

---

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
LUNDS UNIVERSITET

Avd Byggnadsmaterial

**SPRICKBILDNING I PUTS PÅ ISOLERING**  
**Undersökning av grundläggande me-**  
**kanismer – del IV**

Manouchehr Hassanzadeh

ISRN: LUTVDG/TVBM--08/3144--SE (1-48)

ISSN: 0348-7911 TVBM

Lunds Tekniska Högskola  
Byggnadsmaterial  
Box 118  
[www.byggnadsmaterial.lth.se](http://www.byggnadsmaterial.lth.se)

Tel: 046-2227415  
Fax: 046-2224427

221 00 LUND

## FÖRORD

I en tidigare probleminventering gällande putsade fasader, BESTÄNDIGHET HOS PUTSADE FASADER (Sandin 1998), konstaterades att sprickbildning i puts på isolering ansågs vara ett stort problem. Med utgångspunkt från denna inventering utarbetades ett forskningsprogram innefattande litteraturstudier, datorberäkningar, laboratorieundersökningar samt fullskaleförsök. De olika delarna redovisas i separata delrapporter.

Denna rapport avser redovisning av den undersökning som har gjorts för att identifiera de grundläggande mekanismerna som leder till att putsen spricker. Denna rapport är en fortsättning på tidigare rapporter Hassanzadeh 2004, 2006 och 2007. Föreliggande rapport redovisar sista delen av de experimentella parameterstudier som har genomförts inom SBUF-projektet 11558 "Sprickbildning i puts på isolering". Syftet med parameterstudierna är att skapa en uppfattning om hur olika faktorer påverkar sprickbildning i puts på isolering.

Projektet genomförs i samarbete med FASADDEX och INTEROC FASAD AB i Malmö. Projektet finansieras av SBUF, maxit, SKANSKA, SPEF och Combimix.

Lund i maj 2008

Manouchehr Hassanzadeh



## **SAMMANFATTNING**

För att förstå inverkan av olika putsbruk, utförande och härdning på deformationer hos armerad puts utsattes putsremсор för uttorkning och uppfuktning under kontrollerade förhållanden. Putsremсорnas deformationer, d.v.s. den axiella deformationen samt deformationer vinkelräta mot putsremсорs längdaxel, bestämdes under pågående uppfuktning och uttorkning.

Provningarna utfördes med en provningsmetod som utvecklades i ett tidigare projekt, SBUF-projekt 8106 "Beständighet hos putsade fasader". I [1] beskrivs provningsmetoden samt presenteras utförda provningar och beräkningar för att fastställa de mekanismer som ligger bakom sprickbildning i puts på isolering.

I provningar som utfördes med denna provningsmetod användes normalt oarmerade och armerade putsremсор (längd = 700 mm, bredd = 60 mm, tjocklek = 10 mm).

Genom att mäta putsremсорnas deformationer i olika riktningar kunde putsremсорnas deformationer i axiell och vinkelrät mot axiell riktning bestämmas. Mätningarna kunde visa den krökning som förorsakades av excentrisk placering av armering och fuktgradient.

De viktigaste slutsatserna i den undersökning som presenteras i denna rapport är att putsens krympning, elasticitetsmodul och hållfasthet har stor inverkan på deformationerna; den armerade putsens krympning är i stort sett oberoende av putsbrukets fria krympning samt att armeringens typ och placering har stor inverkan på putsremсорnas utböjning och sprickbildning.



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND .....	9
2	FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING .....	11
3	PROVNINGSRESULTAT.....	15
3.1	Inledning.....	15
3.2	Grundläggande mekanismer.....	17
3.2.1	Axiella deformationer .....	17
3.2.2	Deformationer vinkelräta mot remsans plan .....	17
3.3	Deformationer och sprickbildning hos krympkompenserade bruk .....	18
3.3.1	Allmänt.....	18
3.3.2	Krympkompenserat bruk KC-A – Serie 1 och 2.....	18
3.3.3	Krympkompenserat bruk KC-B – Serie 3.....	25
3.3.4	Kommentarer till resultaten av Serie 1, 2 och 3.....	28
3.4	Inverkan av fibrer på deformationer – Serie 4 och 5.....	31
3.4.1	Allmänt.....	31
3.4.2	C-bruk utan fibrer - Serie 4 – Putsremсор 41, 42, 43 och 44 .....	31
3.4.3	C-bruk med fibrer - Serie 5 – Putsremсор 51 och 52 .....	34
3.4.4	Kommentarer till resultaten av Serie 4 och 5.....	36
3.5	Tvåskiktputsning – Serie 6 .....	37
3.5.1	Allmänt.....	37
3.5.2	Putsremсор 61, 62 och 63 .....	37
3.5.3	Kommentarer till resultaten av Serie 6.....	40
3.6	Inverkan av härdningstid före uttorkning på deformationer – Serie 7 .....	41
3.6.1	Putsremсор 71, 72 och 73 .....	41
3.6.2	Kommentarer till resultaten av Serie 7.....	43
4	SLUTSATSER .....	45
5	REFERENSER.....	47





## 1 BAKGRUND

För att förstå beteendet hos puts under upprepad uppfuktning och uttorkning utsätts putsremсор för uttorkning och uppfuktning under kontrollerade förhållanden. Putsremсорnas deformationer, d.v.s. den axiella deformationen samt deformationer vinkelräta mot putsremсорns längdaxel, bestäms under pågående uppfuktning och uttorkning.

I [1] beskrivs provningsmetoden samt presenteras provningar och beräkningar utförda för att fastställa de mekanismer som ligger bakom sprickbildning i puts på isolering. Den här typen av puts kännetecknas av ett putsskikt, 10 – 20 mm, som appliceras på isolering. Isoleringen utgörs normalt av mineralull eller cellplast. För att hålla fast putsen och förebygga sprickbildning monteras ett armeringsnät som i sin tur fästs i underlaget med kramlor.

Provningarna som presenteras i [1] utfördes på oarmerade och armerade putsremсор (längd = 700 mm, bredd = 60 mm, tjocklek = 10 mm och 20 mm) genom att utsätta dem för upprepad uttorkning och uppfuktning. I de armerade remсорna var armeringen placerad excentrisk i förhållande till remсорns längdaxel, 2 mm från putsremсорns insida, se figur 2.

Genom att mäta putsremсорnas deformationer i olika riktningar konstaterades att en oarmerad putsremсор deformeras axiellt på grund av krympning och böjs/kröks på grund av ojämn fukt-fördelning genom remсорns tjocklek (fuktgradient).

Den armerade putsremсорns axiella deformation var mindre jämfört med den oarmerade remсорn. Anledningen bedömdes vara att armeringen motverkade brukets krympning. De armerade strimlorna visade kraftig krökning. Större delen av krökningen orsakades av den excentrisk placerade armeringen. Armeringen medförde, genom att förhindra krympningen i den kant den satt, en ojämn töjningsfördelning över putsremсорns tjocklek vilken gav upphov till krökningen.

I en verklig situation förhindras krökningen av kramlor. Denna effekt tillsammans med inverkan av fuktgradient och förhindrade axiella krymprörelser, som orsakas av armeringen, bedömdes vara anledning till sprickbildning i puts på isolering. Det bör noteras att i verkligheten tillkommer ytterligare effekter såsom temperaturgradient och vindlaster. Dessa har inte beaktats i denna undersökning.

Målsättningen med de provningar som redovisas i [1] var dels att bestämma typ och storlek hos de deformationer som uppstår i putsen och dels att avgöra om deformationerna kan förorsaka sprickbildning om de förhindras. Provningsresultaten och kompletterande teoretiska analyser gav en bra bild om förekommande deformationer och deras eventuella medverkan i sprickbildning. De provningar som utfördes då var begränsade till enbart mekanismstudier och inga hänsyn togs till inverkan från faktorer som isoleringens typ och styvhet, infästningskramlornas styvhet, brukets mekaniska och fysikaliska egenskaper, armeringens typ och placering mm.

Den provningsmetod som har utvecklats i detta projekt har visade sig vara ett bra komplement till de provningar av hela väggar som utfördes i samma projekt. Provningsmetoden visade god potential för att på sikt kunna ersätta provningar av hela väggar. Av denna anledning beslutades att några av de ovannämnda faktorerna skulle studeras med denna provningsmetod.

I [2] och [3] redovisas fortsatta provningar med putsstrimlor med hjälp av den metod som beskrevs ovan. Syftet med de provningar som redovisas i [2] var att:

- Jämföra deformationerna hos enkelarmerade putsremsor med deformationerna hos dubbelarmerade putsremsor.
- Studera inverkan av armeringstyp samt inverkan av armeringens placering.
- Studera sprickbildning hos förankrade putsremsor utan isolering.
- Studera sprickbildning hos förankrade putsremsor på isolering.

Slutsatserna visade att armeringens typ och placering har stor inverkan på sprickbildning i puts.

Syftet med de provningar som redovisas i [3] var att förstå beteendet hos puts på träullsskivor. Putsade träullsremsor utsattes för upprepad uppfuktning och uttorkning. Remsornas deformationer, d.v.s. den axiella deformationen samt deformationer vinkelräta mot remsornas längdaxel, bestämdes. Mätningarna visade att putsade träullsskivremсор kröker vid uttorkning samt att det finns stor risk för sprickbildning över skarven mellan två träullsremsor, vilken kan förklara en del de sprickbildningar som har observerats på putsade träullsfasader.

I föreliggande rapport presenteras de provningar som har utförts för att studera inverkan av

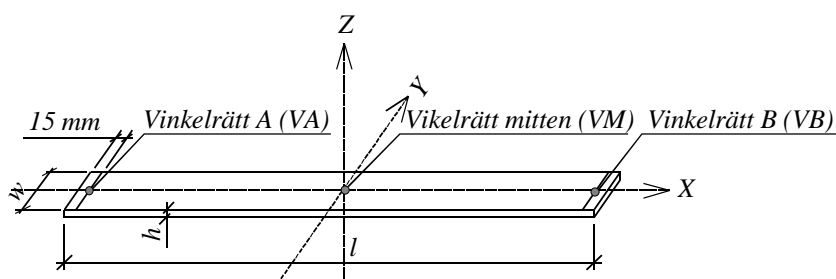
- brukssammansättning och bruksegenskaper,
- armeringstyp och placering samt
- härdningstider

på deformationer och sprickbildning i putsremsan.

## 2 FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING

I Figur 1 visas en putsremsa med längden  $l$ , bredden  $w$  och tjockleken  $h$ . I figuren visas också koordinataxlarna  $X$ ,  $Y$  och  $Z$ . Putsremsan gjuts och härdas i liggande position. Putsremsan gjuts på två lager teflonfolie som ligger på en aluminiumplatta (1000 x 150 x 20 mm). Putsremsans längd respektive bredd är 700 mm respektive 60 mm. Putsremsans tjocklek varierar. Hittills har två tjocklekar provats, 10 mm respektive 20 mm.

Putsremsan kan även gjutas på isolering. I så fall läggs en remsa av isoleringsmaterialet på aluminiumplattan. Putsen gjuts sedan på isoleringen. Putsremsan kan fästas med bultar och kramlor mot underlaget (aluminiumplattan).



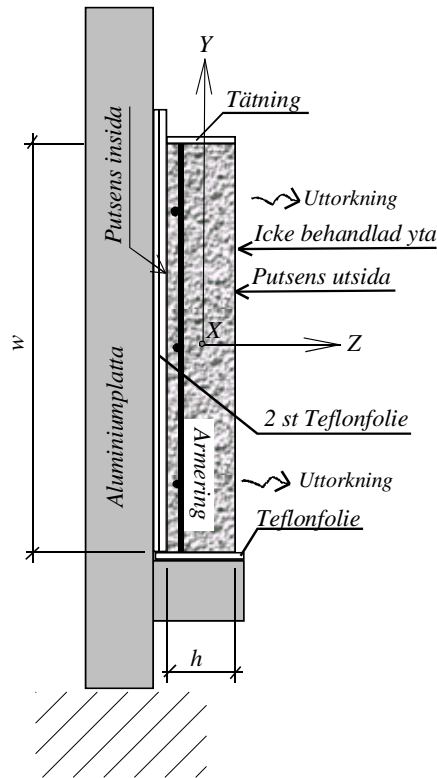
Figur 1 Putsremsans orientering och mätpunkter.

Efter gjutning skyddas putsremsan mot uttorkning genom att linda 2-3 varv plastfolie runt hela formen. Ett dygn efter gjutning, när putsens yta är tillräckligt hård, läggs även våta dukar på putsremsan för att ytterligare minska risken för uttorkning. Remsorna härdas i laboratorieklimat, ca 20°C. Härdningstiden före uttorkningens start varierar.

Efter härdning utsätts putsremsan för uttorkning i en klimatbox. Den önskade RF-nivån i boxen upprätthålls genom att placera skålar med mättade saltlösningar i boxen.

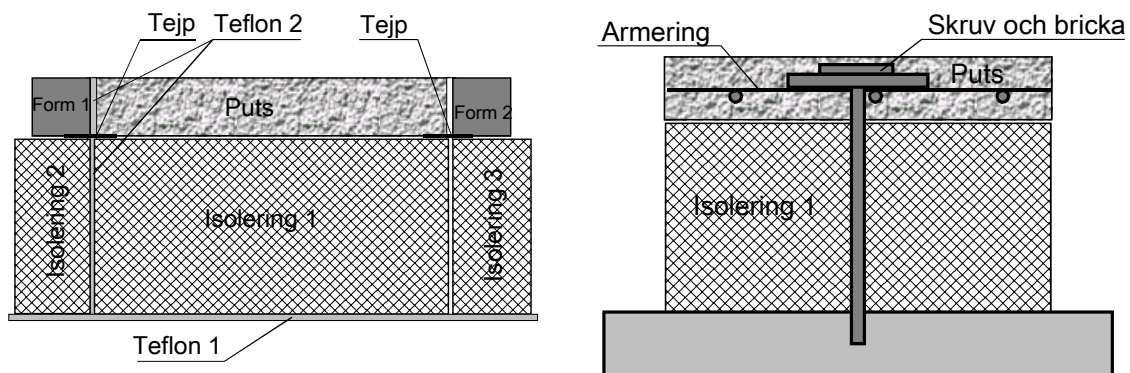
Putsremsan placeras i boxen i stående position på en teflonfolie som ligger på en fyrkantsstång av rostfritt stål, såsom visas Figur 2. Vidare finns två teflonfolier mellan putsremsan och aluminiumplattan. I de fall när putsen gjuts på en isolering, Figur 3, finns enbart isoleringen mellan putsremsan och aluminiumplattan. Putsremsans övriga ytor utom "utsida", se Figur 2, behandlas med asfalt för att förhindra fukttransport från/till putsremsan genom dessa ytor. Putsens uttorkning sker enbart från en sida, se Figur 2. Fyrkantsstången tas bort i de fall putsremsan fästs med bult/kramla mot aluminiumplattan.

Provkroppstillverkning och hantering av provkroppar beskrivs i detalj i Hassanzadeh 2007.



Figur 2 Putsremans orientering i klimatboxen.

Remsorna tillverkas både med och utan armering. Putsremsan i Figur 2 innehåller armeringsnät. Armeringens placering kan varieras. I det fall som visas i figuren är armeringen placerad nära putsens insida. Vid de försök som utförts hittills har armeringen placerats nära putsens insida, i putsens centrum och nära putsens utsida. Vid några provningar har två lager av armeringsnät använts, ett lager nära insidan och ett lager nära utsidan.



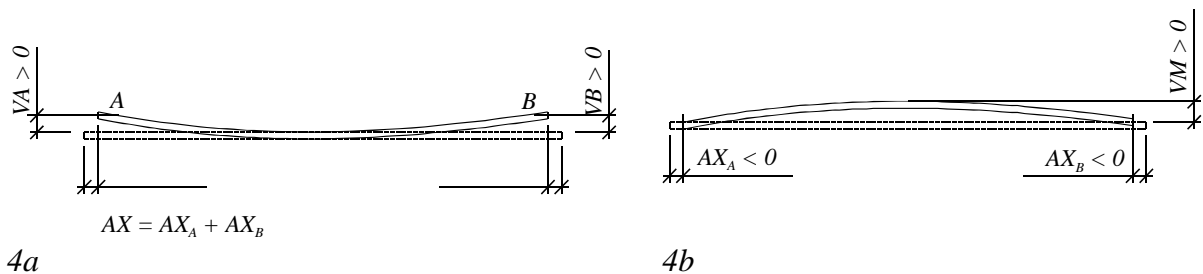
a) Puts gjuten på isolering

b) Puts gjuten på isolering och fast spänd mot underlaget.

Figur 3 Puts gjuten på isolering och fast spänd mot underlaget.

När putsremsan placerats i boxen bestäms deformationerna kontinuerligt. Både axiella deformationer och deformationer vinkelräta mot putsremsans längdaxel bestäms. I Figur 1 visas mätpunkternas placering (VA, VM och VB). I Figur 4a och 4b visas de deformationer som

förekommer. De vinkelräta deformationerna mäts med hjälp av tre givare. Två givare placeras 15 mm från vardera änden av putsremsan, Figur 1. Den tredje givaren placeras i mitten av putsremsan. De vinkelräta deformationer som sker utåt sett från aluminiumplattan betecknas här som positiva deformationer. Den axiella deformationen bestäms med två givare placerade på vardera änden av putsremsan. Den axiella deformationen är summan av givarnas mätvärde. Förkortning av putsremsan betecknas som negativ deformation.



Figur 4 Axiell deformation ( $AX$ ) och deformationer vinkelräta mot putsremsans längdaxel ( $VA$ ,  $VB$  och  $VM$ ).



### **3 PROVNINGSRESULTAT**

#### **3.1 Inledning**

I föreliggande rapport presenteras de provningar som har utförts för att studera inverkan av

- brukssammansättning och bruksegenskaper,
- armeringens typ och placering
- härdningstider

på deformationer och sprickbildning i putsremsan.

I Tabell 1 sammanställs de utförda provningsserierna. Tabellen visar 8 provningsserier 0 – 7. Serie 0 presenteras inte här. Provningar baserade på bruk C SERPO 136, anses vara Serie 0 och har redovisats i [1] och [2]. Serierna 1 – 7 som redovisas i denna rapport har inte redovisats tidigare. Det bör noteras att det bruk som används för serie 7 är SERPO 136.

Innebörden av de olika benämningarna i tabell 1 beskrivs i detalj i samband medredovisningen av respektive serie.

Tabell 1 Sammanställning av de putsbruk och de härdningsförhållanden som har studerats.

Serienummer	Brukstyp	Bruk	Hållfasthet	Krympning	Typ av armering	Placering av armering		Tjocklek mm	Upplag	Antal
					Stål	In	Ut			
0	C	SERPO 136	Svagt	Hög	Stål	In	Ut	10	Fri utan isolering	4
					Glas	In	Ut			
1	A	7008:1 KC-A Krympkomp	Starkt	Lägsta möjliga	Stål	In	Ut	10	Fri utan isolering	4
					Glas	In	Ut			
2	A	7008:4 KC-A Krympkomp	Starkt	Lägsta möjlig	Stål	In	Ut	10	Fast utan isolering	4
						In	Ut		Fast med isolering	
3	B	7008:2 KC-B Grovt krympkomp.	Svagt	Lägsta möjliga	Stål	In	Ut	10	Fri utan isolering	4
					Glas	In	Ut			
4	C	7008:3 Utstockning C-bruk SERPO134	Svagt	Hög	Stål	In	Ut	10	Fri utan isolering	4
					Glas	In	Ut			
5	C + fibrer	SERPO 134 med polypropylen.	Svagt	Hög	Utan arm.			10	Fri utan isolering	2
					Stål	Mitten				
6	B (in)+C (ut) Normal bruk	B-bruk (SERPO 132) C-bruk (SERPO 134)	Svagt	Hög	Stål	Mitten av B		10 + 10	Fri utan isolering	2
	C1 (in)+C2 (ut) Normal bruk	C1 (C-bruk SERPO 134) + C2 (C-bruk SERPO 134)				Mitten av C1				1
7 <sup>1)</sup>	C	SERPO 136	Svagt	Hög	Stål	In		10	Fri utan isolering	3

1) Olika härdningstider (3 d, 7 d och 21 d) före uttorkning.



## 3.2 Grundläggande mekanismer

För att underlätta redovisningen och förståelsen av resultaten görs nedan en kort och översiktlig presentation av de mekanismer som påverkar remsornas deformationer. Se [1, 2 och 3] för detaljerad beskrivning av mekanismerna.

### 3.2.1 Axiella deformationer

Samtliga armerade remsors krympning är betydligt mindre än fria krympningen hos icke armerade bruk. Den armering som finns i remsan motverkar brukets krympning. När bruket krymper trycks armeringen ihop. Den armerade remsans krympning styrs av brukets förmåga att trycka ihop armeringen. Det finns fem parametrar som har stor och direkt inverkan på brukets möjlighet att trycka ihop armeringen. Parametrarna är brukets elasticitetsmodul, draghållfasthet, armeringens elasticitetsmodul, andelen armering samt vidhäftningshållfastheten mellan armering och bruk. Ett styvt och starkt bruk med god vidhäftning mot armering har större förmåga att trycka ihop armeringen jämfört med ett vekt och svagt bruk med dåligt vidhäftning mot armering. För ett och samma bruk är det lättare att trycka ihop en armering med låg elasticitetsmodul än en armering med hög elasticitetsmodul. Armeringsandelen är också viktig. Det är lättare för bruket att trycka ihop armeringen om andelen armering minskas.

Ett styvt bruk utvecklar snabbt en motkraft mot armeringen och trycker ihop den. Ett starkt bruk spricker inte på grund av armeringens motstånd. En god samverkan, vidhäftning, mellan armering och bruk medför att krafterna från bruket kan lättare föras över till armeringen.

Remsor armerade med glasfibernet uppvisar större axiella deformationer jämfört med de remsor som är armerade med stålnät. Anledningen är att glasfibernet har lägre elasticitetsmodul än stålnät. Det är lättare för bruket att trycka ihop armeringen.

### 3.2.2 Deformationer vinkelräta mot remsans plan

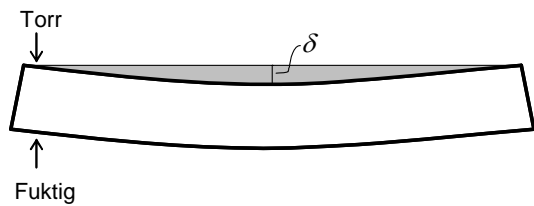
När en remsa utsätts för uttorkning, på det sätt som beskrivs i avsnitt 2, bildas en fuktgradient. Den sida som är vänd mot yttre luften torkar ut först och den sida som är vänd mot teflonfolien torkar ut sist. Den sida som torkar ut först vill bli kortare än den sida som torkar ut senare, vilket resulterar i att remsan får en konkav form såsom visas i Figur 5a. När remsan är genomtorr bör remsan bli helt rak om den inte innehåller någon armering eller inte har fått permanenta deformationer.

Innehåller remsan armering bör den bli deformerad. Den sida som har armering deformeras mindre än den sida som inte innehåller armering. Resultat blir att remsan blir utböjd. Remsan blir utböjd på det sätt som visas i Figur 5b och 5d. Den sida som saknar armering blir kortare än den sida som har armering. Utböjningens storlek styrs bl.a. av armeringens elasticitetsmodul, se [1, 2 och 3]. Remsans utböjning ökar med ökad elasticitetsmodul hos armeringen.

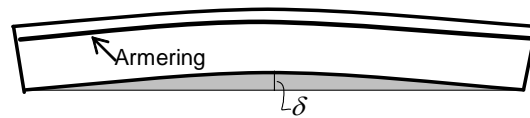
När en genomtorr och rak remsa besprutas på ena sidan med vatten vill den våta sidan bli längre, vilken medför att remsan böjs på det sätt som visas i Figur 5c. Efteråt när remsan torkar ut bör remsan återfå den form som den hade innan besprutningen.

Innehåller remsan armering adderas/subtraheras utböjningen beroende på armeringens läge. Utböjningen blir större i Figur 5b om remsans övre yta, den sida som har armering, besprutas med vatten. Utböjningen blir mindre i Figur 5d om remsans övre yta, den sida som inte har armering, besprutas med vatten.

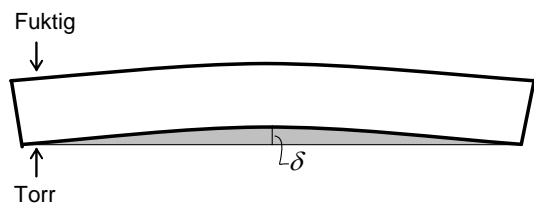
De deformationer som beskrivs med hjälp av Figur 5 gäller om inga permanenta deformationer, mikrosprickor eller andra skador uppstår under uttorkningen.



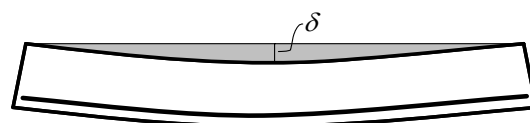
5a – Deformation orsakad av fuktgradient, uttorkning



5b – Deformation i uttorkad strimla orsakad av armeringens placering



5c – Deformation orsakad av fuktgradient, uppfuktning



5d – Deformation i uttorkad strimla orsakad av armeringens placering

Figur 5 Deformationer på grund av fuktgradient och olika placering av armeringen.

### 3.3 Deformationer och sprickbildning hos krympkompenserade bruk

#### 3.3.1 Allmänt

I detta avsnitt presenteras resultatet av serierna 1, 2 och 3, se Tabell 1. Följande förutsättningar gäller för serierna:

##### Armeringstyp

Stålnät med maskvidd 20 mm och tråddiameter ca 1 mm, (STN).

Glasfibernät med maskvidd 5 mm, (GFN).

##### Placering av armering

Nära insidan, armeringsnät A1 i Figur 6.

Nära utsidan, armeringsnät A2 i Figur 6.

##### Remsornas dimensioner

Tjocklek = 10 mm

Längd = 700 mm

Bredd = 60 mm

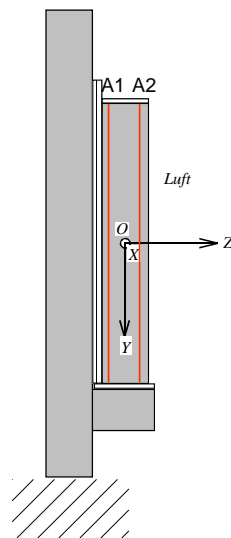
#### 3.3.2 Krympkompenserat bruk KC-A – Serie 1 och 2

Bruket KC-A är ett krympkompenserat bruk. Brukets sammansättning är inte känd. Det består av grövre sandpartiklar jämfört med vanligt bruk. Bruket klassas som starkt bruk och har enligt tillverkaren låg krympning. Två serier utfördes med detta bruk.

### **Serie 1 – Putsremsor 11, 12, 13 och 14**

Fyra remsor ingick i serien, serie 1 i Tabell 1. Remsornas beteckning är 11, 12, 13 och 14. Samtliga remsor gjöts på teflonremsa och var inte förankrade till aluminiumplattan. Remsorna 11 och 12 var armerade med stål nät medan remsorna 13 och 14 var armerade med glasfiber-nät. I remsorna 11 och 13 var armeringen placerad på insidan av putsremsan, se läge A1 i Figur 6. I remsorna 12 och 14 var armeringen placerad på utsidan av putsremsan, se läge A2 i Figur 6.

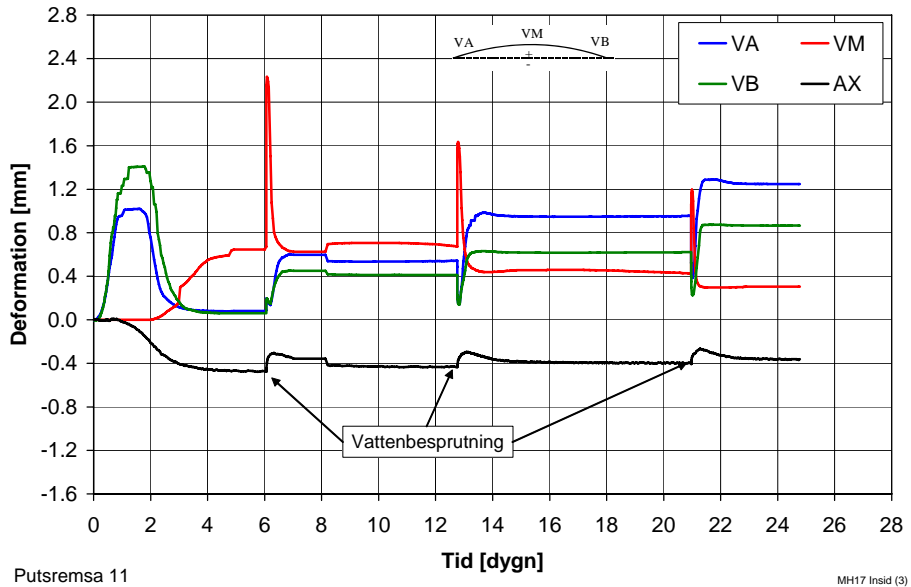
Bruket blandades med följande proportioner 1.0 kg torrbruk + 0.13 kg vatten.



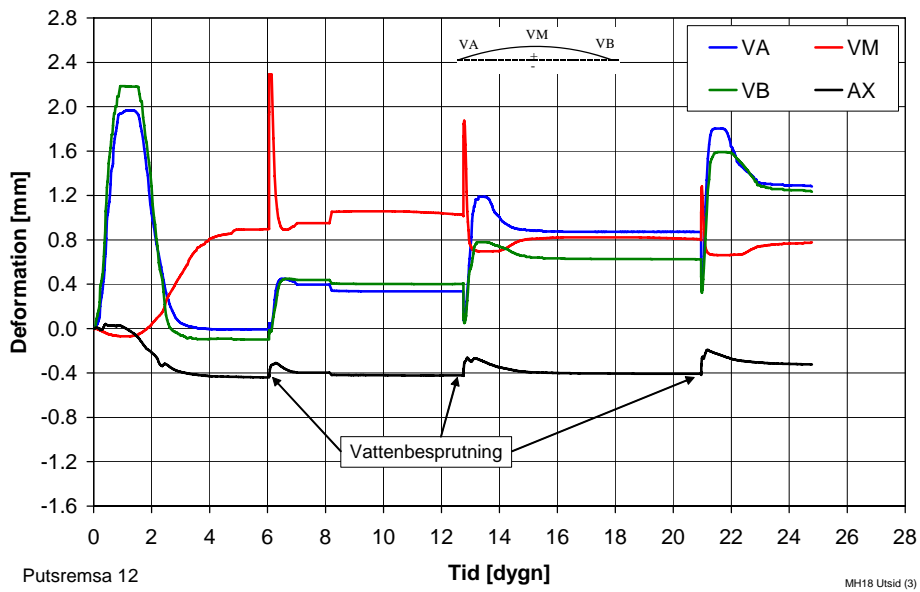
*Figur 6 Placering av armeringsnät. Armeringsnätet A1 är placerat nära insidan av remsan ca 2 mm från formen. Armeringsnätet A2 är placerat nära utsidan av putsen ca 2 mm från ytan.*

Mätresultaten framgår av Figur 7 – 10. I varje Figur visas 4 kurvor. Kurvan markerad med AX visar den axiella deformationen medan VA, VB och VM visar deformationer som är vinkelräta mot putsremsans längdaxel, se Figur 1 och 4.

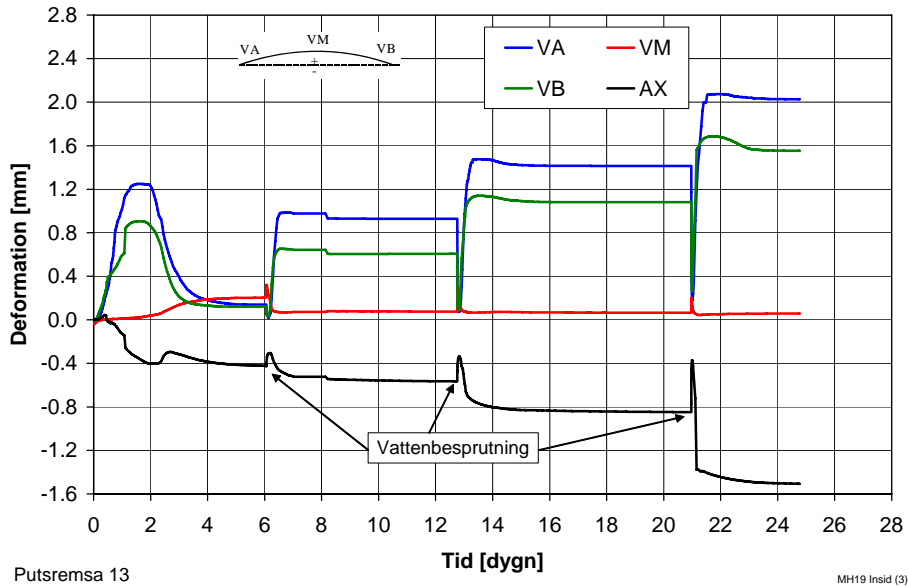
Efter några dygns uttorkning besprutades remsorna med vatten. Besprutningstillfällena framgår av figurerna.



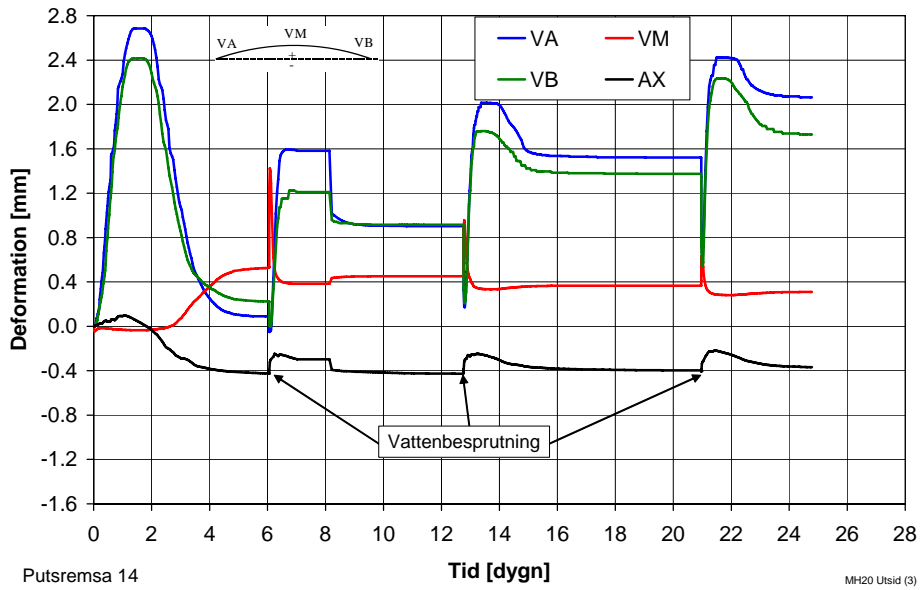
Figur 7 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsrensa, icke förankrad. Stålnät nära insidan. **Puttsrensa 11.**



Figur 8 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsrensa, icke förankrad. Stålnät nära utsidan. **Puttsrensa 12.**



Figur 9 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsrensa, icke förankrad. Glasfibernät nära insidan. **Puttsrensa 13.**



Figur 10 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsrensa, icke förankrad. Glasfibernät nära utsidan. **Puttsrensa 14.**

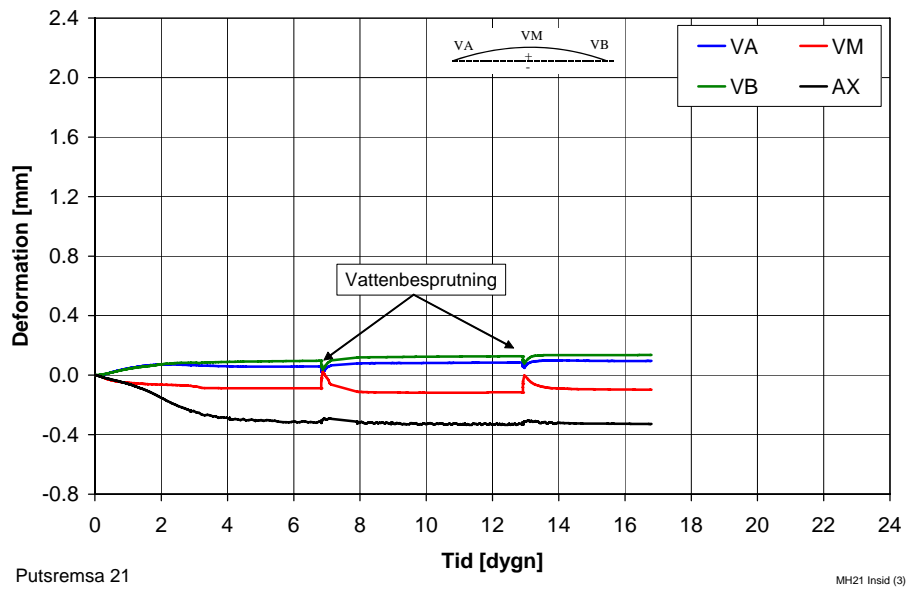
## **Serie 2 – Putsremsor 21, 22, 23 och 24**

Fyra remsor ingick i serie 2, se Tabell 1. Remsornas beteckning är 21, 22, 23 och 24. Samtliga remsor var armerade med stål nät och var förankrade mot aluminiumplattan. I remsorna 21 och 23 var armeringen placerad på insidan av putsremsan, se läge A1 i Figur 6. I remsorna 22 och 24 var armeringen placerad på utsidan av putsremsan, se läge A2 i Figur 6. Remsorna 21 och 22 gjöts på teflonremsa medan remsorna 23 och 24 gjöts på isolering. Remsorna 23 och 24 förankrades enligt Figur 3b. Det bör noteras att armeringens placering var enligt fall A1 respektive fall A2, Figur 6, i remsa 23 respektive remsa 24 och ej såsom framgår av Figur 3b. Förankringen av remsa 21 och 22 utfördes på samma sätt som remsa 23 och 24 fast utan isolering.

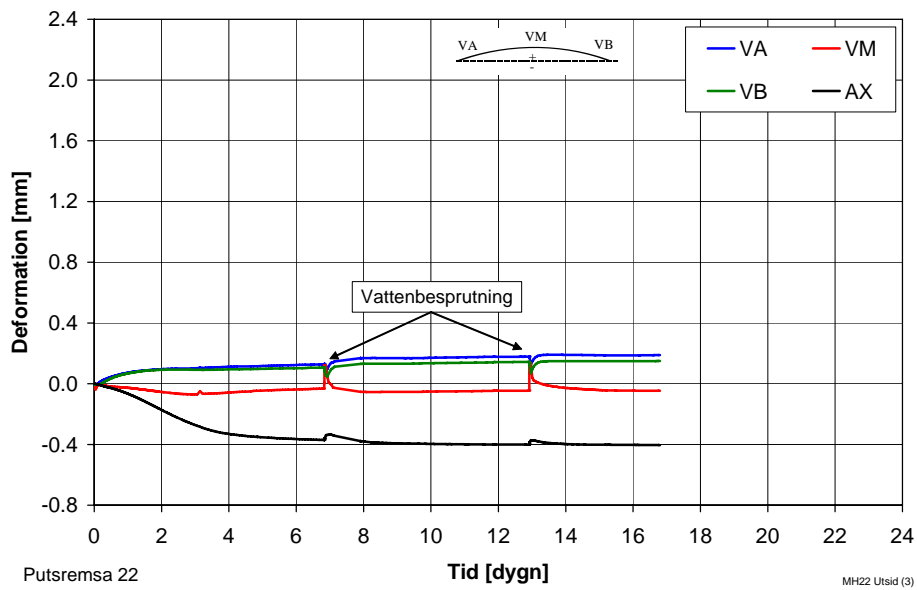
Bruket blandades med följande proportioner 1.0 kg torrbruk + 0.13 kg vatten.

Mätresultaten framgår av Figur 11 – 14. I varje figur visas 4 kurvor. Kurvan markerad med AX visar den axiella deformationerna medan VA, VB och VM visar deformationer som är vinkelräta mot putsremsans längdaxel, se Figur 1 och 4.

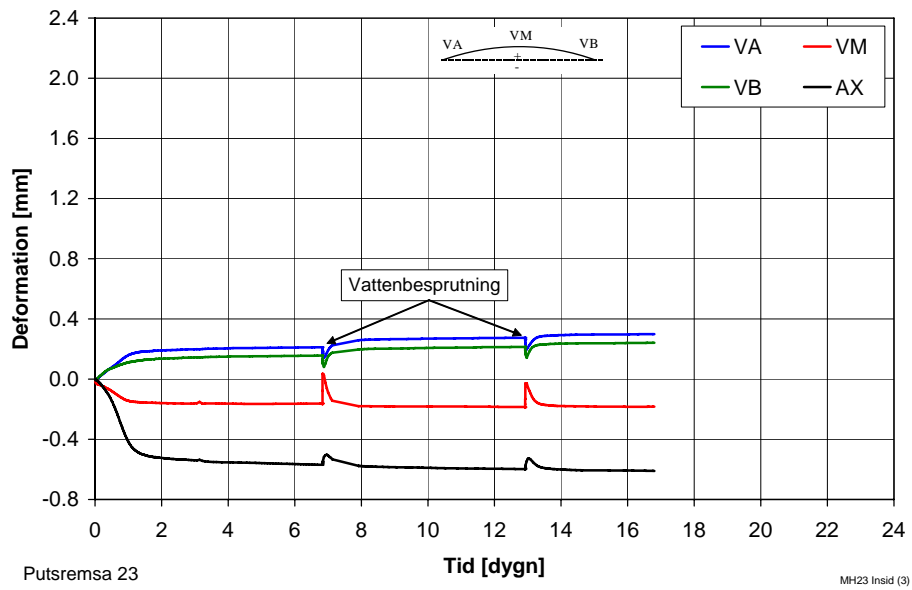
Efter några dygns uttorkning besprutades remsorna med vatten. Besprutningstillfällena framgår av figurerna.



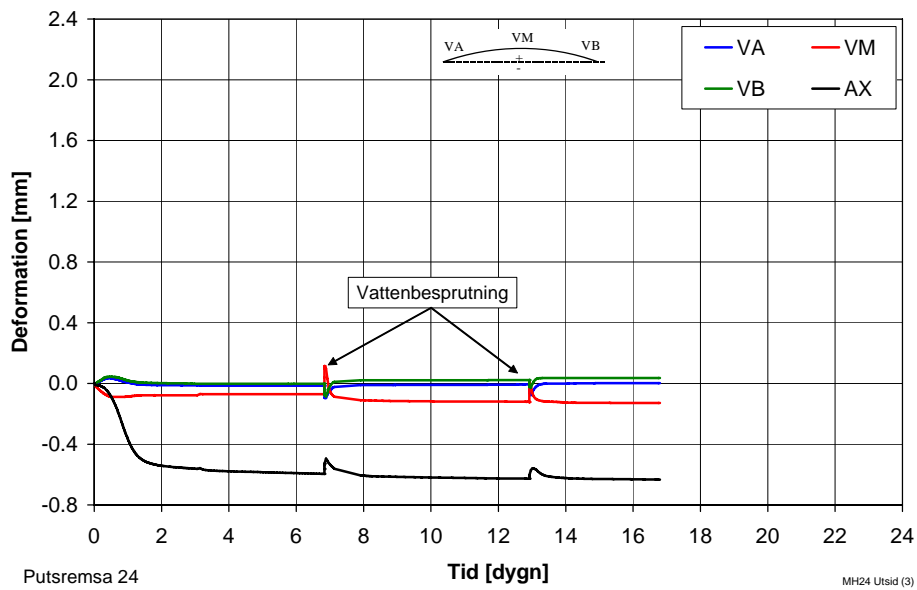
Figur 11 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsremsa, förankrad utan isolering. Stålnät nära insidan. **Putstremsa 21.**



Figur 12 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsremsa, förankrad utan isolering. Stålnät nära utsidan. **Putstremsa 22.**



Figur 13 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsremsa, förankrad med isolering. Stålnät nära insidan. **Puttsremsa 23.**



Figur 14 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsremsa, förankrad med isolering. Stålnät nära utsidan. **Puttsremsa 24.**



### 3.3.3 Krympkompenserat bruk KC-B – Serie 3

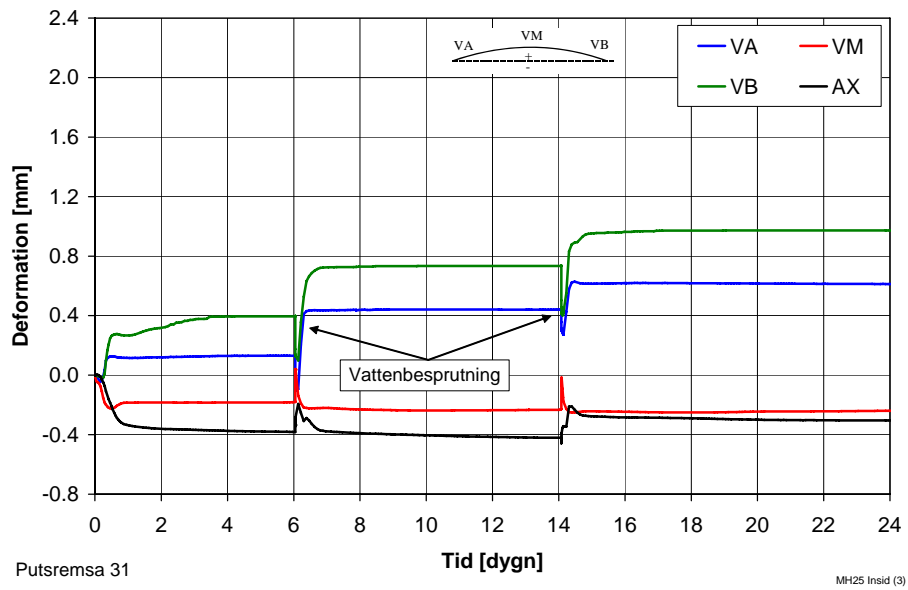
Bruket KC-B är ett krympkompenserat bruk. Brukets sammansättning är inte känd. Det består av grövre sandpartiklar jämfört med vanligt bruk. Bruket klassas som svagt bruk och har enligt tillverkaren låg krympning. En serie utfördes med detta bruk.

Fyra remsor ingick i serien, serie 3 i Tabell 1. Remsornas beteckning är 31, 32, 33 och 34. Samtliga remsor gjöts på teflonremsa och var inte förankrade till aluminiumplattan. Remsorna 31 och 32 var armerade med stålnät medan remsorna 33 och 34 var armerade med glasfiber-nät. I remsorna 31 och 33 var armeringen placerad på insidan av putsremsan, se läge A1 i Figur 6. I remsorna 32 och 34 var armeringen placerad på utsidan av putsremsan, se läge A2 i Figur 6.

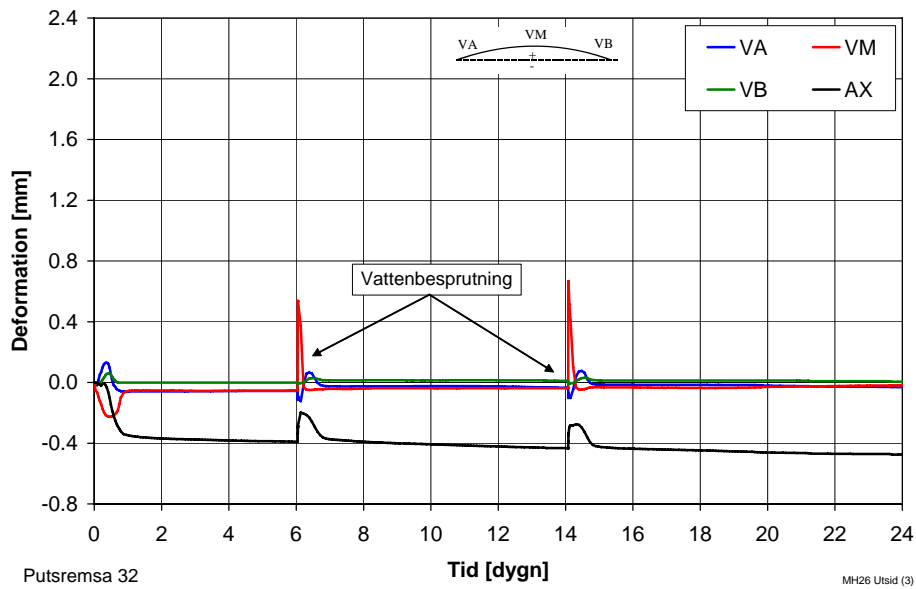
Bruket blandades med följande proportioner 1.0 kg torrbruk + 0.122 kg vatten.

Mätresultaten framgår av Figur 15 – 18. I varje Figur visas 4 kurvor. Kurvan markerad med AX visar den axiella deformationerna medan VA, VB och VM visar deformationer som är vinkelräta mot putsremsans längdaxel, se Figur 1 och 4.

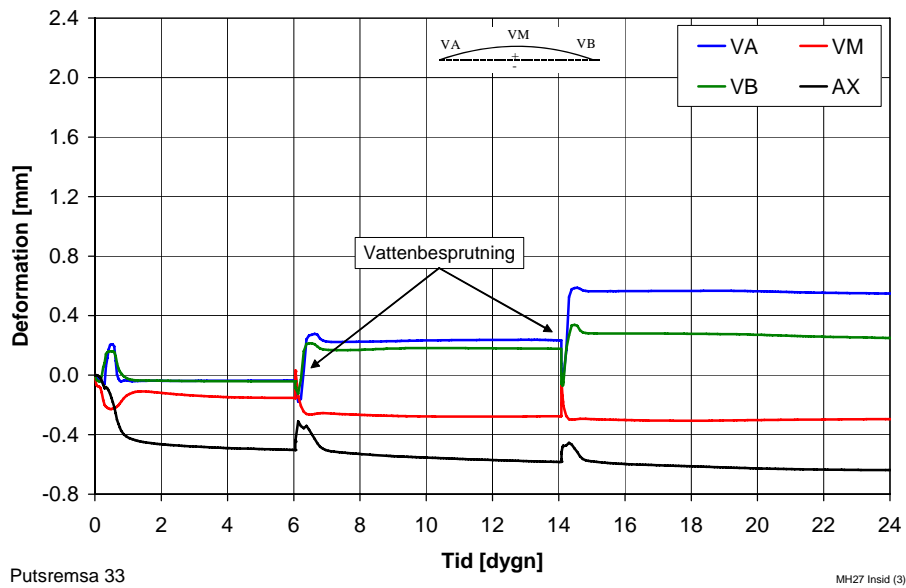
Efter några dygns uttorkning besprutades remsorna med vatten. Besprutningstillfällena framgår av figurerna.



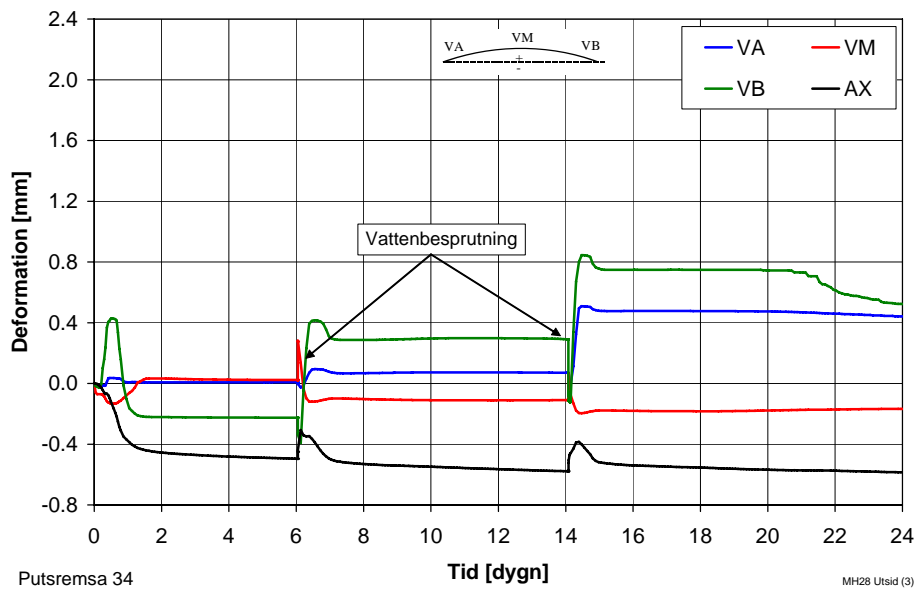
Figur 15 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsremsa, icke förankrad utan isolering. Stålnät nära insidan. **Putstremsa 31.**



Figur 16 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsremsa, icke förankrad utan isolering. Stålnät nära utsidan. **Putstremsa 32.**



Figur 17 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsremsa, icke förankrad utan isolering. Glasfibernät nära insidan. **Putstremsa 33.**



Figur 18 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsremsa, icke förankrad utan isolering. Glasfibernät nära utsidan. **Putstremsa 34.**

### 3.3.4 Kommentarer till resultaten av Serie 1, 2 och 3

#### Sprickbildning

Remsorna undersöktes på plats i boxen och utanför boxen. Inga sprickor/skador kunde observeras. Inga sprickor observerades med hjälp av förstoringsglas heller. Remsorna besprutades med vatten. Inga sprickor upptäcktes då heller.

#### Deformationer

##### *Axiella deformationer*

Bland de remsor som var armerade med stål nät uppvisade de flesta en axiell deformation av storleksordningen 0.4 mm, d.v.s. 0.6 mm/m krympning. Remsorna 11 – 14, och 31 – 34 var gjutna på teflon och var oförankrade. Remsorna 21 och 22 var också gjutna på teflonfolie men var förankrade mot underlaget. Remsorna 23 och 24 var gjutna på isolering och var förankrade mot underlaget.

Resultatet visar att förankringen inte har någon större inverkan på remsans krympning. Det glapp som finns mellan puts och förankring medger en viss rörelse. Glappet kan bildas under gjutning och även kan orsakas av att förankringen tränger in i putsen på grund av att putsen spricker/krossas lokalt.

De bruk som användes för de ovannämnda remsorna var krympkompenserade. Den axiella rörelse som observerades hos dessa remsor var större än de remsor som var tillverkade med icke krympkompenserade bruk. Jämför de ovannämnda remsornas axiella deformationer med densamma för remsa 41, 42, 71, 72 och 73. De sistnämnda var inte krympkompenserade och anses vara svagt bruk.

Anledningen till att de krympkompenserade bruken uppvisar större krympning än de icke krympkompenserade är att remsorna är armerade. Ett styvt och starkt bruk har större möjlighet än ett bruk med lägre styvhet och hållfasthet att trycka ihop armeringen när bruket krymper. När ett bruk krymper motverkas brukets rörelser av armeringen. Ett styvt bruk utvecklar snabbt en kraft mot armeringen och trycker ihop den. Ju styvare bruket är desto större blir den kraft som trycker ihop armeringen. Om bruket är starkt spricker det inte på grund av armeringens motstånd. En god samverkan, vidhäftning, mellan armering och bruk medför att krafterna från bruket kan lättare föras över till armeringen, se även avsnitt 3.2.1.

Remsorna 23 och 24 uppvisar en axiell deformation av storleksordningen 0.6 mm, d.v.s. 0.9 mm/m krympning. Skillnaden mellan dessa och de övriga, speciellt 21 och 22, är att de är gjutna på isolering. Remsorna är förankrade mot underlaget som 21 och 22. Förklaringen kan vara att remsorna 23 och 24 är starkare och styvare än remsorna 21 och 22.

Remsor armerade med glasfibernät uppvisar större axiella deformationer jämfört med de remsor som är armerade med stål nät. Anledningen är att glasfibernät har lägre elasticitetsmodul än stål nät. Det är lättare för bruket att trycka ihop armeringen.

##### *Deformationer vinkelrätta mot remsans plan*

#### Remsor 11, 12,13 och 14

När remsorna 11-14 utsattes för uttorkning deformerades de på det sätt som visas i Figur 5a. Deformationen var orsakad av fuktgradienten. Allteftersom uttorkningen fortsatte minskade fuktgradienten som i sin tur medförde att deformationerna vid remsornas ändpunkter VA och VB minskade. Teoretiskt skulle remsorna bli helt raka om de inte innehöll armering och inga permanenta deformationer/skador hade uppstått. Men remsorna innehöll armering och de skulle då få ett utböjt utseende vid fuktjämvikt. Remsor med armering belägen nära utsidan

skulle få den utböjning som framgår av Figur 5b och remsor med armering belägen nära insidan skulle få den utböjning som framgår Figur 5d. Som framgår av resultaten får remsor med armering nära utsidan, remsorna 12 och 14, ett utböjt utseende såsom förväntades. Remsor med armering nära insidan, remsorna 11 och 13, får inte den utböjningsform som var förväntad. Speciellt remsa 11 visar relativ stor utböjning i motsatt riktning.

Anledningen till avvikelserna är inte utredd. Okulär besiktning efter avslutad provning visade att armeringen ligger i den nedre halvan av remsan. Det är svårt att lägga stål nätet helt rak under gjutningen eftersom stål nätet blir vågigt. Detta kan vara en anledning till den observerade avvikelserna. Det är svårt att ange vilken inverkan stål nätet vågighet har haft på resultatet. Glasfibernet är lättare att gjuta in. Det är rakt och håller sig i det läge som det blir placerat. Remsa 13 visar inte heller den förväntade utböjningsformen trots att remsan innehåller glasfibernet placerat nära undersidan. Remsans utböjning är liten men den är i "fel" riktning ändå, vilket kan vara en indikation på att stål nätet vågighet inte är orsaken till den observerade avvikelserna.

En annan anledning till avvikelserna kan vara skador och mikrosprickbildning som uppkommer under uttorkningen. Några analyser för att klarlägga orsakerna till eventuella skador har inte gjorts. I [1, 2 och 3] diskuteras inverkan av skador och sprickbildning på remsornas deformationer.

Det bör noteras att utböjningen efter den inledande uttorkningen var mindre hos remsor med glasfibernet än remsor med stål nätet. Anledningen är att stål nätet styvhet är större än glasfibernetets, se avsnitt 3.2.2.

När remsorna besprutades med vatten ökade utböjningen, vilken överensstämmer med den beskrivning som presenteras i avsnitt 3.2.2. Ökningen var stor hos remsorna 11, 12 och 14. Deformationerna vid VA och VB var små. När remsan torkade ut igen gick deformationen VM tillbaka till ungefär samma läge som innan vattenbesprutningen, medan deformationerna VA och VB ökade.

När remsorna började torka ut uppstod en fuktgradient, d.v.s. de blev torrare på utsidan än på insidan. Om remsan var rak och utan armering skulle fuktgradienten ge upphov till en utböjning såsom visas i Figur 5a, vilken framgår av resultaten. Om man bortser från tidigare deformationerna kan man notera att deformationerna VA och VB ökar medan VM minskar.

Detta tyder på att det bildas olika typer av spänningar i remsorna under tillverkning och hårdnandet som senare kan utlösas och medföra mer eller mindre permanenta deformationer. Deformationerna kan uppkomma under första uttorkningen eller senare vid upprepade uppfuktning och uttorkning. Det har visats att deformationerna vid första uttorkningstillfället skiljer sig från de efterföljande uppfuktning- och uttorkningstillfällena.

Det är svårt att peka ut de mekanismer som ligger bakom denna effekt. Det kan vara olika typer av skador. Det är svårt att avgöra typen av skador och var skadorna uppstår. Skadorna kan vara permanenta plastiska deformationer och mikrosprickor som är svåra att upptäcka med förstoringsglas. I [1,2 och 3] har några mekanismer presenterats. I [4] visas att putsbrukens krympning ökar med upprepade uppfuktning och uttorkning. Detta fenomen kan vara en bidragande orsak till de observerade permanenta deformationerna.

Vid upprepade vattenbesprutning och uttorkning ökar deformationerna VA och VB. Ökningen är större hos remsor med glasfibernet. Det bör noteras att deformationerna VA, VB och VM är samtliga positiva, positiv/negativ deformation definieras i Figur 4. För att samtliga deformationer skall kunna vara positiva måste remsan bli vågig, vriden och skev, d.v.s. det måste finnas punkter längs med remsan med noll utböjning annars förlorar remsan kontakten med teflonfolien och aluminiumplattan, se Figur 2, vilket inte är möjligt. Remsan har hela

tiden kontakt med teflonfolien och aluminiumplattan eftersom aluminiumplattan monteras lite bakåtlutande samtidigt som givarna, mätutrustningen, trycker på remsan.

### **Remсор 21, 22, 23 och 24**

Resultatet visar att förankringen håller remsorna på plats och kraftigt minskar deformationer vinkelräta mot remsans plan. Samtliga remsor hade stålnät som armering och var förankrade mot aluminiumplattan. Remсорna 21 och 22 var gjutna på teflonfolie medan 22 och 23 var gjutna på isolering. Bland remsorna visar remsa 23 de största deformationerna. Deformationernas riktning, d.v.s. utböjningen, är i samtliga fall teoretisk förväntade. Deformationerna är små och saknar praktisk betydelse. Den viktigaste observationen är: **trots att förankringen har kraftigt reducerat/förhindrat de förväntade deformationerna, jämför remsor 21 – 24 med 12 och 13, uppvisar remsorna inte några sprickor.**

### **Remсор 31, 32, 33 och 34**

Remсорna 31 – 34 gjöts med krympkompenserat B-bruk och behandlades på samma sätt som remsorna 11 – 12. Skillnaden mellan dessa var att remsorna 31 – 34 gjöts med ett svagare bruk än remsorna 11 – 14 som gjöts med A-bruk. Skillnaden mellan brukens beteende framgår tydligt av deras deformationer vid den inledande uttorkningen. Det svagare bruket uppvisar mindre deformationer i den inledande uttorkningen. Anledningen för den observerade skillnaden har inte undersökts. Det finns flera faktorer som kan förorsaka skillnad i deformationer vid den inledande uttorkningen. De inverkan mekanismerna har diskuterats i [1, 2 och 3]. Nedan anges några faktorer som kan påverka deformationerna.

- **Utböjningen ökar med ökad fuktgradient.** Utböjningen vid den inledande uttorkningen styrs bl. a. av den fuktgradient som uppkommer. Ökad fuktgradient leder till ökad utböjning. Fuktgradienten styrs i sin tur av materialets motstånd mot fukttransport. Det är möjligt att B-bruket har en öppnare porstruktur än A-bruket vilken leder till att fuktgradienten blir mindre hos B-bruket.
- **Utböjningen ökar med ökad krympning.** Ett material krymper vid uttorkning. Om två material med samma mekaniska och fysikaliska egenskaper utsätts för samma uttorkningsförhållanden böjs det material som har den största fria krympningen ut mest. Med fri krympning menas när ett material får krympa utan fasthållning och komma till fuktjämvikt. Det är möjligt att A-brukets fria krympning är större än B-brukets.
- **Skador i form av mikrosprickor minskar effekten av fuktgradienten och sänker materialets utböjning.** Om fuktrörelserna förhindras uppstår spänningar i materialet. Fuktgradienten medför att den torrare delens rörelser motverkas av den våtare delen, vilket leder till inre spänningar i materialet. Inre spänningar kan medföra att materialet skadas. Skadorna kan vara mikrosprickor som inte är synliga. Utböjning orsakad av fuktgradient är mindre hos ett skadat material än hos ett icke skadat material. Spänningarnas storlek beror på fuktgradienten och materialets elasticitetsmodul. Ökad fuktgradient och elasticitetsmodul leder till ökade spänningar i materialet. A-brukets elasticitetsmodul är större än B-brukets, vilken medför högre inre spänningarna i A-bruket jämfört med B-bruket. Samtidigt är A-bruket starkare än B-bruket. Det är möjligt att den högre hållfastheten hos A-bruket medför att skaderisken är mindre hos A-bruket.

Som framgår av resultaten uppvisar remsor med B-bruk mindre utböjning än remsor med A-bruket. Speciellt remsan med stålnät nära utsidan uppvisar nästan ingen utböjning alls. Remsan med glasfibernät nära utsidan uppvisar mycket mindre utböjning jämfört med motsvarande remsa med A-bruk. Den erfarenhet som finns från tidigare undersökningar som är utförda med svaga bruk visar att putsremсор med armering nära utsidan är mindre sprickbenägna.

Även undersökningar gjorda på putsade väggar i större skala visar att risken för sprickbildning minskar om armeringen placeras på utsidan.

Följande slutsatser kan dras:

- **Risken för sprickbildning på puts minskar om putsens krympning begränsas.**
- **Risken för sprickbildning minskar om armeringen placeras nära utsidan vid användning av B-bruk eller annat svagt bruk.**
- **Utböjningen ökar med ökad styvhet och hållfasthet hos bruket.**

### **3.4 Inverkan av fibrer på deformationer – Serie 4 och 5**

#### **3.4.1 Allmänt**

I detta avsnitt presenteras resultatet av serierna 4 och 5, se Tabell 1. Följande förutsättningar gäller för serierna:

##### Bruk

Det C-bruk som användes i denna undersökning var SERPO 134 som är ett svagt bruk. Bruket användes dels utan fibrer serie 4 och dels med polypropylen fibrer serie 5.

##### Armeringstyp

Samtliga provkroppar i serie 4 innehöll armeringsnät. Armeringen bestod av stål nät med maskvidd 20 mm och tråddiameter ca 1 mm, (STN) och glasfibernät med maskvidd 5 mm, (GFN). Serie 5 bestod av två provkroppar, i provkropp 2 användes stål nät.

##### Remsornas dimensioner

Tjocklek = 10 mm  
Längd = 700 mm  
Bredd = 60 mm

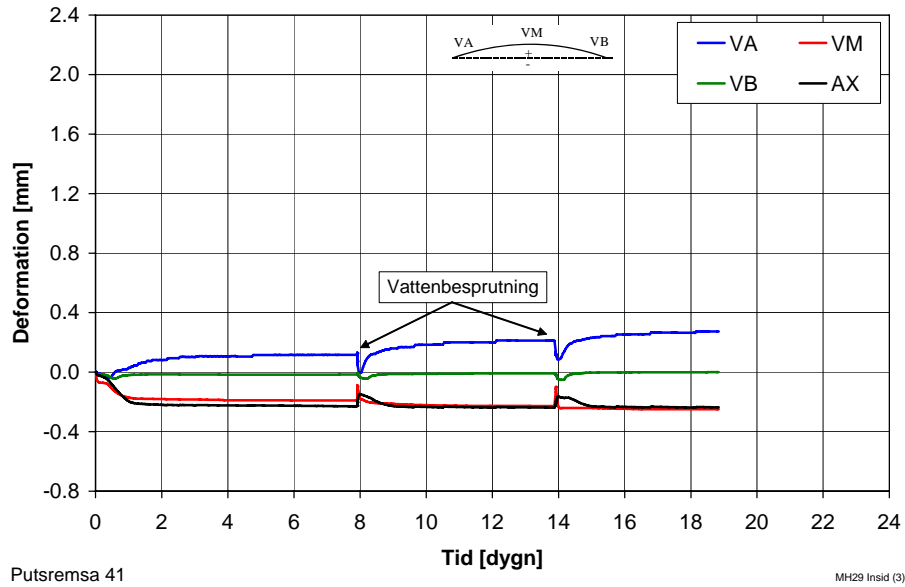
#### **3.4.2 C-bruk utan fibrer - Serie 4 – Putsremsor 41, 42, 43 och 44**

Fyra remsor ingick i serien, serie 4 i Tabell 1. Remsornas beteckning är 41, 42, 43 och 44. Samtliga remsor gjöts på teflonremsa och var inte förankrade till aluminiumplattan. Remsorna 41 och 42 var armerade med stål nät medan remsorna 43 och 44 var armerade med glasfibernät. I remsorna 41 och 43 var armeringen placerad på insidan av putsremsan, se läge A1 i Figur 6. I remsorna 42 och 44 var armeringen placerad på utsidan av putsremsan, se läge A2 i Figur 6.

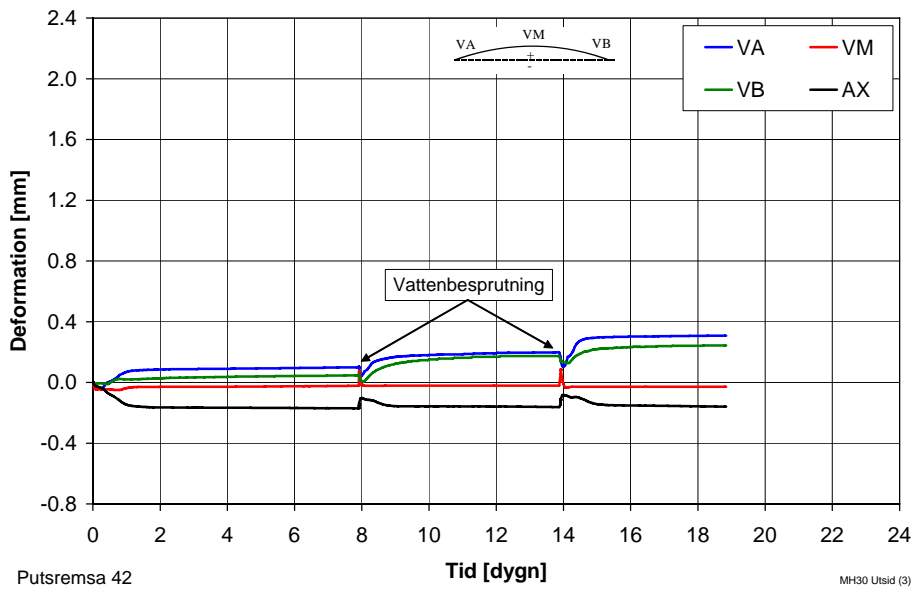
Bruket blandades med följande proportioner 1.0 kg torrbruk + 0.18 kg vatten.

Mätresultaten framgår av Figur 19 – 22. I varje figur visas 4 kurvor. Kurvan markerad med AX visar den axiella deformationerna medan VA, VB och VM visar deformationer som är vinkelräta mot putsremsans längdaxel, se Figur 1 och 4.

Efter några dygns uttorkning besprutades remsorna med vatten. Besprutningstillfällena framgår av figurerna.

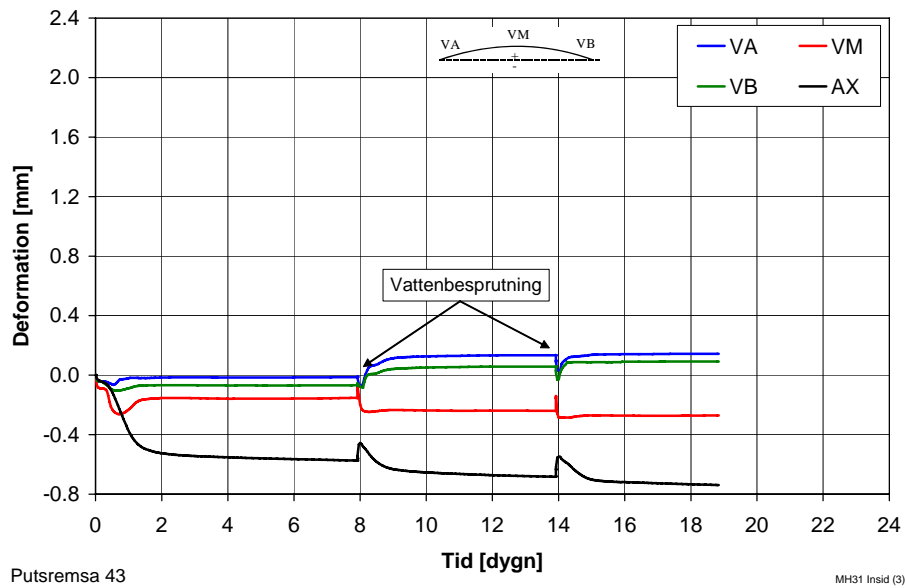


Figur 19 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsremsa, icke förankrad utan isolering. Stålnät nära insidan. C-Bruk. **Putstremsa 41.**

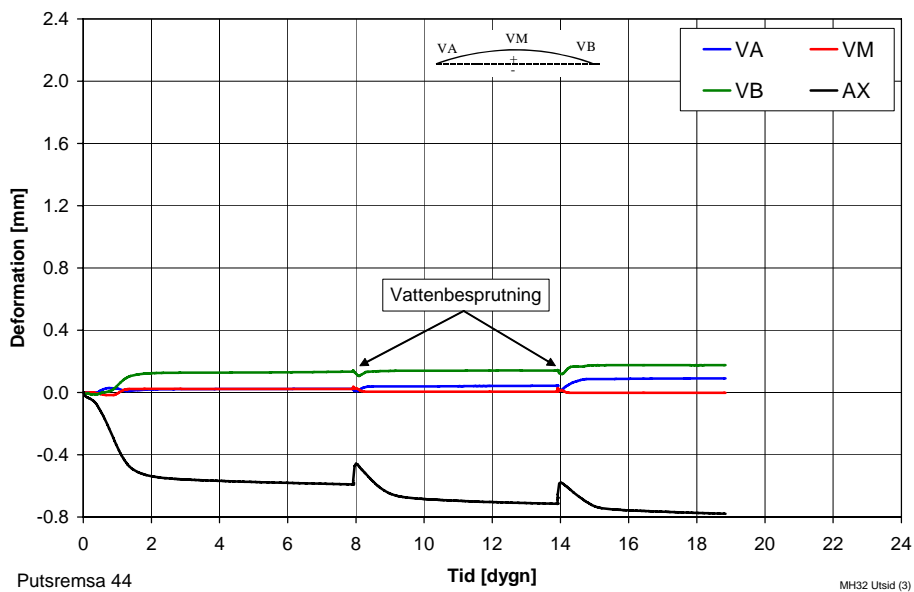


Figur 20 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsremsa, icke förankrad utan isolering. Stålnät nära utsidan. C-Bruk. **Putstremsa 42.**





Figur 21 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsremsa, icke förankrad utan isolering. Glasfibernät nära insidan. C-Bruk. **Putstremsa 43.**



Figur 22 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsremsa, icke förankrad utan isolering. Glasfibernät nära utsidan. C-Bruk. **Putstremsa 44.**

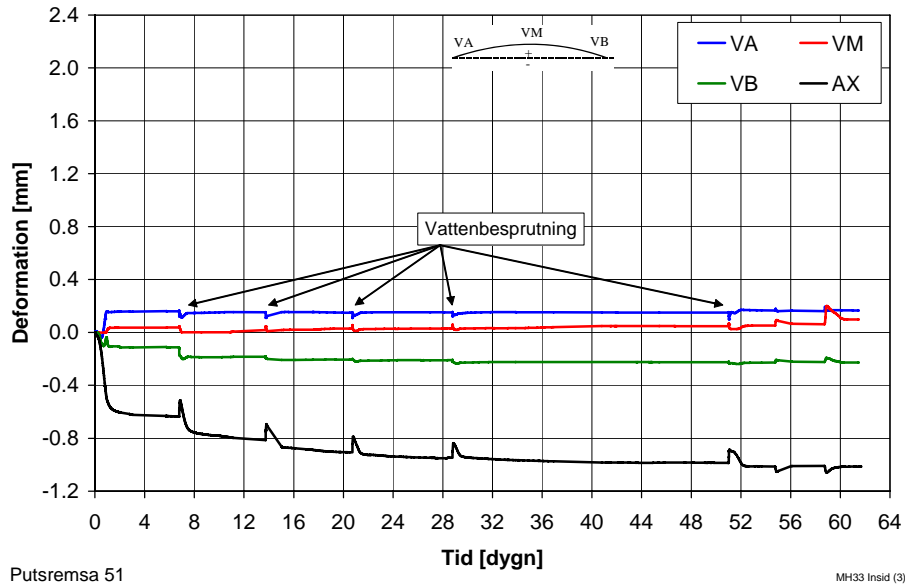
### **3.4.3 C-bruk med fibrer - Serie 5 – Putsremsor 51 och 52**

Två remsor ingick i serien, serie 5 i Tabell 1. Remsornas beteckning är 51 och 52. Samtliga remsor gjöts med fiberarmerat C-Bruk, SERPO 134, på teflonremsa och var inte förankrade till aluminiumplattan. Remsa 51 var inte armerad medan remsa 52 var armerad med stålnät som var placerat i mitten av remsan. Fibrerna var polypropylen fibrer (extra fin – 6mm Krenit).

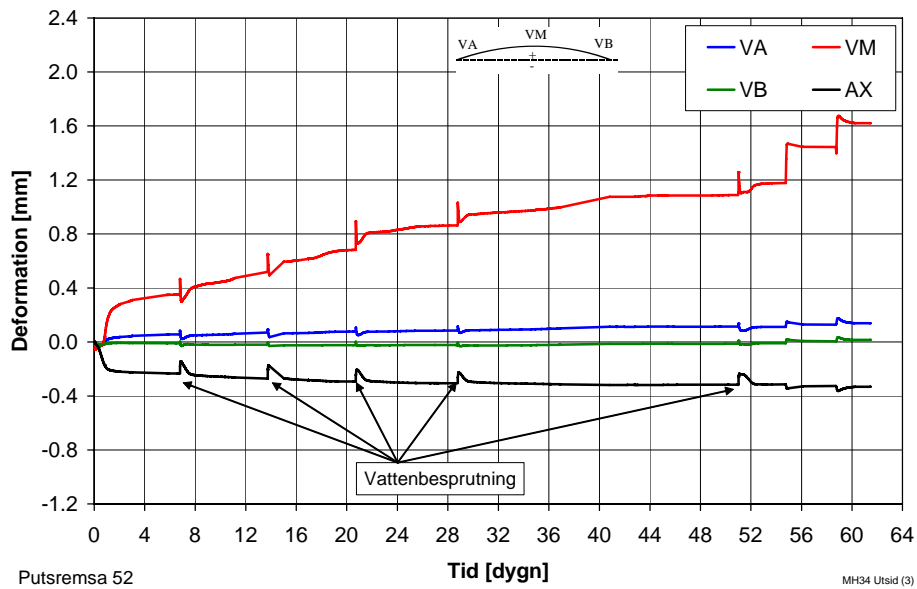
Bruket blandades med följande proportioner 1.0 kg torrbruk + 0.2 kg vatten.

Mätresultaten framgår av Figur 23 och 24. I varje figur visas 4 kurvor. Kurvan markerad med AX visar den axiella deformationerna medan VA, VB och VM visar deformationer som är vinkelräta mot putsremsans längdaxel, se Figur 1 och 4.

Efter några dygns uttorkning besprutades remsorna med vatten. Besprutningstillfällena framgår av figurerna.



Figur 23 Deformationer hos 10 mm putsremsa utan armering, icke förankrad utan isolering. C-Bruk med polypropylen fibrer. **Putstremsa 51.**



Figur 24 Deformationer hos 10 mm enkelarmerad putsremsa, icke förankrad utan isolering. Stålnät i mitten av remsan. C-Bruk med polypropylen fibrer. **Putstremsa 52.**

### 3.4.4 Kommentarer till resultaten av Serie 4 och 5

#### Sprickbildning

Remsorna undersöktes på plats i boxen och utanför boxen. Inga sprickor/skador kunde observeras. Inga sprickor observerades med hjälp av förstoringsglas heller. Remsorna besprutades med vatten. Inga sprickor upptäcktes då heller.

#### Deformationer

##### *Axiella deformationer*

Den axiella deformationen hos remsa 41 och 42 var relativt liten. Båda remsorna bestod av svagt bruk med stål nät som armering. Remsornas krympning var betydligt mindre än motsvarande icke armerade remsor. Den fria krympningen hos det C-bruk som användes i denna undersökning är av storleksordningen 1.4 mm/m, se [3, 4], vilken motsvarar 1 mm krympning hos remsorna 41 och 42 om de inte var armerade.

Krympningen hos de glasfiber nätarmerade remsorna, 43 och 44, var större än motsvarande remsor armerade med stål nät. Detta beror på att glasfiber nätets styvhet är mindre än stål nätets och därför är det lättare för det krympande bruket att trycka ihop glasfiber nätet. Som framgår av Figur 21 och 22 ökar remsornas axiella deformationer med upprepade uppfuktning och uttorkning. Remsornas krympning närmar sig brukets fria krympning. Tidigare undersökningar [4, 3] visar att putsbrukens fria krympning ökar med upprepade uppfuktning och uttorkning. Mekanismerna bakom fenomenet är inte klarlagda. Detta fenomen framgår tydligt av resultaten för remsa 43 och 44, d.v.s. efter varje uppfuktning och uttorkning ökar remsans krympning.

Remsorna 51 och 52 tillverkades med fiberarmerat bruk. Remsa 51 var utan nätarmering medan remsa 52 hade en stål nätarmering som var placerat i mitten av remsan. Den icke armerade remsan uppvisar stor axiell krympning. Krympningen är något mindre än den förväntade fria krympningen. Resultatet tyder på att plastfibrer inte har så stor inverkan på krympningen om bruket utsätts för upprepade uttorkning och uppfuktning.

Remsa 52 som innehåller stål nät uppvisade lika stor krympning som de stål nätarmerade remsorna 41 och 42.

##### *Deformationer vinkelrätta mot remsans plan*

#### Remsor 41-44 och 51-52

Bortsett från remsa 52 är deformationerna små hos samtliga remsor. Som beskrevs tidigare kan anledningen vara brukets låga styvhet och hållfasthet. Risken för mikrosprickbildning är stor hos svagare bruk. Mikrosprickor minskar brukets styvhet/elasticitetsmodul, vilket kan resultera i mindre deformationer. Det bör noteras att de mikrosprickbildningar som nämns inte är verifierbara och undersökningens omfattning är inte sådan att man kan dra säkra slutsatser.

Deformationernas riktning hos remsorna 41 och 42 sammanfaller i stort sett med den teoretiskt förväntade riktningen, se avsnitt 2. Men detta är inte fallet vad det gäller remsorna 42 och 44. Deformationerna är ändå så små att de saknar praktisk betydelse.

Remsa 52 som består av fiberarmerat bruk uppvisar stor utböjning. Däremot uppvisar remsa 51 som består av samma bruk men utan stål nät uppvisar nästan ingen utböjning. Det teoretiskt förväntade resultatet var att ingen av remsorna skulle kunna uppvisa någon utböjning, vilket inte stämde för remsa 52. Två fenomen kan förorsaka denna avvikelser. Det första fenomenet kan vara armeringens vågighet som medför att större andel armering hamnar nära utsidan så

att effekten blir sådan som framgår av Figur 5b. Det andra fenomenet kan vara skador, mikro-sprickor och annan typ av permanenta deformationer som uppstår på grund av fuktgradienten. Fuktgradienten uppstår efter uppfuktningen. Uppfuktningen gör att remsans utsida blir våt och vill bli längre och tvingar remsan till att böja ut så som framgår av Figur 5b. Resultat visar också att remsan böjs utåt varje gång den fuktas. Därefter uppstår fuktgradient under uttorkning som medför att dragspänningar uppkommer på remsans utsida som kan leda till skador och mikrosprickbildning, se [1, 2 och 3].

De viktigaste slutsatserna är:

- **C-bruk av den typ som användes här uppvisar inte stora deformationer och kan vara lämpligt för system med puts på isolering förutsatt att armeringen är väl-placerad i bruket, helst på den yttre halvan av tvärsnittet.** De deformationer som uppkommer är inte så stora. Därför är risken för sprickbildning på grund av tvång orsakat av förankringar och kramlor inte stora. Problemet med C-bruk av detta slag är att det uppvisar stor krympning och att krympningen ökar under upprepade uttorkning och uppfuktning. I praktiken läggs armering dikt på isoleringen och sedan putsas med C-bruk. I sådana fall finns stor risk att armeringen inte blir verksam och kan fördela sprickbildningen i C- bruket, vilket kan leda till att mikrosprickbildningen blir koncentrerade i vissa områden, som sedan utvecklas till synliga sprickor.
- **Plastfibrer har inte så stor inverkan på brukets krympning.**
- **C-bruk med plastfibrer i en putsad fasad kan uppvisa större utböjning än ett icke fiberarmerat C-bruk.**

### 3.5 Tvåskiktputsning – Serie 6

#### 3.5.1 Allmänt

I detta avsnitt presenteras resultatet av serie 6. Serien består av provkropp 61, 62 och 63. I denna serie gjöts först ett 10 mm armerat putsskikt som benämns skikt 1 (S1). Skiktet gjöts på samma sätt som de remsor som presenterades i tidigare avsnitt, d.v.s. det gjöts på teflonremsa och var inte förankrade till aluminiumplattan. Armeringen bestod av stålnät som placerades i mitten av skiktet. Skiktet konditioneras under en bestämd tid och därefter blev det pågjutet med ett nytt oarmerat skikt (S2). Det nya skiktets tjocklek var 10 mm.

Tre prover utfördes. Provkropparnas beteckning är 61, 62 och 63.

#### 3.5.2 Putsremsor 61, 62 och 63

##### Provkropp 61 – B-bruk + C-bruk

Sikt S1 bestod av 10 mm armerat B-bruk SERPO 132 och skikt S2 bestod av 10 mm oarmerat C-bruk SERPO 134. B- bruket gjöts först. Gjutningen utfördes som vanligt på två lager teflonfolie. Armeringen (stålnät) placerades i mitten av putsskiktet S1. B- bruket skyddades mot uttorkning under ett dygn. Därefter exponerades S1 mot labbklimatet under två dygn. Efter avslutad exponering gjöts C- bruket som skyddades mot uttorkning under ett dygn. Efter avslutad konditionering, ett dygn, placerades provkroppen i klimatboxen.

##### Provkropp 62 – B-bruk + C-bruk

Sikt S1 bestod av 10 mm armerat B-bruk SERPO 132 och skikt S2 bestod av 10 mm oarmerat C-bruk SERPO 134. B- bruket gjöts först. Gjutningen utfördes som vanligt på två lager teflonfolie. Armeringen (stålnät) placerades i mitten av putsskiktet S1. B- bruket skyddades mot ut-

torkning under tre dygn. Därefter exponerades S1 mot labbklimatet under 11 dygn. Efter avslutad exponering gjöts C-bruket som skyddades mot uttorkning under ett dygn. Efter avslutad konditionering, ett dygn, placerades provkroppen i klimatboxen.

### **Provkropp 63 – C-bruk + C-bruk**

Sikt S1 bestod av 10 mm armerat C-bruk SERPO 134 och skikt S2 bestod av 10 mm oarmerat C-bruk SERPO 134. Gjutningen utfördes som vanligt på två lager teflonfolie. Armeringen (stålnät) placerades i mitten av putsskitet S1. S1 skyddades mot uttorkning under ett dygn. Därefter exponerades det mot labbklimatet under två dygn. Efter avslutad exponering gjöts C-bruket (S2) som skyddades mot uttorkning under ett dygn. Efter avslutad konditionering, ett dygn, placerades provkroppen i klimatboxen.

Följande förutsättningar gäller för serierna:

#### Bruk

B-bruk SERPO 132. Blandningssats 1.0 kg torrbruk + 0.17 kg vatten.

C-bruk SERPO 134. Blandningssats 1.0 kg torrbruk + 0.19 kg vatten.

#### Armeringstyp

Skikt 1 (S1) innehöll armeringsnät. Armeringen bestod av stålnät med maskvidd 20 mm och tråddiameter ca 1 mm.

#### Remsornas dimensioner

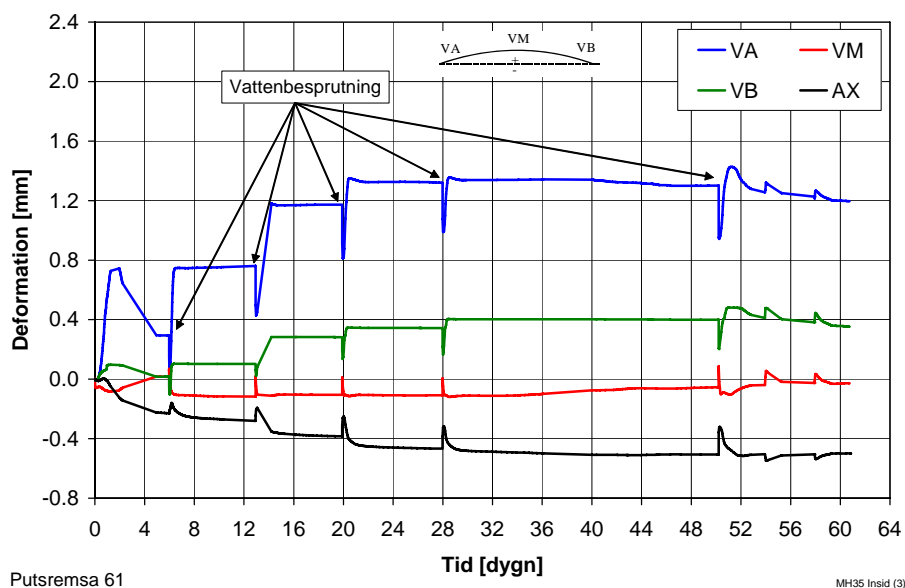
Tjocklek = 10 mm + 10 mm

Längd = 700 mm

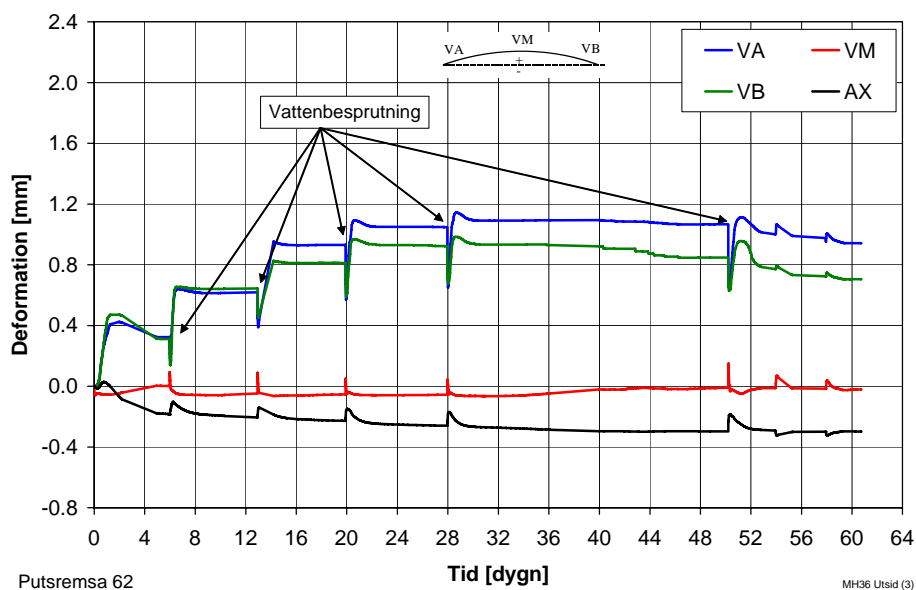
Bredd = 60 mm

Mätresultaten framgår av Figur 25, 26 och 27. I varje Figur visas 4 kurvor. Kurvan markerad med AX visar den axiella deformationerna medan VA, VB och VM visar deformationer som är vinkelräta mot putsremsans längdaxel, se Figur 1 och 4.

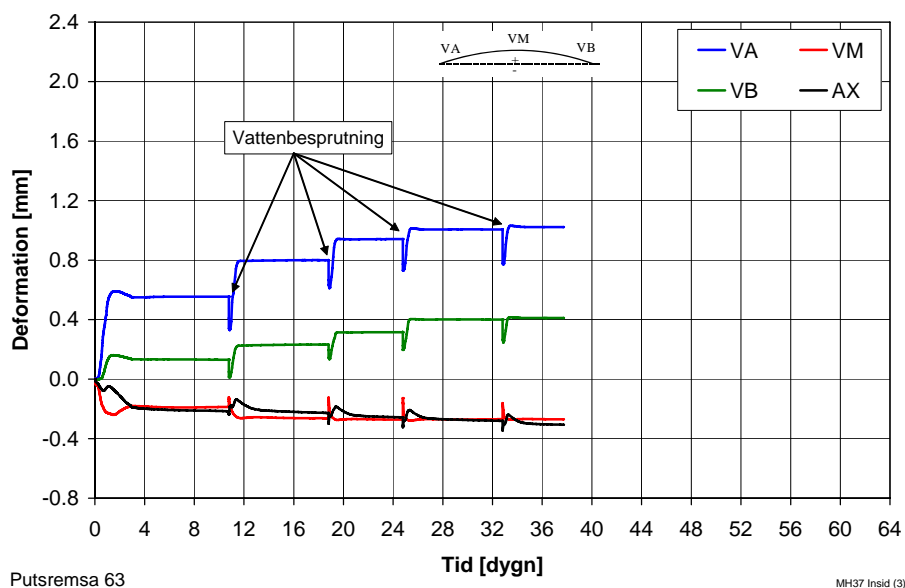
Efter några dygns uttorkning besprutades remsorna med vatten. Besprutningstillfällena framgår av figurerna.



Figur 25 Deformationer hos tvåskiktputs. 10 mm armerat B-bruk + 10 mm icke armerat C-bruk, kortidskonditionering. Icke förankrad utan isolering. Stålnät i mitten av B-bruk. **Putsremsa 61.**



Figur 26 Deformationer hos tvåskiktputs. 10 mm armerat B-bruk + 10 mm icke armerat C-bruk, långtidskonditionering. Icke förankrad utan isolering. Stålnät i mitten av B-bruk. **Putsremsa 62.**



Figur 27 Deformationer hos tvåskiktputs. 10 mm armerat C-bruk + 10 mm icke armerat C-bruk, korttidskonditionering. Icke förankrad utan isolering. Stålnät i mitten av B-bruk. **Putsremsa 63.**

### 3.5.3 Kommentarer till resultaten av Serie 6

#### Sprickbildning

Remsorna undersöktes på plats i boxen och utanför boxen. Inga sprickor/skador kunde observeras. Inga sprickor observerades med hjälp av förstoringsglas heller. Remsorna besprutades med vatten. Inga sprickor upptäcktes då heller.

#### Deformationer

##### *Axiella deformationer*

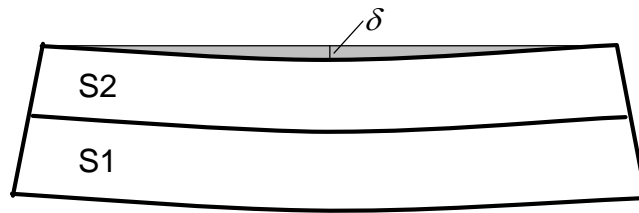
De axiella deformationerna var små och i samma storleksordning som i de provningar som redovisades tidigare.

Remsa 61s axiella deformation är större än remsa 62s deformation, vilket visar att längre väntetid mellan två putsningar kan leda till mindre axiell deformation.

##### *Deformationer vinkelrätta mot remsans plan*

Samtliga remsor uppvisade stora utböjningar. Utböjningarnas riktning var teoretisk förväntade. När S1 torkar ut får skiktet en viss form. Därefter läggs S2 på S1. När S2 vill krympa på grund av uttorkning förhindras det av S1 vilken resulterar i att hela den sammansatta putsen (S1+S2) böjs ut på det sätt som framgår av Figur 28, se [3].





Figur 28 Deformationer hos tvåskiktputs.

Det är svårt att avgöra om den sammansatta putsen spricker om dess utböjning förhindras av kramlor. Den utböjning som noteras här är av samma storleksordning som böjningen hos en helgjuten 20 mm putsremsa med SERPO 136 med armeringen placerad nära undersidan. I [1 och 2] redovisas provningar med 20 mm remsor tillverkade med SERPO 136. Sprickbildning kunde noteras hos de remsor som redovisas i [1 och 2].

- **Ingen avgörande skillnad mellan ettskiktputsning och tvåskiktputsning noteras vid denna undersökning.**
- **Ingen avgörande inverkan har uttorkningstiden före påförandet av skikt 2 på den sammansatta putsens deformationer.**

### 3.6 Inverkan av härdningstid före uttorkning på deformationer – Serie 7

#### 3.6.1 Putsremsor 71, 72 och 73

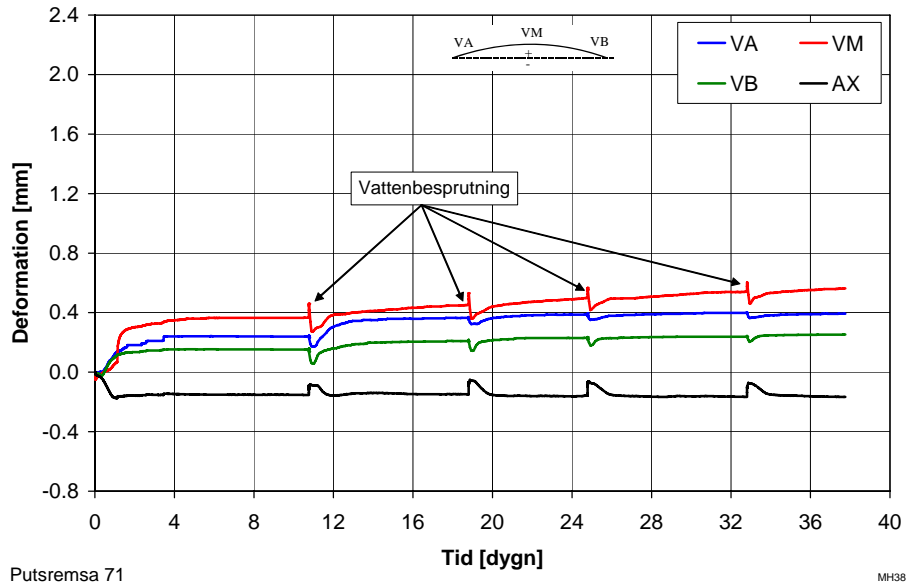
Tre remsor ingick i serien, se Tabell 1. Remsornas beteckning är 71, 72 och 73. Samtliga remsor gjöts på teflonremsa och var inte förankrade till aluminiumplattan. Remsorna var armerade med stålnät som var placerat på insidan av putsen, se läge A1 i Figur 6.

Efter gjutningen skyddades remsorna mot uttorkning. Remsorna härdades i fuktisolerat tillstånd tills det var dags att placera dem i klimatboxen. Remsa 71 härdades under 3 dygn medan remsa 72 respektive remsa 73 härdades under 7 respektive 21 dygn innan de placerades i klimatboxen.

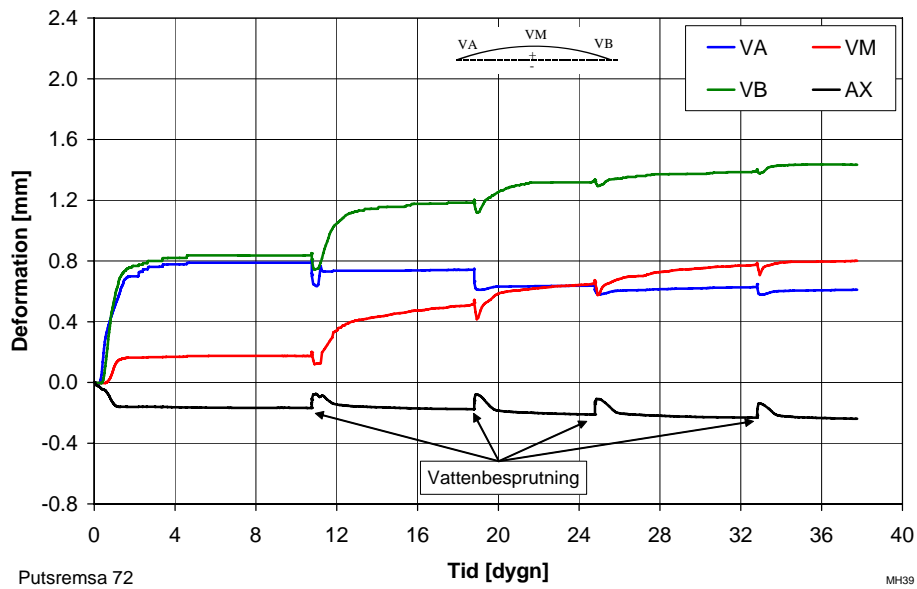
C-bruk SERPO 136. Blandningssats 1.0 kg torrbruk + 0.21 kg vatten

Mätresultaten framgår av Figur 29, 30 och 31. I varje Figur visas 4 kurvor. Kurvan markerad med AX visar den axiella deformationerna medan VA, VB och VM visar deformationer som är vinkelräta mot putsremsans längdaxel, se Figur 1 och 4.

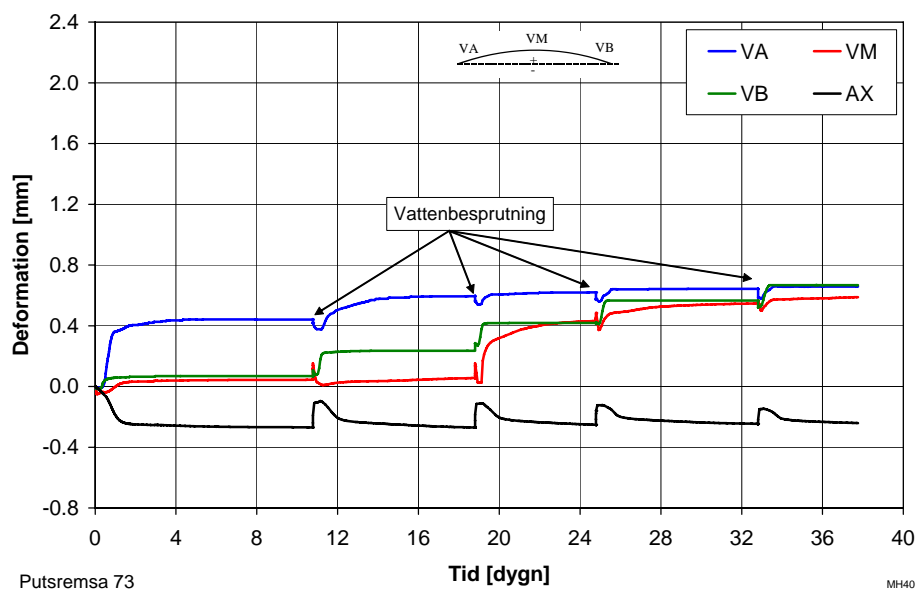
Efter några dygns uttorkning besprutades remsorna med vatten. Besprutningstillfällena framgår av figurerna.



Figur 29 Deformationer hos 10 mm armerad putsremsa. C-bruk SERPO 136, 3 dygnshärdning, Icke förankrad utan isolering. Stålnät nära insidan. **Putstremsa 71.**



Figur 30 Deformationer hos 10 mm armerad putsremsa. C-bruk SERPO 136, 7 dygnshärdning, Icke förankrad utan isolering. Stålnät nära insidan. **Putstremsa 72.**



Figur 31 Deformationer hos 10 mm armerad putsremsa. C-bruk SERPO 136, 21 dygns-härdning, Icke förankrad utan isolering. Stålnät nära insidan. **Putsremsa 73.**

### 3.6.2 Kommentarer till resultaten av Serie 7

#### Sprickbildning

Samtliga remsor hade en spricka ungefär i mitten av remsan. Sprickorna försvann helt eller blev nästan osynliga när remsan besprutades med vatten. Vatten syntes på remsans baksida kring sprickan. Övriga delar, på remsornas baksida, var helt torra. Det bör noteras att SERPO 136 är ett sprickbenäget bruk.

#### Deformationer

##### *Axiella deformationer*

De axiella deformationerna var små och i samma storleksordning som i de provningar som redovisades tidigare. Det kan inte styrkas att härdningstid före uttorkning har någon signifikant inverkan på de axiella deformationerna.

##### *Deformationer vinkelrätta mot remsans plan*

Resultaten indikerar att längre härdningstid före uttorkning kan leda till större utböjning, men resultatet inte är signifikant. Det kan finnas en kritisk mellanperiod då remsorna uppvisar maximal utböjning om de utsätts för uttorkning, men detta kan inte styrkas genom de resultat som presenteras här. Antalet prover är inte tillräckliga för att kunna dra säkra slutsatser.



#### **4 SLUTSATSER**

1. Det finns ingen signifikant skillnad mellan en armerad putsremsa tillverkad med krympkompenserat bruk och en putsremsa tillverkad med icke krympkompenserat bruk vad det gäller den axiella krympningen.
2. Putsremsor tillverkade med krympkompenserade bruk uppvisar större utböjning jämfört med putsremsor tillverkade med icke krympkompenserade bruk. Resultaten tyder på att utböjningens storlek styrs av brukens elasticitetsmodul och hållfasthet. Starkare och styvare bruk leder till större utböjning.
3. Risken för sprickbildning är mindre hos krympkompenserade putsbruk jämfört med de icke krympkompenserade.
4. Risken för sprickbildning blir mindre om armeringen flyttas längre utåt, d.v.s. längre ut från isoleringen. Armeringen bör läggas nära utsidan av putsen.
5. Inblandning av plastfibrer har ingen stor inverkan vad det gäller begränsning av axiella deformationer och utböjning hos stålätarmerade putsremsor.
6. Vad det gäller axiell deformation och utböjning har ingen signifikant skillnad noterats mellan att utföra en putsning i två steg, d.v.s. en grundning som kompletteras efter några dagar med putsning eller att utföra en putsning i ett steg.
7. Det finns indikation på att längre härdning före uttorkning kan leda till större axiella deformationer och utböjning men resultatet är inte signifikant.



## 5 REFERENSER

- [1] Hassanzadeh, M, 2004, *Sprickbildning i puts på isolering – Undersökning av grundläggande mekanismer*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-3117. Lund.
- [2] Hassanzadeh, M, 2006, *Sprickbildning i puts på isolering – Undersökning av grundläggande mekanismer – del II*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-3132. Lund.
- [3] Hassanzadeh, M, 2007, *Sprickbildning i puts på isolering – Undersökning av grundläggande mekanismer – del III*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-3137. Lund.
- [4] Sandin, K 2008, *Sprickbildning i puts på isolering – Avslutande försök på provväggar*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-3142 Lund.

