packning av materialet i provtuber
- Lagring av prover under härdningsperioden

2.4.2 Torvprovtagning

Det finns en rad olika sätt att ta upp den torv som krävs till de försök som skall utföras. Oftast behövs stora mängder torv och upptagningsmetoden bör anpassas till den mängd som skall tas upp. De metoder vi har använt oss av för att ta upp torv till våra försök är beskrivna nedan.

Den mest lämpliga metoden att ta upp torv i stora mängder är att en grop grävs i torvtäckten till det djup som anses nödvändigt. Plaströr med diametern 20 cm och längden 70 cm som är spetsade i ena änden trycks sedan in horisontellt på olika höjd i gropens schaktvägg. När önskvärt antal prover på varje nivå har tagits tillsluts rören så att inget vatten avgår och syre inte kan tränga in och oxidera provet.

Prover kan även tas direkt ur grävmaskinens skopa. Det är då viktigt att se till att torv från samma nivå grävs upp och att provet inte består av en blandning från hela provgropen. Det är även viktigt att vattnet i torven inte tillåts avgå och provet bör därför omgående läggas i minst dubbla lager platsäckar. Det kan dock vara svårt att komma ut på en torvmosse med en grävmaskin pga. allt för dålig bärighet. I ett sådant fall måste andra metoder tillämpas.

Vanligt i provtagningssammanhang är att en så kallad torvprovtagare används (utvecklad av SGI). Denna provtagare drivs oftast ned med hjälp av en borrhandsvagn. För att få tillräcklig mängd torv måste flera provhål göras bredvid varandra. Det är då viktigt att se till att torv från samma nivå erhålls varje gång.

Skall torv från ytligt liggande lager provas är det lätt att med hjälp av handkraft och spade gräva upp provet. Här gäller samma sak som när provtagning sker med hjälp av grävmaskin, inget vatten får avgå och att all torv kommer från samma nivå.

Gemensamt för alla provtagningsmetoder är att torvproverna efter provtagning och fram till tillverkning skall förvaras väl tillslutna och i kylskåp.

2.4.3 Förberedelser och vägning

Innan arbetet med att tillverka prover startar bör alla verktyg och tillbehör för hela processen plockas fram, så arbetet kan ske smidigt och störningsfritt. Detta är viktigt för att undvika att prover börjar härda då de står obelastade.

Vägningen av torv och stabiliseringsmedel sker med noggrannheten tiondels gram eller noggrannare.

2.4.4 Blandning

Blandningen av materialen sker i en degmixer typ hushållsassistent eller liknande i en till fem minuter beroende på mixerns effektivitet samt hur homogent massan skall blandas.

Större kvistar och rötter avlägsnas från torven innan inblandningen sker.

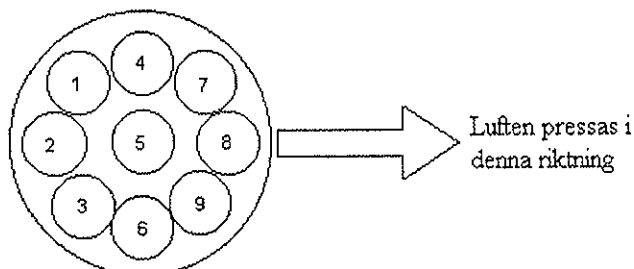
Prover kan blandas homogent om 2-4 åt gången och antalet är beroende av mixerns kapacitet. Före inblandningen av stabiliseringsmedlet homogeniseras en större mängd torv för hand så att större knölar sönderdelas och vattenkvoten blir lika i hela provet.

Stabiliseringsmedlet tillförs torven i mixern och fördelas något i torven innan apparaten sätts igång. Detta görs för att stabiliseringsmedlet skall fördelas jämnare i torven och ej klumpa sig. Maskinen stoppas efter halva tiden för att lösgöra massa som fastnat på mixerbunkens kanter och blandningsverktyg. Denna massa skulle annars ej delta i blandningen vilket skulle kunna leda till en inhomogen blandning med ojämnt resultat som följd.

2.4.5 Packning av material i provtuber

Material packas antingen i standardprovhylsor med diametern 50 mm eller specialtillverkade provhylsor med diametern 68 mm och höjden 240 mm. Packningen utförs i lager om ca två till tre cm. Innan torven packas i tuben smörjs insidan av provtuben med vaselin för att provet inte skall fastna. Därefter vägs provtuben.

Vid packningen tillförs torv provtuben i form av små bitar ca. två cm i diameter. Dessa packas sedan lätt med en stav, som har diametern 2 cm i ett speciellt mönster enligt figur 2.4.1 för att driva ut instängd luft.



Figur 2.4.1 Packningsmönster.

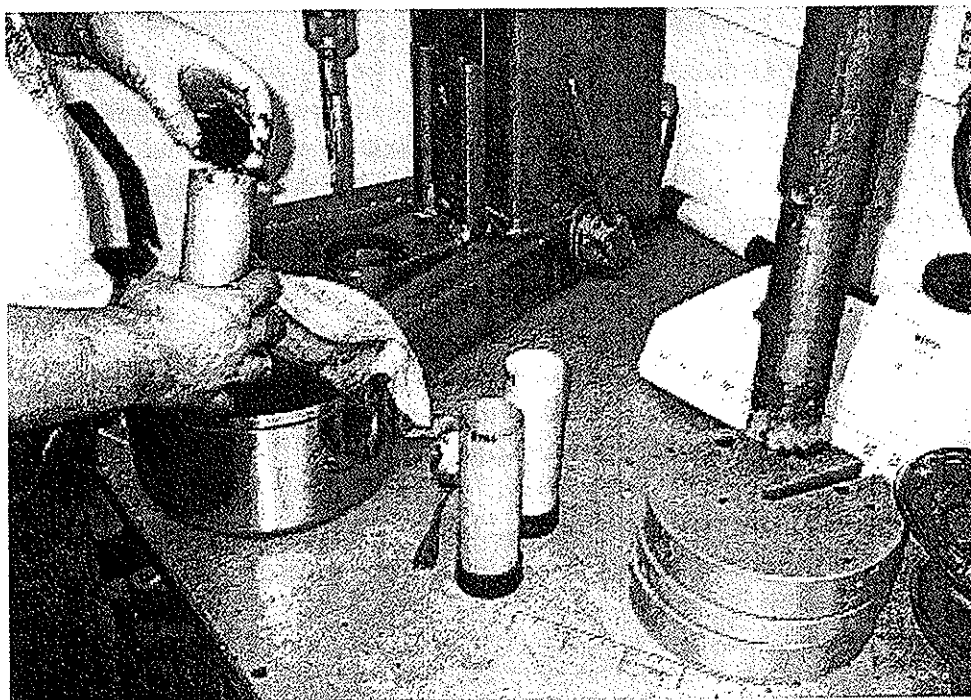
Efter packning av ett lager belastas hela ytan i provtuben statiskt med ca. 40 kPa under fem sekunder. Detta görs för att packningen skall vara lika varje gång så att proven blir så

homogena som möjligt. Belastningsstången har en vågig ändyta (figur 2.4.2). Vågigheten skall motverka att lagren glider inbördes vid enaxiella tryckförsök på grund av dålig vidhäftning mellan lagren vilket kan bli effekten om en slät stämp används (Knutsson, 1997). Detta leder till ojämna resultat och stor spridning. Innan nästa lager påförs dras en vass kniv tvärs dessa vågor som bildats av belastningsstången, även detta för att öka vidhäftningen mellan lagren.

När sista lagret färdigställts jämnas överytan till så att provet får en höjd av ca. 150 mm för 50 mm tuberna respektive ca. 210 mm för 68 mm tuberna. Om torvmassan har så hög vattenkvot att den är "rinnande" hålls den ned i provtuben till önskad nivå utan efterföljande packning.

Provtuben torkas sedan ren utanpå och inuti den bit som blir kvar ovanför det inpackade provet. När detta är gjort vägs provet med provtub och provets verkliga höjd mäts. Utifrån dessa data, samt tubvikten, kan skrymdensiteten före härdning beräknas och kompressionen under härdningsprocessen utvärderas.

Proverna tillverkas om max fem åt gången för att de inte skall stå för länge och härda innan de placeras i provriggen. Vid varje blandningsomgång tas minst ett prov ut från blandningen för att bestämma vattenkvot och glödningsförlust (enligt Svensk Standard 027125, 1991).



Figur 2.4.2 Packning av stabiliserad torv i provtuber. Till höger syns belastningsstången (med dess vågiga ändyta) som används för statisk belastning mellan varje lager.

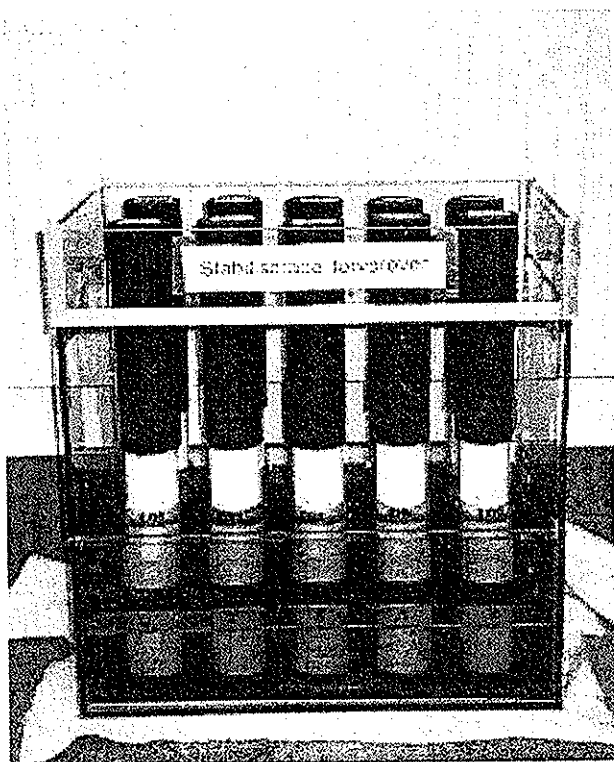
2.4.6 Lagring av prover under härdningstiden

När proverna är färdigpackade placeras de vertikalt i en provrigg (figur 2.4.3), där de får stå och härda under tryck samt med fri tillgång till vatten. Belastningen utgörs av ett rundstål med rätt vikt och överförs via en stämp till provet. I botten av provriggen och under stämpan placeras filter för att dränerade förhållanden skall råda under konsoliderings- och härdningsprocessen (figur 2.4.4). Provrighgen fylls sedan med vatten så högt att hela provet täcks, detta för att inte provet skall torka ut under härdningsprocessen.

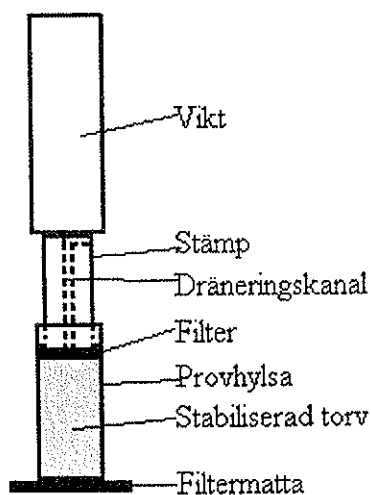
Utveckling av referensmetod

2. Material, tillverkning och provning

Härdningstiden och belastningen kan varieras så att de passar de verkliga förhållanden man vill efterlikna. Storleken på belastningen bestäms av hur stor överlast det är i verkligheten, det vill säga hur hög bank som skall användas (ca 10-60 kPa). Härdningstiden varieras från ca tre dagar och uppåt, vanligen 14 eller 28 dagar, och härdningen sker i rumstemperatur. När provet är nedsatt i riggen och vikten är påförd mäts dess nedsjunkning, dvs. hur mycket provet konsoliderar. Dessa mätningar görs vid vissa tidsintervall: 0, 2, 10, 30 min, 1 och 4 h samt 1, 7 och 14 dygn osv. Detta görs för att få långtidskonsolideringen under härdningstiden.



Figur 2.4.3 Stabiliserade torvprover i provrigg .



Figur 2.4.4 Genomsnitt av provuppställning i provriggen

2.5 Metodbeskrivning provning

2.5.1 Allmänt

Provning av stabiliserade torvprover sker genom enaxliga tryckförsök (Svensk Standard 027125). Vid enaxliga tryckförsök registreras aktuell kraft (N) relativt tiden (s) vilket ger ett kraft-tid diagram. Den odränerade skjuvhållfastheten utvärderas sedan genom att den maximala kraften divideras med två gånger tvärsnittsarean enligt teorin för enaxiellt tryckförsök.

Provtryckningsförfarandet kan delas upp i ett antal moment:

- Iordningställande av provkropp
- Provtryckning
- Mätningar

2.5.2 Iordningställande av provkropp

Innan provtryckning kan ske måste provkroppen trimmas till rätt längd. Den längd som provkroppen skall ha är diametern multiplicerat med två, det vill säga förhållandet 1:2 för att inte provets ändtytor skall inverka alltför påtagligt på resultatet.



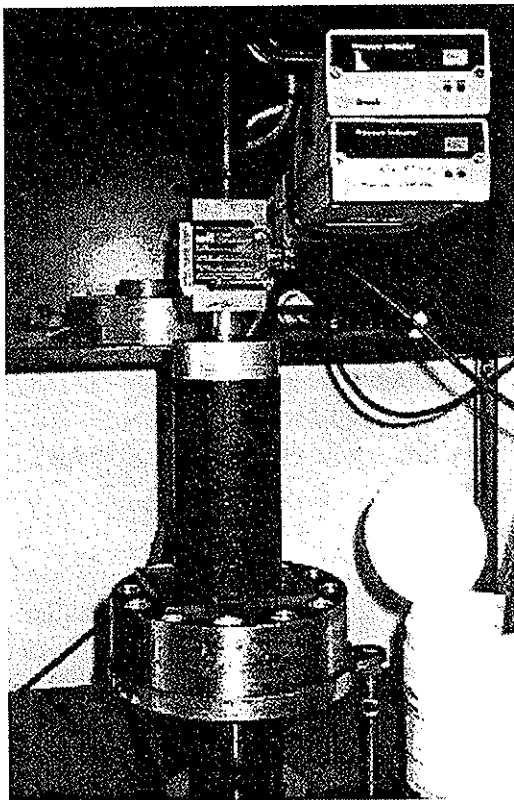
Figur 2.5.1 Trimning av prov.

Innan provkroppen trycks ut ur provtuben mäts dess längd och provet vägs för att kunna bestämma provets skrymdensitet efter härdning. Därefter trimmas provet, genom att nedre delen av kroppen kapas bort med hjälp av en ca 1 mm tjock och ca 150x70 mm stor plåt (typ sickel, se figur 2.5.1). Plåten förs försiktigt genom provet ca en halv cm ovanför provtubens kant. Provet trimmas sedan försiktigt mot tubkanten så att man får en hel och slät yta att ställa provet på. Denna försiktighet vid trimning vidtas för att inte förstöra provet.

Provet trycks sedan ur provtuben och höjden mäts samt en okulärbesiktning utförs och eventuella inhomogeniteter noteras.

2.5.3 Provtryckning

När provet är trimmat och tryckt ur tuben monteras det i tryckpressen (figur 2.5.2). Provkroppen ställs på en väl infettad plexiglasskiva och på toppen av provet placeras en plexiglasskiva med samma diameter som provet. Toppskivan skall även ha en halvrund ståldubb i mitten på översidan, för att provet skall hamna centriskt i tryckapparaten och kraften fördelas lika över hela provarean. Pressen startas och provet trycks ihop med en deformationshastighet på 1.5% per minut. Med hjälp av en datalogger registreras kraften relativt den aktuella tiden. Pressen får sedan gå till dess att ett tydlig brott i provkroppen kan observeras.



Figur 2.5.2 Provtryckning av torvprov.

2.5.4 Mätningar

När provningen är klar tas provet ut ur tryckpressen och brottfigurens utseende ritas upp. Nästa steg är att ta ut tre mindre prov ur provkroppen, ett i överdelen, ett i mitten och ett i nederdelen för bestämning av vattenkvot. Med detta förfarande att ta tre prover i varje provkropp kan eventuella skiftningar i vattenkvoten inom provet bestämmas.

2.6 Laborieförsök jämfört med verkliga förhållanden

2.6.1 Allmänt

Vid tillverkning och provning av stabiliserad torv i laboriemiljö görs försök att efterlikna de förhållanden som råder vid stabilisering i fält. Vissa parametrar och moment kan dock vara omöjliga att uppfylla och andra kan komma till för att det skall vara praktiskt genomförbart.

2.6.2 Förvaring

Förvaringen av upptagen torv innan tillverkning sker i kylskåp som håller 5-7°C vilket skall efterlikna de förhållanden som råder i marken. Förvaras torven i annan temperatur än den som råder i marken kan det orsaka att olika kemiska processer i torven sätts igång, vilket kan påverka dess ursprungliga egenskaper. Om torvens egenskaper ändras kan detta påverka hållfastheten vid en senare provning.

Laborieförsök bör alltså ske så fort som möjligt efter upptagningstillfället för att torvens egenskaper efter att den tagits upp ej skall hinna förändras.

2.6.3 Inblandningsprocessen

Vid inblandning av stabiliseringsmedel används en degblandare. Stabiliseringsmedlet blandas in i två minuter. Det arbete som tillförs torven genom detta förfarande överstiger vida det arbete som blandningsverktyget tillför en torv per volymenhet vid en stabilisering i fält. Tack vare den kraftiga blandningen blir proverna homogena och en högre hållfasthet erhålls än vad som normalt uppnås i fält. Det är dock nödvändigt att tillföra detta stora arbete då inhomogeniteter påverkar en provkropp i laboratorieskala mycket mer än vid blockstabilisering i fält. Inhomogeniteter i fält blir förhållandevis små i jämförelse med hela stabiliseringsvolymen och påverkar inte den totala hållfastheten så mycket.

2.6.4 Packningsprocessen

Packning av stabiliserad torv i provtuber är ett moment som inte alls har någon likhet med de förhållanden som råder i fält. För att på ett enkelt sätt kunna utföra prov på stabiliserad torv är metoden med packning i provhylsor det bästa alternativet.

2.6.5 Konsolideringsprocessen

Under härdning måste den stabiliserade torven belastas för att hållfasthetsökningen skall bli av betydande storlek. Detta görs i laboratorium genom att en stålvikt appliceras ovanpå provet direkt efter det att packningen i provhylsan är klar. Tyngden av den vikt som appliceras är lika stor som tyngden av den bank som läggs på ett stabiliserat område i fält. Denna bank skall även i fält läggas på så fort stabiliseringen är färdig.

Under konsoliderings- och härdningsprocessen förvaras proverna i vattenbad för att de skall ha fri tillgång till vatten vilket också är fallet i fält. Proverna förvaras dock i rumstemperatur under härdningen dvs. ca 15° högre temperatur än i verkligheten. Detta påskyndar härdningsprocessen och ger en snabbare hållfasthetstillväxt. Anledningen till att härdningsprocessen sker i rumstemperatur är ett beslut i EES där de menar att alla laborier skall kunna göra försök med stabiliserad torv utan att ha tillgång till stora kylrum vilket krävs om förvaringen skall ske i samma temperatur som i fält (5-7°C).

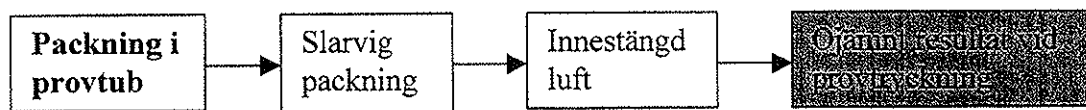
2.7 Riskanalys – kritiska moment vid tillverkning och provning

2.7.1 Packning i provtuber

Det mest kritiska momentet vid tillverkning och provning av stabiliserade torvprover är packningsmomentet. Vid slarv i detta moment erhålls inhomogena prover med stora luftporer vilket orsakar stor spridning i resultatet (figur 2.7.1). Den ursprungliga densiteten före härdning bestämmer även slutdensiteten och hållfastheten (kap. 4.1 om spridning). Detta medför att packningen av torv i provtuber skall ske med största noggrannhet och lika för varje prov.

Ett bra och enkelt sätt att säkerställa att packningen blir lika hela tiden är att applicera en statisk last efter varje lager som tillförs provet. Proverna packas i lager om 2-3 cm varpå den statiska lasten appliceras i ca. 5 sek. Om detta förfarande följs med största noggrannhet blir packningsarbetet i stort sätt lika för alla prov och därmed också densiteten efter konsolidering.

Det är också viktigt att rätt mängder torv och stabiliseringsmedel vägs upp och blandas samman för att slutresultatet skall bli så lika som möjligt.



Figur 2.7.1 Packning.

2.7.2 Blandningstid

Vid blandning av torvprover är det viktigt att beakta inblandningstiden. En blandningstid där provet blir homogent, men ej överblandat, eftersträvas. Om provet blandas för lång tid blir det mycket homogent men torvens fibrer slås sönder vilket leder till att hållfastheten kan bli lägre än för ett optimalt blandat prov. Om provet blandas för kort tid kan inhomogeniteter uppstå i provet vilket leder till ojämna resultat.

Inblandning av stabiliseringsmedel in situ ger mycket inhomogeniteter dvs. allt från väl blandad till helt oblandad torv. Detta är dock fullt acceptabelt då inhomogeniteterna är relativt små i jämförelse med den stabiliserade volymen. Vid tillverkning av provkroppar i laboratorieskala kan dock inga stora inhomogeniteter accepteras då dessa utgör brottanvisning och påverkar resultatet negativt.

Blandningstiden bör därför väljas så att massan blir homogen men inte "överblandad" och att det går att relatera till fältförhållanden. Blandningstiden avgörs också av hur effektiv blandningsutrustning som används samt hur stor volym som blandas åt gången. Det vill säga det arbete som tillförs blandningen varierar mellan olika blandningsutrustningar. Blandningen bör pågå tills dess att den är homogen vilket tar ca 2 min. Blandningstiden skall vara lika för alla prov för att resultaten skall kunna jämföras.

2.7.3 Härdning-konsolidering

Under konsoliderings- och härdningstiden är det viktigt att proverna får stå i vattenbad så att de ej tillåts torka. Uttorkning gör att härdningsprocessen avstannar och ett icke dugligt resultat erhålls. Det är även viktigt att se till att stämpan ej går trögt eller har fastnat i provtuben. Detta säkerställs genom att provtuben och stämpan infettas väl med lämpligt fett (vaselin). Om stämpan går trögt eller fastnar konsoliderar provet inte som det skall med ett jämnt resultat som följd.

Prover som konsoliderat dåligt kan uteslutas ur gruppen om det är uppenbart att de har lägre hållfasthet och densitet än övriga. Detta kan konstateras om konsolideringen mäts i tiden och provets densitet mäts före och efter härdning. För att utesluta ett avvikande prov krävs att flera prover görs av samma sort så att avvikelser kan observeras.

2.7.4 Enaxliga tryckförsök

Vid enaxliga tryckförsök är det viktigt att se till att tryckpressen är inställd på rätt deformationshastighet. Om olika provkroppsdiamentrar används måste deformationshastigheten på pressen ställas om så att rätt hastighet används till rätt provkropp.

2.7.5 Provtagning

Det är viktigt att se till att all provtagning som vattenkvot, skrymdensitet, mm utförs på alla prover. Görs ej detta kan det vara svårt att förklara avvikelser som uppstår när spridningen blir så stor att resultaten blir svårtolkade.

2.7.6 Utvärdering

Vid utvärdering av ett resultat bör alla uppmätta parametrar analyseras för att upptäcka ev. avvikelser. Detta är särskilt viktigt om något prov fått en avvikande hållfasthet mot övriga prover. Om detta görs noggrant kan eventuellt avvikande prover uteslutas och det blir lättare att utvärdera resultatet och ett säkrare slutresultat erhålls.

3. FÖRSÖKSPROGRAM

3.1 Undersökta parametrar

3.1.1 Allmänt

För att utveckla den referensmetod som redan finns i bruk är det en del parametrar som är speciellt intressanta att titta på. I samråd med framför allt Svensk Djupstabilisering och Cementa AB definierades en rad parametrar som skulle undersökas. Utifrån dessa parametrar upprättades en provplan som följts i möjligaste mån. De parametrar som skulle undersökas redovisas i tabell 3.1.1:

Tabell 3.1.1 Undersökta parametrar.

Nr.	Parameter
1.	Spridning av hållfasthet
2.	Provkroppsstorlek
3.	Lagring av torv
4.	Inblandningstid
5.	Uttag av provkropp
6.	Blandningsapparat
7.	Torvtyper
8.	Bindemedelstyp
9.	Frysning
10.	Markprofil
11.	Härdningstid
12.	Belastning under härdning

3.1.2 Beskrivning av undersökta parametrar

Vilka parametrar som undersöktes i de olika provomgångarna kan utläsas i tabell 3.3.2

Parameter 1. Spridning

Dessa försök utfördes för att undersöka hur stor spridningen inom en provgrupp kan förväntas vara vid samma tillverkningsförfarande. Detta kan sedan ligga till grund för bedömning av hur tillförlitliga provresultaten är, samt hur många prover som bör tillverkas parallellt i grupp. I omgångarna 1-4 har flera provserier tillverkats med variation i bl.a. provstorlek, torvtyp, härdningstid etc.

Parameter 2. Provkroppsstorlek

Allmänt rekommenderas att tillverkade torvprovkroppar skall ha en diameter av 68 mm. Normalt används för annan verksamhet standardprovtuber med diametern 50 mm och här har vi tittat på hur just storleken på provet påverkar hållfasthet och spridning vid tillverkning. Flera olika provserier (se parameter 1. spridning) har tillverkats för att kunna jämföra resultaten för olika provdiametrar.

Parameter 3. Lagring av torv

Normalt skall tillverkning ske så fort som möjligt efter upptagning av torv men det kan ändå vara bra att ha klart för sig hur hållfastheten påverkas om torven blir liggande. Dock har det här förutsatts att torv alltid lagras i täta plastpåsar och i kylskåp. Endast ett fåtal försök (omgång 3) har gjorts i denna provplan där torv lagrats i en månad.

Parameter 4. Inblandningstid

Inblandningstiden påverkar hur väl stabiliseringsmedlet sprids i torven men även hur mycket själva torven påverkas vid omblandning i form av sönderslagning, partikelstorlek, fiberarmering etc. Det kan vara svårt att definiera den optimala inblandningstiden då en lång inblandningstid ger en bra inblandning men en kanske alltför sönderdelad torv med reducerad hållfasthet som följd. Ett antal provserier (omgångarna 3-4) tillverkades med variation i inblandningstiden. Hur olika stabiliseringsmedel reagerar på tidsvariationer undersöktes också.

Parameter 5. Uttag av provkropp

Under hårdning belastas provet och härvid uppkommer ojämnheter i provkroppen pga. att konsolideringen varierar inom provet vilket påverkar vattenkvot och packningsgrad etc. Detta gör att provet blir aningen hårdare i övre delen av provet. När provet skall provtryckas kapas det så att förhållandet höjd-diameter blir 2:1. Här görs en jämförelse mellan att ta ut provet från övre delen respektive undre delen av det tillverkade provet (omgång 2) .

Parameter 6. Blandningsapparat

Vid inblandning av stabiliseringsmedel kan olika blandningsapparater användas. Dessa kan vara mer eller mindre effektiva och därmed påverka slutresultatet starkt. I dessa försök jämförs en vad man får antaga effektiv degblandare (grundrecept) med en vanlig köksmixer. Inblandningstiden varierar för att en jämförelse skall kunna göras i tiden. Flera olika serier har tillverkats (omgångar 3-4) med varierande tid, torvtyp, stabiliseringsmedel etc.

Parameter 7. Torvtyper

Olika torvtyper reagerar olika på kemisk stabilisering samt de olika material- och tillverkningsfaktorer som undersöks i detta arbete. De torvtyper som i första hand är intressanta att jämföra är torv med olika humifieringsgrad. Det är även intressant att se på skillnaden mellan torv från norra respektive södra delen av Sverige, eftersom de består av olika ursprungsmaterial.

Parameter 8. Bindemedelstyp

I huvudsak används en blandning bestående av 50 vikt-% Cement och 50 vikt-% Merit 5000 i dessa försök. En kompletterande jämförelse görs även med Hyttsten vilket är ett alternativt medel till Meriten. Produkterna är slaggprodukter från stålframställning och de har i stort sett samma ursprung men förekommer i olika fraktioner och blandningar. I dessa försök är Meriten mer pulveriserad än Hyttstenen som är i fraktionen 0-3 mm. Ett antal provserier har tillverkats (omgångar 3-4) för att se om dessa olikheter påverkar resultatet i hållfasthet, hårdningstid etc.

Parameter 9. Frysning

Om och hur stabiliserade torvprover påverkas av nedfrysning är i det närmaste okänt. Här görs en förstudie med fokusering på hur stabiliserade torvprover påverkas av ökat antal fryscyklar, dvs. upprepade frysnings och tiningscyklar. Antalet fryscyklar varieras från 1, 2, 4, till 8 cykler och detta görs i omgång 2. Längden på en frys- tiningscykel, är tre dygn i frysen (-10°C) och 4 dygn i rumstemperatur.

Parameter 10. Markprofil

Torvavlagringarnas egenskaper som humifieringsgraden och pH-värde mm kan variera kraftigt med djupet. När torvens egenskaper ändras kan stabiliseringseffekten påverkas. Här görs en enklare undersökning (omgång 2) om hur hållfastheten hos stabiliserade prover tillverkade av torv från olika djup kan variera.

Parameter 11. Härdningstid

Normalt skall stabiliserade torvprover härda i 28 dygn. Hållfasthetstillväxten är störst i början och avtar efterhand med tiden. Tidigare försök vid Luleå tekniska universitet visar att en stor del av hållfasthetstillväxten sker under de 14 första dygnen. Det kan vara av stor vikt att tidigt kunna se hur hög hållfasthet som uppnås, då tidschemat är hårt pressat i många projekt. Det är därför av stor vikt att ha en så kort härdningstid som möjligt. En provserie (omgång 1) har tillverkats med varierande härdningstid från 3-85 dygn, men även omgångarna 2 och 3 har olika härdningstider.

Parameter 12. Belastning under härdning

Stabiliserade torvprover belastas under härdning och olika belastningar ger olika sluthållfastheter. Normalt används en belastning på 18 kPa vilket skall motsvara en ca. 1 m hög vägbank. Denna belastning kan dock i vissa fall varieras beroende på vad som avses att byggas. Här har belastningen varierats (omgång 1) från 10 till 40 kPa för att titta på skillnaderna i hållfasthet och spridning. En utvärdering kan även göras av referensprover till frysprover (omgång 2), vilka har belastats med 40 kPa.

3.2 Utvärderade fysikaliska parametrar

3.2.1 Allmänt

Prover har tagits och försök har utförts i stor omfattning för att kunna bestämma olika parametrar så som vattenkvot, vattenhalt, torrsubstans, glödningsförlust, skrymdensitet, konsolidering, pH och konduktivitet. Dessa parametrar har vid utvärderingen visat sig ha mer eller mindre påverkan på resultatet. En del av parametrarna har ett beroende mellan varandra vilket gör att avvikelser från dessa beroenden kan förklara eventuella hållfasthets variationer. Alla mätningar, provningar och beräkningar av dessa parametrar har utförts enligt svensk standard.

3.2.2 Parametrar

Vattenkvot, vattenhalt och torrsubstans

Vattenkvot (w), vattenhalt (Vh) och torrsubstans (TS) kan beräknas utifrån samma provning, dvs. material vägs, torkas och vägs igen.

- Vattenkvot $w = \frac{m_w}{m_s}$
- Vattenhalt $Vh = \frac{m_w}{(m_w + m_s)}$
- Torrsubstans $TS = \frac{m_s}{(m_w + m_s)}$

Torv innehåller mycket vatten vilket gör att vattenkvoten oftast ligger mellan 300-1500%. Denna parameter varierar inom ett mycket stort område och det kan vara svårt att få någon bra bild av förhållandet mellan vatteninnehåll och torrsubstans. Vattenhalten däremot visar direkt hur stor del av provet vattnet upptar och är därför mycket lättare att utvärdera. Vattenhalten brukar ligga mellan ca. 80-95%, resterande del är torrsubstans. Vattenhalten brukar hamna på i stort sett samma nivå för prover som tillverkats med samma recept. Om vattenkvoten för ett prov är högre än de andra proverna brukar detta tyda på att provet konsoliderat sämre av någon anledning.

Dessa parametrar tas fram för både stabiliserad och ostabiliserad torv och dessutom före och efter härdning.

Glödgningsförlust

Glödgningsförlust (g) bestäms på både stabiliserad och ostabiliserad torv. Torv som torkats för att bestämma parametrarna ovan används i dessa försök. Provet mals och förbränns i 800°C i en timme varpå glödgningsresten vägs. Med dessa värden kan sedan glödgningsförlusten eller askresten beräknas. Har glödgningsförlusten onormalt högt värde för något enskilda prov och uppmätt skjuvhållfasthet är låg kan det misstänkas att för lite stabiliseringsmedel har blandats in.

Skrymdensitet

Skrymdensiteten (ρ) erhålls genom att väga och mäta längden på de färdigpackade proverna och väga provhysan, varefter beräkningar kan göras. Detta görs både före och efter konsolidering vilket ger ett mått på hur skrymdensiteten ändrats under konsolideringen. Skrymdensiteten har ett starkt beroende med hållfastheten där hög skrymdensitet ger hög hållfasthet vid jämförelse mellan prov som har samma utgångsrecept.

Konsolidering under härdningstiden

Långtidskonsolideringen erhålls genom att nedsjunkningen av belastningsstängerna mäts manuellt vid vissa tidsintervaller under härdning. Både densitet och vattenkvot i ett prov påverkas kraftigt av konsolideringsprocessen. Om provet konsoliderat dåligt till följd av att stämpan har fastnat eller gått trögt i provtuben får provet en lägre densitet och en högre vattenkvot. Detta kan konstateras vid en jämförelse med andra prover som tillverkats med

samma recept och på samma sätt. En följd av detta är att provet får en lägre skjuvhållfasthet. Prover som uppvisar sådana avvikande värden på skjuvhållfastheten kan då uteslutas ur provserien.

Kompression

Kompressionen vid provtryckning beräknas som ihoptryckningen fram till brott dividerat med ursprunglig provlängd. Denna parameter visar om provet är sprött eller mjukt dvs. hur stor spänningen är i förhållande till kompressionen, innan provet går till brott. Här brukar det synas om provet har något avvikande värde från det som är normalt för ovan uppräknade parametrar.

pH och konduktivitet

pH och konduktivitet mäts med en speciell pH- och konduktivitets-mätare i vatten som kramats ut ur torven för hand. På grund av svårigheterna att krama ut vatten ur stabiliserad torv mäts pH och konduktivitet endast i ostabiliserad torv. Svårigheterna med att krama ut vatten uppstår även då en höghumifierad torv analyseras. Dessa värden på pH och konduktivitet kan sedan användas vid analys av hållfasthets-variationer för stabiliserade torvprover som tillverkats av olika torvtyper (kap. 4.5 om Torvtyper).

3.3 Försöksupplägg

För att kunna täcka in alla parametrar på ett tillfredställande sätt krävdes att ett stort antal provkroppar tillverkades. Detta medförde att tillverkning av provkroppar skedde i fyra olika omgångar. Det maximala antalet prover per omgång uppgick till 75 st, beroende på platsbrist i provriggar etc. Den ursprungliga provplanen krävde att 158 provkroppar skulle tillverkas, men detta svälde snabbt under projektets gång och till slut var antalet 249 st. Vissa prover har gått att kombinera för att få fullständiga provserier, det vill säga de har samma recept. Därför överstiger totala antalet prover i provplanen det verkliga antalet tillverkade provkroppar.

Vid tillverkningen av de stabiliserade torvproverna har vi hela tiden utgått från ett grundrecept (tabell 3.3.1). Vid undersökning av respektive parameter varierades endast det som var intressant för den parametern. De olika tillverkningsomgångarna 1-4 redovisas här allmänt i tabell 3.3.2 och mer detaljerade fakta kan utläsas i bilaga 2 provplaner.

Tabell 3.3.1 Grundrecept för inblandning.

Parameter	Nivå (Värde)
Provstorlek	50 mm
Inblandningstid	2 minuter
Härdningstid	14 dygn
Blandningsapparat	Degblandare
Bindemedel	50/50 vikt-% Cement/Merit 5000
Bindemedelsmängd	200 kg/m ³
Temp. under härdning	Rumstemperatur
Belastning	20 kPa
Provkropp	Ovandel provtrycks

Utveckling av referensmetod
3. Försöksprogram

Tabell 3.3.2 Provomgångar.

Omgång 1

Nr.	Parameter	Antal	Variation
1.	Spridning	10	Torv T1, 50 mm
		10	Torv T1, 50 mm, separat inblandning
		10	Torv T1, 50 mm, separat inblandning
		10	Torv T1, 68 mm
		10	Torv T1, 68 mm, separat inblandning
12.	Belastning under härdning	9	T1, 3/grupp 10, 20 och 40 kPa
11.	Härdningstid	15	T1, 3/grupp 3, 7, 14, 28 resp. 85 dygn
	Summa	74	

Omgång 2

Nr.	Parameter	Antal	Variation
1.	Spridning	10	Torv T2, 68 mm
		10	Torv T2, 50 mm
9.	Frysning	12	T1, 3/grupp, frysprover med 1, 2, 4 och 8 fyscykler
		12	T1, Referens till frysprover
5.	Uttag av provkropp	6	T2, 3/grupp, 50 resp. 3 st 68 mm jmfr. med prover från spridningen.
10.	Markprofil	16	Två prov/nivå i två provpunkter
	Summa	66	

Omgång 3

Nr.	Parameter	Antal	Variation
1.	Spridning	8	Torv T2, 68 mm, 28 dygn
		10	Torv T2, 50 mm, 28 dygn
8.	Bindemedelstyp	9	T2, 3/grupp, Hyttsten, 1, 2 och 5 min.
		9	T2, 3/grupp, Hyttsten, 1, 2 och 5 min., köksmixer
4.	Inblandningstid	9	T2, 3/grupp, Inblandning 1, 2 och 5 min.
		9	T2, 3/grupp, Inblandning 1, 2 och 5 min., köksmixer
3.	Lagring av torv	3	T2, Lagrad 1 månad
	Summa	57	

Omgång 4

Nr.	Parameter	Antal	Variation
1.	Spridning	10	Torv T3, 68 mm
		10	Torv T3, 50 mm
8.	Bindemedelstyp	9	T3, 3/grupp, Hyttsten, 1, 2 och 5 min.
		9	T3, 3/grupp, 1, 2 och 5 min.
7.	Torvtyper	24	Torv från södra Sverige, Smista Allé
	Summa	62	

4. FÖRSÖKSUTVÄRDERING

4.1 Spridning

4.1.1 Allmänt

För att en referensmetod skall vara användbar bör spridningen i hållfasthet hos tillverkade provkroppar vara så liten som möjligt. Allmänt används resultatet för att kunna förutsäga om aktuell organisk jord kan stabiliseras på kemisk väg eller ej. Resultatet i stabiliseringseffekt kan skilja mellan laboratorium och fält varför valet av hållfasthet alltid görs med stor försiktighet.

Ett stort antal parametrar påverkar hållfastheten hos den stabiliserade torven och då inte minst jämnheten hos de tillverkade provkropparna. Med dessa försök har vi försökt att få fram en metod som genererar värden som med tillräcklig säkerhet kan förutsäga sluthållfastheten både vad gäller storleksordning och inte minst den sannolika spridningen.

4.1.2 Försök

För att studera spridningen har totalt 101 st användbara provkroppar tillverkats och provtryckts enligt nedanstående omgångar. I omgång 1 har proverna E11-E20, E21-30 samt E41-E50 blandats separat dvs. ett och ett i degblandaren. Utöver dessa har alla prover blandats homogeniserade (samtidigt) med 50 mm prover 3-4 st åt gången och 68 mm prover 2 st åt gången.

Tre olika torvtyper (tabell 4.1.1) har använts för varje omgång. I omgång 1 har torv T1 använts, i omgångarna 2-3 har torv T2 använts och i slutomgång 4 har torv T3 använts (se kap. 2.1). För omgång 2 och 3 har samma torv använts men härdningstiden förlängts då den ökats från 14 till 28 dygn. Nedan redovisas alla provnummer för respektive omgång.

Omgång 1

- E1-E10: Spridning i hållfasthet, 50 mm.
- E11-E20: Spridning i hållfasthet, 50 mm.
- E21-E30: Spridning i hållfasthet, 50 mm.
- E31-E36: Spridning i hållfasthet, 68 mm.
- E41-E50: Spridning i hållfasthet, 68 mm.

Omgång 2

- E69-E78: Spridning i hållfasthet, 68 mm.
- E79-E88: Spridning i hållfasthet, 50 mm.

Omgång 3

- E138-E145: Spridning i hållfasthet, 68 mm.
- E148-E157: Spridning i hållfasthet, 50 mm.

Omgång 4

- E197-E206: Spridning i hållfasthet, 68 mm.
- E207-E216: Spridning i hållfasthet, 50 mm.

4.1.3 Resultat och utvärdering av provserier

Jämförelse mellan de elva olika blandningsomgångarna visar på en relativt jämn spridning där avvikelserna är av samma storleksordning för varje provgrupp. Den procentuella avvikelserna ligger enligt tabell nedan i de allra flesta fall kring 5-10%. Tittar man på en provgrupp med tio prover som blandats i mindre grupper om 2-4 st. åt gången så tenderar spridningen att minska inom dessa mindre grupper som blandats gemensamt.

Vattenkvoten ligger före härdning på i stort sett samma nivåer för de tre första provomgångarna men är något lägre för den sista, där torv T3 användes (tabell 2.1.1). Denna torv var efter inblandning av stabiliseringsmedel kletig och seg vilket kan ha medfört att den var svår att packa homogent i provtuben. Detta bekräftas av att provkropparna vid okulärbesiktning efter härdning hade många och stora porer samtidigt som de hade en lägre densitet än genomsnittet både före och efter härdning. Materialet var helt enkelt svårpackat och luftporer tenderade att stanna kvar i det täta och sega provet.

Andra prover man kan studera spridningen hos är prover där inblandningstiden varierats, proverna E158-E190 och E217-E230 i omgångarna 3 (torv T2) resp. 4 (torv T3). Här är standardavvikelsen beräknad i grupper om tre prov och det är mycket svårt att se ett samband för avvikelserna. Det förefaller dock som om en alltför kort inblandningstid kan medföra att spridningen ökar. Bortser man från inblandningstiden 1 min. så ligger avvikelserna för omgång 3 mellan 2 och 9% i standardavvikelse och mellan 1 och 10% för omgång 4.

Tabell 4.1.1 Provgruppers hållfasthet och avvikelse.

Serie	Prov nr.	Antal	Torvtyp [T1-T3]	Diameter [mm]	Inblandning [prov/gång]	Hållfasthet [kPa]	Std. avvikelse [kPa] [%]
1	E1-E10	10	T1	50	3+3+4	86.8	6.7 7.7
2	E11-E20	10	T1	50	1*10	94.3	5.6 6.0
3	E21-E30	10	T1	68	1*10	84.6	5.9 6.9
4	E31-E36	6	T1	68	2+2+2	81.7	3.7 4.5
5	E41-E50	9	T1	68	1*9	75.8	6.0 7.9
6	E69-E78	8	T2	68	2*4	72.1	9.3 7.3
7	E79-E88	10	T2	50	3+3+4	92.0	5.4 5.8
8	E138-E145	8	T2	68	2*4	87.8	7.7 8.7
9	E148-E157	10	T2	50	3+3+4	109.9	7.3 6.6
10	E197-E206	10	T3	68	2*5	36.6	2.0 5.4
11	E207-E216	10	T3	50	3+3+4	37.8	4.8 12.6

Härdningstid

Standardavvikelsen förbättras ej mellan omgångarna 2 och 3 där härdningstiden förlängs utan här påverkas endast hållfasthetsnivån då den ökar något.

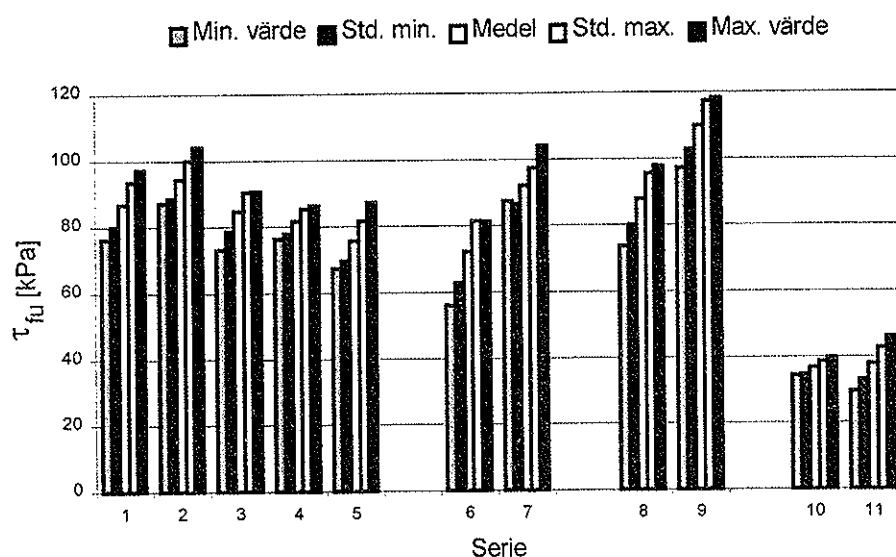
Separat inblandning

Om provkroppar blandas separat (ett och ett) kan man tänka sig att spridningen blir större men så verkar ej vara fallet. Medelvärde för de tre grupperna (serie 2, 3 och 5 i tabell 4.1.1) med separata prover har det procentuella medelvärdet i standardavvikelse på 6.9% och ligger på samma nivå som för de homogent blandade enligt tabell 4.1.1. Detta är naturligtvis beroende

av hur homogen torven är som proverna tas ut ifrån. Dessutom omblandades torven för hand ca. 1 minut innan torv togs ut och vägdes upp för varje prov.

Provkroppsstorlek

Den mindre provkroppsdiametern 50 mm verkar ej ha någon direkt negativ inverkan på standardavvikelse vid jämförelse med 68 mm. För den mindre diametern ligger den på 7.7% men om den sista provserien 11 i tabell nedan med avvikande värden tas bort ligger den på 6.52%. Avvikelsen i provserie 11 kan förklaras med att den procentuella standardavvikelsen ger större utslag när hållfastheten är låg. För den större provkroppsstorleken ligger motsvarande siffra på 6.8% och detta kan betraktas som helt likvärdigt. I figur 4.1.1 nedan redovisas resultatet schematiskt och värdena är de samma som i tabell 4.1.1.



Figur 4.1.1 Hållfasthet med avvikelser hos provgrupper.

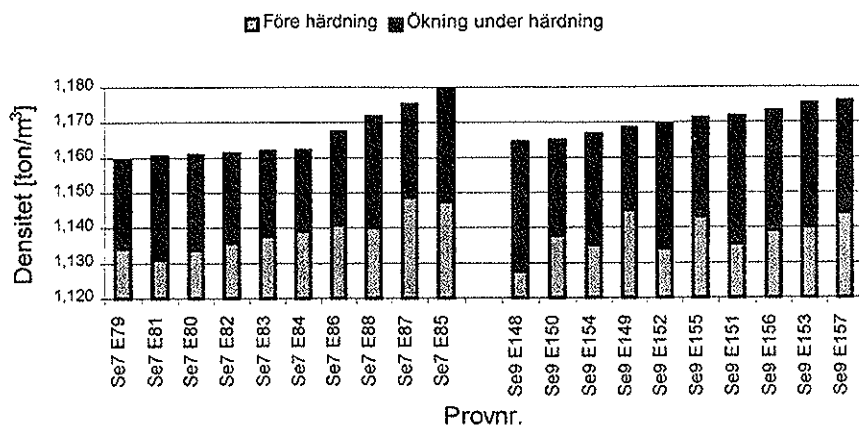
Beroendefaktorer

Hållfastheten efter härdning kan bero av flertalet olika faktorer. Ett säkert samband kan man finna mellan hållfastheten och densiteten hos den stabiliserade torven (figur 4.1.3-4.1.4). Slutdensiteten är klart beroende av hur hårt packat provet blivit vid tillverkning och detta påverkar därför även sluthållfastheten. Ett hårt packat prov får en hög slutdensitet och därmed en hög hållfasthet (figur 4.1.2). Strävar man efter att få en låg spridning bör man således se till att proverna packas likartat.

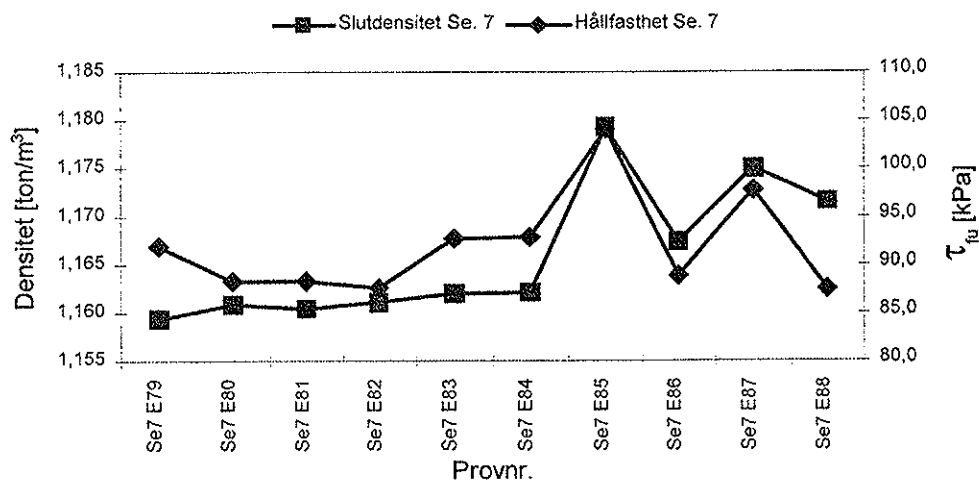
Tittar man på densiteten inom en provserie kan man direkt se om proverna är jämnt packade och i så fall kommer att få en tillfredställande spridning.

Utveckling av referensmetod

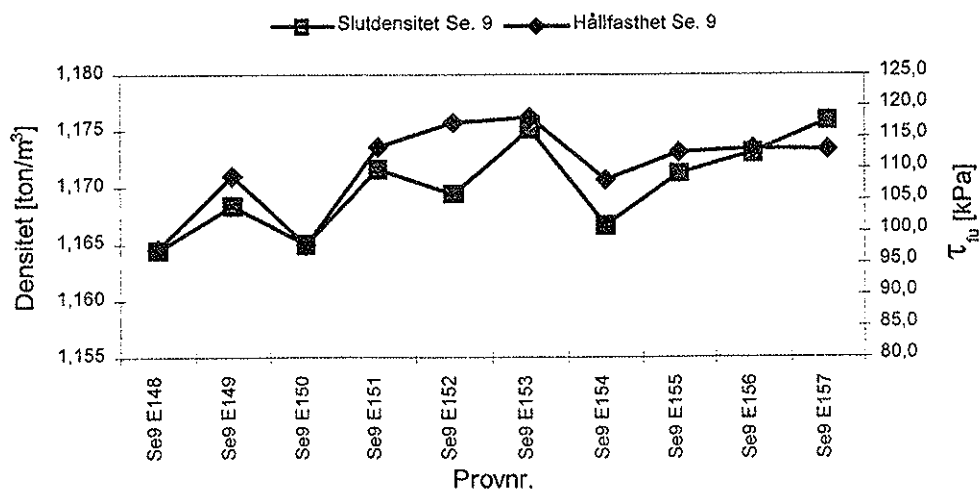
4.1 Spridning



Figur 4.1.2 Skrymdensitet i storleksordning före härdning och ökning under härdning.



Figur 4.1.3 Korrelation mellan hållfasthet och skrymdensitet för serie 7.



Figur 4.1.4 Korrelation mellan hållfasthet och skrymdensitet för serie 9.

4.1.4 Slutsats

Standardavvikelsen förefaller ligga under 10% för provserier bestående av såväl grupper av tre som för grupper med upp till tio provkroppar. Detta verkar vara oberoende av härdningstiden. Antalet provkroppar som blandas samtidigt påverkar ej avvikelsen nämnvärt så länge man håller sig kring ett mindre antal provkroppar som i dessa försök. Blir antalet fler än fyra, är det tänkbart att spridningen ökar då det finns risk för att stabiliseringsmedlet ej sprids tillräckligt bra vid för stora torvmängder.

Ett intressant resultatet vad gäller spridningen är att en minskad provstorlek ej har någon större påverkan på spridningen. Försöken visar att provkroppar med diametern 50 respektive 68 mm har i stort sett samma standardavvikelse.

Den parameter som har det starkaste sambandet med spridningen i en provserie är densiteten hos provkroppen. Ett hårt packat prov får en högre slutdensitet efter härdning och därmed en högre hållfasthet vid provtryckning, jämfört med ett prov som ej är packat lika hårt. Det är därför viktigt att packningen utförs lika i alla prov så att spridningen i densiteten och hållfastheten blir så liten som möjligt.

4.2. Lagring av torv före tillverkning

4.2.1 Allmänt

Denna parameter undersöks för att utröna om lagring av torv före provkroppstillverkningen har någon inverkan på hållfastheten. Om torv lagras en längre tid kan dess egenskaper förändras, så som vattenkvot, pH-värde mm. Det är därför viktigt att vidta åtgärder som förhindrar att dessa processer sker. Förvaringen bör därför ske så likt verkliga förhållanden som möjligt dvs. väl tillslutet så vatten inte kan avgå och luftens syre inte kan komma åt och oxidera torven. Den temperatur som råder i marken där torven togs skall också eftersträvas vid lagringen. Detta medför att torv bör förvaras i kylskåp då temperaturen i en torvmosse brukar vara ca. +5-7°C.

Lagringstiden i kylskåp kan påverka torven vilket medför att även stabiliseringseffekten kan påverkas. Det är detta vi vill undersöka med dessa försök.

4.2.2 Försök

Denna parameter testades i provomgång 3 och torv T2 användes vid tillverkningen. T2 var en låghumifierad (H2-3) norrlandstorv.

Försöksserien lades upp på så sätt att prover tillverkades av färsk torv som kom direkt från upptagningsplatsen. Resultatet från dessa prov jämfördes med resultatet från prov som tillverkats av torv som lagrats en månad i kylskåp. Följande prover tillverkades:

- E154-E156 Prover tillverkade av färsk torv
- E191-E193 Prover tillverkade av torv som lagrats en månad

4.2.3 Resultat

Vid en första utvärdering av resultaten kan det utläsas att de lagrade proverna har en något lägre hållfasthet än referensproverna som tillverkades av färsk torv. Detta kan konstateras vid en analys av medelvärdet som för de tre lagrade proverna är (98.34 ± 13.76) kPa och för de färska proverna (111.31 ± 2.73) kPa (figur 4.2.1). Densiteterna för de lagrade proven är något lägre (1.156 t/m^3) än referensproverna ($1,170 \text{ t/m}^3$).

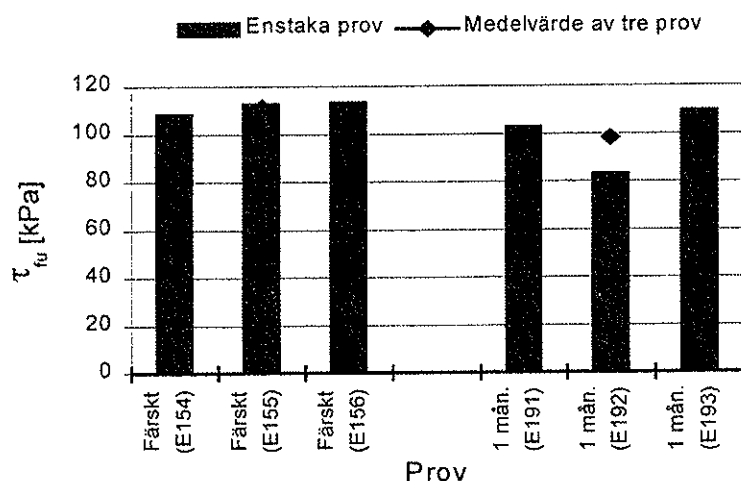
En avvikelse kan observeras för konsolideringen av prov E192. Detta har endast konsoliderat 7%. Utesluts detta prov blir medelvärdet (106.04 ± 4.90) kPa för de återstående två lagrade proverna.

Övriga parametrar har normala värden vid en jämförelse med tidigare omgångar.

Brottytorna var jämna och provkropparna var relativt homogena vid okulärbesiktning.

4.2.4 Utvärdering

När resultaten från den lagrade torvens prover utvärderas kan det konstateras att medelvärdet för de tre proverna understiger värdet för de som tillverkades direkt. Detta beror på att ett av proven har en lägre hållfasthet vilket får sin förklaring då konsolideringen analyseras. Här kan utläsas att konsolideringen för provet med lägre hållfasthet endast är hälften så stor som för de andra två proverna. Den låga konsolideringen har gett ett lägre värde på densiteten vilket i sin tur påverkar hållfastheten negativt. En trolig orsak till att provet inte konsoliderat normalt är att stämpan gått trögt i provtuben. Utesluts detta prov kan det inte sägas att den ena provgruppen har någon signifikant högre hållfasthet än den andra.



Figur 4.2.1 Hållfasthet hos prover vid olika lagringstid av torv före tillverkning.

4.2.5 Slutsats

En direkt slutsats som kan dras av detta resultat är att om torven lagras på rätt sätt dvs. väl tillsluten och i kylskåp ca +5-7°C, kan den ligga åtminstone en månad utan att hållfastheten påverkas. Denna tid bör sannolikt vara mer än nog i de flesta fall då tillverkningen bör ske så fort som möjligt för att beställaren skall få sina uppgifter i tid. Det är dock ingen nackdel att tillverka proverna med så färsk torv som möjligt. Detta för att torvens egenskaper är olika från plats till plats. Alltså kan det finnas torvsorter som ändrar karaktär så mycket efter lagring i 1 månad att resultatet påverkas i någon ogynnsam riktning.

Denna begränsade studie av lagringstid är dock för liten för att dra några definitiva slutsatser och därför krävs att fler försök görs.

4.3 Inblandningsapparat, inblandningstid och bindemedelstyp

4.3.1 Allmänt

Att blanda och stabilisera torv är en relativt ny företeelse och erfarenhet saknas ute på laboratorierna. Normalt har man en vanlig köksmixer eller assistent tillhands och då används den som blandningsapparat. Vid Luleå tekniska universitet, avd. för geoteknik, används en degblandare som möjligen kan vara effektivare än en vanlig köksmixer genom att ett större arbete tillförs.

4.3.2 Försök

Med dessa försöksserier har vi försökt utreda hur beroende stabiliserade torvprover är av vilket inblandningsredskap som används, i kombination med olika inblandningstider och bindemedel. De inblandningsredskap som använts är en degblandare (ses till vänster i figur 2.4.2 sid. 12) och en vanlig köksmixer (ses till höger i figur 2.4.2 sid. 12). Sex olika provserier tillverkades med nio provkroppar i varje och varierande torvtyp (tabell 4.3.1). De blandades tre och tre genom att torv vägdes upp för tre provkroppar, homogeniserades och blandades med Cement och Hyttsten eller Merit som stabiliseringsmedel. Inblandningstiden varierades för att se hur den påverkade blandningsarbetet. Normalt rekommenderas 5 minuter men i dessa försök valdes inblandningstiden till 1, 2, resp. 5 minuter. Följande prover tillverkades:

- E158-E166: T2 Varierande inblandningstid, Cement-Hyttsten och degblandare.
- E167-E175: T2 Varierande inblandningstid, Cement-Hyttsten och köksmixer.
- E176-181: T2 Varierande inblandningstid, Cement-Merit och degblandare.
- E182-190: T2 Varierande inblandningstid, Cement-Merit och köksmixer.
- E217-225: T3 Varierande inblandningstid, Cement-Hyttsten och degblandare.
- E226-231: T3 Varierande inblandningstid, Cement-Merit och degblandare.

4.3.3 Resultat och utvärdering av provserier

Provserier tillverkades enligt tabell 4.3.1, där även resultat redovisas (illustreras i figur 4.3.1).

Tabell 4.3.1 Provplan med trippelprover och provresultat.

Serie	Prov nr.	Torvtyp [T1-T3]	Blandn. apparat.	Inbl. tid [min]	Stab. medel	vattenkvot [%]	Densitet [t/m ³]	Hållfasthet [kPa]	Std. avvikelse [kPa] [%]
1	E158-160	T2	Degb.	1	Hy	191.8	1.141	71.6	9.5 13.3
2	E161-163	T2	Degb.	2	Hy	183.4	1.176	96.5	4.2 4.4
3	E164-166	T2	Degb.	5	Hy	185.5	1.182	87.0	6.9 7.9
4	E167-169	T2	Köksm.	1	Hy	191.1	1.163	82.1	3.2 3.8
5	E170-172	T2	Köksm.	2	Hy	184.9	1.177	99.3	8.4 8.4
6	E173-175	T2	Köksm.	5	Hy	183.1	1.179	90.8	6.1 6.7
7	E176-178	T2	Degb.	1	Me	192.1	1.173	107.5	3.2 2.9
8	E154-156	T2	Degb.	2	Me	188.3	1.170	111.3	2.7 2.5
9	E179-181	T2	Degb.	5	Me	188.3	1.178	101.2	6.5 6.4
10	E182-184	T2	Köksm.	1	Me	189.8	1.160	93.9	12.0 12.8
11	E185-187	T2	Köksm.	2	Me	183.8	1.177	107.8	7.2 6.7
12	E188-190	T2	Köksm.	5	Me	175.1	1.184	111.2	4.2 3.8
13	E217-219	T3	Degb.	1	Hy	201.3	1.161	41.0	2.6 6.4
14	E220-222	T3	Degb.	2	Hy	198.9	1.172	44.6	3.7 8.4
15	E223-225	T3	Degb.	5	Hy	198.0	1.174	42.6	0.3 0.8
16	E226-228	T3	Degb.	1	Me	200.0	1.149	54.7	2.0 3.6
17	E210-212	T3	Degb.	2	Me	199.3	1.155	41.7	3.9 9.4
18	E229-231	T3	Degb.	5	Me	198.8	1.168	62.9	2.8 4.4

Utveckling av referensmetod

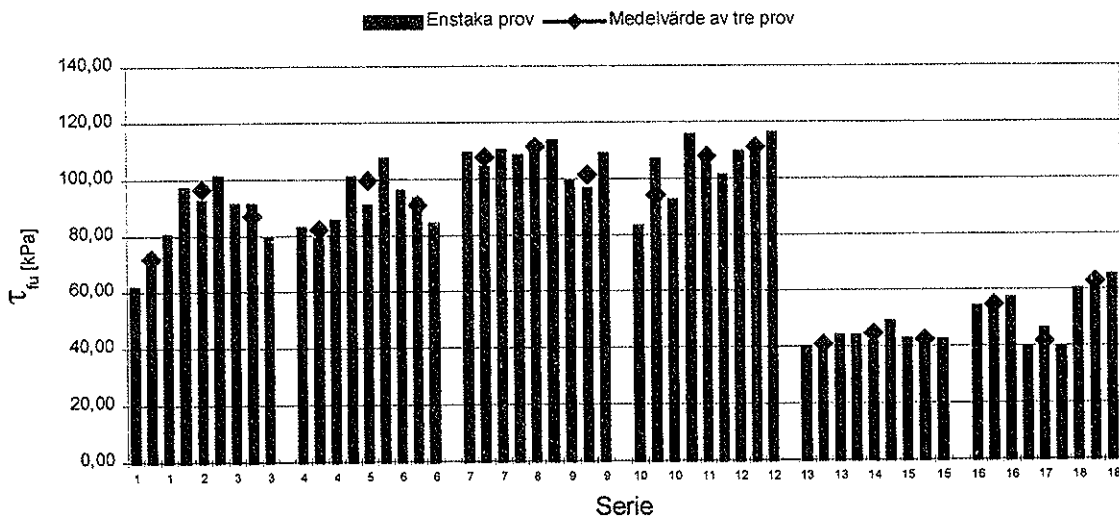
4.3 Inblandningsapparat, -tid och bindemedelstyp

Allmänt erhålls en lägre hållfasthet och större spridning vid en inblandningstid på 1 minut än vid en längre inblandningstid. Detta beror till stor del på att provet konsoliderar dåligt och innehåller porer vilket påverkar resultatet negativt.

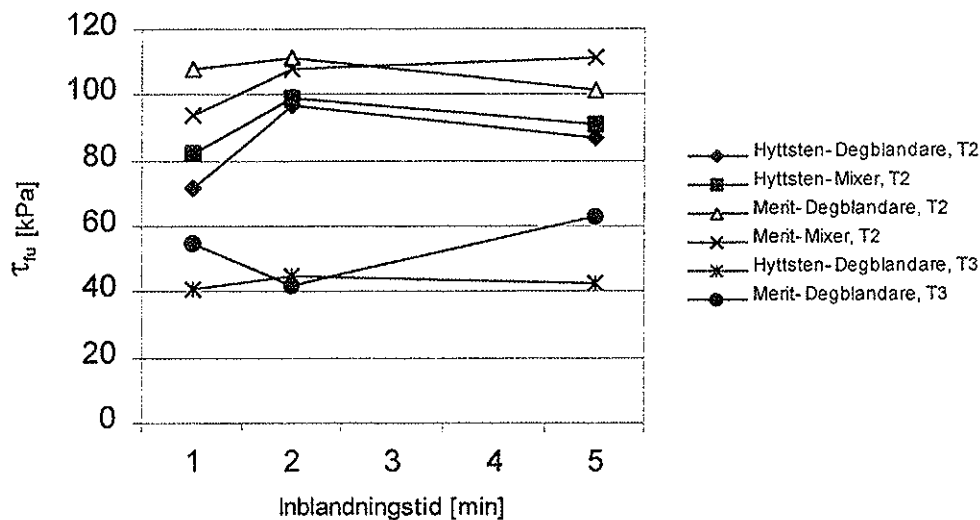
Samtidigt har en alltför lång inblandningstid en negativ inverkan på hållfastheten vilket kan bero på att större partiklar som annars armerar provkroppen mals sönder.

Figur 4.3.2 visar att den maximala hållfastheten uppnås vid inblandning i 2 minuter och att en inblandning i 5 minuter ofta ger en lägre hållfasthet. Någon större skillnad i spridning går heller ej att påvisa utan procentuellt sett verkar denna vara relativt slumpartad. I sista provserien har proverna som blandats 2 minuter tillverkats dagen innan de andra, ett annat torvprov användes också. Torvproverna var dock från samma ställe och nivå. Resultatet från 2 minuters blandningen bör därför analyseras med försiktighet.

Vattenkvoten har en tendens att sjunka vid ökad inblandningstid vilket kan vara logiskt då densiteten ökar då konsolideringen ökar (dvs. mer vatten trycks ur provet). Porigheten tenderar att öka vid för kort inblandningstid vilket i sin tur kan påverka både hållfasthet och spridning.



Figur 4.3.1 Hållfasthet vid varierad inblandningstid för enstaka och gruppvisa prover.



Figur 4.3.2 Hållfasthet efter varierande inblandningstid 1, 2 och 5 minuter.

4.3.3 Utvärdering

Inblandningsapparat

Hållfastheten är ej märkbart beroende av vilken av de två inblandningsapparaterna som används (kap. 3.1.2, parameter 6). Uppmätta värden är klart jämförbara med varandra då endast små skillnader registrerats i hållfasthet och standardavvikelse.

Vid inblandning av Hyttsten blir resultaten väldigt likartade både för degblandaren och köksmixern.

Vattenhalt, densitet och konsolidering för de stabiliserade torvproverna ligger alla på likartade nivåer och får därför betecknas som normala.

Inblandningstid

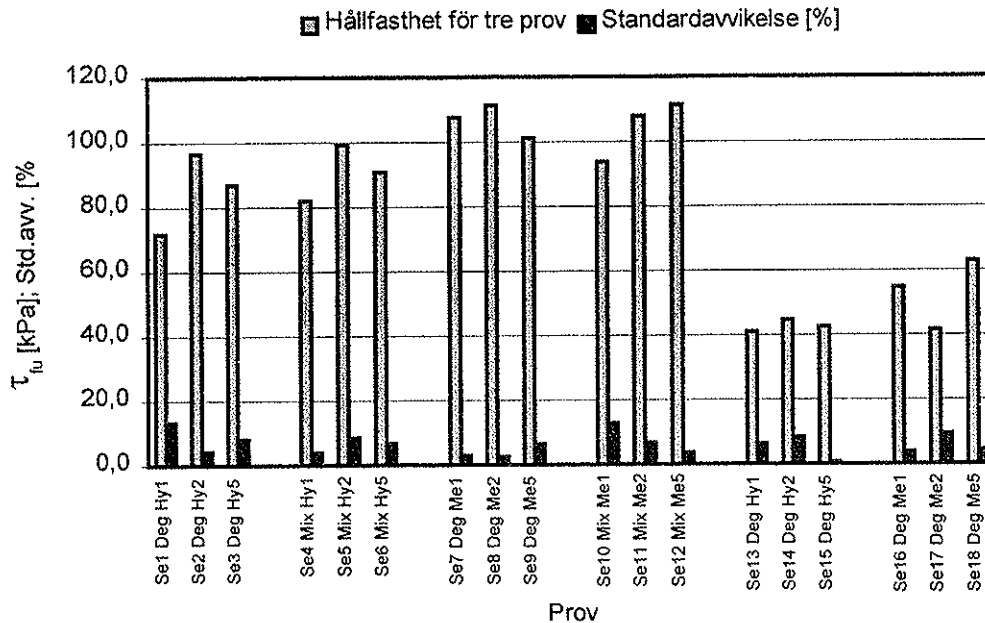
Trenden är att optimum i hållfasthet nås vid en inblandningstid på två minuter och att en minuts inblandningstid ger lägst hållfasthet (figur 4.3.2). En viss tendens finns till att spridningen vid inblandning med köksmixer sjunker om man blandar i fem minuter (figur 4.3.3). Nedgången i hållfasthet från inblandningstid två minuter till en minut är dock marginell och ligger kring 2-3%.

Vid inblandning med degblandare ökar spridningen något för proverna av torvtyp T2 medan den verkar sjunka för proverna från torvtyp T3. Hur provet reagerar vid inblandning är beroende av vilken torvsort som blandas men klart är att provet påverkas av effektiviteten och tillfört arbete vid inblandning.

Vid inblandning av Merit blir spridningen lägre för de kortare inblandningstiderna vilket troligen beror på att medlet är lättare att sprida i torven då Meriten består av mindre fraktioner än Hyttstenen (figur 4.3.3). Fältförhållanden kan dock skilja sig markant från detta antagande då finkorniga material klumpar sig pga. det lägre inblandningsarbetet som används i fält.

Bindemedelstyp

I dessa försök får torv som är stabiliserad med Merit-Cement genomgående högre hållfasthet än den som är stabiliserad med Hyttsten-Cement (figur 4.3.3). Resultatet behöver ej nödvändigtvis innebära att Merit är mer lämpligt som stabiliseringsmedel utan kan bero av att härdningstiderna varit alltför korta för Hyttsten. Detta kan förklaras med att Hyttsten är i större fraktioner än Merit, vilken är i pulverform och har därför större specifik yta vilket ger en högre reaktionshastighet.



Figur 4.3.3 Hållfasthet och spridning vid olika inblandningstider.

4.3.4 Slutsats

Valet av inblandningsapparat bör ej spela någon större roll vare sig man använder en vanlig köksmixer, kraftfullare degbladare eller någon likartad apparatur. Det verkar i dessa försök vara intressantare att beakta inblandningstid samt val av stabiliseringsmedel. Den procentuella standardavvikelsen är normalt relativt låg och varierar mellan 5-10%.

Spridningen hos provgrupperna som blandats i två eller fem minuter ligger mellan 4-9% och avvikelserna verkar vara relativt slumpmässiga (figur 4.3.3). En minut ger för dålig blandning med hög spridning i resultatet som följd. Detta resulterar i att en inblandningstid på 2 minuter är tillräcklig och att det är av större vikt vilket stabiliseringsmedel som väljs.

4.4 Uttag av provkropp

4.4.1 Allmänt

Funderingar kring denna parameter uppstod då så kallade slaskförsök gjordes (försök som inte ingår i rapporten och vilkas syfte var att vi skulle bekanta oss med utrustning och metoder). Under dessa försök kunde det konstateras att provet hade konsoliderat mer längst upp närmast belastningen. Detta fenomen leder till att provet får en högre densitet i den övre delen och i synnerhet de översta 2-3 cm. Konstaterandet av detta ledde till att ett antal frågeställningar dök upp. Hur ser brottfiguren ut om densiteten skiftar mycket i provet och hur påverkar detta hållfastheten?

Det vi ville undersöka med dessa försök var att jämföra hållfastheten för provkroppar som kapats från den övre delen (vilket är normalt) med sådana som kapats från den undre delen av provet.

Ett annat alternativ var att ta ut provkroppen mitt i provet, detta förkastades dock då provet måste skjutas fram och tillbaka i provhylsan. Det kan leda till att provet komprimeras och bryts sönder, om det går trögt i tuben, vilket i sin tur leder till att provets hållfasthet påverkas. Några försök av detta slag har inte gjorts tidigare vid LTU och det finns inte heller något nämnt om detta i litteraturen.

4.4.2 Försök

Tester där olika sätt att ta ut provkroppar utfördes i provomgång 2 och torv T2 användes vid tillverkningen vilken var en låghumifierad (H2-3) norrlandstorv.

6 provkroppar blandades genom att torven först vägdes upp för alla 6 och sedan homogeniserades manuellt genom omblandning i en minut. Proverna tillverkades sedan i omgångar om 3 (50 mm), 2 resp. 1 st. (68 mm) prov och de sattes tre och tre i provriggen. Vid provtryckningen kapades provets översta del bort i motsats till tidigare prover där den undre delen kapats bort. Följande prover tillverkades:

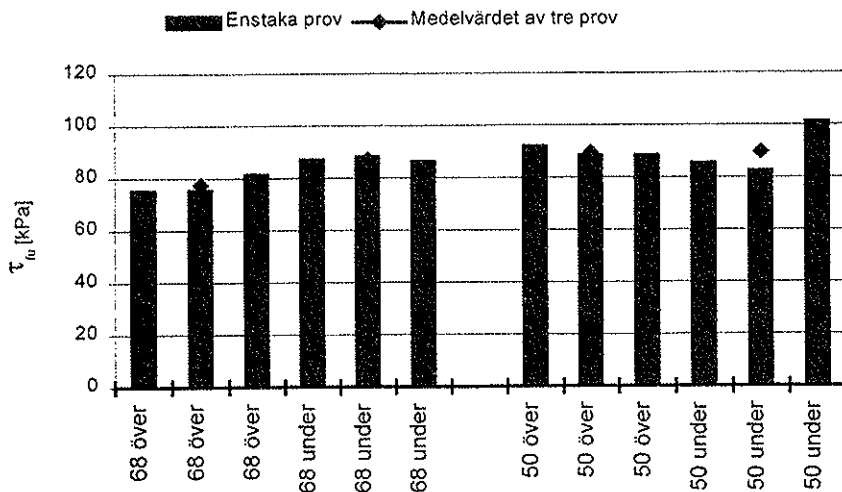
- | | |
|-------------|---|
| • E74-E76 | Referensprover uttag av provkropp ovanifrån 68 mm |
| • E116-E118 | Uttag av provkropp underifrån 68 mm |
| • E79-E81 | Referensprover uttag av provkropp ovanifrån 50 mm |
| • E113-E115 | Uttag av provkropp underifrån 50 mm |

4.4.3 Resultat

Vid en första översikt kan det utläsas att för 68 mm har uttag av provkroppen underst i provet en något högre hållfasthet än om provkroppen tas ut överst i provet. Detta kan konstateras vid analys av medelvärdet, där E74-E76 har (77.37 ± 3.52) och E116-E118 (87.04 ± 0.91) (figur 4.4.1).

För 68 mm proverna E116-E118 har vattenkvoten sjunkit från 246 till 200% och vattenhalten från 71 till 67%. Densiteten har stigit från 1.128 till 1.185 t/m³ och kompressionen var 3.02% vid tryckning.

När brottyorna studeras kan det observeras att brottet går genom hela provet, dvs. från toppen till botten, om de tas ut underifrån. Brottyorna går längre ned dvs. inte genom den hårda översta delen när provkroppen tas ut uppfifrån. Provkropparna var förövrigt relativt homogena vid okulärbesiktning.



Figur 4.4.1 Hållfasthet hos prover vid uttag av provkropp på olika vis.

För 50 mm är förhållandet det omvända om det avvikande provet E115 utesluts men detta kan dock ej göras utan vidare. Med provet E115 inräknat blir medelvärde för E113-E115 (89.58 ± 10.07) kPa och för E79-81 (89.51 ± 2.07) kPa (figur 4.4.1). Detta visar statistiskt sett att det inte är någon skillnad i hållfasthet mellan metoderna att ta ut provkroppen för 50 mm proverna.

Under härdning har vattenkvoten för 50 mm proverna E113-E115 sjunkit från 247 till 198% och vattenhalten från 71 till 67%. Densiteten har stigit från 1.133 till 1.160 t/m³ och kompressionen var 3.51% vid tryckning.

Brottytorna var över lag jämna utan större avvikelser och inga skillnader i brottyornas utseende kan observeras vid en jämförelse mellan uttagssätten. Provkropparna var relativt homogena vid okulärbesiktning.

4.4.4 utvärdering

När 68 mm proverna utvärderas kan det utläsas att provkroppar uttagna underifrån har fått en högre hållfasthet och detta torde bero på brottfigurens utseende. Dessa prover har ett brott som går med brantare vinkel genom provkroppen och får på så vis en något större brottarea vilket ger en högre hållfasthet. Skillnaderna i hållfasthet kan också bero på en normal variation i en provserie enligt de försök som gjorts tidigare där standardavvikelsen har varit uppemot 10 kPa.

Vid analys av 50 mm proverna kan inget sägas om hållfasthetsvariationen mellan de två serierna. Uttag av provkropp underifrån ger dock en större spridning än för proverna uttagna ovanifrån. Det finns dock inga övriga analyserade parametrar såsom densitet och vattenkvot, som kan förklara den större spridningen.

4.4.5 Slutsats

En slutsats som kan dras från dessa försök är att ett uttag av provkroppen från den undre delen inte ger något signifikant högre hållfasthet än om uttaget sker från övre delen av provkroppen. Vid en jämförelse mellan de två sätten att ta ut provkroppar är hållfasthetsskillnaderna så små att det kan vara den naturliga variationen inom en provgrupp (spridningen) som observeras. Provkroppar för provtryckning kan således tas ut på båda sätten, en rekommendation är dock att ta ut provkroppen från den övre delen då detta tycks ge jämnare resultat. Det är även provets naturliga rörelseriktning i provtuben efter konsolideringsprocessen vilket gör det lättare att trycka ut provet i denna riktning.

4.5 Torvtyp

4.5.1 Allmänt

För att undersöka hur torvtypen påverkar resultatet för olika material- och tillverkningsfaktorer skulle minst två olika torvsorter provas. En av dessa skulle vara lågförmultnad (H3-H4) och en högförmultnad (H8-H9). Vidare kunde en jämförelse mellan torv från norra respektive södra Sverige göras.

Resultat från tidigare försök både på LTU och i litteraturen visar att hållfastheten för stabiliserad torv varierar kraftigt beroende på humifieringsgrad och var torven är upptagen geografiskt sätt.

4.5.2 Försök

Till den ursprungliga provplanen har det använts tre torvsorter och dessa benämns T1-T3. Utöver dessa torvsorter har torv från Arvidsjaur och Stockholm provats. Torv 2 (T2) är minst humifierad (H2-H3) och torv 3 (T3) mest humifierad (H7-H8), torv 1 (T1) ligger mycket nära T2 i humifieringsgrad (H3-H4) och de är dessutom från samma plats. Torven från Arvidsjaur benämns NT och resultatet behandlas i avsnittet markprofil. Torven från Stockholm som benämns J9911 (H2), J9913 (H2) och J9940 (H4-5) är tagen vid Smista Allé och med denna torv kan jämförelser i stabiliseringseffekt göras mellan torv från norra och södra Sverige. Prover som tillverkats på samma sätt från provomgång 1-4 har sammanställts och resultatet analyseras i detta avsnitt.

4.5.3 Resultat

Totalt har 52 st. prover med samma recept och härdningstid tillverkats. Vid en sammanställning av dessa prover beräknades medelvärde på hållfasthet och standardavvikelsen för varje torvsort. Dessa värden användes sedan vid utvärderingen för att försöka komma fram till något samband mellan hållfasthet och olika materialparametrar som humifieringsgrad, pH och glödningsförlust.

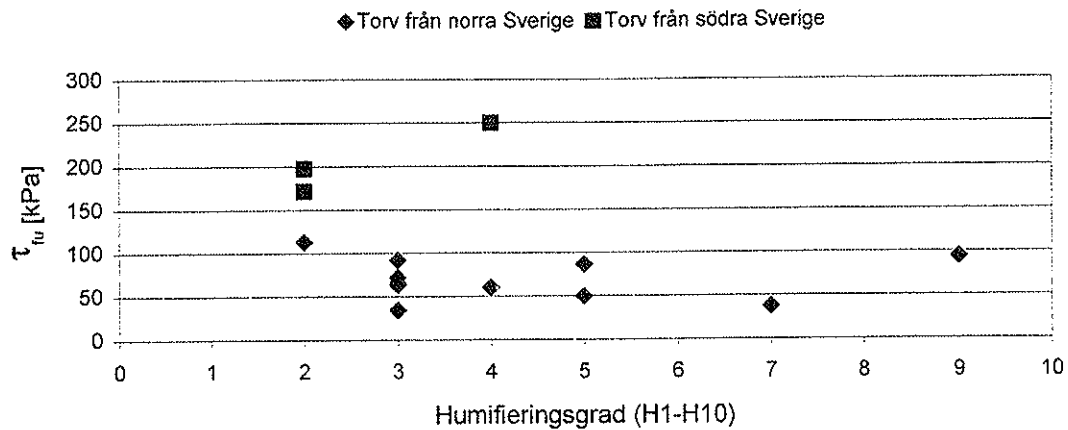
4.5.4 Utvärdering

Vid utvärdering av skjuvhållfastheten i relation till humifieringsgraden kan det utläsas att hållfastheten varierar kraftigt med humifieringsgraden enligt figur 4.5.1. Det är så stor variation i resultaten för de olika torvsorterna att det inte går att säga något definitivt om hållfastheten vid stabilisering genom att bara titta på humifieringsgraden.

Det går även att se att torv från olika ställen men med lika humifieringsgrad kan ge olika hållfasthet vid stabilisering. Den tydligaste skillnaden i denna jämförelse är torven från södra Sverige (Smista Allé) som har ungefär dubbelt så hög hållfasthet som torven från norra Sverige.

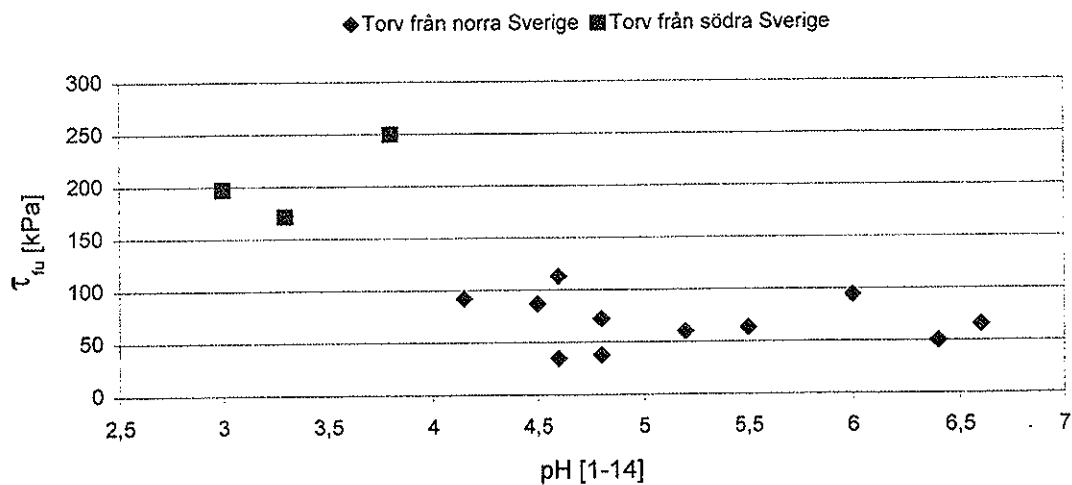
Utveckling av referensmetod

4.5 Torvtyp



Figur 4.5.1 Skjuvhållfasthetens beroende av humifieringsgraden.

När torvens pH-värde analyseras med hänsyn till skjuvhållfastheten (figur 4.5.2) kan det konstateras att inte heller här kan det sägas något om hållfastheten genom att titta på pH-värdet. Torven från söder hade lägst pH och gav också högst skjuvhållfasthet. Det kan dock inte heller här ges någon entydig regel om att lägst pH ger högst hållfasthet då fallande pH-värde ger mycket varierande resultat på skjuvhållfastheten för stabiliserade torvprover.



Figur 4.5.2 Skjuvhållfasthetens beroende av pH-värdet.

Studeras andra materialparametrar så som densitet, vattenkvot, glödningsförlust mm. varierar resultatet mer än för Humifieringsgrad och pH. Detta gör att inga trender kan utläsas och det går inte att förutsäga stabiliseringseffekten genom att analysera dessa parametrar.

4.5.2 Slutsats

En slutsats som kan dras av denna utvärdering är att inga värden på skjuvhållfastheten kan uppskattas genom att studera humifieringsgrad och pH värde. Det finns för många undantag för att någon slags trend skall kunna skönjas i diagrammen och en förutsägelse skall kunna göras med den säkerhet som krävs för en aktuell stabilisering. Provkroppar måste alltså tillverkas i laboratorium för att kunna bedöma stabiliseringseffekten.

Analyseras varje provplats för sig blir undantagen färre från de ovan uppräknade reglerna. Det finns dock avvikelser även här vilket kan studeras i avsnittet markprofil (kap 4.6) där detta diskuteras vidare.

Vid analys av det geografiska läget av provplatserna framkom att torv från södra Sverige ger en högre skjuvhållfasthet än den från norr. Det är dock ett osäkert resultat då ett endast fåtal prover av torv från en plats i södra Sverige undersökts. Här behöver det göras fler kompletterande undersökningar, med torv från olika platser.

4.6 Markprofil

4.6.1 Allmänt

Parametern markprofil är intressant och belyser problem som uppstår vid masstabiliseringar i fält. Torv är ett material som ofta varierar kraftigt i en markprofil från låghumifierad till höghumifierad. Dessa torvtyper har mycket skiftande egenskaper så som vattenkvot, fibrighet och glödningsförlust vilket gör att erhållen hållfasthet vid stabilisering kan variera kraftigt.

Det vi ville undersöka och visa med dessa försök var hur mycket skjuvhållfastheten för stabiliserade torvprover varierar i en markprofil och att provtagningen bör göras på fler nivåer än en vid en ev. masstabilisering. Vi ville även se om det går att förutsäga vilken typ av torv som vid stabilisering ger bäst respektive sämst hållfasthet i en markprofil. Tidigare försök gjorda med torv från olika nivåer i samma sektion har visat en skiftande hållfasthet efter stabilisering, beroende på djup och humifieringsgrad.

4.6.2 Försök

Torven som användes i detta försök kom från Gällivare och var tagen med torvprovtagare typ SGI. Torv togs upp från två provpunkter och fyra djup enligt tabell 4.6.1.

Till försöken med markprofilen tillverkades 16 provkroppar, det vill säga 2 prover från varje nivå i respektive provpunkt.

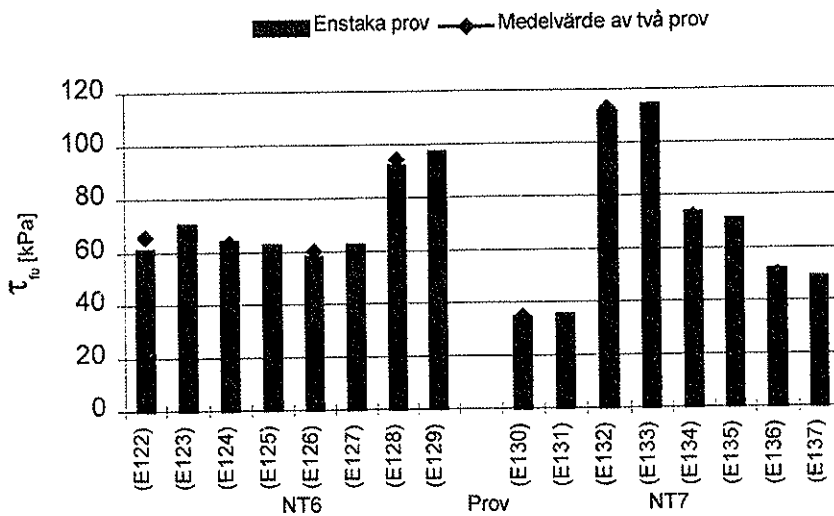
Tabell 4.6.1 Provnummer, djup och torvtyp

Prov nr.	Provpunkt	Provdjup [m]	Humifieringsgrad [Von Post]
E122-E123	NT6	0-1	H2-3
E124-E125	NT6	1-2	H2-3
E126-E127	NT6	2-3	H3-(4)
E128-E129	NT6	4-5	H9-10
E130-E131	NT7	0-1	H2-3
E132-E133	NT7	1-2	H2
E134-E135	NT7	2-3	H2-3
E136-E137	NT7	3-4	H4-5

4.6.3 Resultat

Vid en första översikt kan man utläsa att de olika proverna har fått mycket skiftande skjuvhållfasthet efter härdning beroende på vilken torv som använts. Spridningen i hållfasthet för dubbelproverna är liten och brottkurvorna följer varandra mycket bra. Proverna E122-E123 har dock något högre spridning (65.62 ± 6.63) än de övriga och detta kan också ses vid en jämförelse mellan konsolidering och densitet efter härdning. Prov E122 har sämre konsolidering och i sin tur lägre densitet vilket leder till lägre hållfasthet.

De övriga proverna har ett medelvärde som varierar mellan 34.63 och 112.97 kPa med en spridning från 0.65 till 3.55 kPa och detta kan betecknas som normalt vid jämförelse med andra provomgångar.



Figur 4.6.1 Hållfasthet för markprofil.

Under härdning har densiteten ökat och vattenkvoten sjunkit med stor variation för de olika torvsorterna. Kompressionen vid brott varierar med skjuvhållfastheten där hög skjuvhållfasthet ger en låg kompression. Brotttygorna var över lag jämna utan större avvikelser. Provkropparna kan även sägas vara relativt homogena vid okulärbesiktning.

4.6.4 Utvärdering

Torven har en ökande humifieringsgrad med ökat djup och vid en jämförelse mellan de olika torvsorterna kan det utläsas att hållfastheten i provpunkt 7 minskar med ökat djup. Ett undantag från denna trend är provet från djupet 0-1 m vilken har en mycket låg hållfasthet (figur 4.6.1). Det finns dock inget mätvärde så som densitet och vattenkvot som kan förklara den låga hållfastheten.

I provpunkt 6 ligger hållfastheten för alla provdjup utom provet från 4-5 m nivån i samma storleksordning. Detta beror på mycket likartad torv i de översta nivåerna. Provet från 4-5 m nivån är höghumifierad och har en högre hållfasthet än övrig torv. Den höga hållfasthet som uppnåtts i detta avvikande prov kan kanske förklaras med det höga mineralinnehållet. Denna torv kan då liknas med dy och det har visat sig i tidigare försök med detta material att det ger en högre hållfasthet vid än ren torv (Axelsson, 1998).

Det som följer varandra är densitet och hållfasthet där hög densitet ger hög hållfasthet. Undantag från denna regel kan dock ses för E134-E135 där stora rötter armerat provkroppen och kan ha inverkat positivt på hållfastheten.

4.6.5 Slutsats

Hållfastheten varierar kraftigt i profilerna vilket var ett väntat resultat. I provpunkt 7 minskar hållfastheten med ökat djup vilket även är liktydigt med ökande humifieringsgrad i detta fall. Ett undantag från ovanstående är dock nivån 0-1m vilken har lägst hållfasthet i provpunkt 7.

I provpunkt 6 kan det inte utläsas något samband mellan hållfasthet och humifieringsgrad. Dessa konstateranden medför att prover måste tas på flera nivåer i en profil för att lokalisera var den lägsta hållfastheten uppstår.

Det är mycket svårt att förutsäga vilken hållfasthet som kan uppnås och var i profilen det dimensionerande värdet finns. Detta visar att en omfattande provtagning både i profil och sektion måste göras före en masstabilisering.

4.7 Härdningstid

4.7.1 Allmänt

Normalt föreskrivs en härdningstid på 28 dygn vilket skall vara en lämplig kompromiss för att få en sluthållfasthet som ej ökar nämnvärt efter föreskriven härdningstid. Man vet genom tidigare försök och erfarenheter att hållfasthetstillväxten är störst de första dygnen och avtar sedan med tiden. Frågan är om prover måste härda 28 dygn för att få resultat som ger tillfredställande svar på vilken hållfasthet som kan uppnås.

4.7.2 Försök

För att göra en översiktlig kontroll av hur hållfastheten påverkas av härdningstiden tillverkades fem olika provserier med tre prov i varje. Dessa femton provkroppar blandades tre och tre genom att torvtypen T1 vägdes upp för tre provkroppar, homogeniserades och blandades ihop med Merit-Cement som stabiliseringsmedel. Provkropparna belastades med 20 kPa under härdningstiden och provtrycktes efter varierad härdningstid. Följande prover tillverkades:

- E57-E59: 3 dygns härdningstid
- E60-E62: 7 dygns härdningstid
- E4-E6: 14 dygns härdningstid
- E63-E65: 28 dygns härdningstid
- E66-E68: 85 dygns härdningstid

4.7.3 Resultat och utvärdering av provserier

Inga direkta avvikelser eller felkällor kan registreras hos några av de tillverkade proverna och hållfastheten ökar ju längre provet härdat. Härdningstiden varierades enligt ovan mellan 3 och 85 dygn.

Jämförelse mellan de fem olika härdningstiderna visar att hållfasthetsökningen stagnerar kraftigt ju längre tid som går (tabell 4.7.1). Under de 85 dygn som proverna härdat har ca. 85% av hållfastheten uppnåtts redan efter 14 dygn, mycket lite händer med proverna mellan dygn 14 och 28. Ökas härdningstiden från 14 till 28 och 85 dygn så stiger hållfastheten från 94.2 till 98.0 respektive 111.2 kPa. För de fem omgångarna med varierad härdningstid erhöles följande medelvärde och standardavvikelse:

Tabell 4.7.1 Uppnådd hållfasthet för provgrupp.

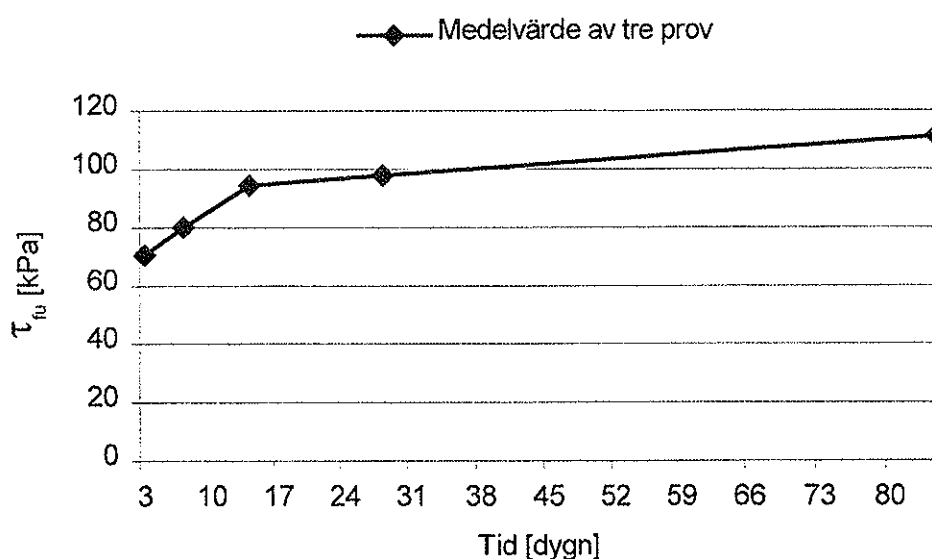
Härdningstid [dygn]	Hållfasthet [kPa]	Standardavvikelse [kPa]
3	70.4	1.29
7	79.9	3.19
14	94.2	3.19
28	98.0	0.34
85	111.2	7.64

Vattenkvoten ligger före härdning på i stort sett samma nivå för alla fem grupperna. Efter härdning kan man dock se en klar skillnad där vattenkvoten som väntat sjunker ju längre tid som provet härdat. Vattenkvoten ligger på 233, 226, 217, 216 respektive 214% mellan 3 och 85 dygn.

Konsolideringen ökar som vanligt med tiden och ligger mellan 8.5 och 10% för den längsta härdningstiden, vilket även visar sig i densitetsökningen. Densiteten slutar för tiderna 14, 28 och 85 dygn på 1.153, 1.161 respektive 1.165 och det skildrar den ökade konsolideringen väl. Här kan man lätt göra en direkt koppling mellan de olika uppmätta parametrarna och hållfastheten. Vad som händer är att med tiden ökar konsolideringen och med den sjunker vattenkvoten medan densiteten ökar.

Brottytorna var överlag jämna utan större avvikelser.

Fler försök som kan jämföras där härdningstiden varierats är prover som tillverkats för undersökning av spridningen i omgångarna 2 och 3. Dessa provgrupper är större med 8 st 68 mm provtuber och 10 st 50 mm provtuber. Hållfastheten ökar här med mellan 15-20% mellan 14 och 28 dygn och denna ökning är större än för dessa provgrupper om tre prover där hållfasthetsökningen är knappt 5%. Utvärderingen av resultatet från dessa större provgrupper får dock ske med en viss försiktighet, då proverna ej tillverkats vid samma tillfällen.



Figur 4.7.1 Härdningstidens påverkan på skjuvhållfastheten.

4.7.4 Slutsats

Hållfastheten som uppnås är starkt beroende av härdningstiden i början. Valet av härdningstid bör grunda sig på vilken noggrannhet man vill uppnå men helt klart är att man redan efter 14 dygn kan få en relevant hållfasthet som ligger i rätt storleksordning (figur 4.7.1). Prover som härdat 14 dygn bör dock kompletteras med prover som härdat längre för att säkerställa resultatet. Korta härdningstider är önskvärt i de många projekt där tidplanen ofta är snäv. För att få svar på hur tillväxten förändras bör man ha prover med tre olika härdningstider så att en trend kan utläsas. Lämpligt kan vara 7, 14 och 28 dygn.

4.8 Belastning under härdning

4.8.1 Allmänt

För att efterlikna verkliga förhållanden i fält där man belastar marken direkt efter stabilisering lägger man även i laboratorium på en belastning under härdning. Denna belastning behövs för att överhuvudtaget uppnå en tillräcklig stabiliseringseffekt och konsolidering. Förutom att erhålla hållfasthetstillväxten är det viktigt att den stabiliserade torven konsoliderar för att bli av med de luftporer som tillförs torven vid inblandning. I laboratorium kan det därför vara relevant att packa provkroppen nog så att ej för mycket luft kvarstår i början av härdningsprocessen.

Normalt lägger man på en belastning på 18 kPa vilket skall motsvara belastningen från en 1 m hög vägbank. Man vet genom tidigare försök och erfarenheter att den hållfasthet och stabilitet som uppnås påverkas starkt av vilken storlek den pålagda lasten har. Uteblir belastning helt är det svårt att få någon ordentlig hållfasthetsökning över huvudtaget.

4.8.2 Försök

För att göra en översiktlig kontroll av belastningens inverkan tillverkades tre olika provserier med tre prov i varje. Dessa nio provkroppar blandades tre och tre genom att torven vägdes upp för tre provkroppar, homogeniserades och blandades med Merit-Cement som stabiliseringsmedel för att efter 14 dygn provtryckas. Följande prover tillverkades:

- E51-E53: 10 kPa belastning under härdning
- E4-E6: 20 kPa belastning under härdning
- E54-E56: 40 kPa belastning under härdning

4.8.3 Resultat och utvärdering av provserier

Inga direkta avvikelser kan registreras hos några provkroppar men en viss tendens till ökad spridning vid ökad överlast kan utläsas.

Tabell 4.8.1 Provplan med trippelprover och resultat vid olika belastningar.

Serie	Provnr.	Belastning [kPa]	Hållfasthet [τ_{fu}] [kPa]	Std. avvikelse [kPa]	[%]
1	E51-53	10	68.1	0.5	0.7
2	E4-6	20	94.3	3.2	3.4
3	E54-56	40	125.0	11.6	9.3

Jämförelse mellan de tre olika belastningsnivåerna visar att skjuvhållfastheten (τ_{fu}) ökar markant om belastningen ökas. Ökas belastningen från 10 kPa till 40 kPa så stiger hållfastheten med nästan 100%. För de tre omgångarna med 10, 20 respektive 40 kPa överlast var medelvärdet (68.13 ± 0.50), (94.23 ± 3.19) respektive (125.07 ± 11.65), tabell 4.8.1.

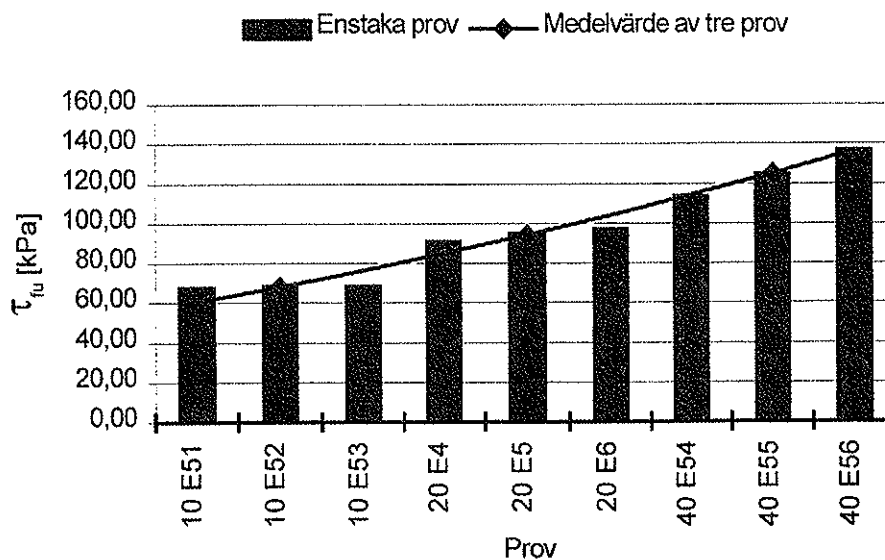
Vattenkvoten ligger före härdning på i stort sett samma nivå för alla tre grupperna. Efter härdning kan man dock se en klar skillnad där vattenkvoten som väntat sjunker ju högre belastningen varit. Vattenkvoten ligger efter härdning på 234, 217 respektive 202%.

Konsolideringen ökar med lasten och ligger på nivåerna 6,7, 8,6 respektive 14,9% vilket även visar sig i densitetsökningen. Densiteten slutar på 1,130, 1,153 respektive 1,177 vid stigande belastning och det skildrar den ökade konsolideringen väl.

Brottytorna var över lag jämna utan större avvikelser. Vid okulärbesiktningen noterades att provkropparna som belastats med 10 kPa var inhomogena och dåligt komprimerade. För 20 kPa blev proverna relativt homogena medan de för högsta lasten 40 kPa var mycket homogena.

Fler försök som kan jämföras där belastningens storlek påverkat hållfastheten är proverna E1-E10 med lasten 20 kPa och frysproverna som tillverkades i omgång 2 med 40 kPa som last. Jämförs dessa ser man att hållfastheten har ökat med över 30% när belastningen ökas från 20 till 40 kPa. Här ligger dock spridningen mer i samma storleksordning mellan de olika belastningarna.

För ovanstående försök ligger motsvarande siffra på ca. 25% med en antydning till ökad spridning vid ökad överlast (figur 4.8.1).



Figur 4.8.1 Belastningsresultat för enstaka och gruppvis prover.

4.8.4 Slutsats

Hållfastheten som uppnås är starkt beroende av vilken överlast man väljer (figur 4.8.1). Detta val bör grunda sig på vilken belastning man förväntar sig i fält. Stabiliseringseffekten ökar med ökad belastning och detta bör man kunna utnyttja i fält. Det är även här av största vikt att belastningen läggs på snarast efter stabilisering då konsolidering och härdning är som störst.

Man kan även tänka sig att det finns en skalfaktor i försöket som gör att hållfasthetstillväxten vid ökad överlast är större i laboratoriemiljö än i fullskaleprojekt. Stämmer detta bör man vara försiktig med för stora belastningar i laboratorium och en rimlig nivå ligger troligen kring 18-20 kPa (enligt kap. 4.8.1).

4.9 Dimensioneringsparametrar

4.9.1 Dimensioneringsfilosofi

Att ta fram en metod för stabilisering av torv i laboratoriemiljö kan i sig vara intressant för att få jämna och relevanta resultat. Nästa steg i denna process, efter att stabiliseringsresultat erhålls, blir att kunna knyta resultaten från laboratoriet till en lämplig storleksordning för dimensionering. Normalt uppnås betydligt högre hållfastheter i laboratorium än i fält och den i laboratorie uppnådda hållfastheten måste därför korrigeras.

I SGF Rapport 4:95 skriver man: "Skilda jordar reagerar på olika sätt för kemisk stabilisering. Provblandningar som görs på laboratoriet ger besked om jorden kan stabiliseras och att stabiliseringseffekten kan variera kraftigt i olika punkter på samma område i fält. Detta är motivet till försiktiga val av karakteristiska hållfasthetsvärden, när dessa baseras på laboratorievärden."

Vidare säger man här att enligt nuvarande praxis beräknas kalk- och kalkcementpelar-förstärkning oftast enligt totalsäkerhetsfilosofi, dvs. utan partialkoefficienter och det innebär att karakteristiska värden används som indata.

För KC-pelare väljs det karakteristiska värdet på den odränerade skjuvhållfastheten utifrån den hållfasthet som erhålls vid enaxligt tryckförsök eller från fältresultat. Värdet brukar dock maximeras till 150 kPa oberoende av vad försöken visar men i brottgränstillståndet bör ej antagen skjuvhållfasthet ens överstiga 100 kPa. Vilka värden som skall väljas för torv är fortfarande under diskussion.

4.9.2 Korrektionsfaktorer

Ovanstående principer gäller för kalk- och kalkcementpelare men kan mycket väl praktiseras även på stabiliserad organisk jord. Vid masstabilisering är förhållandena dock något annorlunda då marken trots inhomogen inblandning av stabiliseringsmedel bildar en blockkonstruktion där starka och svaga zoner samverkar. Även torvtypen kan variera starkt på djupet och ge skiftande hållfastheter vid stabilisering.

För hållfastheter som uppnås i laboratorium använder man normalt en korrektionsfaktor på 0.7-1.0 som den odränerade skjuvhållfastheten multipliceras med. Denna faktor kan i vissa sammanhang vara alltför hög och bör snarare ligga mellan 0.5-1.0 (enligt tidigare resultat) om försiktighetsprincipen skall gälla. Generellt sett gäller att ju högre värden som erhålls i laboratorium ju lägre bör korrektionsfaktorn vara. Att använda korrektionsfaktor nära 1.0 får anses som allför våghalsigt varför man oftare kanske använder värden mellan 0.5-0.7.

Ex. Om man i laboratorium erhållit en enaxlig odränerad skjuvhållfasthet på 300 kPa multipliceras denna med korrektionsfaktorn 0.5 eller 0.7 enligt:

$$300 * 0.5 = 150 \text{ kPa eller } 300 * 0.7 = 210 \text{ kPa}$$

Hållfastheten i detta exempel kan således förväntas hamna i storleksordningen mellan 150-200 kPa. Hur nära detta värde ligger brottgränsen går ej denna rapport in på.

4.9.3 Förväntade sättningar

Under härdningstiden mäts även provets konsolidering och detta ger en fingervisning om hur stora sättningarna kan förväntas bli efter stabilisering. Normalt ligger konsolideringen mellan 10-30% under de första veckorna och stagnerar sedan. Den uppmätta konsolideringen ligger i allmänhet ganska nära händelseförloppet i fält. Detta har visat sig i t.ex. ett stabiliseringsförsök som gjordes av LTU i Jörn-Lidlund (Pousette m.fl., 1997). Här konsoliderades stabiliserade prover under 30 dygn och under trycket 20 kPa ca. 15% i laboratorium. I fält stannade motsvarande siffra på ca. 15-20%. Ostabiliserad torv är i regel mycket kompressibel och den relativa deformationen kan ofta bli ca. 50%.

4.9.4 Livslängd

För kalk- och kalkcementpelarförstärkta vägbankar och broar gäller en lägsta livslängd enligt Väg 94 och Bro 94. I VÄG 94 skall den tekniska livslängden för förstärkt undergrund väljas till 40 år. Motsvarande siffra i BRO 94 varierar men skall väljas till minst 40 år. Även Banverket har föreskrifter för detta vad gäller järnvägsbankar och här anges livslängden till 120 år vilket är betydligt svårare att uppnå.

Om stabiliserad organisk jord uppfyller dessa krav är ovisst och beror naturligtvis av flera faktorer som jordart, vittring, urlakning, vattenhalt i marken, grundvattenflödet, mm.

5. TJÄLE

5.1 Tjälningprocessen

5.1.1 Allmänt

Ett stort problem i områden med negativa lufttemperaturer under en viss tid av året är att jorden fryser, vilket kan orsaka en lyftning i jorden. När sedan våren kommer tinar marken och sjunker tillbaka.

Dessa rörelser upp och ned kan accepteras till en viss gräns om de är jämna och sker i sådana byggnadsverk som vägar. Om det däremot rör sig om ett hus eller annat byggnadsverk gäller att jorden inte får frysa under konstruktionen vilket kan skada konstruktionen.

Vid upptiningsprocessen kan även bärigheten i jorden försämrast, då vatten inte kan dränera ut i samma takt som isen smälter.

5.1.2 Tjälningprocessen

Frysning av jord kan ge upphov till lyftning under vissa förhållanden. Denna tjällyftning kan delas in i två olika processer:

1. Frysning av det porvatten som finns i jorden då temperaturen sjunker under noll.
2. Bildande av islinser från fritt vatten som kan sugas mot fryszone.

1. Frysning av befintligt porvatten

Den andel av tjällyftningen som denna process bidrar till är endast en försumbar del av den totala tjällyftningen. Detta beror på att den orsakas av den 9 procentiga volymökning som vattnet genomgår då det fryser. I en grovkornig jord kan tjällyftningen utebli helt då vattnet kan pressas ut i samma utsträckning som is bildas vid frysningsskän.

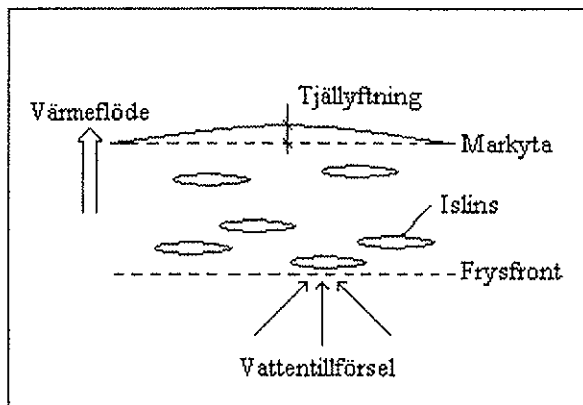
Denna process bidrar alltså i regel till endast en försumbar del av tjällyftningen och den har då bara effekt i finkorniga jordar.

2. Bildandet av islinser

Islinser bildas av vatten som sugas upp mot frysfronten från ofrusna underliggande jordlager. Så länge det finns en temperaturgradient i jorden (värmeflöde från marken) fortgår denna process (figur 5.1.1). Islinser orienteras vinkelrätt mot värmeflödets riktning vilket innebär att islinserna i regel blir parallella med markytan. Tjällyftningen verkar i värmeflödets riktning dvs. i regel vinkelrätt mot markytan.

Islinsernas tjocklek beror av faktorer som vattentillgång, permeabilitet, jordart och temperaturgradient. När frysfrontens undre begränsningsyta fortsätter att vandra nedåt i jordprofilen slutar islinsen att växa och i stället bildas en ny islins en bit nedanför den tidigare.

Denna process står för merparten av tjällyftningens storlek och bidrar till att stora mängder vatten kan bindas i jordlagren under den kalla perioden. När sedan våren kommer och temperaturen stiger tinar dessa islinser. Kan detta vatten inte dränera ut lika fort som det tinar uppstår höga porvattentryck med försämrast bärighet i jorden som följd.



Figur 5.1.1 Islinstillväxt.

5.1.3 Tjälen och stabiliserad torv

Torv innehåller stora mängder vatten vilket är en av förutsättningarna för att en eventuell nedfrysning skall få någon effekt. Hur detta vatten påverkar ett masstabiliserat område om tjälen tränger ned är något som bör undersökas. Det finns inget dokumenterat i litteraturen om eventuella försök som behandlar stabiliserad torv och frysning.

I detta examensarbete har vi gjort en inledande studie om hur frysning påverkar stabiliserad torv. Det som har undersökts är hur antalet fryscyklar påverkar hållfastheten. Resultatet redovisas i kapitel 5.2. Det krävs dock ytterligare undersökningar för att inverkan av tjäle på en stabiliserad torv skall bli bättre klarlagda.

5.2 Frysprover

5.2.1 Allmänt

Syftet med dessa försök var att undersöka hur stabiliserade torvprover påverkas av upprepade nedfrysnings- och upptiningscykler. Frysning är en viktig parameter särskilt i de norra delarna av landet där tjäldjupet kan uppgå till ca 2 m. Det är då viktigt att den stabiliserade torven inte tappas sin stabiliserande effekt då den fryser, vilket kan leda till stora sättningar bland annat i vägar och att anläggningar förstörs.

Frysförsöken är en förstudie och syftar till att konstatera *om* hållfastheten påverkas av frysning. En större provserie behöver göras för att utreda tjälens alla verkningar på stabiliserad torv. Det ryms dock ej inom ramen för detta examensarbete.

Det finns inga tidigare försök dokumenterade i litteraturen i detta ämne men några enstaka försök har tidigare gjorts vid LTU.

5.2.2 Försök

Denna parameter undersöktes i provomgång 2 och torv T1 användes vid tillverkningen av proverna. T1 är en låghumifierad (H3-4) norrlandstorv. 24 provkroppar tillverkades för denna undersökning, 12 st. för att frysa ned och 12 st. som referensprover. Dessa referensprover tillverkades för att ha något att jämföra med vid analysen av de frysta proverna

När proverna härdat i fjorton dagar med belastningen 40 kPa sattes 12 av proverna in i en frys med temperaturen -10°C. De övriga 12 referensproverna fick stå kvar i provriggen.

En fryscykelcykel innebär att proverna får stå i frysen 3 dygn och sedan tina i rumstemperatur i 4 dygn. Proverna som frystes ned stod utan tillgång till vatten i frysen av tekniska och praktiska skäl. Detta förfarande leder till att islinstillväxten (se kapitel 5.1) minimeras eller helt uteblir. Under upptiningen tillsattes dock vatten för att provet inte skulle torka ut.

Referensproverna stod i vattenbad och rumstemperatur under hela förloppet. Undersökningen utfördes i 4 omgångar där antalet fryscyklar var 1, 2, 4 och 8 st. för de olika omgångarna. Det antal prover som användes i varje cykel var 6 st, dvs. 3 frysta och 3 referenser.

5.2.3 Resultat

Efter 1 fryscykel kan det konstateras att de frysta proverna har en något lägre hållfasthet (figur 5.2.1). och en något högre densitet än referensproverna (figur 5.2.2).

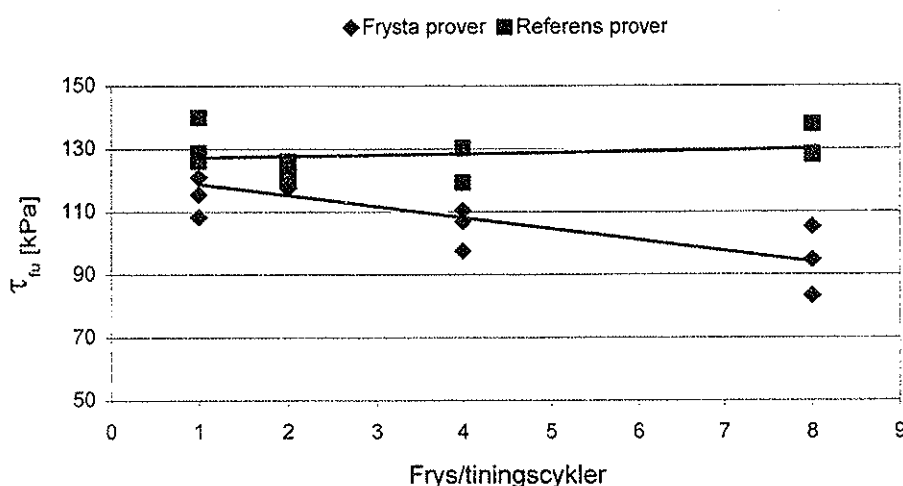
När brottkurvorna (bilaga 4) analyseras kan det konstateras att de frysta proverna har en flackare brottkurva än de ofrysta vilket tyder på att de har något segare brott än referensproverna.

Efter 2 fryscyklar kan inget sägas om frysningens inverkan genom att enbart analysera hållfasthet och spridning. Om däremot densitet- och brottkurvor analyseras kan det konstateras att en högre densitet för de frysta proverna inte ger någon högre hållfasthet vilket har varit fallet för övriga prover (figur 5.2.1, 5.2.2). Även brottkurvorna (bilaga 4) visar ett flackare utseende för de frysta än för de ofrysta proverna vilket tyder på att något skett under frysningsprocessen.

Med 4 frysningscyklar börjar skillnaderna mellan de frysta och de ofrysta proverna vara påtaglig. Det är då främst hållfasthet och densitet (figur 5.2.1, 5.2.2) som uppvisar ett avvikande resultat. De frysta proverna har högre densitet men lägre hållfasthet än de ofrysta vilket är det omvända förhållandet mot tidigare resultat.

Efter fyra cykler har även vattenkvoten ökat markant i förhållande till referensproverna (figur 5.2.3). Även brottkurvorna (bilaga 4) visar ett flackare utseende för de frysta än för de ofrysta proverna, vilket tyder på att något skett under frysningprocessen.

När prover utsatts för 8 frysningssyklar är skillnaderna mellan de frysta och de ofrysta proverna ännu större än för de övriga omgångarna. Det är även här främst hållfasthet och densitet som uppvisar ett starkt avvikande resultat. Hållfastheten har minskat avsevärt för de frysta proverna trots att densiteten har ökat (figur 5.2.1, 5.2.2). Även vattenkvoten har ökat kraftigt (figur 5.2.3). och brottkurvorna (bilaga 4) visar ett flackare utseende för de frysta proverna jämfört med referensproverna.



Figur 5.2.1 Hållfasthet för frysta prover och referensprover undersökta vid samma tidpunkt som de frysta proverna.

5.2.4 Diskussion om tjälens inverkan på hållfastheten

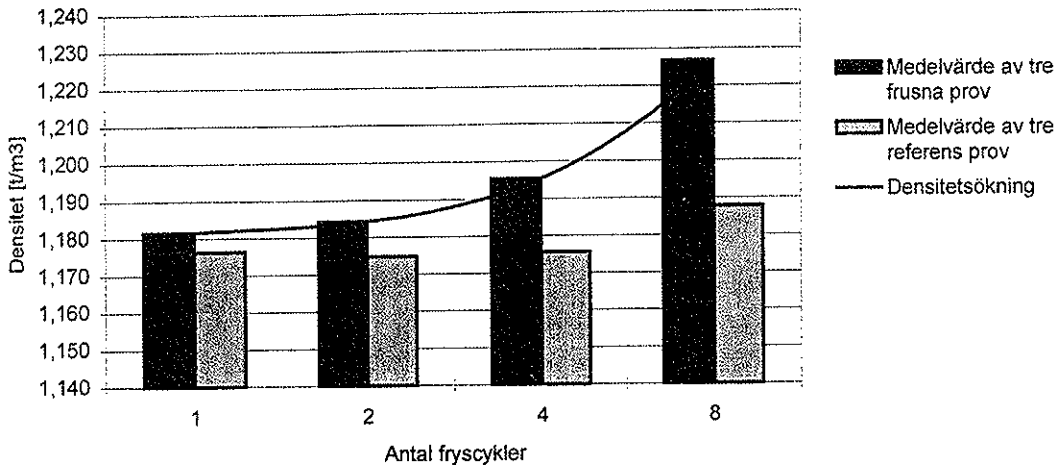
När medelvärdet för de olika frysningssyklerna studeras kan det konstateras att för en och två frysningssyklar skiljer sig uppnådd hållfasthet inte nämnvärt åt mellan de frusna och de ofrusna proverna. När antalet fryscyklar ökar till fyra kan en signifikant minskning i hållfasthet utläsas för de frusna proverna och ökas antalet cykler till åtta är skillnaden ännu större till fördel för de ofrusna proverna (figur 5.2.1).

Brottkurvorna (bilaga 4) visar att de frusna proverna får lägre hållfasthet och flackare brottkurva med ökat antal fryscyklar. Detta medan referensproverna har en hållfasthet som i stort sätt ligger i samma storleksordning, trots att de har olika härdningstid. Dessutom har referensprovernas brottkurvor likartat utseende.

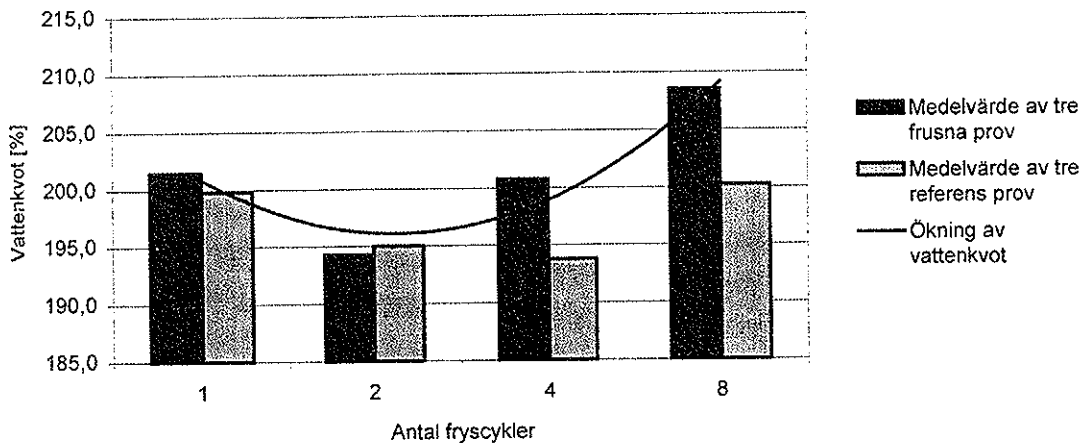
Studeras densiteterna observeras att de frusna proverna uppvisar en stigande densitet med antalet fryscyklar (figur 5.2.2). I tidigare försök har en stigande densitet inneburit en ökad hållfasthet men i detta fall, med frusna prover, är förhållandet det motsatta.

Utveckling av referensmetod

5. Tjäle

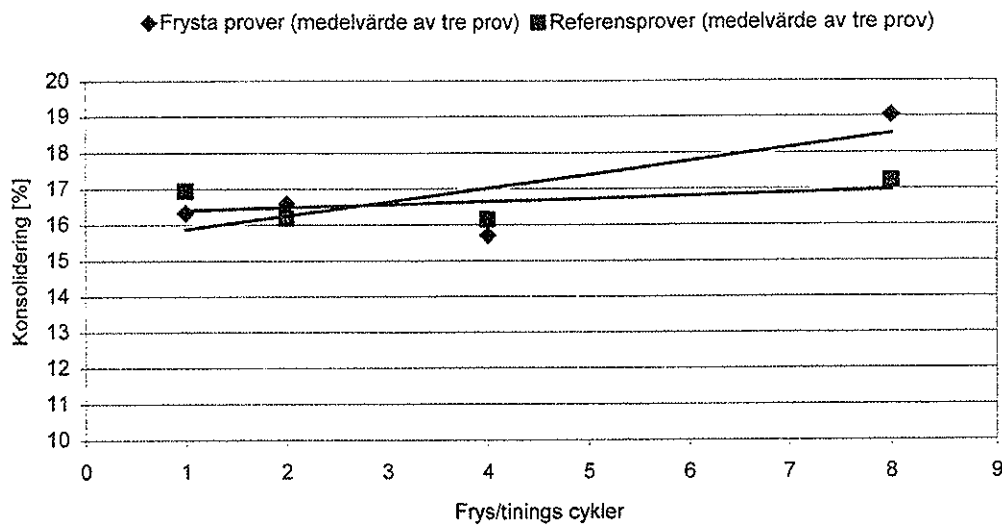


Figur 5.2.2 Densitetsökning för frysta prover.



Figur 5.2.3 Ökning av vattenkvot för frysta prover.

Densitetsökningen i de frysta proverna torde bero på en kombination av fortsatt konsolidering och den ökande vattenkvoten. Bindningarna som bildats av stabiliseringsmedlet bryts upp när vattnet i provet fryser. Överlasten komprimerar sedan provet ytterligare när det tinat och på detta vis fås en högre densitet utan att provet ökar i hållfasthet (figur 5.2.4). Konsolideringen mättes från det att proverna tillverkades och fjorton dagar framåt dvs. till dess att proverna sattes in i frysen. Tidigare försök har visat att konsolideringen har avstannat efter denna tid.



Figur 5.2.4 Konsolidering för frysta prover och referensprover
(beräknad utifrån provets ursprungslängd och dess slutlängd).

Om konsolideringen hade mätts även när proverna stod i frysen, skulle den fortsatta konsolideringen antagligen ha kunnat observerats för de frusna proverna (figur 5.2.4). Det som också hade kunnat klarläggas är hur mycket tjällyftningen påverkar provet, men detta gjordes dock ej på grund av begränsad tid och av praktiska skäl.

5.2.5 Slutsats

Denna förstudie av tjälens inverkan på stabiliserade torvprover, visar att om antalet fryscykler ökar så minskar hållfastheten. Vidare ökar densiteten, dvs. provet uppvisar en fortskridande konsolidering.

Studiens främsta syfte var att konstatera om tjäle har någon inverkan på hållfastheten. Studierna visar att hypoteserna styrks även om förloppet inte till alla delar är belagt. Vidare studier krävs för att ta reda på vad som händer med den stabiliserade torven då förhållanden som temperatur och den tid som proverna fryser varieras, mm. Dessutom krävs undersökningar som syftar till att ta reda på om tjälen även påverkar en stabilisering i fält negativt.

6. FÖRSLAG TILL LABORATORIEANVISNING

6.1 Allmänt

Denna anvisning får ses som ett förslag till hur en laboratorieanvisning för tillverkning och provning av stabiliserade torvprover skulle kunna utformas. Upplägget är detsamma som i SGF:s Rapport 4:95 för inblandning och preparering av KC-stabiliserad jord. Förslaget i Rapport 4:95 har dock redigerats för att passa denna metod vid stabilisering av organisk jord typ torv.

6.2 Förslag

Geotekniska provningsmetoder

Förslag till laboratorieanvisning för inblandning, preparering av provkroppar, förvaring och undersökning av stabiliserade torvprover.

Innehåll	
Orientering	
1.	Tillämpning
2.	Referenser
3.	Utrustning
4.	Beställning
5.	Inblandning
6.	Preparering av provkroppar
7.	Undersökning av provkroppar
8.	Rapport

Orientering

Detta förslag till anvisning baseras på tidigare erfarenheter inom området samt resultat erhållna under ett examensarbete för utveckling av referensmetod för provkroppstillverkning och provning vid Luleå tekniska universitet.

6.2.1 Tillämpning

Anvisningen är avsedd att tillämpas vid geotekniskt laboratoriearbete för bestämning av stabiliseringseffekten vid inblandning av kemiskt stabiliseringsmedel som Merit, Hyttsten och/eller cement i organisk jord typ torv eller gytta.

6.2.2 Referenser

Följande standardiserade försök omnämns i förslaget till anvisning och skall utföras enligt svensk standard.

SS 02 71 14 Geotekniska provningsmetoder – Skrymdensitet

SS 02 71 16 Geotekniska provningsmetoder - Vattenkvot och vattenmättnadsgrad

SS 02 71 28 Geotekniska provningsmetoder – Skjuvhållfasthet – enaxligt tryckförsök, UU-försök – Kohesionsjord

SS 02 71 29 Geotekniska provningsmetoder – Kompressionsegenskaper – Ödometerförsök med stegvis pålastning – Kohesionsjord

6.2.3 Utrustning

- Degblandare eller hushållsassistent (beroende på provmängd)
- Torkskåp
- Snabbvåg med 0.01 g avläsningsnoggrannhet
- Torkskålar
- Torkskåpsbricka
- Spatel
- Blandarskålar
- Stabiliseringsmedel
- Packningsapparat för inpackning av stabiliserad torv i provtuber
- Provhylsor med lock (50 eller 68 mm och höjd 170 respektive 240 mm)
- Redskap för uppluckring typ kraftig gaffel eller liknande
- Provrigg med tillhörande konsolideringsvikter samt stämp med filter och en filtermatta (se kap.2.3.5, figur 2.33 och 2.34)
- Provuttryckare med diameter 50 eller 68 mm

6.2.4 Beställning

Vid beställning av inblandningsförsök med stabiliserad jord skall framgå:

- Vilka provtagningshål och –nivåer som skall ingå i respektive blandning.
- Typ av och mängd stabiliseringsmedel. Anges som mängd inblandningsmedel i kg/m^3 av den orörda torvens massa.
- Antal provkroppar som skall tillverkas för respektive blandning.
- Belastningsnivå under härdningstiden.
- Tidpunkter efter inblandning då provning skall utföras samt vilka provningar som skall utföras vid respektive tidpunkt.

Förvaringsförhållanden under härdning:

- Alt. 1. Förvaring i rumstemperatur (vilket är det normala).
- Alt. 2. Förvaring vid konstant temperatur i kylskåp. Lagringstemperatur anges.
- Alt. 3. Varierande temperatur. Schema ges vid beställning.

6.2.5 Inblandning

I normala fall kan vanlig hushållsassistent eller degblandare användas. För större provmängd används större degblandare.

- Väg blandarskålen som skall användas.
- Lägg i önskad torvmängd, plocka bort större rötter och homogenisera torven genom omrörning för hand ca. 30 sekunder.
- Fördela stabiliseringsmedlet jämnt i torven och blanda till en homogen massa under 2-5 minuter, maskinen stoppas efter halva tiden och oblandad torv och stabiliseringsmedel som fastnat på blandningsverktyg och skål skrapas ned i blandningen.
- Tag ut två delprover för bestämning av vattenkvot.

Tillsättning av stabiliseringsmedel

Önskad mängd stabiliseringsmedel beräknas och vägs upp. Generellt sett väger torv 1000 kg/m³ och för en stabiliseringsmängd på 200 kg/m³ krävs det då för 1 kg torv:

$$1.0 * 10^{-3} \text{ m}^3 * 200 \text{ kg/m}^3 = 0.200 \text{ kg stabiliseringsmedel / kg torv}$$

Den beställda mängden stabiliseringsmedel tillsätts efter homogenisering av torven enligt ovan. Stabiliseringsmedlet blandas ut för hand i torven innan mixning påbörjas för att det skall fördelas jämt i blandningen.

6.2.6 Packning av provkroppar

Innan tuben packas bestäms tubvikten för att senare kunna beräkna densiteten hos torvprovet. Den stabiliserade torven fylls i insmorda provtuber (tex. vaselin) och packas med packningsapparat (statisk last). Fyll och packa i lager om 20-30 mm oavsett vilken tubdiameter som används. Därefter belastas lagret med konstant tryck ca. 5 sekunder.

Vid ifyllning och packning tillses att luftfickor ej uppkommer. Packning sker först för hand genom att lagret försiktigt trycks ner 10 ggr med en stav med en diameter av ca. 20 mm. Packa provet från ena sida till den andra för att driva ut inneslängd luft. Detta gäller oavsett vilken provkroppsdiameter som används. Efter detta läggs en statisk last på som skall vara jämn, likformig och normalt 40 kPa för denna typ av organisk jord. Ytan som läggs mot torven bör vara räfflad för att förhindra markerade lagergränser. Dessutom skall ytan luckras upp efter varje lager med exempelvis en gaffel. Denna uppluckring behövs främst på prover med låg vattenkvot.

För utprovning av packningen kan packningseffekten kontrolleras i en första hylsa. Packningsförfarandet kan därefter justeras.

Ifyllning och packning skall ske omgående efter inblandning av stabiliseringsmedlet och vara avslutad inom 30 minuter efter att blandningen påbörjats.

Sedan provhylsorna fyllts till önskad höjd avjämnas överytan och provet vägs och skrymdensiteten bestäms. Efter detta sätts proverna i den vattenfyllda provriggen med den givna överlasten. Mellan överlasten och provet placeras en stämp med filter och i botten av provriggen en filtermatta för att vatten skall kunna röra sig fritt till och från provet under konsolideringsprocessen.

Proverna förvaras sedan enligt beställarens anvisningar vilket normalt är rumstemperatur. Normalt kan det vara lämpligt att tillverka 2-3 st. provtuber per blandning/härdningstid och dessa provtrycks sedan exempelvis efter 7, 14, 28 resp. 90 dygn. Lagringstemperatur, antal provkroppar, överlast under härdning samt tidpunkt för undersökning skall framgå av beställning (jfr. avsnitt 4).

6.2.7 Undersökning av provkroppar

Vid anvisade tidpunkter utförs undersökning av de stabiliserade torvproverna. Normalt bestäms vattenkvot, skrymdensitet samt skjuvhållfasthet med enaxligt tryckförsök, vilket ger möjlighet att även beräkna elasticitetsmodulen. Vid all parameterbestämning skall svensk standard följas. Normalt mäts konsolideringen under härdningstiden efter 2 och 10 minuter, 1 och 4 timmar samt efter 1, 7, 14 och 28 dygn. De kortaste tiderna är främst avsedda för och se till att konsolideringen kommit igång på ett tillfredställande sätt.

6.2.8 Rapport

Provningsrapport skall ge besked om:

- Den provade torvens egenskaper (humifieringsgrad, densitet) och dess ursprung
- Utförda inblandningar, med beteckning och redovisning av aktuella provtagningssektioner och –nivåer
- Torvens vattenkvot före inblandning av stabiliseringsmedel
- Vattenkvot för stabiliserad torv innan inpackning i tuberna
- Mängd inblandningsmedel, och i förekommande fall proportioner, mellan slagg/cement etc.
- Lagringsförhållanden i form av temperatur, belastning etc.
- Tidpunkt för respektive undersökning (dygn efter inblandning)
- Utvärderade parametrar. Redovisning enligt refererad standard i avsnitt 2 tillkommer.

7. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

7.1 Undersökta parametrar

7.1.1 Spridning och provkroppsstorlek (Kap. 4.1)

Spridningen för en grupp stabiliserade torvprover är relativt liten. Vid en jämförelse mellan grupper om 3 st. prover till grupper med upp till 10 st. prover, ligger standardavvikelsen inom gruppen under 10%. Antalet prover som blandas samtidigt påverkar ej spridningen nämnvärt så länge antalet uppgår till maximalt 4 prover som i dessa försök.

En jämförelse av provkroppsstorlek visar att 50 och 68 mm prover har i stort sett samma standardavvikelse.

Hållfastheten har ett samband med densiteten där hög densitet ger hög hållfasthet. Detta medför att packning av stabiliserad torv i provtub påverkar sluthållfastheten. Ett hårt packat prov får hög densitet vilket leder till en hög hållfasthet och det motsatta förhållandet råder om det packas löst. Slarvas det i packningsmomentet bidrar detta till en varierande densitet vilket leder till stor spridning inom en provgrupp.

7.1.2 Lagring av torv före tillverkning (Kap. 4.2)

Stabiliseringseffekten förändras inte av att torven lagras upp till en månad förutsatt att lagringen sker i kylskåp (5-7°C) och att provet är väl tillslutet.

7.1.3 Inblandningsapparat, -tid och bindemedelstyp (Kap. 4.3)

Valet av inblandningsapparat har ej någon nämnvärd betydelse då vanlig köksmixer, kraftfullare degblandare eller annan liknande apparatur används. Det som däremot spelar roll är inblandningstiden där det visar sig att en inblandningstid på 2 minuter är idealisk och tillräcklig.

Valet av stabiliseringsmedel bör göras från fall till fall beroende på torven i det aktuella fallet. Olika stabiliseringsmedel ger olika stabiliseringseffekt beroende på torvsort (se Axelsson 1998).

7.1.4 Uttag av provkropp (Kap. 4.4)

Vid uttag av provkroppen för enaxiella tryckförsök rekommenderas att provkroppen tas av den övre delen av provet. Ingen signifikant skillnad kan i dessa försök observeras mellan att ta ut provkroppen överst respektive underst i provet. Vid uttag i den övre delen av provet trycks dock provet i dess naturliga rörelseriktning i provtuben efter konsolideringsprocessen vilket gör det lättare att trycka ut provet i denna riktning.

7.1.5 Torvtyp (Kap. 4.5)

Stabiliseringseffekten varierar kraftigt beroende på vilken torvsort som används. Torv som är upptagen på olika geografiska platser kan ha liknande fysikaliska egenskaper men uppvisa mycket olika skjuvhållfastheter vid stabilisering.

Det är mycket svårt att förutsäga stabiliseringseffekten för en torv genom att analysera olika parametrar som humifieringsgrad och pH.

Torv från södra Sverige har i detta arbete givit en högre hållfasthet vid stabilisering än torv från norra Sverige.

7.1.6 Markprofil (Kap. 4.6)

Torv från samma provpunkt men olika djup kan ge kraftiga variationer i stabiliseringseffekt. Det är mycket svårt att förutsäga på vilken nivå den lägsta hållfastheten uppträder vid stabilisering. Detta visar att en omfattande undersökning behöver utföras där prover tas från flera djup för att kontrollera stabiliserings- effekten inför en stabilisering i fält.

7.1.7 Härdningstid (Kap. 4.7)

Stabiliseringseffekten ökar med ökad härdningstid. Ökningen varierar för olika torvsorter och stabiliseringsmedel, men går alltid fortast i början varpå den avstannar. Detta medför att ett relevant värde på hållfastheten som ligger nära den slutgiltiga hållfastheten kan erhållas redan efter 14 dygn. Resultatet bör dock kompletteras med andra härdningstider för att en trend skall kunna utläsas för hållfasthetstillväxten. Lämpligt kan vara 7, 14 och 28 dygn.

7.1.8 Belastning under härdning (Kap. 4.8)

Hållfastheten för stabiliserad torv är starkt beroende av vilken belastning provet har varit utsatt för under härdningstiden. En högre belastning ger en ökad konsolidering och ett högre värde på hållfastheten. Valet av belastning i laboratoriet bör anpassas efter vilken belastning som skall användas i fält, t.ex. vilken bankhöjd som är aktuell. Belastningen skall läggas på snarast efter stabilisering för att få den konsolidering som krävs för att få önskad hållfasthetstillväxt.

7.1.9 Dimensioneringsparametrar (Kap. 4.9)

Vid dimensionering använder man sig av totalsäkerhetsprincipen där karakteristiska värden används som indata. Här undviker man att använda sig av partialkoefficienter och reducerar istället hållfasthetsvärdet som man uppnått i laboratorium. Normalt ligger denna korrektionsfaktor mellan 0.7-1.0 men bör kanske ligga något lägre om försiktighetsprincipen skall gälla. Anledningen till detta låga värde på korrektionsfaktorn är osäkerheten om hur god stabiliseringseffekt som uppnås i fält.

Sättningar i stabiliserad torv som mäts i laboratorium under härdningstiden ligger ofta relativt nära verkligheten och ligger normalt mellan 10-30%. Livslängden för en konstruktion bör uppgå till vad som anges i handböcker som Väg- eller Bro 94. Livslängden varierar men skall i de allra flesta fallen väljas till minst 40 år.

7.2 Tjäle (Kap. 5)

Upprepade frysings- och tiningscyklar påverkar stabiliserade torvprover negativt. Vid 8 frys/tiningscyklar sjunker hållfastheten med 30% jämfört med ofrusna prover som tillverkats på samma sätt.

Hållfastheten för de frusna stabiliserade torvproverna minskar men densiteten ökar. Den ökande densiteten är en följd av ökad vattenkvot och fortsatt konsolidering när uppnådda bindningar i provet bryts upp vid nedfrysningen.

7.3 Förslag till laboratorieanvisning (Kap. 6)

I detta examensarbete har det största målet varit att utveckla och därefter beskriva den referensmetod som används för tillverkning och provning av stabiliserade torvprover.

Den metod som utarbetats beskrivs i kapitel 6, förslag till laboratorieanvisning. Denna metod har fungerat väl och kan med enkelhet användas av de flesta geotekniska laboratorier i Sverige när provning av stabiliserad torv skall ske.

7.4 Sammanfattning

Målet med detta arbete var att utveckla referensmetoden för stabilisering och provning av torv i laboriemiljö. Ett flertal parametrar har undersökts under arbetets gång. Vid utvärdering av dessa olika material- och tillverkningsfaktorer (kap. 4), kunde referensmetoden utvecklas och förfinas. Detta gav en referensmetod som ger liten spridning och god repeterbarhet vid upprepade försök.

Vid utvärdering av frys försöken framkom att tjäle påverkar hållfastheten för stabiliserade torvprover negativt. Denna förstudie av tjälpåverkan visar att problem med frysning existerar och att det krävs ytterligare försök för att helt klarlägga tjälens påverkan på stabiliserade torvprover.

7.5 Forskningsbehov

Lagring

Ytterligare försök krävs och på flera torvsorter för att försäkra sig om att lagringstiden inte påverkar stabiliseringseffekten.

Inblandningstid

Två minuter kan räcka men en optimering kan göras då skillnaden mellan 2 och 5 minuter är relativt stor.

Bindemedel och torvsort

För att rätt bindemedel skall kunna användas i rätt situation, måste det göras fler försök, där olika bindemedel och torvsorter undersöks. Försök kring detta pågår för närvarande inom Svensk Djupstabilisering.

Torvens egenskaper

Det krävs mer undersökningar för att ta reda på hur torvens egenskaper och innehåll påverkar stabiliseringseffekten. Torv från flera olika delar av landet bör undersökas vid sådana försök.

Dimensioneringsparametrar

Det krävs undersökningar som knyter ihop provresultatet från laboratoriet med resultatet som fås vid en stabilisering i fält.

Tjälpåverkan

Ytterligare undersökningar bör göras för att utröna tjälens alla verkningar på stabiliserad torv. Det krävs även att undersökningar görs i fält för att konstatera om samma förhållanden råder där som i laboratorium.

8. REFERENSER

- Andersson, R., Jacobsson, A., Parkkinen E. & Axelsson K. (1997). *Referensmetod för inblandning och preparering av provkroppar, förvaring och undersökning av stabiliserade torvprover*, Steg 1 – Insamling av erfarenheter. Förstudie inom svensk Djupstabilisering, Linköping.
- Axelsson, K., Johansson, S-E., Andersson, R. (1998). *Stabilisering av organisk jord med cement- och puzzolanreaktioner*. Förstudie inom Svensk Djupstabilisering, Linköping.
- Byggtjänst (1990). *Betonghandbok, utgåva 2*, Solna.
- Carlstén, P. (1989). *Vägbyggnad på torv*. Vägledning 2, 1989-11, Nr 1989:53 (VV), SGI.
- EuroSoilStab (1997). *Laboratory Test Methods for Mixing and Preparation of Test Samples, Storing and Investigation of Stabilised Peat Samples*. Proposal for EuroSoilStab, draft 1.
- Knutsson, M. (1997). *Stabilisering av torv*. Examensarbete, Avd. för Geoteknik, LTU. ISSN 1402-1617, Luleå.
- Knutsson, S. (1981). *Tjälningsprocessen*. Beräkning av tjäldjup. Avd. för Geoteknik, LTU, 1981:5.
- Pousette, K., Mácsik, J., Jacobsson, A. (1996). *Stabilisering av torv*. Teknisk rapport 1996:13T, Avd. för Geoteknik, LTU, ISSN 0349-3571, Luleå.
- Pousette, K., Mácsik, J., Jacobsson, A. (1997). *Stabilisering av torv. Fältförsök och laboratoriestudier*. Forskningsrapport 1999:08. Avd. för Geoteknik, LTU, Luleå.
- Svenska Geotekniska Föreningen (1995). *Kalk- och kalkcementpelare*. Vägledning för projektering, utförande och kontroll. SGF rapport 4:95, ISSN 1103-7237.
- Svensk Standard 027125 (1991). *Geotekniska provningsmetoder, Skjuvhållfasthet – Fallkonförsök – Kohesionsjord*, SIS – Standardiseringskommissionen i Sverige, Byggstandardiseringen, Stockholm.

Skala för humifieringsgrad

Lennart Von Post's 10 gradiga humifieringsskala

Grad	Förklaring
H1.	Fullständigt ohumifierad och dyfri torv: Vid kramning i handen avgår endast färglöst klart vatten.
H2.	Så gott som fullständigt ohumifierad och dyfri torv: Vid kramning avges nästan klart men gulbrunt vatten.
H3.	Föga humifierad torv eller svagt dyhaltig torv: Vid kramning avges tydligt grumligt vatten, men där ingen torvsubstans passerar mellan fingrarna. Kramningsåterstoden ej grötig.
H4.	Dåligt humifierad torv eller något dyhaltig torv: Vid kramning avges starkt grumligt vatten. Kramningsåterstoden något grötig.
H5.	Någorlunda humifierad torv eller tämligen dyhaltig jord: Växtstrukturen fullt tydlig men något beslöjad. Vid kramning passerar någon torvsubstans mellan fingrarna men dessutom starkt grumligt vatten. Kramningsåterstoden starkt grötig.
H6.	Någorlunda humifierad eller tämligen dyhaltig torv med otydlig växtstruktur: Vid kramning passerar högst 1/3 av torvsubstansen mellan fingrarna. Kramningsåterstoden starkt grötig men visar tydligare växtstruktur än den kramade torven.
H7.	Ganska väl humifierad torv eller betydligt dyhaltig torv, i vilken ännu rätt mycket av växtstrukturen kan skönjas: Vid kramning passerar omkring hälften av torvsubstansen mellan fingrarna. Om vatten avskiljes är det vällingartat och starkt mörkfärgat.
H8.	Väl humifierad eller starkt dyhaltig torv med mycket otydlig synbar växtstruktur: Vid kramning passerar 2/3 av torvsubstansen mellan fingrarna. Möjligen avskiljes något och i så fall vällingartat vatten. Kramningsåterstoden består huvudsakligen av mera resistent rottrådar och dyligt.
H9.	Så gott som fullständigt humifierad eller nästan helt dyaktig torv, i vilken nästan ingen växtstruktur framträder: Nästan hela torvmassan passerar vid kramning mellan fingrarna som en homogen gröt.
H10.	Fullständigt humifierad torv eller helt dyartad torv, i vilken ingen växtstruktur framträder: Vid kramning passerar hela torvmassan utan avskiljande av fritt vatten mellan fingrarna.

Prov fakta		Tider										Före inblandning				
Nr (1-68)	Fakt	Omg (1-4)	To:Pr	hom/ sep.	Diam. (50/68)	Area (cm2)	Stab (Me/Hy)	Mängd (%/%)	Belastn. (kPa)	Bl.tid (min)	Härdn (dygn)	w (%)	Vh (%)	TS (%)	g (%)	
E1	1	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E2	1	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E3	1	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E4	1	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E5	1	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E6	1	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E7	1	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E8	1	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E9	1	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E10	1	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E11	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E12	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E13	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E14	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E15	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E16	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E17	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E18	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E19	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E20	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E21	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E22	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E23	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E24	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E25	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E26	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E27	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E28	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E29	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E30	1	1	T1:1	sep	50	20	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E31	2	1	T1:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E32	2	1	T1:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E33	2	1	T1:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E34	2	1	T1:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E35	2	1	T1:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E36	2	1	T1:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E37	2	1	T1:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E38	2	1	T1:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E39	2	1	T1:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	
E40	2	1	T1:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76	

Provplan - Omgång 1

Före hårdning					Efter hårdning									
Nr	w	Vh	TS	Dens	w	Vh	Dens	Konsol	Kompr	Skjuvh.	Kommentar			
(1-68)	(%)	(%)	(%)	(t/m ³)	(%)	(%)	(t/m ³)	(%)	(%)	(kPa)				
E1	253,87	71,74	28,26	1,149	220,38	69,40	1,159	6,00	3,54	81,3	Homogena gjordes 3, 3, 4 efter			
E2	-	-	-	1,139	218,58	68,96	1,157	8,00	3,34	87,2	homogenisering av torv.			
E3	-	-	-	1,129	217,00	68,78	1,147	8,00	2,35	78,5	10 st sattes samtidigt.			
E4	253,55	71,72	28,28	1,133	216,97	68,64	1,158	8,33	3,59	90,8				
E5	-	-	-	1,143	217,60	69,10	1,156	8,33	3,5	94,8				
E6	-	-	-	1,150	216,35	68,61	1,147	9,00	3,34	97,1	Homogena gjordes 3, 3, 4 efter			
E7	255,12	71,84	28,16	1,141	217,47	69,12	1,154	9,00	3,84	76,5	homogenisering av torv.			
E8	-	-	-	1,148	219,23	69,14	1,155	9,00	3,84	85,4	10 st sattes samtidigt.			
E9	-	-	-	1,153	215,87	68,96	1,163	9,33	3,59	90,3				
E10	-	-	-	1,140	218,69	69,09	1,151	8,67	3,63	86,4				
E11	256,70	71,97	28,03	1,147	216,29	69,16	1,166	10,67	3,75	98,4	Dessa fem sattes samtidigt men			
E12	-	-	-	1,150	219,93	69,19	1,198	7,95	3,84	87,3	tillverkades separat.			
E13	257,28	72,01	27,99	1,150	217,26	68,75	1,160	8,61	3,66	101,7	E11-stämp går trögt.			
E14	-	-	-	1,152	215,92	68,75	1,158	8,00	3,75	89,3				
E15	263,06	72,46	27,54	1,143	215,79	68,78	1,160	10,67	3,63	94,2				
E16	-	-	-	1,149	218,37	68,96	1,161	8,67	4,55	104,1	Dessa fem sattes samtidigt men			
E17	257,78	72,05	27,95	1,139	219,02	68,89	1,158	7,28	3,75	91,6	tillverkades separat.			
E18	-	-	-	1,147	214,02	68,69	1,160	9,33	4,25	90,5				
E19	262,17	72,39	27,61	1,140	216,36	69,15	1,160	11,26	3,25	89,8				
E20	-	-	-	1,150	217,38	68,93	1,167	9,33	4	96,1				
E21	250,14	71,44	28,56	1,143	220,14	69,37	1,157	9,67	3,88	89,1	Dessa fem sattes samtidigt men			
E22	254,30	71,78	28,22	1,143	222,48	69,09	1,162	10,67	3,88	90,7	tillverkades separat.			
E23	250,82	71,50	28,50	1,150	218,77	69,30	1,160	8,61	3,75	73,2				
E24	-	-	-	1,139	218,92	68,91	1,154	9,93	3,38	86,1				
E25	-	-	-	1,144	216,89	68,80	1,163	9,93	3,84	90,6				
E26	-	-	-	1,150	215,92	68,71	1,177	8,67	3,5	80,4	Dessa fem sattes samtidigt men			
E27	-	-	-	1,150	217,49	68,93	1,162	9,33	3,41	87,5	tillverkades separat.			
E28	-	-	-	1,135	218,23	69,12	1,155	9,33	4	81,2				
E29	-	-	-	1,154	219,54	69,20	1,166	8,61	3,5	88,5				
E30	255,65	71,88	28,12	1,148	220,08	69,39	1,162	9,33	3,47	78,9				
E31	257,96	72,06	27,94	1,136	222,48	69,56	1,152	7,55	2,52	79,5	Dessa fem sattes samtidigt men			
E32	-	-	-	1,132	222,64	69,70	1,149	7,11	2,27	76,5	tillverkades separat.			
E33	260,43	72,26	27,74	1,133	218,96	69,28	1,151	7,82	2,52	80				
E34	-	-	-	1,135	218,49	69,25	1,154	8,57	2,5	84,9				
E35	261,88	72,37	27,63	1,137	221,43	69,54	1,156	9,67	2,77	82,8				
E36	-	-	-	1,143	218,74	69,19	1,133	8,53	2,56	86,4	Dessa fem sattes samtidigt men			
E37	302,50	75,16	24,84	1,097	255,10	72,60	1,112	8,73	2,64	51,3	tillverkades separat.			
E38	-	-	-	1,104	254,19	72,27	1,120	9,48	3,4	55,2				
E39	300,68	75,04	24,96	1,116	250,66	72,12	1,128	9,72	3,38	61,9				
E40	-	-	-	1,109	253,12	72,27	1,124	9,24	2,77	56,4				

Provplan - Omgång 1

Prov fakta															
Tider															
Före inblandning															
Nr	Fakt	Omg (1-4)	To:Pr	hom/ sep	Diam. (50/68)	Area (cm2)	Stab (Me/Hy)	Mängd (%)	Belastn. (kPa)	Bl.tid (min)	Härdn (dygn)	w (%)	Vh (%)	TS (%)	g (%)
(1-68)															
E41	2	1	T1:1	sep	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E42	2	1	T1:1	sep	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E43	2	1	T1:1	sep	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E44	2	1	T1:1	sep	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E45	2	1	T1:1	sep	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E46	2	1	T1:1	sep	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E47	2	1	T1:1	sep	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E48	2	1	T1:1	sep	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E49	2	1	T1:1	sep	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E50	2	1	T1:1	sep	68	36	Me	50/50	20	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E51	12	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	10	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E52	12	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	10	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E53	12	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	10	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E54	12	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E55	12	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E56	12	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	86,80	13,22	91,76
E57	11	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	3	656,8	86,80	13,22	91,76
E58	11	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	3	656,8	86,80	13,22	91,76
E59	11	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	3	656,8	86,80	13,22	91,76
E60	11	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	7	656,8	86,80	13,22	91,76
E61	11	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	7	656,8	86,80	13,22	91,76
E62	11	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	7	656,8	86,80	13,22	91,76
E63	11	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	656,8	86,80	13,22	91,76
E64	11	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	656,8	86,80	13,22	91,76
E65	11	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	656,8	86,80	13,22	91,76
E66	11	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	85	656,8	86,80	13,22	91,76
E67	11	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	85	656,8	86,80	13,22	91,76
E68	11	1	T1:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	85	656,8	86,80	13,22	91,76

Provplan - Omgång 1

Före härdning					Efter härdning					Kommentar	
Nr	w	Vh	TS	Dens	w	Vh	Dens	Konsol	Kompr		Skjuvh.
(1-68)	(%)	(%)	(%)	(t/m3)	(%)	(%)	(t/m3)	(%)	(%)	(kPa)	
E41	256,57	71,95	28,05	1,129	224,00	69,88	1,149	6,60	2,88	72,2	Dessa fem sattes samtidigt men tillverkades separat.
E42	255,79	71,89	28,11	1,138	214,17	69,00	1,158	9,52	2,77	87,2	
E43	256,55	71,95	28,05	1,130	217,66	68,95	1,153	8,53	2,63	75,9	
E44	357,25	78,13	21,87	1,094	293,75	75,10	1,108	11,37	3,85	30,5	Dessa fem sattes samtidigt men tillverkades separat.
E45	257,88	72,06	27,94	1,123	216,98	69,16	1,154	9,43	2,38	75,2	
E46	257,88	72,06	27,94	1,131	222,63	69,62	1,150	7,14	2,73	67,3	
E47	255,35	71,86	28,14	1,139	222,51	69,37	1,221	6,70	3,38	71,3	
E48	255,05	71,83	28,17	1,136	217,10	69,12	1,164	8,57	3,25	78,2	
E49	252,64	71,64	28,36	1,146	215,46	68,97	1,167	8,10	3,37	82	
E50	257,79	72,05	27,95	1,138	218,39	69,33	1,164	8,73	2,88	72,9	3 st blandades homogent och sattes samtidigt. OBS! Tubvikt skall mätas.
E51	256,90	71,98	28,02	1,143	232,82	70,12	1,140	3,33	3,5	67,6	
E52	-	-	-	1,137	233,46	70,12	1,146	7,67	3,59	68,6	
E53	-	-	-	1,104	236,41	70,62	1,104	9,00	3,88	68,2	3 st blandades homogent och sattes samtidigt.
E54	255,70	71,89	28,11	1,133	208,35	67,95	1,167	13,33	3,55	113,6	
E55	-	-	-	1,130	199,81	67,03	1,174	15,33	3,75	124,7	
E56	-	-	-	1,145	197,35	67,22	1,188	16,00	3,71	136,9	3 st blandades homogent och sattes samtidigt.
E57	257,08	72,00	28,00	1,139	233,82	70,04	1,158	8,67	4,7	70	
E58	-	-	-	1,147	232,09	69,89	1,156	8,67	4,13	69,3	
E59	-	-	-	1,137	233,15	69,98	1,161	9,33	4,38	71,8	3 st blandades homogent och sattes samtidigt.
E60	255,65	71,88	28,12	1,137	229,75	69,67	-	8,61	3,63	77,2	
E61	-	-	-	1,147	221,83	68,93	-	7,95	4,13	83,4	
E62	-	-	-	1,130	226,14	69,34	-	9,73	3,4	79	3 st blandades homogent och sattes samtidigt.
E63	258,10	72,08	27,92	1,148	217,73	69,00	1,163	8,72	3,3	97,6	
E64	-	-	-	1,143	215,97	68,86	1,159	9,33	3,5	98,1	
E65	-	-	-	1,135	214,47	68,68	1,160	9,33	3,5	98,1	3 st blandades homogent och sattes samtidigt.
E66	260,38	72,25	27,75	1,143	213,13	68,48	1,164	10,33	3,3	115,8	
E67	-	-	-	1,143	212,56	68,46	1,167	10,33	2,9	115,4	
E68	-	-	-	1,143	216,34	68,62	1,163	9,33	3,3	102,4	Tillv. efter 3-dagars.

Prov fakta										Tider		Före inblandning			
Nr	Fakt	Omg	To:Pr	hom/	Diam.	Area	Stab	Mängd	Belastn.	Bl.tid	Hårdn	w	TS	Vh	g
(69-137)		(1-4)		sep	(50/68)	(cm2)	(Me/Hy)	(%/%)	(kPa)	(min)	(dygn)	(%)	(%)	(%)	(%)
E69	1	2	T2:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E70	1	2	T2:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E71	1	2	T2:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E72	1	2	T2:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E73	1	2	T2:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E74	1	2	T2:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E75	1	2	T2:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E76	1	2	T2:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E77	1	2	T2:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E78	1	2	T2:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E79	1	2	T2:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E80	1	2	T2:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E81	1	2	T2:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E82	1	2	T2:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E83	1	2	T2:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E84	1	2	T2:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E85	1	2	T2:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E86	1	2	T2:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E87	1	2	T2:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E88	1	2	T2:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29
E89	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76
E90	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76
E91	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76
E92	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76
E93	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76
E94	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76
E95	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76
E96	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76
E97	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76
E98	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76
E99	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76
E100	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76

Provplan – Omgång 2

Före hårdning										Efter hårdning										Kommentar	
Nr	w	Vh	TS	Dens	w	Vh	Dens	Konsol	Kompr	Hålf											
(69-137)	(%)	(%)	(%)	(t/m ³)	(%)	(%)	(t/m ³)	(%)	(%)	(kPa)											
E69	234,51	70,11	29,89	1,129	204,38	68,10	1,162	9,00	2,98	77,4											
E70	-	-	-	1,136	200,94	67,53	1,160	10,00	2,73	79,8											
E71	277,70	73,52	26,48	1,099	227,60	70,32	1,130	10,95	4,09	58,1											
E72	-	-	-	1,101	227,18	70,28	1,125	11,67	3,38	56,1											
E73	255,79	71,89	28,11	1,123	207,10	68,32	1,140	8,10	3,25	64,0											
E74	-	-	-	1,130	202,76	67,64	1,157	10,19	3,10	75,2											
E75	251,79	71,57	28,43	1,125	200,73	67,40	1,157	10,43	3,00	75,5											
E76	-	-	-	1,133	200,15	67,66	1,171	11,61	3,35	81,4											
E77	252,59	71,64	28,36	1,125	202,23	65,12	1,161	13,51	3,02	80,4											
E78	-	-	-	1,127	203,52	68,02	-	11,43	3,13	73,3											
E79	241,92	70,75	29,25	1,134	198,35	66,95	1,159	10,00	3,34	91,9											
E80	-	-	-	1,134	197,33	66,71	1,161	10,26	3,59	88,3											
E81	-	-	-	1,131	200,04	66,79	1,160	7,95	3,59	88,3											
E82	242,56	70,81	29,19	1,136	199,13	66,87	1,161	10,67	3,68	87,6											
E83	-	-	-	1,138	195,79	66,33	1,162	13,00	3,13	92,7											
E84	-	-	-	1,139	198,01	66,74	1,162	10,67	3,71	92,9											
E85	239,38	70,53	29,47	1,147	192,36	66,05	1,179	13,25	3,59	104,1											
E86	-	-	-	1,141	194,43	66,46	1,167	10,93	3,47	88,9											
E87	-	-	-	1,149	191,96	66,25	1,175	11,26	3,33	97,8											
E88	-	-	-	1,140	194,69	66,68	1,172	12,67	2,85	87,5										1 tjälningscykel.	
E89	266,44	72,71	27,29	1,133	200,71	67,66	1,180	15,89	3,25	121,0											
E90	-	-	-	1,133	200,87	67,54	1,182	16,56	3,13	115,6											
E91	-	-	-	1,137	202,87	68,09	1,182	15,89	3,03	108,3											
E92	-	-	-	1,144	200,24	67,33	1,202	15,23	2,76	128,8										Referens till 1 cykel.	
E93	265,46	72,64	27,36	1,147	201,14	67,32	1,175	14,57	3,25	126,2										Härda 3 veckor.	
E94	-	-	-	1,137	198,10	67,12	1,177	15,33	3,13	139,9											
E95	-	-	-	1,139	195,88	67,15	1,180	16,45	3,38	117,6										2 tjälningscykler.	
E96	-	-	-	1,136	194,86	66,91	1,184	17,00	3,13	123,6											
E97	262,95	72,45	27,55	1,136	192,12	66,18	1,189	17,33	3,38	124,5											
E98	-	-	-	1,135	194,34	66,82	1,172	16,45	2,75	120,7										Referens till 2 cykler.	
E99	-	-	-	1,131	196,42	67,10	1,174	13,49	2,88	124,7										Härda 4 veckor.	
E100	-	-	-	1,136	194,20	66,63	1,179	15,36	2,63	125,9											

Provplan – Omgång 2

Prov										Tider		Före inblandning				
fakta										Bl.tid (min)	Härdn (dygn)	w (%)	TS (%)	Vh (%)	g (%)	
Nr	Fakt	Omg	To:Pr	hom/sep	Diam. (50/68)	Area (cm2)	Stab (Me/Hy)	Mängd (%/50)	Belastn. (kPa)							
(69-137)		(1-4)														
E101	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76	
E102	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76	
E103	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76	
E104	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76	
E105	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76	
E106	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76	
E107	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76	
E108	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76	
E109	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76	
E110	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76	
E111	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76	
E112	9	2	T1:3	hom	50	20	Me	50/50	40	2	14	656,8	13,22	86,78	91,76	
E113	5	2	T2:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29	
E114	5	2	T2:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29	
E115	5	2	T2:1	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29	
E116	5	2	T2:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29	
E117	5	2	T2:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	678,2	12,86	87,14	78,29	
E118	5	2	T2:1	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	998,2	9,11	90,89	85,28	
E122	10	2	NT601	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	998,2	9,11	90,89	85,28	
E123	10	2	NT602	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	810,0	10,99	89,01	84,12	
E124	10	2	NT612	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	810,0	10,99	89,01	84,12	
E125	10	2	NT612	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	1655,9	5,70	94,30	91,93	
E126	10	2	NT623	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	1655,9	5,70	94,30	91,93	
E127	10	2	NT623	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	583,9	14,62	85,38	42,96	
E128	10	2	NT645	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	583,9	14,62	85,38	42,96	
E129	10	2	NT645	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	948,5	9,54	90,46	96,22	
E130	10	2	NT701	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	948,5	9,54	90,46	96,22	
E131	10	2	NT701	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	1135,1	8,10	91,90	95,77	
E132	10	2	NT712	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	1135,1	8,10	91,90	95,77	
E133	10	2	NT712	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	870,4	10,31	89,69	75,77	
E134	10	2	NT723	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	870,4	10,31	89,69	75,77	
E135	10	2	NT734	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	733,0	12,01	87,99	90,68	
E136	10	2	NT734	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	733,0	12,01	87,99	90,68	
E137	10	2	NT734	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	733,0	12,01	87,99	90,68	

Provplan – Omgång 2

Före härdning					Efter härdning					Kommentar				
Nr	w	Vh	TS	Dens	w	Vh	Dens	Konsol	Kompr	Hållf				
(69-137)	(%)	(%)	(%)	(t/m ³)	(%)	(%)	(t/m ³)	(%)	(%)	(kPa)				
E101	265,16	72,61	27,39	1,138	200,68	67,29	1,194	16,67	4,00	110,5	4 tjälningscykler.			
E102	-	-	-	1,134	201,27	67,45	1,194	15,23	3,66	107,0				
E103	-	-	-	1,138	200,34	67,44	1,198	14,90	3,84	97,6				
E104	-	-	-	1,126	193,82	66,70	1,162	14,00	2,50	119,3	Referens till 4 cykler.			
E105	263,26	72,47	27,53	1,138	194,18	66,65	1,181	14,57	2,25	130,3	Härda 6 veckor.			
E106	-	-	-	1,142	193,35	66,56	1,183	15,56	2,60	130,3				
E107	-	-	-	1,132	206,34	67,75	1,232	16,00	3,63	105,2	8 tjälningscykler.			
E108	-	-	-	1,141	211,56	68,60	1,206	14,90	3,38	83,3				
E109	265,71	72,66	27,34	1,141	207,65	68,26	1,242	15,79	3,63	94,7				
E110	-	-	-	1,135	199,60	67,01	1,197	15,79	2,63	137,7	Referens till 8 cykler.			
E111	-	-	-	1,135	199,54	67,23	1,185	15,79	2,13	128,0	Härda 12 veckor.			
E112	-	-	-	1,133	201,51	67,23	1,181	15,13	2,25	128,2				
E113	246,74	71,16	28,84	1,138	198,95	67,36	1,163	12,25	3,13	85,2	Övre delen av provet kapas.			
E114	-	-	-	1,144	198,99	67,14	1,167	10,93	3,13	82,4				
E115	-	-	-	1,151	194,91	66,78	1,169	10,86	3,50	101,1				
E116	246,02	71,10	28,90	1,131	197,43	67,19	1,165	12,15	2,77	86,8	Övre delen av provet kapas.			
E117	-	-	-	1,132	200,37	67,36	1,163	11,79	3,40	88,0				
E118	246,88	71,17	28,83	1,121	198,25	67,33	1,228	12,80	2,90	86,3				
E122	286,80	74,15	25,85	1,150	228,02	72,96	1,194	19,87	4,63	60,9	Torv från NT601			
E123	-	-	-	1,156	192,60	66,14	1,201	21,85	4,13	70,3	Långa rötter ~10cm, 2mm diameter			
E124	295,49	74,71	25,29	1,135	217,89	67,95	1,176	19,87	3,88	64,0	Torv från NT612			
E125	-	-	-	1,140	290,79	78,94	1,183	19,00	4,13	62,6				
E126	354,84	78,01	21,99	1,118	201,55	66,91	1,202	33,55	7,30	58,0	Torv från NT623			
E127	-	-	-	1,144	195,39	67,51	1,218	32,24	7,43	62,4	Gräs/vitmossa/vass			
E128	241,39	70,71	29,29	1,174	175,99	64,37	1,228	18,00	2,00	91,9	Torv från NT645			
E129	-	-	-	1,169	176,95	64,26	1,226	17,33	2,88	96,9	Dygi!			
E130	302,23	75,14	24,86	1,122	206,99	67,86	1,171	23,33	10,00	34,2	Torv från NT701			
E131	-	-	-	1,128	200,94	67,51	1,185	24,17	7,25	35,1	Rötter ~5cm, 1mm diameter			
E132	327,35	76,60	23,40	1,122	206,93	68,41	1,189	25,17	4,00	111,7	Torv från NT712			
E133	-	-	-	1,122	205,04	67,83	1,190	26,49	3,41	114,2				
E134	318,21	76,09	23,91	1,137	205,30	68,03	1,203	24,67	4,88	73,4	Torv från NT723			
E135	-	-	-	1,136	203,05	68,09	1,191	25,67	4,75	70,8	Gräs/vitmossa/vass			
E136	-	-	-	1,137	195,56	66,53	1,191	20,86	3,09	51,7	Torv från NT00			
E137	-	-	-	1,107	203,77	67,84	1,152	17,88	5,00	48,6	Trådigt			

Provplan – Omgång 2

Prov fakta															Tider		Före inblandning				
Nr	Fakt.	Omg (1-4)	To:Pr	hom/ sep	Diam. (50/68)	Area (cm2)	Stab (Me/Hy)	Mängd (%/50)	Belastn. (kPa)	Bl.tid (min)	Härdn (dygn)	w (%)	TS (%)	Vh (%)	g (%)						
E138	1/2	3	T2:1,2	hom	68	36	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E139	1/2	3	T2:1,2	hom	68	36	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E140	1/2	3	T2:1,2	hom	68	36	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E141	1/2	3	T2:1,2	hom	68	36	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E142	1/2	3	T2:1,2	hom	68	36	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E143	1/2	3	T2:1,2	hom	68	36	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E144	1/2	3	T2:1,2	hom	68	36	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E145	1/2	3	T2:1,2	hom	68	36	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E148	1/2	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E149	1/2	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E150	1/2	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E151	1/2	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E152	1/2	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E153	1/2	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E154	1/2	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E155	1/2	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E156	1/2	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E157	1/2	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E158	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	1	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E159	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	1	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E160	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	1	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E161	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E162	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E163	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E164	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	5	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E165	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	5	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E166	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	5	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E167	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	1	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E168	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	1	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E169	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	1	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E170	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E171	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E172	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E173	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	5	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E174	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	5	28	602,0	14,0	86,0	85,0						
E175	8	3	T2:1,2	hom	50	20	Hy	50/50	20	5	28	602,0	14,0	86,0	85,0						

Provplan – Omgång 3

Före hårdning					Efter hårdning					Kommentar	
Nr	w (%)	Vh (%)	TS (%)	Dens (t/m ³)	w (%)	Vh (%)	Dens (t/m ³)	Kons (%)	Kompr (%)		Hälf (kPa)
E138	246,52	71,14	28,86	1,122	196,14	67,18	1,154	9,52	2,39	82,91	
E139	-	-	-	1,132	193,24	66,71	1,162	10,66	2,88	91,38	
E140	247,54	71,23	28,77	1,125	192,08	66,82	1,160	10,43	2,63	87,09	
E141	-	-	-	1,115	186,64	66,24	1,152	11,43	2,13	83,60	
E142	249,36	71,38	28,62	1,118	192,85	66,62	1,148	10,95	2,48	73,70	
E143	-	-	-	1,135	191,27	66,69	1,164	11,90	2,73	93,63	
E144	250,72	71,49	28,51	1,129	189,84	66,40	1,172	11,90	2,73	97,87	
E145	-	-	-	1,132	186,05	66,39	1,163	11,90	2,50	92,30	
E148	239,62	70,56	29,44	1,127	190,04	66,05	1,164	11,26	3,00	97,15	
E149	-	-	-	1,145	188,57	65,70	1,168	12,67	3,75	108,73	
E150	-	-	-	1,138	191,50	66,49	1,165	11,26	2,63	97,78	
E151	239,56	70,55	29,45	1,135	187,89	65,81	1,172	13,16	3,00	113,37	
E152	-	-	-	1,134	189,42	66,11	1,169	12,58	3,54	117,27	
E153	-	-	-	1,140	189,67	66,28	1,175	12,25	3,22	118,11	
E154	245,55	71,06	28,94	1,135	188,60	65,64	1,167	12,83	3,00	108,17	
E155	-	-	-	1,143	188,12	65,81	1,171	13,58	3,13	112,53	
E156	-	-	-	1,139	188,25	65,83	1,173	12,83	3,38	113,22	
E157	-	-	-	1,144	188,10	65,89	1,176	13,16	3,38	113,01	
E158	237,09	70,33	29,67	1,093	189,87	65,59	1,121	9,93	2,72	61,37	
E159	-	-	-	1,113	191,28	65,77	1,150	10,07	2,88	73,41	
E160	-	-	-	1,122	194,34	66,40	1,151	9,93	3,41	80,14	
E161	244,44	70,97	29,03	1,137	182,55	65,56	1,179	14,47	3,22	96,72	
E162	-	-	-	1,129	183,74	65,28	1,170	13,25	3,50	92,18	
E163	-	-	-	1,148	183,85	65,44	1,180	14,57	4,00	100,66	
E164	248,38	71,30	28,70	1,143	182,30	66,59	1,187	14,47	3,13	90,86	
E165	-	-	-	1,139	184,79	65,87	1,179	13,91	3,03	91,06	
E166	-	-	-	1,147	189,43	66,55	1,178	13,33	2,38	78,99	
E167	246,91	71,17	28,83	1,133	189,99	65,41	1,161	12,00	3,75	82,68	Vanlig köksmixer!
E168	-	-	-	1,129	189,90	66,32	1,163	13,25	3,00	78,71	Vanlig köksmixer!
E169	-	-	-	1,128	193,51	65,59	1,165	12,58	3,41	84,95	Vanlig köksmixer!
E170	244,47	70,97	29,03	1,138	192,22	66,05	1,172	14,24	3,88	100,46	Vanlig köksmixer!
E171	-	-	-	1,127	184,05	64,96	1,170	14,33	3,38	90,43	Vanlig köksmixer!
E172	-	-	-	1,141	178,36	63,96	1,189	15,23	3,75	107,03	Vanlig köksmixer!
E173	245,62	71,07	28,93	1,136	180,50	65,22	1,182	16,33	3,13	95,59	Vanlig köksmixer!
E174	-	-	-	1,149	181,64	65,54	1,185	15,33	3,22	92,97	Vanlig köksmixer!
E175	-	-	-	1,132	187,12	66,55	1,170	15,33	2,90	83,96	Vanlig köksmixer!

Prov fakta										Tider		Före inblandning			
Nr	Fakt.	Omg (1-4)	To:Pr	hom/ sep	Diam. (50/68)	Area (cm2)	Stab (Me/Hy)	Mängd (%/%)	Belastn. (kPa)	Bl.tid (min)	Härdn (dygn)	w (%)	TS (%)	Vh (%)	g (%)
E176	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	1	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E177	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	1	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E178	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	1	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E179	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	5	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E180	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	5	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E181	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	1	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E182	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	1	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E183	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	1	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E184	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E185	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E186	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E187	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E188	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	5	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E189	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	5	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E190	4	3	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	5	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E191	3	4	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E192	3	4	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0
E193	3	4	T2:1,2	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	602,0	14,0	86,0	85,0

Provplan -- Omgång 3

Bilaga 2.3 3(4)

Före hårdning										Efter hårdning									
Nr	w (%)	Vh (%)	TS (%)	Dens (t/m3)	w (%)	Vh (%)	Dens (t/m3)	Kons (%)	Kompr (%)	Hållf (kPa)	Kommentar								
E176	246,87	71,17	28,83	1,130	190,55	65,71	1,170	12,00	3,54	108,81									
E177	-	-	-	1,137	193,85	66,68	1,172	12,42	3,38	103,92									
E178	-	-	-	1,134	192,01	66,42	1,177	12,00	3,50	109,85									
E179	245,62	71,07	28,93	1,146	188,91	66,18	1,179	12,00	3,00	98,78									
E180	-	-	-	1,141	186,93	66,46	1,173	12,00	2,25	96,23									
E181	-	-	-	1,142	189,17	66,64	1,182	11,92	2,78	108,58									
E182	250,00	71,43	28,57	1,086	191,82	66,16	1,137	13,00	2,63	82,96	Vanlig köksmixer!								
E183	-	-	-	1,131	189,65	65,70	1,172	13,33	3,00	106,75	Vanlig köksmixer!								
E184	-	-	-	1,126	187,88	65,26	1,170	11,33	2,78	91,98	Vanlig köksmixer!								
E185	245,08	71,02	28,98	1,140	183,57	65,63	1,183	12,33	3,41	115,20	Vanlig köksmixer!								
E186	-	-	-	1,126	185,14	65,50	1,174	11,92	3,16	107,46	Vanlig köksmixer!								
E187	-	-	-	1,131	182,77	65,02	1,175	12,58	2,75	100,74	Vanlig köksmixer!								
E188	246,88	71,17	28,83	1,145	186,03	66,16	1,186	13,25	2,88	109,01	Vanlig köksmixer!								
E189	-	-	-	1,133	165,40	63,22	1,184	12,42	2,55	108,45	Vanlig köksmixer!								
E190	-	-	-	1,131	173,87	64,64	1,183	14,33	3,06	115,99	Vanlig köksmixer!								
E191	243,42	70,88	29,12	1,107	201,42	67,29	1,16	13,58	2,50	102,57	Lagring torv kylrum 1 mån								
E192	-	-	-	1,124	213,79	68,41	1,15	7,33	2,75	82,96	Lagring torv kylrum 1 mån								
E193	-	-	-	1,137	200,50	67,16	1,16	12,17	2,75	109,50	Lagring torv kylrum 1 mån								

Prov fakta										Tider		Före inblandning			
Nr	Fakt.	Omg (1-4)	To:Pr	hom/ sep	Diam. (50/68)	Area (cm2)	Stab (Me/Hy)	Mängd (%/50)	Belastn. (kPa)	Bl.tid (min)	Härdn (dygn)	w (%)	TS (%)	Vh (%)	g (%)
E197	1/2	4	T3	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E198	1/2	4	T3	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E199	1/2	4	T3	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E200	1/2	4	T3	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E201	1/2	4	T3	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E202	1/2	4	T3	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E203	1/2	4	T3	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E204	1/2	4	T3	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E205	1/2	4	T3	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E206	1/2	4	T3	hom	68	36	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E207	1/2	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E208	1/2	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E209	1/2	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E210	1/2	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E211	1/2	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E212	1/2	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E213	1/2	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E214	1/2	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E215	1/2	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E216	1/2	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E217	8	4	T3	hom	50	20	Hy	50/50	20	1	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E218	8	4	T3	hom	50	20	Hy	50/50	20	1	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E219	8	4	T3	hom	50	20	Hy	50/50	20	1	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E220	8	4	T3	hom	50	20	Hy	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E221	8	4	T3	hom	50	20	Hy	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E222	8	4	T3	hom	50	20	Hy	50/50	20	2	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E223	8	4	T3	hom	50	20	Hy	50/50	20	5	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E224	8	4	T3	hom	50	20	Hy	50/50	20	5	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E225	8	4	T3	hom	50	20	Hy	50/50	20	5	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E226	4	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	1	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E227	4	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	1	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E228	4	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	1	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E229	4	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	5	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E230	4	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	5	14	486,0	17,1	82,9	44,6
E231	4	4	T3	hom	50	20	Me	50/50	20	5	14	486,0	17,1	82,9	44,6

Provplan – Omgång 4

Före										Efter									
hårdning										hårdning									
Nr	w	Vh	TS	Dens	w	Vh	Dens	Kons	Kompr	Hållf	Kommentar								
	(%)	(%)	(%)	(t/m3)	(%)	(%)	(t/m3)	(%)	(%)	(kPa)									
E197	221,45	68,89	31,11	1,137	198,48	67,03	1,153	6,67	3,00	38,70									
E198	-	-	-	1,156	199,21	66,99	1,156	6,28	2,75	35,38									
E199	221,42	68,89	31,11	1,131	200,83	67,30	1,151	6,70	3,13	39,82									
E200	-	-	-	1,143	201,38	67,21	1,151	6,37	3,63	39,50									
E201	-	-	-	1,133	200,84	67,06	1,153	5,98	3,38	35,45									
E202	-	-	-	1,129	198,44	67,01	1,145	6,22	3,25	35,53									
E203	222,07	68,95	31,05	1,140	199,59	66,94	1,150	6,19	2,50	35,69									
E204	-	-	-	1,128	204,40	67,60	1,148	5,00	2,88	34,31									
E205	222,35	68,98	31,02	1,134	199,28	67,12	1,151	6,16	2,88	35,11									
E206	-	-	-	1,132	200,10	67,05	1,151	6,46	2,63	36,79									
E207	222,21	68,96	31,04	1,114	197,65	66,70	1,140	7,95	3,50	33,46									
E208	-	-	-	1,073	197,40	66,67	1,095	8,50	5,88	29,59									
E209	-	-	-	1,122	197,21	66,57	1,152	7,95	3,00	40,72									
E210	222,49	68,99	31,01	1,115	198,85	66,64	1,137	7,24	2,88	39,39									
E211	-	-	-	1,153	198,31	66,87	1,173	8,33	3,38	46,17									
E212	-	-	-	1,139	200,77	67,04	1,156	7,42	3,00	39,39									
E213	219,66	68,72	31,28	1,108	197,33	66,60	1,133	9,33	2,38	34,40									
E214	-	-	-	1,135	199,20	66,86	1,153	6,80	2,75	42,27									
E215	-	-	-	1,126	196,82	66,47	1,144	7,72	2,63	36,01									
E216	-	-	-	1,060	195,93	66,34	1,142	12,30	3,38	36,64									
E217	228,36	69,55	30,45	1,142	202,42	67,07	1,166	8,94	2,63	39,80									
E218	-	-	-	1,128	201,61	67,05	1,153	7,95	3,50	39,16									
E219	-	-	-	1,143	199,77	67,30	1,162	7,62	3,75	43,98									
E220	229,12	69,62	30,38	1,168	198,09	66,83	1,176	9,33	2,50	43,70									
E221	-	-	-	1,137	198,55	67,15	1,167	8,94	2,88	41,43									
E222	-	-	-	1,159	199,97	67,28	1,173	9,47	3,38	48,71									
E223	227,07	69,43	30,57	1,161	198,89	66,82	1,180	8,55	3,00	42,63									
E224	-	-	-	1,149	196,93	66,51	1,171	8,94	3,75	42,91									
E225	-	-	-	1,144	198,13	66,97	1,172	8,77	3,13	42,27									
E226	227,35	69,45	30,55	1,132	199,46	66,91	1,154	8,94	2,88	53,93									
E227	-	-	-	1,136	202,04	67,11	1,150	7,24	3,00	53,30									
E228	-	-	-	1,121	198,39	66,57	1,143	8,88	3,25	56,99									
E229	224,12	69,15	30,85	1,130	198,64	66,86	1,140	8,88	3,00	59,74									
E230	-	-	-	1,167	198,04	66,90	1,181	9,27	2,75	64,09									
E231	-	-	-	1,173	199,73	66,91	1,182	8,61	3,25	64,86									

Prov fakta													Tider		Före inblandning				
Nr	Fakt.	Omg (1-4)	To:Pr	hom/ sep	Diam. (50/68)	Area (cm2)	Stab (Me/Hy)	Mängd (%/%)	Belastn. (kPa)	Bl.tid (min)	Härden (dygn)	w (%)	TS (%)	Vh (%)	g (%)				
E232	J9911:1	4	J9911	hom	50	20	Me	50/50	20	2	7	1251,9	6,7	92,6	94,1				
E237	J9911:6	4	J9911	hom	50	20	Me	50/50	20	2	7	1251,9	6,7	92,6	94,1				
E233	J9911:2	4	J9911	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	1251,9	6,7	92,6	94,1				
E234	J9911:3	4	J9911	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	1251,9	6,7	92,6	94,1				
E235	J9911:4	4	J9911	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	1251,9	6,7	92,6	94,1				
E236	J9911:5	4	J9911	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	1251,9	6,7	92,6	94,1				
E238	J9911:7	4	J9911	hom	50	20	inget	-	20	2	14	1251,9	6,7	92,6	94,1				
E239	J9911:8	4	J9911	hom	50	20	inget	-	20	2	14	1251,9	6,7	92,6	94,1				
E240	J9913:1	4	J9913	hom	50	20	Me	50/50	20	2	7	1391,0	6,7	93,3	97,6				
E241	J9913:2	4	J9913	hom	50	20	Me	50/50	20	2	7	1391,0	6,7	93,3	97,6				
E242	J9913:3	4	J9913	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	1391,0	6,7	93,3	97,6				
E243	J9913:4	4	J9913	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	1391,0	6,7	93,3	97,6				
E244	J9913:5	4	J9913	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	1391,0	6,7	93,3	97,6				
E245	J9913:6	4	J9913	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	1391,0	6,7	93,3	97,6				
E246	J9913:7	4	J9913	hom	50	20	inget	-	20	2	14	1391,0	6,7	93,3	97,6				
E247	J9913:8	4	J9913	hom	50	20	inget	-	20	2	14	1391,0	6,7	93,3	97,6				
E248	J9940:1	4	J9940	hom	50	20	Me	50/50	20	2	7	621,6	13,9	86,1	72,8				
E249	J9940:2	4	J9940	hom	50	20	Me	50/50	20	2	7	621,6	13,9	86,1	72,8				
E250	J9940:3	4	J9940	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	621,6	13,9	86,1	72,8				
E251	J9940:4	4	J9940	hom	50	20	Me	50/50	20	2	14	621,6	13,9	86,1	72,8				
E252	J9940:5	4	J9940	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	621,6	13,9	86,1	72,8				
E253	J9940:6	4	J9940	hom	50	20	Me	50/50	20	2	28	621,6	13,9	86,1	72,8				
E254	J9940:7	4	J9940	hom	50	20	inget	-	20	2	14	621,6	13,9	86,1	72,8				
E255	J9940:8	4	J9940	hom	50	20	inget	-	20	2	14	621,6	13,9	86,1	72,8				
E256	Ostab.	4	T3	hom	50	20	inget	-	20	0	14	486,0	17,1	82,9	44,6				
E257	Ostab.	4	T3	hom	50	20	inget	-	20	0	14	486,0	17,1	82,9	44,6				

Provplan – Omgång 4

Före hårdning					Efter hårdning							
Nr	w	Vh	TS	Dens	w	Vh	Dens	Kons	Kompr	Hällf	Kommentar	
	(%)	(%)	(%)	(t/m3)	(%)	(%)	(t/m3)	(%)	(%)	(kPa)		
E232	335,42	77,03	22,97	1,122	242,55	71,27	1,161	19,74	6,70	148,41		
E237	-	-	-	1,086	242,55	71,27	1,158	31,11	6,10	148,54		
E233	-	-	-	1,117	253,43	71,98	1,148	17,88	-	-		
E234	336,00	77,06	22,94	1,089	235,02	70,63	1,142	20,72	5,75	194,42		
E235	-	-	-	1,110	229,42	69,86	1,155	22,19	4,00	240,51		
E236	334,87	77,00	23,00	1,113	226,62	69,62	1,167	22,22	4,75	258,26		
E238	1251,9	92,60	7,40	0,924	949,23	90,73	0,986	23,53	15,00	5,86		
E239	-	-	-	0,952	967,17	90,71	0,996	21,94	15,00	5,83		
E240	343,16	77,43	22,57	1,106	262,17	72,75	1,143	16,67	6,25	138,35		
E241	-	-	-	1,112	246,86	71,29	1,145	18,42	5,73	146,63		
E242	343,76	77,47	22,53	1,112	247,22	72,15	1,153	20,39	5,63	203,69		
E243	-	-	-	1,094	244,36	71,22	1,137	20,72	5,00	190,53		
E244	252,43	71,63	28,37	1,157	176,71	64,00	1,213	19,08	3,25	330,79	300kg/m3 stab. mängd	
E245	-	-	-	1,156	178,18	64,13	1,203	18,42	3,15	301,09	300kg/m3 stab. mängd	
E246	1391,0	93,29	6,71	0,969	1040,41	91,47	0,989	22,88	15,00	6,72		
E247	-	-	-	0,964	1068,26	91,57	0,992	19,81	15,00	6,11		
E248	239,89	70,58	29,42	1,147	203,31	67,09	1,179	9,21	2,38	189,69		
E249	-	-	-	1,162	209,05	68,13	1,180	8,94	2,35	188,49		
E250	239,95	70,58	29,42	1,157	200,01	66,90	1,191	11,26	2,85	261,34		
E251	-	-	-	1,097	202,59	67,30	1,182	9,87	2,40	237,92		
E252	242,96	70,84	29,16	1,146	202,30	67,17	1,178	8,50	2,25	238,04		
E253	-	-	-	1,145	202,09	67,41	1,183	9,80	2,50	270,18		
E254	621,62	86,14	13,86	0,999	538,32	84,61	1,013	11,18	9,50	8,00		
E255	-	-	-	1,006	557,42	85,08	1,009	10,86	6,50	6,21		
E256	486,0	82,93	17,07	0,955	474,83	82,38	1,038	10,69	13,10	10,11		
E257	-	-	-	1,002	472,06	82,76	1,146	7,64	11,85	10,95		

Prov grupp	w-ivrot (%-medel)			w-halt (%-medel)			TS (%-medel)		Dens. (t/m3-medel)		Kompr. (%)	Kons. (%)	Skjuvh. (kPa)	Std. Avv. (kPa)	Kommentar
	inbl	före	efter	inbl	före	efter	inbl	före	efter						
Omgång 1:															
E1-10	657	254	218,0	87	72	69,0	13	28,2	1,143	1,154	3,46	8,37	86,83	6,72	
E11-20	657	259	217,0	87	72	69,0	13	27,8	1,147	1,165	3,84	9,18	94,30	5,65	
E21-30	657	253	219,0	87	72	69,0	13	28,3	1,146	1,162	3,66	9,41	84,62	5,88	
E31-40	657	266	234,0	87	73	71,0	13	27,5	1,124	1,138	2,73	8,64	81,68	3,70	E31-36
E41-50	657	266	226,0	87	73	70,0	13	27,5	1,130	1,159	3,01	8,47	75,80	6,00	exkl. E44
E51-53	657	257	234,0	87	72	70,0	13	28,0	1,128	1,130	3,66	6,67	68,13	0,50	
E4-6	657	254	217,0	87	72	69,0	13	28,3	1,140	1,153	3,48	8,55	94,23	3,19	
E54-56	657	256	202,0	87	72	67,0	13	28,1	1,136	1,177	3,67	14,89	125,07	11,65	
E57-59	657	257	233,0	87	72	70,0	13	28,0	1,141	1,158	4,40	8,89	70,37	1,29	
E60-62	657	256	226,0	87	72	69,0	13	28,1	1,143	-	3,72	8,76	79,87	3,19	
E4-6	657	254	217,0	87	72	69,0	13	28,3	1,140	1,153	3,48	8,55	94,23	3,19	
E63-65	657	258	215,7	87	72	68,8	13	27,9	1,142	1,161	3,43	9,13	97,95	0,34	
E66-68	657	260	214,0	87	72	68,5	13	27,7	1,143	1,165	3,25	10,00	111,19	7,64	
Omgång 2:															
E69-78	678	257,2	207,7	87	72,0	68,0	12,9	28,0	1,123	1,152	3,20	10,69	75,89	5,56	exkl. E71-72
E79-88	678	241,3	196,2	87	70,7	66,6	12,9	29,3	1,139	1,166	3,43	11,06	91,99	5,35	
E89-91	657	266,4	201,5	87	72,7	67,8	13,2	27,3	1,134	1,182	3,14	16,11	114,96	6,37	
E92-94	657	265,5	199,8	87	72,6	67,3	13,2	27,4	1,142	1,184	3,05	15,04	131,62	7,32	
E95-97	657	263,0	194,3	87	72,4	66,7	13,2	27,6	1,137	1,184	3,29	16,93	121,93	3,76	
E98-100	657	263,0	195,0	87	72,4	66,9	13,2	27,6	1,134	1,175	2,75	15,10	123,73	2,73	
E101-103	657	265,2	200,8	87	72,6	67,4	13,2	27,4	1,137	1,195	3,83	15,60	105,00	6,69	
E104-106	657	263,3	193,8	87	72,5	66,6	13,2	27,5	1,135	1,176	2,45	14,71	126,63	6,34	
E107-109	657	265,7	208,5	87	72,7	68,2	13,2	27,3	1,138	1,227	3,54	15,56	94,41	10,94	
E110-112	657	265,7	200,2	87	72,7	67,2	13,2	27,3	1,135	1,188	2,33	15,57	131,29	5,52	
E79-81	678	239,4	198,6	87	70,5	66,8	12,9	29,5	1,133	1,160	3,51	9,40	89,51	2,07	
E113-115	678	246,7	197,6	87	71,2	67,1	12,9	28,8	1,144	1,166	3,25	11,34	89,58	10,07	
E74-76	678	256,0	201,2	87	71,9	67,6	12,9	28,1	1,129	1,162	3,15	10,74	77,37	3,52	
E116-118	678	246,0	198,7	87	71,1	67,3	12,9	28,9	1,128	1,185	3,02	12,25	87,04	0,91	
E122-123	998	286,8	210,3	91	74,1	69,5	9,1	25,9	1,153	1,197	4,38	20,86	65,62	6,63	
E124-125	810	295,5	254,3	89	74,7	73,4	11,0	25,3	1,138	1,180	4,00	19,43	63,32	0,99	
E126-127	1656	354,8	198,5	94	78,0	67,2	5,7	22,0	1,131	1,210	7,36	32,89	60,21	3,08	
E128-129	584	241,4	176,5	85	70,7	64,3	14,6	29,3	1,171	1,227	2,44	17,67	94,41	3,55	
E130-131	949	302,2	204,0	90	75,1	67,7	9,5	24,9	1,125	1,178	8,63	23,75	34,63	0,65	
E132-133	1135	327,4	206,0	92	76,6	68,1	8,1	23,4	1,122	1,190	3,70	25,83	112,97	1,75	
E134-135	870	318,2	204,2	90	76,1	68,1	10,3	23,9	1,137	1,197	4,81	25,17	72,12	1,84	
E136-137	733	307,0	199,7	88	75,4	67,2	12,0	24,6	1,122	1,171	4,05	19,37	50,15	2,14	

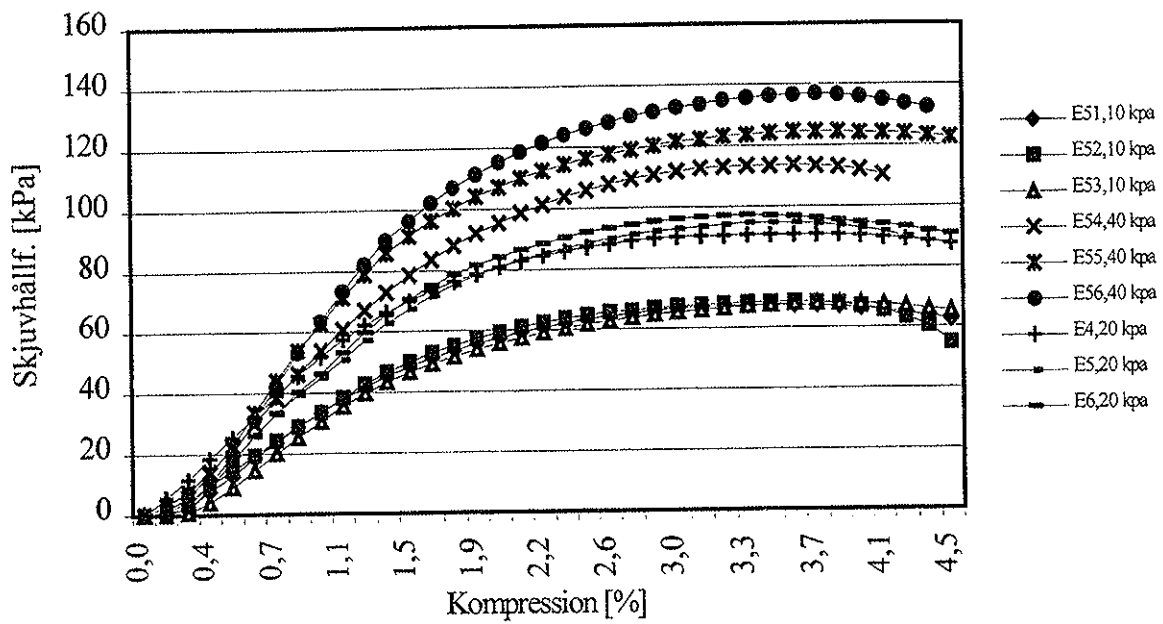
Sammanställning av provplaner, Omgång 1-4

Prov grupp	w-vot (%-medel)			w-halt (%-medel)			TS (%-medel)			Dens. (t/m3-medel)			Kompr. (%)	Kons. (%)	Skjuvh. (kPa)	Std. Avv. (kPa)	Kommentar
	inbl	före	efter	inbl	före	efter	inbl	före	efter	före	efter						
Omgång 3:																	
E138-145	602	248,5	191,0	86	71,3	66,6	14,0	28,7	1,126	1,159	2,56	11,03	87,81	7,65			
E148-157	602	241,6	189,0	86	70,7	66,0	14,0	29,3	1,138	1,170	3,20	12,56	109,93	7,26			
E158-160	602	237,1	191,8	86	70,3	65,9	14,0	29,7	1,109	1,141	3,00	9,87	71,64	9,51			
E161-163	602	244,4	183,4	86	71,0	65,4	14,0	29,0	1,138	1,176	3,57	14,10	96,52	4,24			
E164-166	602	248,4	185,5	86	71,3	66,3	14,0	28,7	1,143	1,182	2,84	13,90	86,97	6,91			
E167-169	602	246,9	191,1	86	71,2	65,8	14,0	28,8	1,130	1,163	3,39	12,50	82,12	3,16			
E170-172	602	244,5	184,9	86	71,0	65,0	14,0	29,0	1,136	1,177	3,67	14,49	99,30	8,36			
E173-175	602	245,6	183,1	86	71,1	65,8	14,0	28,9	1,139	1,179	3,08	15,56	90,84	6,10			
E176-178	602	246,9	192,1	86	71,2	66,3	14,0	28,8	1,134	1,173	3,47	11,92	107,53	3,17			
E154-156	602	245,5	188,3	86	71,1	65,8	14,0	28,9	1,139	1,170	3,17	13,08	111,31	2,73			
E179-181	602	245,6	188,3	86	71,1	66,4	14,0	28,9	1,143	1,178	2,68	11,97	101,20	6,52			
E182-184	602	250,0	189,8	86	71,4	65,7	14,0	28,6	1,115	1,160	2,80	12,44	93,90	12,01			
E185-187	602	245,1	183,8	86	71,0	65,4	14,0	29,0	1,133	1,177	3,11	12,28	107,80	7,24			
E188-190	602	246,9	175,1	86	71,2	64,7	14,0	28,8	1,136	1,184	2,83	13,33	111,15	4,20			
E191-193	602	243,4	205,2	86	70,9	67,6	14,0	29,1	1,123	1,156	2,67	12,43	98,34	13,76			

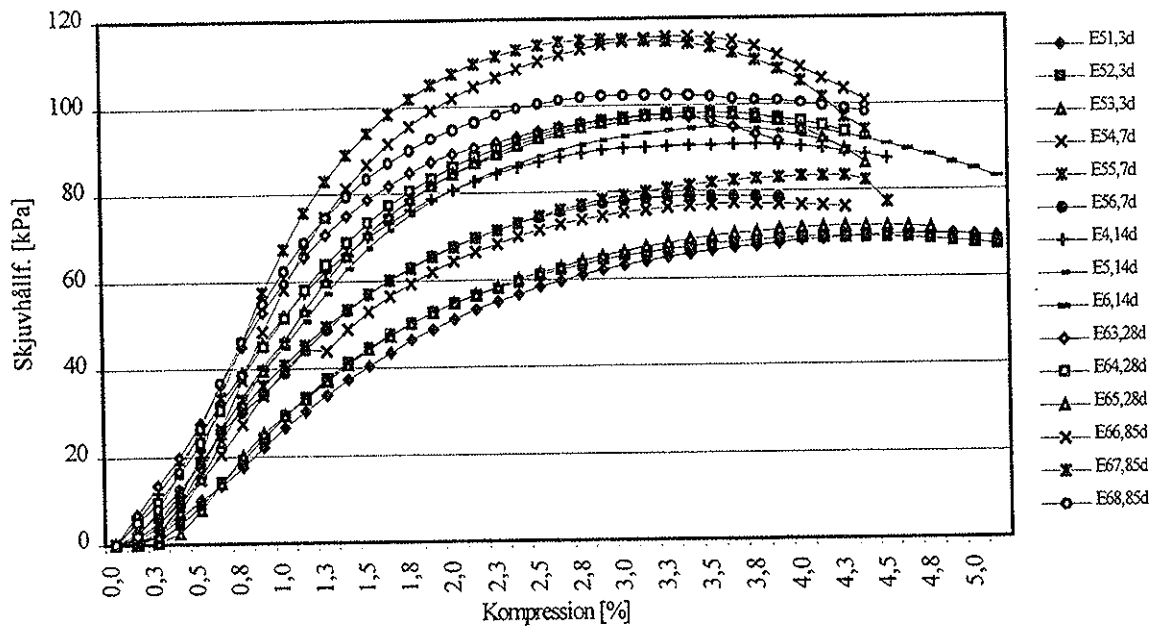
Omgång 4:

E197-206	486,0	221,8	200,4	82,9	68,9	67,1	17,1	31,1	1,136	1,151	3,00	7,78	36,63	1,98				
E207-216	486,0	221,5	197,9	82,9	68,9	66,7	17,1	31,1	1,114	1,142	3,28	9,11	37,80	4,78				
E217-219	486,0	228,4	201,3	82,9	69,5	67,1	17,1	30,5	1,138	1,161	3,29	8,86	40,98	2,61				
E220-222	486,0	229,1	198,9	82,9	69,6	67,1	17,1	30,4	1,155	1,172	2,92	10,13	44,61	3,73				
E223-225	486,0	227,1	198,0	82,9	69,4	66,8	17,1	30,6	1,151	1,174	3,29	9,65	42,60	0,32				
E226-228	486,0	227,3	200,0	82,9	69,5	66,9	17,1	30,5	1,130	1,149	3,04	9,05	54,74	1,97				
E210-212	486,0	222,5	199,3	82,9	69,0	66,8	17,1	31,0	1,135	1,155	3,08	8,26	41,65	3,91				
E229-231	486,0	224,1	198,8	82,9	69,1	66,9	17,1	30,9	1,157	1,168	3,00	9,66	62,90	2,76				
E232+237	1251,9	335,4	242,5	92,6	77,0	71,3	6,7	23,0	1,104	1,159	6,40	27,95	148,47	0,09				
E233-234	1251,9	336,0	244,2	92,6	77,1	71,3	6,7	22,9	1,103	1,145	5,93	24,04	171,48	32,45				
E236-236	1251,9	334,9	228,0	92,6	77,0	69,7	6,7	23,0	1,111	1,161	4,38	28,36	249,39	12,55				
E238-239	1251,9	1251,9	958,2	92,6	92,6	90,7	6,7	7,4	0,938	0,991	15,00	30,08	5,84	0,02				
E240-241	1391,0	343,2	254,5	93,3	77,4	72,0	6,7	22,6	1,109	1,144	5,99	21,41	142,49	5,85				
E242-243	1391,0	343,8	245,8	93,3	77,5	71,7	6,7	22,5	1,103	1,145	5,31	25,72	197,11	9,31				
E244-245	1391,0	252,4	177,4	93,3	71,6	64,1	6,7	28,4	1,156	1,208	3,20	22,85	315,94	21,00				
E246-247	1391,0	1391,0	1054,3	93,3	93,3	91,5	6,7	6,7	0,987	0,991	15,00	27,21	6,42	0,43				
E248-249	621,6	239,8	206,2	86,1	70,6	67,6	13,9	29,4	1,155	1,179	2,36	10,00	189,09	0,85				
E250-251	621,6	240,0	201,3	86,1	70,8	67,1	13,9	29,4	1,127	1,187	2,63	11,88	249,63	16,57				
E252-253	621,6	243,0	202,2	86,1	70,8	67,3	13,9	29,2	1,146	1,180	2,38	10,18	254,11	22,72				
E254-255	621,6	621,6	547,9	86,1	86,1	84,8	13,9	13,9	1,002	1,011	8,00	12,36	7,10	1,26				
E256-257	486,0	486,0	473,4	82,9	82,9	82,6	17,1	17,1	0,978	1,092	12,48	10,54	10,53	0,59				

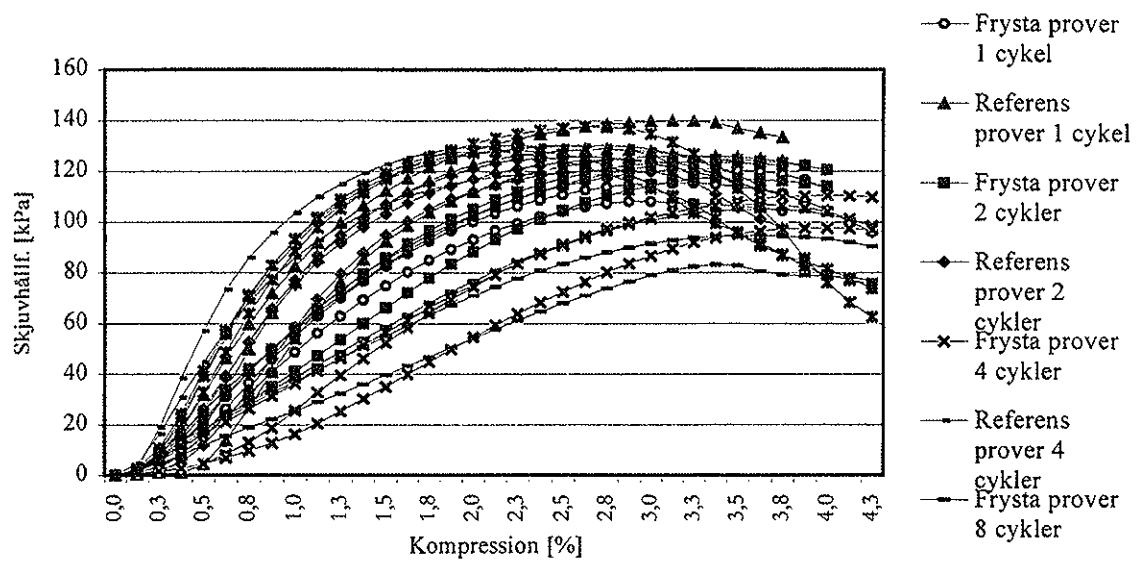
Belastning (10,20,40 kPa) E51-E56 + E4-E6



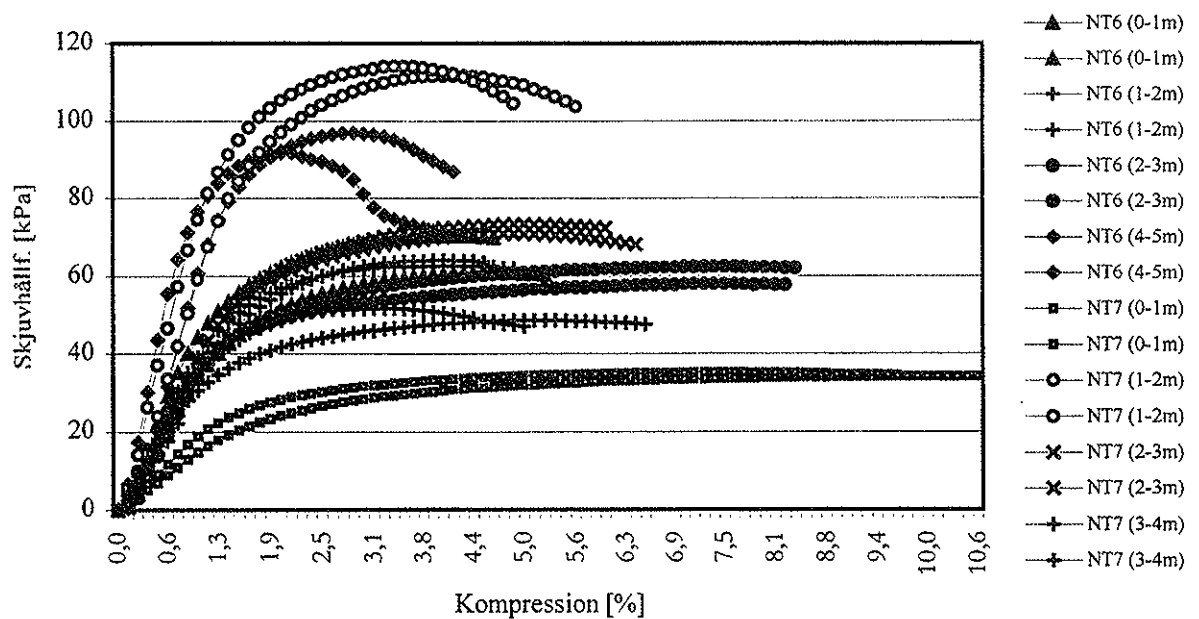
Härdningstid (3,7,14,28,85 dygn) E51-56 + E4-E6 + E63-E68



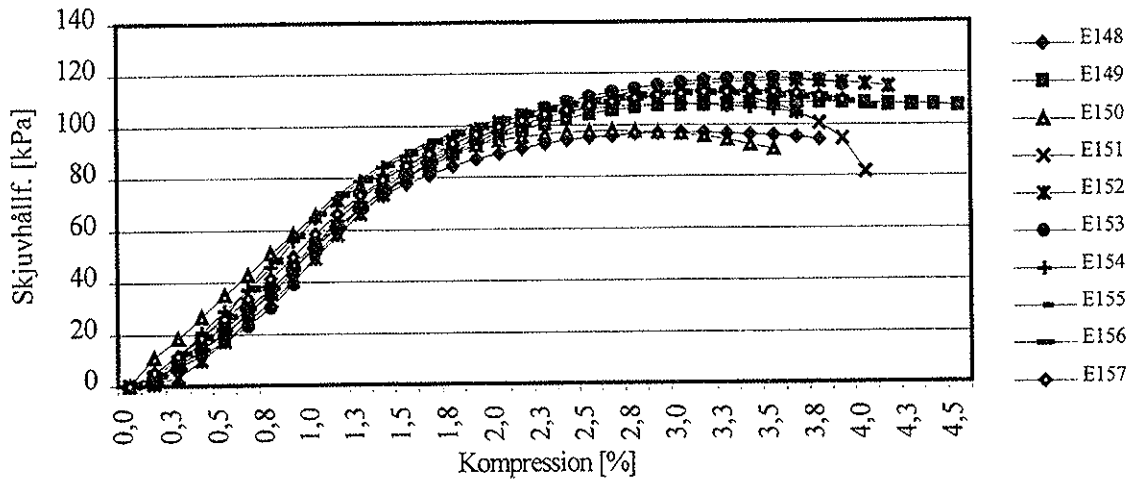
Frysprover E89-E112



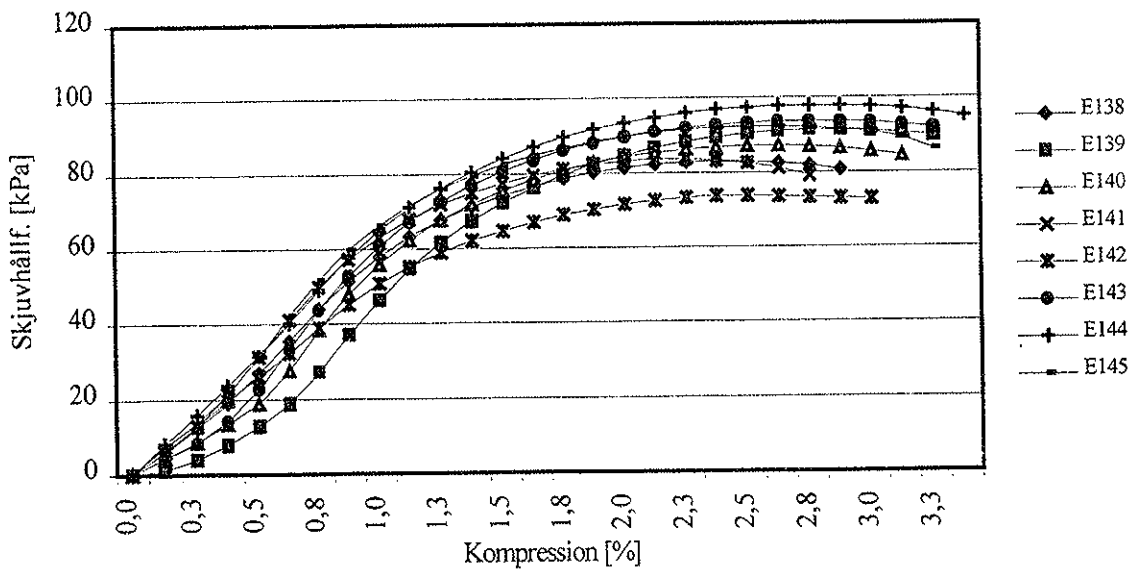
Markprofil (två provhål, fyra djup) E122-E137



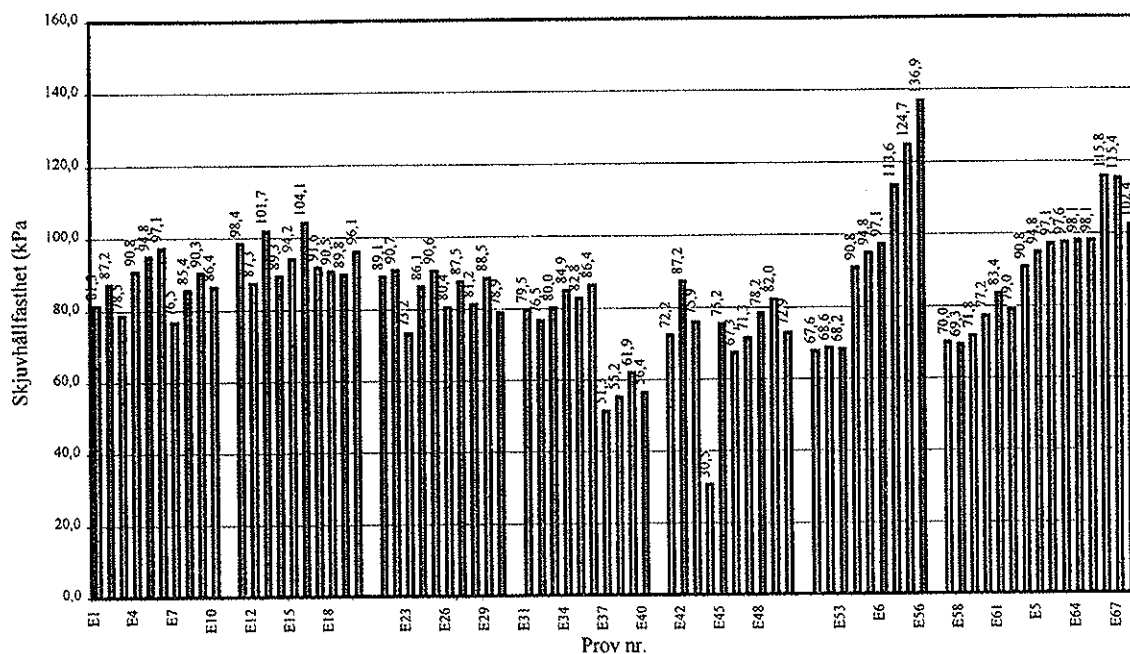
Spridning (50 mm), E148-E157



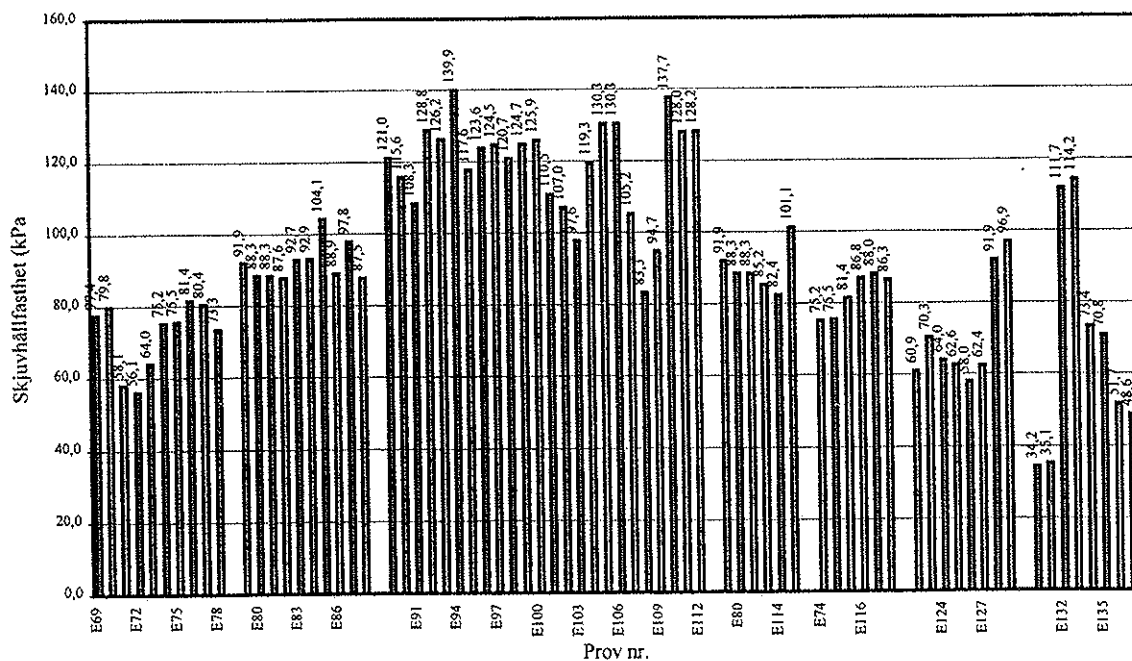
Spridning (68 mm), E138-E145



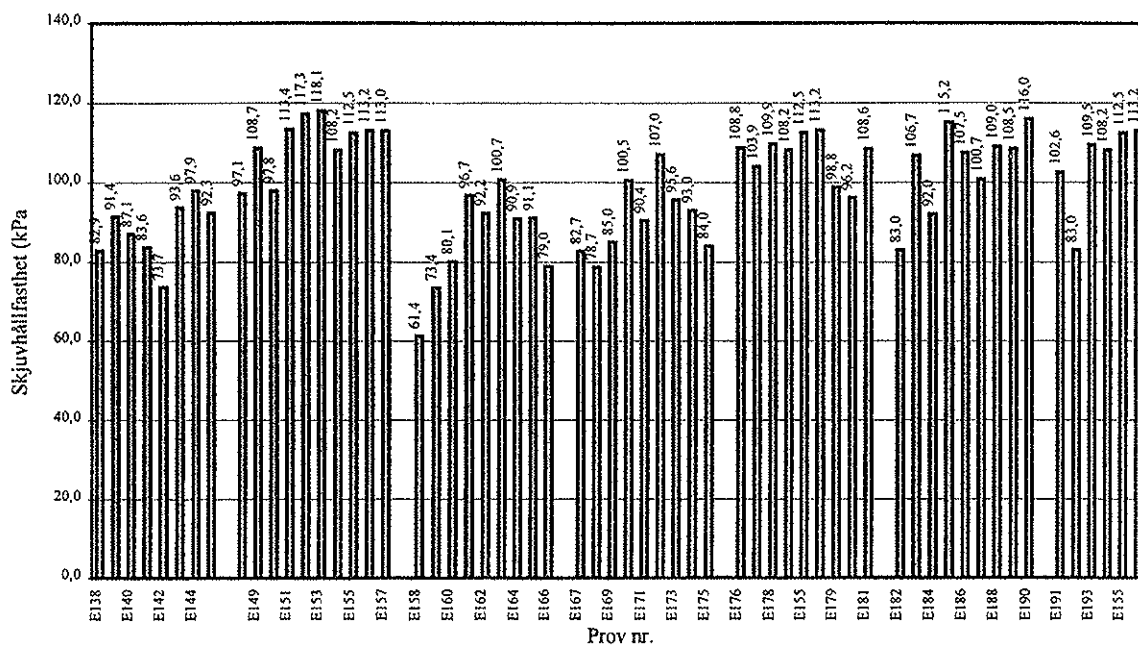
Omgång 1. Odränerad skjuvhållfasthet



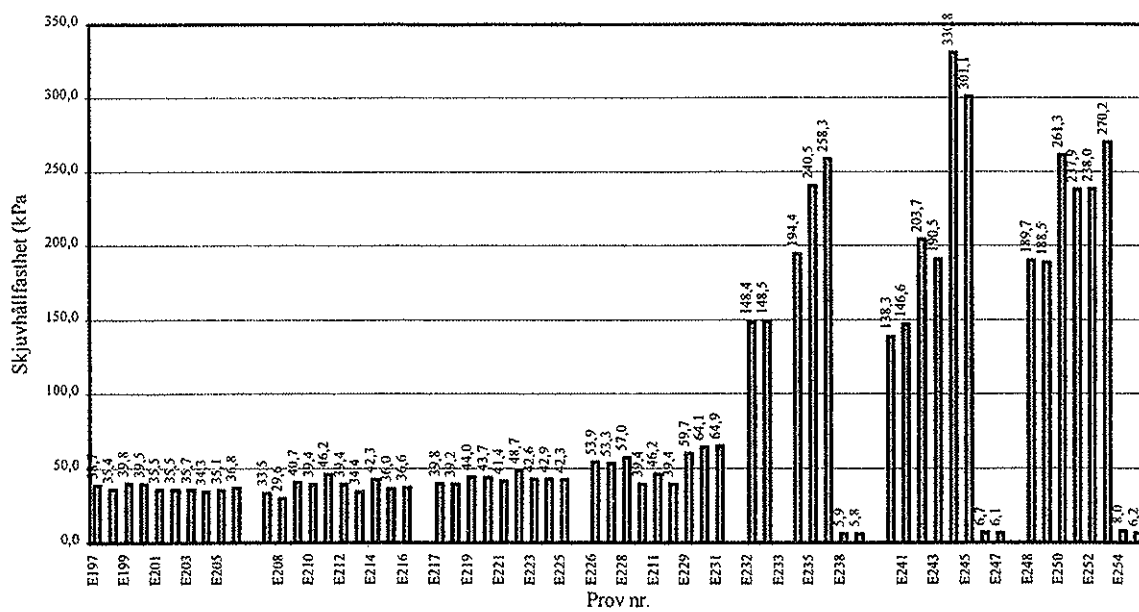
Omgång 2. Odränerad skjuvhållfasthet



Omgång 3. Odränerad skjuvhållfasthet



Omgång 4. Odränerad skjuvhållfasthet



Varuinformation—Snabbt hårdnande Portlandcement SH P

1. Namnet på produkten och företaget

Produktnamn	Snabbt hårdnande Portlandcement SH P
Användningsområde	Bindemedel i betong, bruk, spackel och puts
Leverantör	Cementa AB Box 144 182 12 Danderyd
I nödsituationer ring	08-625 68 00

2. Sammansättning/Ämnenas klassificering

Ämne	CAS-nr	Halt	Farosymbol/R-fraser
Portlandcement	65-997-15-1	> 50 %	X R 37/38, 41

3. Farliga egenskaper

Hälsorisker	Irriterar andningsorgan och hud. Kan ge allvarlig ögonskada.
-------------	--

4. Första hjälpen

Inandning	Frisk, ej dammig luft.
Hudkontakt Pulver	Borsta bort och tvätta med tvål och vatten.
Hudkontakt Blöt massa	Tag av blöta kläder, tvätta med tvål och vatten.
Kontakt med ögon	Gnid inte! Skölj OMEDELBART med mycket vatten i minst 15 minuter.
Förtäring	Ge OMEDELBART dryck i riklig mängd. Framkalla ej kräkning. Kontakta sjukhus eller läkare
Allmän information	Vid minsta osäkerhet eller om besvär kvarstår, kontakta läkare.

5. Åtgärder vid brand

Inte relevant då produkten ej är brännbar.

6. Åtgärder vid spill / Oavsiktliga utsläpp

Personliga skyddsåtgärder	Undvik damm. Undvik kontakt med hud och ögon.
Åtgärder för att skydda miljön	Förhindra att större mängder hamnar i avlopp, vattendrag eller mindre vattensamlingar.
Saneringsmetoder	För att förhindra dammbildning bör cement sugas upp. Cement som blandats med vatten hårdnar och kan deponeras som byggnadsavfall.

7. Hantering och lagring

Hantering	Undvik dammbildning.
Lagring	Förvaras oåtkomligt för barn och i sin originalförpackning på torr plats. För att minska risken för kromallergi är produkten kromatreducerad. Om den förvaras enligt anvisningarna anses reduktionseffekten vara effektiv.
På obruten plastad lastpall	Ca 6 månader från förpackningsdag.
På bruten plastad lastpall	Ca 1 månad. (Dock längst 6 månader från förpackningsdag.)

8. Begränsning av exponering/ Personliga skyddsåtgärder

Tekniska skyddsåtgärder	Punktutsug kan behövas om risk för inandning av cementdamm föreligger. Detta gäller även vid slipning av och/eller bormning i härdad produkt. Möjlighet till ögonspolning bör finnas på platsen.
Personlig skyddsutrustning	Tätslutande skyddsglasögon samt skyddshandskar. Andningsskydd med Filter P2 fasta partiklar bör användas i miljö där cementdamm förekommer,

samt vid slipning av och/eller borrar i härdad produkt.

Cement är kromatreducerat, varför risken för att en kromallergi skall förvärras är reducerad. Personer med kromallergi bör dock undvika att med oskyddad hud beröra färsk/nyblandade produkter som innehåller cement.

9. Fysikaliska och kemiska egenskaper

Form	Finkornigt, strävt dammande pulver
Färg	Grått
pH i brukslösning	12,8
Kompaktdensitet (kg/cm ³)	3100–3200
Skrymdensitet (kg/cm ³)	1000–1500

10. Stabilitet och reaktivitet

Stabilitet	Produkten är stabil produkt under rekommenderade lagrings- och hanteringsförhållanden.
Reaktivitet	Cement reagerar med vatten och hårdnar.

11. Toxikologisk information

Inandning	Inandning av cementdamm kan irritera slemhinnor.
Hudkontakt	Långvarig (upp till 4 timmar) kontakt med en blandning av cement och vatten kan ge frätskador på oskyddad hud. Kan ge allergi (kromeksem) efter ofta upprepade hudkontakter.
Stänk i ögon	Torr cementdamm eller stänk från en blandning av cement och vatten kan snabbt ge upphov till allvarlig ögonskada.
Förtäring	Kan ge irritation i mun och matsmältningsorgan.

12. Ekotoxikologisk information

Produkten har ingen känd ekotoxikologisk inverkan.

13. Avfallshantering

Större mängder av spill kan deponeras efter överenskommelse med lokala myndigheter.
Cement som blandats med vatten hårdnar och kan deponeras som byggnadsavfall.

14. Transportinformation

Cement är inte farligt gods.

15. Gällande bestämmelser

X	Irriterande
R 37 / 38	Irriterar andningsorgan och hud
R 41	Kan ge allvarlig ögonskada
R 43	Kan ge allergi (vid hudkontakt)
Förvaras oåtkomligt för barn och i sin originalförpackning.	
Innehåller mer än 50 viktprocent portlandcement.	
Vid kontakt med vatten bildas kalciumhydroxid som irriterar huden.	

16. Övrig information

SSAB MEROX AB
OXELÖSUND/BORLÄNGE

(SSAB-kod):
Utförande datum: 1998-01-13
Version: 1/1998
Produktnamn: **Merit 5000**

VARUINFORMATIONSBLAG

1. NAMN PÅ PRODUKTEN OCH FÖRETAGET

Tillverkare/Leverantör: SSAB MEROX AB, 613 80 OXELÖSUND
Tel: 0155 - 25 44 00
Utfärdare: Katarina Jakobsson Tel. 0155-25 41 19, 070-534 9079

Handelsnamn:	Kemisk/teknisk produktbenämning:	Produkttyp/användning:
Merit 5000	Mald masugnsslagg	Som bindemedel i bruk, betong, spackel.

2. SAMMANSÄTTNING/ÄMNEAS KLASSIFICERING

Farliga ämnen	CAS-nr	Halt %	Farosymbol/R-fraser
Övriga ämnen:			
Kalciumoxid*	CaO	≈ 35	Andreaskors
Kiseldioxid*	SiO ₂	≈ 35	
Magnesiumoxid*	MnO	≈ 14	
Aluminiumoxid*	Al ₂ O ₃	≈ 10	

*Samtliga ämnen föreligger i glasform

3. FARLIGA EGENSKAPER

Damm av Merit 5000 verkar irriterande på slemhinnor.

4. FÖRSTA HJÄLPEN

Inandning: Frisk luft. Vid sveda kontakta läkare eller sjukhus.
Hudkontakt: Tvätta med tvål och vatten.
Kontakt med ögon: Skölj med rikligt med vatten. Kvarstannar partikel kontakta läkare eller sjukhus.
Förtäring: Drick rikligt med vatten, om exponering varit stor framkalla kräkning och kontakta läkare.

5. ÅTGÄRDER VID BRAND

Ej brännbart ämne.
Vidtag åtgärder för dammspridning, se punkt 7 och punkt 8.

6. ÅTGÄRDER VID SPILL / OAVSIKTLIGA UTSLÄPP

Samlas upp. Kan efter fuktning deponeras på tipp som byggnadsavfall

SSAB MEROX AB
OXELÖSUND/BORLÄNGE

(SSAB-kod):
Utförande datum: 1998-01-13
Version: 1/1998
Produktnamn: Merit 5000

VARUINFORMATIONSBLAD

7. HANTERING OCH LAGRING

Hantering: Undvik dammande hantering.

Lagring:

8. BEGRÄNSNING AV EXPONERINGEN / PERSONLIGA SKYDDSÅTGÄRDER

Begränsning av exponering: Punktutsug anordnas om risk för dammning föreligger.
Personliga skyddsåtgärder: Använd andningsskydd med filter mot damm (typP3) och ögonskydd som sluter tätt om risk för dammning föreligger.

9. FYSIKALISKA OCH KEMISKA EGENSKAPER

Utseende Vitt pulver, dammande

10. STABILITET OCH REAKTIVITET

Stabilitet: Stabilt ämne

Material och kemiska produkter som bör undvikas: Reagerar med stark syra och bildar då svavelväte som är mycket giftig vid inandning.

11. TOXIKOLOGISK INFORMATION

Irriterande

Inandning: Inandning av damm verkar irriterande på slemhinnorna.

Hudkontakt: Ger uttorkning, irritation.

Stänk i ögonen: Verkar irriterande.

Förtäring: Förtäring kan ge svavelväte i magsäck, som är giftig vid inandning.

12. EKOTOXIKOLOGISK INFORMATION

Kristallin Masugnsslagg används såsom jordförbättringsmedel i normal dosering.

13. AVFALLSHANTERING

Kan efter fuktning deponeras på tipp som byggnadsavfall, se även lokala föreskrifter.

Sida 3 (3)

SSAB MEROX AB
OXELÖSUND/BORLÄNGE

(SSAB-kod):
Utförande datum: 1998-01-13
Version: 1/1998
Produktnamn: **Merit 5000**

VARUINFORMATIONSBLAG

14. TRANSPORTINFORMATION

Internationella transportklasser:

Land:

Sjö:

Flyg:

15. GÄLLANDE BESTÄMMELSER

Klassificering/märkning:

Faroklass: Irriterande

Farosymbol: Andreaskors

Riskfraser: R36/37/38, Irriterar ögonen, andningsorganen och huden

R31 Utvecklar giftig gas i kontakt med syra

Skyddsfraser:

16. ÖVRIG INFORMATION

Publikationer utgivna av Svensk Djupstabilisering

Arbetsrapport

- 1 **Arlandabanan, Norra Böjen. Sättningar hos järnvägsbank på kc-pelare.** 1998
Ulf Stjerngren, Jacobson & Widmark
- 2 **KC-förstärkning för schakt inom spont, Filipstad Brygge, Oslo.** 1998
Phung Doc Long, Stabilator AB & Håkan Bredenberg, Stabilator AB
- 3 **Inblandningsmekanismer vid djupstabilisering med kalk-, kalk/cementpelare och cementpelare** 1998
Stefan Larsson, Tyréns
- 4 **Undersökning av KC-pelare med avseende på dess "homogenitet".** 1998
Roland Tränk, SGI
- 5 **Bestämning av egenskaper i cellstabiliserad torv.** 1998
Nenad Jelusic, Vägverket Region Mitt, Torbjörn Edstam, SGI & Yvonne Rogbeck, SGI
- 6 **Rörelser och portryck vid kalkpelarinstallation. Redovisning av mätresultat.** 1998
Åke Johansson, SGI
- 7 **Masstabilisering av väg 590, Askersund.** 1998
Yvonne Rogbeck, SGI
- 8 **KC-pelarförstärkning av instabil slänt. E4, delen Nyland - Ullånger, Västernorrlands län. Åtgärder och mätningar.** 1998
Leiv Viberg, SGI, Bertil Eriksson, Vägverket Produktion Mitt & Stefan Johansson, Vägverket Produktion Mitt
- 9 **Grunnforsterkning med kalksementpælar** 1999
Stein Christensen, Arnstein Watn, Steinar Nordal, Arnfinn Emdal, Torbjørn Lund & Thomas Kristiansen
- 10 **Dimensioneringsvägledning för djupstabilisering** 1999
Översättning av Finska Vägverkets klarlägganden 18/1997
- 11 **Historik och svenska erfarenheter av kalkstabilisering av vägterrasser** 1999
Stefan Gustafsson, Scandiaconsult
- 12 **Undersökning i fält av stabiliseringseffekt i organisk jord och lera** 2000
Tobias Hansson, Hercules Grundläggning AB, Yvonne Rogbeck, SGI, & Leif Säfström, Vägverket Region Mälardalen
- 13 **Utvärdering av verksamheten inom Svensk Djupstabilisering** 2000
Vetenskaplig uppläggning. Måluppfyllelse av FoU-plan

Rapport

- 1 **Erfarenhetsbank för kalk-cementpelare.** 1997
Torbjörn Edstam
- 2 **Kalktypens inverkan på stabiliseringsresultatet. En förstudie.** 1997
Helen Åhnberg & Håkan Pihl
- 4 **Provbanks på kalk/cementpelarförstärkt gyttja och sulfidhaltig lera i Norrala** 1999
Rolf Larsson



Svensk Djupstabilisering

**c/o SGI, 581 93 Linköping
Tel: 013-20 18 61, Fax: 013- 20 19 14
<http://www.swedgeo.se/sd.htm>**