

# Träbalkar och trästolpar i utomhusförsök - planering och utplacering

Anna Pousette, Karin Sandberg





# Träbalkar och trästolpar i utomhusförsök - planering och utplacering

Anna Pousette, Karin Sandberg

# Abstract

## Planning and start of outdoor tests of timber beams and columns

Today there are no easily accessed planning aids for wooden outdoor designs that can guide in order to achieve a long-term function and maintain the performance. Also clear directions for inspections are lacking. To get more durable wooden constructions for outdoor climate also the methods for protection by design need to be developed. They must be simple to mount and produce. The goal with TräCentrum Norr's project "Requirements and measuring methods" is to establish quantifiable parameters related to the users and the demands for outdoor designs.

This part of the project deals with the planning and start of a practical test for the investigation of decay speed in structural elements, as a function of moisture, temperature, time, cracks, colour, etc. The purpose is to simplify and clarify for users and industry what can be expected from outdoor products of wood and how the development of decay and the lifespan can be assessed. The long-term goal is an instruction for inspections of wooden outdoor structures.

The test objects in this outdoor test consist of glulam beams with different materials and surface treatments, and columns with different materials of wood, glulam and glued columns of so-called Comwood and Quattrolit. A total of 97 test specimens are included. The project starts during 2007, and is planned to continue during at least 5 years. The timber beams and columns are placed at a test area in Bygdsiljum in the north of Sweden.

Documentation at the start of the tests include dimensions of beams and columns, visual inspection, measuring of moisture contents, measuring of thickness of surface treatment, tomography through the cross section and photography of the surfaces.

Key words: climate conditions, cracks, CT-scanning, durability, glulam beam, moisture content, softwoods, surface treatment, timber bridge, outdoor test

**SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut**  
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2007:35  
ISBN 978-91-85533-96-1  
ISSN 0284-5172  
Skellefteå 2007

# Innehållsförteckning

<b>Abstract</b>	2
<b>Innehållsförteckning</b>	3
<b>Förord</b>	4
<b>Sammanfattning</b>	5
<b>1 Bakgrund</b>	7
1.1 Livslängdsbedömning av bärande träkonstruktioner i utomhusmiljö	7
1.2 Nedbrytningshastighet i bärande konstruktioner med sprickor	7
<b>2 Syfte och mål</b>	7
<b>3 Trämateriäl och ytbehandling för träbroar</b>	8
3.1 Trämateriäl	8
3.2 Ytbehandling	8
<b>4 Beskrivning av provobjekt</b>	9
4.1 Balkar – horisontella konstruktionsdelar	9
4.2 Stolpar – vertikala konstruktionsdelar	9
4.3 Mindre balkbitar	10
<b>5 Mätprogram</b>	11
5.1 Utplacering av balkar	11
5.2 Utplacering av stolpar	12
5.3 Utplacering av mindre balkbitar	13
5.4 Försöksperiod och framtida dokumentation	13
5.5 Mätutrustning	14
5.6 Mätprogram	16
<b>6 Referenser</b>	19
<b>Bilaga A. Provobjekt och ytbehandling</b>	21
<b>Bilaga B. Målningssystem och målningssanvisning</b>	24
<b>Bilaga C. Provgård</b>	28
<b>Bilaga D. Tillverkning och hantering av provobjekt</b>	29
<b>Bilaga E. Dokumentation av balkar innan utplacering</b>	30
<b>Bilaga F. Dokumentation och tomografering av balkbitar och stolpar innan utplacering</b>	31
<b>Bilaga G. Placering på provgården</b>	35
<b>Bilaga H. Klimatdata för Skellefteå under 2007</b>	36

## Förord

Vägverket finansierade en förstudie om sprickbildning i träbalkar som redovisades i SP-rapport 2006:63 "Träbalkar med sprickor – förstudie om bärighet och hållbarhet". Där ingick också förslag på ett utomhusförsök med limträbalkar. Den här rapporten beskriver planeringen och utplaceringen av försöket med flera olika balkar, stolpar och mindre balkbitar. Utomhusförsöket genomförs för att följa balkarnas och stolparnas tillstånd och se hur bland annat eventuell sprickbildning, fuktkvot och E-modul utvecklas. Försöket har även finansierats av TräCentrum Norr, TCN (<http://www.ltu.se/ske/tcn>), som en del av projektet "Krav och mätmetoder för utomhusprodukter av trä" inom området "Ökad beständighet hos utomhusprodukter ovan mark".

Arbetet har utförts av Anna Pousette, Karin Sandberg, Per-Anders Fjellström, Göran Forsberg, Urban Häggström och Styrbjörn Johansson från SP Träteknik i Skellefteå, samt Mats Ekevad, Birger Marklund och Jan Nyström från Luleå tekniska universitet i Skellefteå.

## Sammanfattning

Idag finns inga lättillgängliga projekteringshjälpmedel för utomhuskonstruktioner av trä som kan vara vägledande för att uppnå en långtidseffekt och säkra utförandet. Det saknas också tydliga anvisningar för inspektioner. Det behövs även en vidareutveckling av träkonstruktioners konstruktiva fuktskydd för att få mer långtidsbeständiga utomhuskonstruktioner i rationella system som är enkla att montera och producera. Målet med TräCentrum Norrns projekt "Krav och mätmetoder" är att fastställa mätbara parametrar för utomhuskonstruktioner relaterade till produktens användning och kravbild.

Det här delprojektet handlar om att planera och placera ut ett praktiskt försök för undersökning av nedbrytningshastighet i bärande konstruktioner, som funktion av fukt, temperatur, tid, sprickor, färg, mm. Syftet är att förenkla och tydliggöra för användare och industri vad som kan förväntas av en utomhusprodukt och hur nedbrytningshastighet och livslängd kan bedömas. Det långsiktiga målet är anvisningar för inspektion av bärande utomhuskonstruktioner av trä.

Provobjekten i utomhusförsöket består av limträbalkar med olika material och ytbehandlingar, samt stolpar av olika material av trä, limträ och limmade stolpar av så kallade Comwood och Quattroolit. Totalt ingår 97 provobjekt. Projektet startas under 2007 och beräknas pågå i minst 5 år. Samtliga provobjekt placeras på en provgård i Bygdsiljum i norra Sverige.

I dokumentationen vid försökets start ingår uppmätning av balkar och stolpar, visuell inspektion, mätning av fuktkvoter, mätning av E-modul för de långa balkarna. För balkbitar och stolpar mätning av färgtjocklek, färgnyans, tomografering genom tvärsnitten och fotoskanning av ytorna.



# 1 Bakgrund

## 1.1 Livslängdsbedömning av bärande träkonstruktioner i utomhusmiljö

Livslängdsbedömning och livscykelekonomi blir allt mer aktuellt vid investeringar och planering av byggnadsverk. God beständighet och lång livslängd eftersträvas. En byggnadsdels förmåga att motstå nedbrytning beror bland annat på material, utformning, underhåll och miljö.

För bärande träkonstruktioner i utomhusmiljö, t ex brobalkar och pelare, är det viktigt ur säkerhets-synpunkt att kunna avgöra när de inte längre kan bära den avsedda lasten. Vägverket vill t ex ha anvisningar för broar om när åtgärder behöver sättas in för olika skador. Att förlänga livslängden på redan befintliga konstruktioner kan vara ekonomiskt, men investeringar bör föregås av ekonomiska beräkningar som visar om en förlängning av livslängden är lönsam eller om det är billigare att riva och bygga nytt.

## 1.2 Nedbrytningshastighet i bärande konstruktioner med sprickor

För trä saknas många parametrar för att beräkna nedbrytningshastighet för olika konstruktioner, vilket behövs för möjligheten till simulering och livslängdsberäkning. I projektet ingår försök för att studera hur sprickor i träkonstruktioner utomhus utvecklas med tiden, och hur fukt som tränger in påverkar sprickbildning och balkarnas framtida hållfasthet och risk för rötangrepp.

Träkonstruktioners hållfasthet påverkas i regel inte direkt av mindre sprickor, men frågan är var gränsen ska dras för eventuell påverkan på bärförmågan. Bedömningen påverkas bland annat av sprickornas storlek och läge samt belastningen på konstruktionen. En risk med sprickor är fuktinträning som på sikt kan leda till röta om fukten inte kan torka ut genom t ex en målad yta. I bland annat träbroar förekommer mycket trävirke som exponeras för utomhusklimat. Limträ som exponeras får vanligen med tiden ytsprickor, ofta i anslutning till limfogarna och valet av ytbehandling blir då viktigt på dessa produkter. Genom att klä in konstruktionen kan man skydda den och förlänga bärigheten, men det kostar extra och är inte alltid önskvärt ur estetisk synvinkel.

# 2 Syfte och mål

Syftet är att ta fram kunskap om sprickbildning och nedbrytning i bärande träkonstruktioner i utomhusklimat för att kunna bedöma bärförmåga och livslängd utifrån olika tillståndsvARIABLER. Det ska ge rekommendationer för att t ex underlätta vid inspektioner och planering av underhåll, samt ge underlag för framtida livslängdsberäkningar och simuleringsmodeller.

Målet för detta delprojekt är att ta fram en försöksplan för provning av balkar och stolpar med olika mått, utföranden och ytbehandlingar för att studera sprickor och fuktinträning vid olika förhållanden, t ex söder- eller norrsida och olika färger. Balkarna och stolparna tillverkas, dokumenteras och förbereds för fältförsök som startas.

## 3 Trämateriäl och ytbehandling för träbroar

### 3.1 Trämateriäl

Enligt SS EN 335-1 definieras fem användningsklasser för trä. Användningsklass 1 gäller för trä helt skyddat från väderpåverkan och nedfuktning, och som ständigt har en fuktkvot under 20 %. Användningsklass 2 gäller för trä helt skyddat mot väderpåverkan men utsatt för hög luftfuktighet, som kan ge tillfällig nedfuktning och fuktkvot över 20 %. Användningsklass 3 gäller för trä oskyddat mot väderpåverkan med ofta återkommande nedfuktning men inte i kontakt med mark, så att fuktkvot över 20 % kan förväntas ibland. Användningsklass 4 gäller för trä i kontakt med mark eller sötvatten och som ständigt är utsatt för nedfuktning och fuktkvot över 20 %. Användningsklass 5 gäller för trä i saltvatten, med fuktkvot över 20 % och utsatt för marina skadegörare. Som allmän försiktighetsåtgärd rekommenderas att träkomponenter ovanför mark, men som kan ta åt sig vatten beroende på konstruktionen, ska anses likvärdiga med komponenter i markkontakt.

Trämateriäl i broar är oftast impregnerad furu alternativt oimpregnerad gran. Enligt Bro 2004 gäller krav på impregnering för konstruktionsdelar som ingår i huvudkonstruktionen. För en konstruktionsdel i olika miljöer gäller den strängaste miljön. Bro 2004 innehåller följande krav på materiäl:

- Konstruktionsdelar som är belägna i vägmiljö eller marin miljö ska hänföras till användningsklass 4 enligt SS-EN 335-2 och ska skyddas mot angrepp av röta och virkesförstörande insekter enligt SS-EN 351-1, d v s med impregnering.
- En brobanepatta ska dock utföras av oimpregnerat barrträ eller av annat virke med erforderlig naturlig beständighet i användningsklass 2 enligt SS-EN 335-2. Undersidan ska ytbehandlas.
- Konstruktionsdelar som inte befinner sig inom det område som skyddas av brobanepatta eller tak och inte heller skyddas av intäckning ska hänföras till användningsklass 4 enligt SS-EN 335-2 och skyddas mot angrepp av röta och virkesförstörande insekter enligt SS-EN 351-1, d v s impregneras.
- Pelare av trä som inte är belägen i vägmiljö eller marin miljö och som befinner sig inom det område som skyddas av brobanepattan eller av tak ska utföras av oimpregnerat barrträ eller av annat virke med erforderlig naturlig beständighet i användningsklass 2 enligt SS-EN 335-2. Ytbehandling ska utföras.
- Övriga konstruktionsdelar, såsom balkar och bågar, som inte är belägna i vägmiljö eller marin miljö och som befinner sig inom det område som skyddas av brobanepattan eller av tak eller skyddas av intäckning ska utföras av oimpregnerat barrträ alternativt hänföras till användningsklass 2 enligt SS-EN 335-2. Beroende på träslag kan impregnering fordras i användningsklass 2.

### 3.2 Ytbehandling

Ytbehandling utförs oftast med målning 3 varv, varav 1 varv grundfärg + 2 varv toppfärg, och med en total tjocklek av cirka 60 µm.

Bro 2004 innehåller följande krav på ytbehandling:

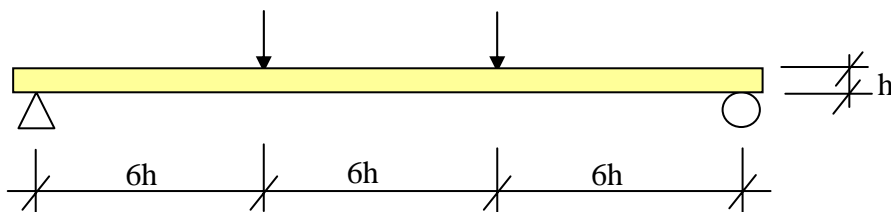
- o Enligt Bro 2004 ska limträ och limmat konstruktionsvirke som utsätts för direkt solstrålning eller nederbörd skyddas med en pigmenterad ytbehandling som
  - utförs enligt SS-EN 927-1, *strängaste exponeringsklassen*, d v s oskyddat i hårt eller extremt klimat,
  - skiktjockleken ska uppfylla kraven i *klass hög*, d v s  $\geq 60$  µm torkad färg,
  - om inte annat anges i den tekniska beskrivningen ska ytbehandlingen uppfylla kraven för *högsta täckande förmåga*, d v s opak, träets färg syns inte igenom, men dess struktur.
- o Synliga ytor av trä som inte ytbehandlas enligt ovan ska förses med en pigmenterad ytbehandling
  - enligt SS-EN 927-1, *strängaste exponeringsklassen*, d v s oskyddat i hårt eller extremt klimat, skiktjockleken ska uppfylla kraven i *klass medel*, d v s  $\geq 20 > 60$  µm torkad färg,
  - om inte annat anges i den tekniska beskrivningen ska ytbehandlingen uppfylla kraven för *högsta täckande förmåga*, d v s opak, träets färg syns inte igenom, men dess struktur.

## 4. Beskrivning av provobjekt

Mått, material och ytbehandling för varje balk och stolpe framgår av Bilaga A, och ytbehandlingens målningsystem beskrivs i Bilaga B. Provobjekten tillverkades och hanterades enligt Bilaga D.

### 4.1 Balkar – horisontella konstruktionsdelar

Limträbalkarna är så långa i förhållande till höjden att de kan böjprovas enligt SS-EN 408 för bestämning av E-modul. Detta innebär att balklängden  $L$  ska vara  $L=3 \times 6h + 2h = 20h$ , där  $h$  är balkhöjden.



En balkdimension som t ex kan användas till balkbroar för gång- och cykeltrafik är 140 mm x 450 mm. Det ger balklängden 9 m enligt provningsstandarderna.

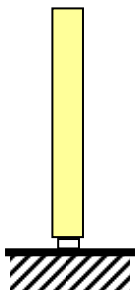
De impregnerade balkarna tillverkas av tryckimpregnerade lameller. Det innebär att limträbalkarna kommer att ha låg fuktkvot vid målningen, vilket bör ge ett bra målningsresultat.

Fem balkar för varje typ av material och ytbehandling innebär totalt 20 balkar, se även Bilaga A.

Typ	Dimension	Material	Ytbehandling	Kulör	Antal
B1	140x450-9000	Furu, impr.	Oljad	-	5
B2	140x450-9000	Furu, impr.	Målad	Ljus (vit)	5
B3	140x450-9000	Furu, impr.	Målad	Mörk (röd)	5
B4	140x450-9000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5

Ytbehandlingen utförs med målningsystem som används idag till träbroar, med grundning och toppfärg enligt färgfabrikantens anvisningar, se även Bilaga B.

### 4.2 Stolpar – vertikala konstruktionsdelar



Stolparna böjbelastas inte, utan endast sprickbildning och fuktinträngning studeras. Stolparna dokumenteras även med tomografering genom tvärsnittet och fotoskanning av ytan. Alla stolpar täcks med plåt eller trä på toppen. Några olika typer av stolpar ingår i försöket.

- En vanlig dimension på t ex stolpar till broäckarna är 90 mm x 135 mm av limträ som skruvas till brobalkarnas sida.

- Till t ex pyloner för träbroar används Comwood-stolpar, limmade ihåliga trästolpar.

- Till stolpar och räcken kan även ihåliga, limmade Quattrolit-stolpar där kärnvirket vänds utåt användas. Solida trästolpar kan också användas.

Fem stolpar för sju olika typer av material och ytbehandling innebär totalt 35 stolpar. Dessutom medtas fem extra S3, samt två Quattrolit av värmebehandlat trä. Totalt är det 42 stolpar som ingår i försöket enligt tabellen, se även Bilaga A.

Ytbehandlingen på provobjekten utförs med samma målningsystem som används till balkarna, se även Bilaga B.

Typ	Dimension	Material	Ytbehandling	Kulör	Antal
S1	90x135-2000	Furu, impr.	Oljad	-	5
S2	90x135-2000	Gran	Målad	Ljus (vit)	5
S3	90x135-2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
S4	90x135-2000 (ihålig)	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
S5	Comwood-400-67-2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
S6	Quattrolit-110x110-2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
S7	Homogen 100x100-2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
S3 extra	90x135-2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
Värme- beh.	Quattrolit-110x110-2000	Gran	Oljad	-	1
Värme- beh.	Quattrolit-110x110-2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	1

### 4.3 Mindre balkbitar

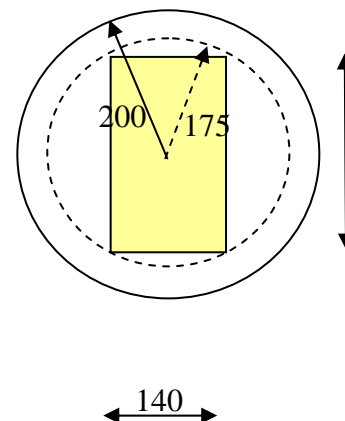
För de mindre balkbitarna studeras sprickutveckling, fuktinträning och rötutveckling med hjälp av tomografen. Längden anpassas till tomografen och hanterbarheten, så att de går att lyfta och transportera. Balkarnas ytor fotoskannas också och färgtjocklek och färg mäts. De böjtestas inte.

Balkarnas dimension anpassas till tomografen. Tomografen har en innerdiameter på 400 mm, men helst bör provobjekten inte gå ända ut, d v s ca 350 mm. Det ger limträdimensionen 140 mm x 315 mm.

Balkens bredd kan ha betydelse för sprickbildningen och därmed fuktupptagningen. Därför ingår också balkbitar med bredder 90 mm respektive 215 mm.

Fem bitar för varje typ av material och ytbehandling innebär totalt 35 balkbitar enligt tabellen, se även Bilaga A.

Ytbehandlingen på provobjekten utförs med samma målningsystem som används till balkarna i avsnitt 4.1, samt ett alternativt färgsystem, se även Bilaga B.



Typ	Dimension	Material	Ytbehandling	Kulör	Antal
MB1	140x315-2000	Furu, impr.	Oljad	-	5
MB2	140x315-2000	Furu, impr.	Målad	Ljus (vit)	5
MB3	140x315-2000	Furu, impr.	Målad	Mörk (röd)	5
MB4	140x315-2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
MB5	140x315-2000	Gran	Målad	Mörk (röd) alt.	5
MB6	90x315-2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
MB7	215x315-2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5

## 5 Mätprogram

Balkarna och pelarna placeras i Skellefteå i norra Sverige, se även Bilaga C om provgård. Försöket startas under sommarhalvåret 2007. Klimat, temperatur och luftfuktighet, på provplatsen följs under provningen. För år 2007 finns klimatdata för Skellefteå i Bilaga H. Därefter mäts klimatet med en väderstation vid provgården i Bygdsiljum.

Provobjekten tillverkas och hanteras innan utplacering enligt Bilaga D, och de dokumenteras enligt Bilaga E och Bilaga F.

### 5.1 Utplacering av balkar

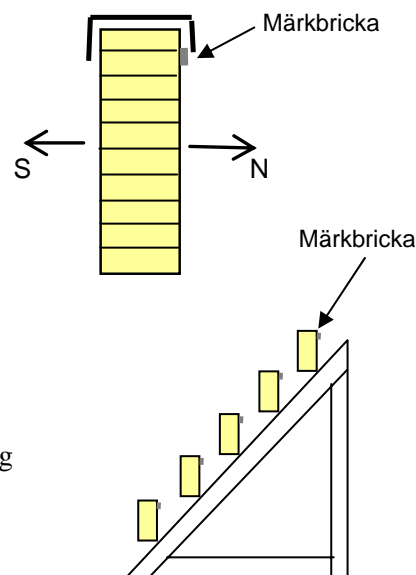
Balkarna placeras på ställningar utomhus med den nedersta balken ca 1 m ovanför markytan, se figur. Det fria avståndet mellan träkonstruktion och markyta ska vara minst 800 mm enligt Bro 2004.

Balkarna placeras med ena sidan ungefär mot söder (30° mot sydväst), och den andra mot norr för att få soligt, varmt läge på ena sidan och fuktigt, svalare på den andra. Ovansidan täcks med en plåt som monteras så att inte vatten kan tränga in under den. Balkarnas sidoytor ska exponeras för nederbörd, solljus och omgivande miljö för att studera sprickutvecklingen.

Balkarna stöds i sidled vid ändarna så att de inte kan välta omkull. Balkarna tillverkas utan överhöjning och belastas av sin egen tyngd.

Upplagsställningarna utförs som lutande ramar med fem balkar placerade ovanför varandra för att inte skuggas. Höjdskillnad mellan understa och översta balkens undersida blir då 1,8 m. Balkarna placeras med tillräckligt avstånd för att kunna lyftas ned med traktor vid provning av E-modul. Ställningarna placeras så att de inte skuggar varandra.

Balkarna fördelas på de fyra ställningarna så att av varje försökstyp finns minst en balk på varje ställning och en balk på varje höjd, se även Bilaga G.





*Ställning för uppläggning av balkar.*



*Upplagda balkar.*

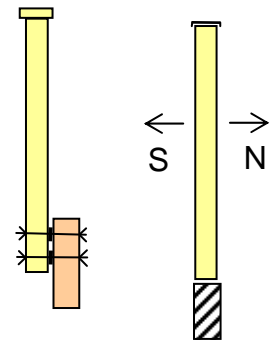
## 5.2 Utplacering av stolpar

Räckesstolparna placeras på ställningar utomhus ca 1 m ovanför markytan. Övriga stolpar placeras på betongfundament, ca 0,5 m ovanför marken. Stolparnas sidoytor ska exponeras för nederbörd, solljus och omgivande miljö för att studera sprickutvecklingen. Stolparna placeras med ena sidan mot söder, och den andra mot norr.

Ovansidan täcks med en toppdel av plåt eller överliggare av trä.

Stolparna fästs nedtill så att de står lodrätt. Räckesstolparna 90x135 skruvas till limträbalkar, se figur. Comwoodstolpar, Quattroolit och homogena trästolpar fästs nedtill till fundament, se figur.

Räckesstolparna fördelas på limträbalkarna så att av varje typ finns minst en stolpe på varje balk, men läget längs balken väljs slumpmässigt. På Comwoodstolparna monteras polyetenplattor på undersidan och stolparna ställs på specialanpassade betongfundament. De övriga stolparna monteras med avpassade infästningsplåtar på betongfundament, se även Bilaga G.



*Fundament för stolpar.*



*Stolpar monterade.*



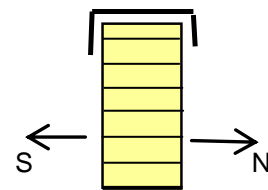
*Räcketstolpar monterade.*



*Comwood-stolpar monterade.*

### 5.3 Utplacering av mindre balkbitar

De mindre balkbitarna utplaceras på samma sätt som balkar på lutande ramar med fem balkar ovanför varandra. Balkarna fördelas på ställningarna så att av varje typ finns minst en balk på varje ställning och en balk på varje höjd. Det gäller dock inte de smalare och bredare balkarna som i stället placeras på var sin ställning, se även Bilaga G.



*Ställningar för uppläggning av mindre balkbitar.*



*Upplagda mindre balkar.*

### 5.4 Försöksperiod och framtida dokumentation

Provobjekten sätts ut under 2007, och försöket bör pågå under minst 5 år. Balkarnas och stolparnas utveckling följs upp 2 gånger per år, vår och senhöst, och dokumenteras.

Kontrollerna ska vara oförstörande, och följande delar ingår:

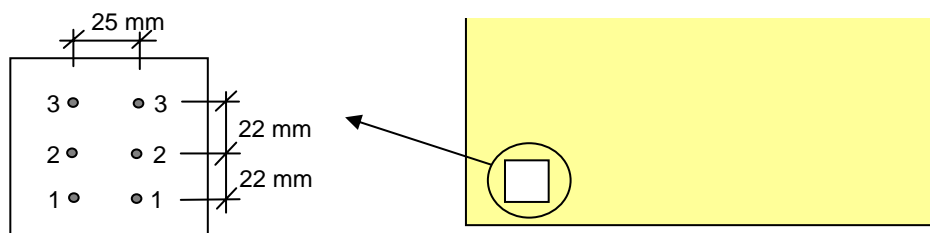
- Aktuell lufttemperatur, luftfuktighet, nederbörd och vind mäts.
- Visuell inspektion görs vad gäller sprickor, biologiska angrepp och andra synliga defekter.
- Sprickors bredd, längd och djup mäts manuellt, och jämförs med tidigare dokumentation för att se om ändringar har skett. Dessutom markeras större sprickor på balkarna.
- Fuktkvot mäts i angivna lägen.
- E-modulen provas för balkarna, utförs med belastning i särskild provrigg på provplatsen.
- Fotografering för senare bildbehandling.
- Färgtjocklek mäts
- Färg mäts med koordinaterna l, c och h.

## 5.5 Mätutrustning

### Fuktkvot

Fuktkvot mäts med en resistiv stiftmätare Delmhorst RDM-2S, där stiften slås in till angivet djup.

Fasta stift för mätning av fuktkvot monteras på balkar och stolpar med placering enligt kapitel 5.6. Stiften består av spikar isolerade längs skaftet utom längst fram där mätpunkten är. De sätts in i förborrade hål i träet och slås in i virket. De placeras i en eldosa med måtten ca 80x80 mm, som skruvas fast på balken eller stolpen. Tätning med silikon görs runt om dosan på tre sidor, men undersidan lämnas öppen. Avläsning av fuktkvoten görs med Delmhorst RDM-2S mellan de två stiften på varje nivå.



*Dosa med mätstift för fuktkvotsmätning.*

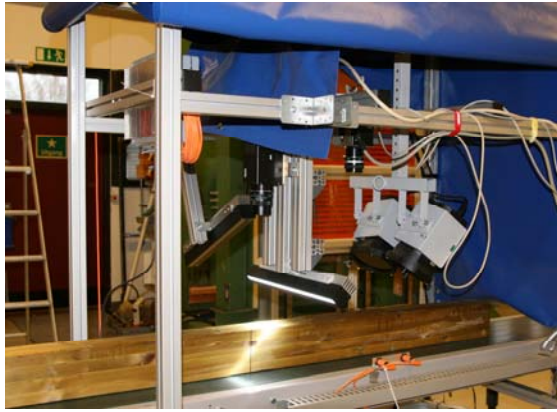
### Tomografering

Tomografering utförs med utrustningen Siemens Somatom X-Ray CT-Skanner vid Luleå tekniska universitet i Skellefteå. CT-skannern består av ett röntgenrör och en detektor. Röntgenröret roterar runt objektet och detektorn registrerar strålningen som passerar genom föremålet. CT-skannern i Skellefteå använder ett röntgenrör med Wolframanod och 720 xenongasfyllda detektorer. Antalet röntgenkvanta som passerar provet räknas om till en intensitetsprofil proportionell mot provets densitet och medelatombnummer. Vedens densitet framträder i bilden som en gråskala där intensiteten är proportionell mot densiteten. Densiteten delas upp i 256 gråskalenivåer. Bilden delas upp i bildpunkter (pixel) som avbildar medeldensiteten i ett litet volymselement (voxel). En typisk bild är rekonstruerad som en 512x512 matris. Genom bildbehandling kan tomografibilderna användas för att mäta t ex längd och densitet.

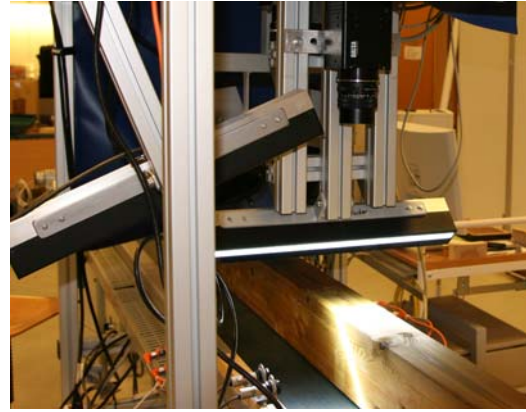
Tomograferingen utfördes som ett tvärsnitt var 10 mm längs med balkarna med en strålbredd av 5 mm. Intensiteten i bilderna är medelvärdet över strålbredden 5 mm.

### Foto-skanning

Stolpar och balkbitar skannas i laboratoriet med en Dalsa Trillium kamera som är utrustad med en 3CCD linjesensor för bästa möjliga färgåtergivning. För att minimera behovet av att kalibrera för ojämn belysning används en lysdiodramp av typen Cobra Frontlight. Upplösningen vid skanningen är 0.2 mm i både längd- och tvärriktningen. En kalibrering av vitbalansen görs mot ett Nikon Gråkort.



Skanning av stolpe.



Lysrör och kamera.

## Fotografering

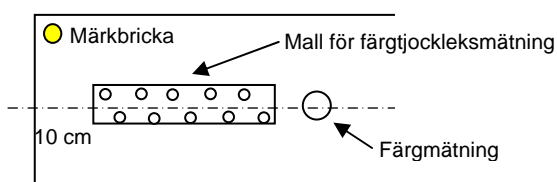
Balkarna fotograferas i fält med kamera Canon EOS 400 D med objektiv Sigma EX 20/1,8 DG, som fästs tillsammans med lysrör på stativ på balken för att få bilder från samma avstånd så att de senare kan läggas ihop och användas för bildbehandling.

## Färgmätning

Färgnyansen mäts med en Minolta Chroma Meter, CR 310. Den används för att kvantitativt beskriva färg, genom att mäta den reflekterade färgen från ytor. Den består av en mätenhet och en dataenhet. Den belyser ytan och mäter färgen över ett område med diametern 50 mm, för att få medelvärde över en yta med struktur. Mätning med  $L^*C^*h$  beskriver färgrymden där L är ljushet, C är färgton och h är kulör. Mätning görs i en punkt, enligt figur nedan.

## Färgtjocklek

Färgtjocklek mäts med en DeFelsko färgtjockleksmätare Model 200. Det är en handhållen mätare som använder oförstörande ultraljud med hög frekvens som via en anslutningsgel tränger in och reflekteras från alla ytor med olika densitet, d v s i det här fallet skiktet mellan färg och underlag. Mätning görs på mindre balkbitar vid balkände med märkbricka enligt figur nedan, i 10 punkter med en mall enligt figur, med 3 värden i varje, och ett medelvärde räknas fram.



## E-modul

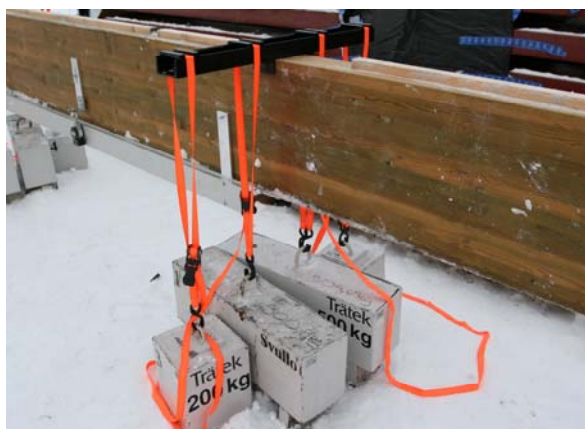
E-modulen mäts med en särskild provrigg i fält, där balkarna läggs upp på stöd och belastas med vikter. Nedböjningen mäts som förskjutning vid balkmitt, enligt SS-EN 408. Provuppställningen förskjuts dock 100 mm längs balken för att inte störas av fuktdosorna vid balkmitt. Stöden består av domkrafter, som sänks ner vid pålastning och sedan hissas upp i läge för avläsning av nedböjning. Domkrafterna står på ca 800 mm höga upplag på marken. Lasten påförs via ett ok med påhängda vikter över balken. Vikter med massan 200 kg och 500 kg används, och varje punkt belastas med maximalt 1400 kg. Nedböjningen mäts med mätklockor mot stålvinkel fäst på balken.



*E-modulsmätning i fält.*



*Nedböjningsmätning med mätklocka*



*Belastning med betongvikter.*

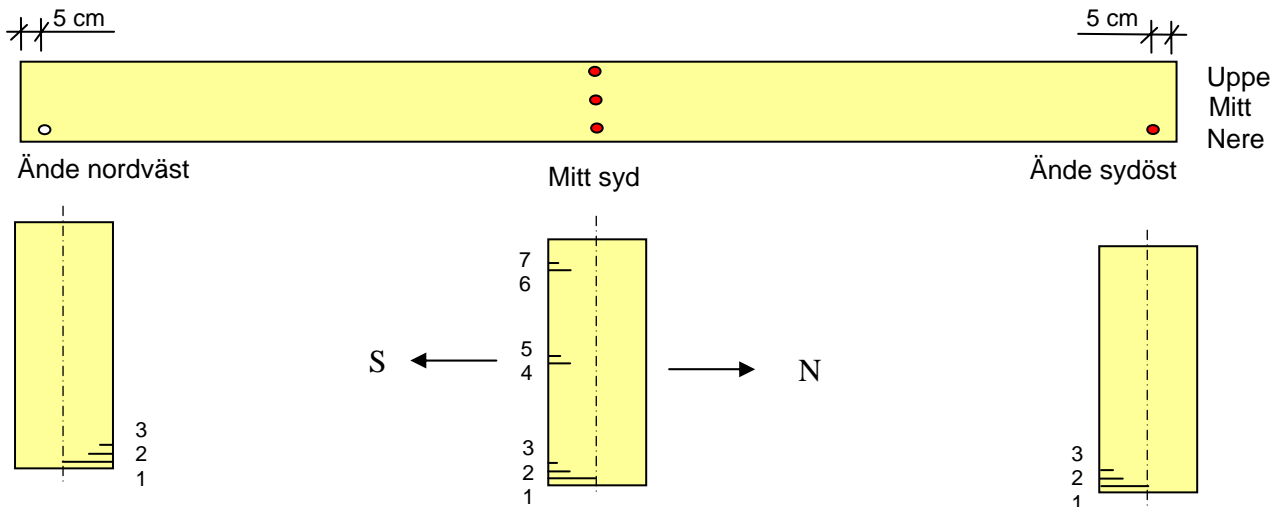


*Upplag med domkraft.*

## 5.6 Mätprogram

### Balkar

- Balkarna fotograferas systematiskt runt om
- Bredd mäts med måttband på ovan- och undersidan mitt på balken.
- Höjd mäts med måttband vid balkmitt på båda sidor.
- Längd mäts med måttband mitt på balken på båda sidor.
- Fuktkvot mäts vid mätstift, inslagna, isolerade spikar till djupet 10 mm (ungefär fuktkvoten vid ytan), 35 mm och 70 mm (fuktkvoten vid balkmitt). De monteras i eldosor som placeras vid balkmitt och vid ändar 50 mm från änden. Dosornas placeras enligt figuren nedan.
- Färg kontrolleras med färgtjockleksmätare på målade balkar, d v s H6-H20. Mätning görs på södra sidan och mitt på balkhöjden. Det görs vid ändar 150 mm från balkänden och vid balkmitt 50 mm väster om fuktmätningdosorna.
- Sprickors storlek och lägen mäts med bladmått och måttband. Sprickdjup anges som största uppmätta djup, av minst tre mätningar längs sprickan varav en i mitten. Ändpunkter för större sprickor markeras på balken.
- E-modul bestäms med provning, genom att nedböjningen mäts vid belastning.



#### Mätpunkter för fuktmätning

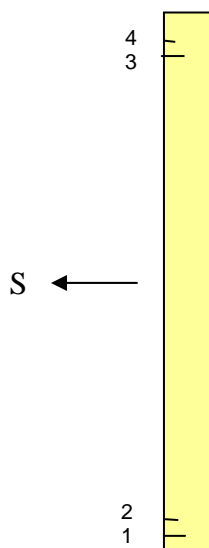
Stift 1-3 placeras i dosor med underkanten 25 mm från balkens nedre kant

Stift 4-5 placeras i dosor med underkanten 190 mm från balkens nedre kant

Stift 6-7 placeras i dosor med underkanten 350 mm från balkens nedre kant

#### Stolpar

- Bredd, höjd och längd mäts enligt Bilaga F.
- Sprickors storlek och lägen mäts med bladmått och måttband.
- Fuktkvot mäts vid mätstift, inslagna, isolerade spikar till djupet 10 mm och 45 mm på sydsidan. De monteras i eldosor som placeras mitt på stolpens sida och enligt figuren nedan.
- Tomografering utförs vid LTU, med utrustning enligt kapitel 5.5, och enligt beskrivning i Bilaga F.
- Stolparna fotograferas runt om på fyra sidor med skanningsutrustning enligt kapitel 5.5.



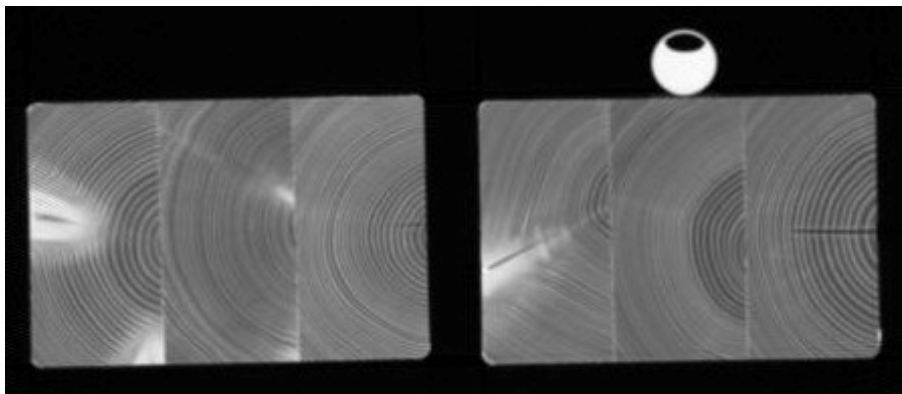
#### Mätpunkter för fuktmätning mitt på sidan

Stift 1-2 placeras i dosor med underkanten 110 mm från stolpens nedre kant för räcesstolpar

90 mm från stolpens nedre kant för extra räcesstolpar S-3

50 mm från stolpens nedre kant för övriga

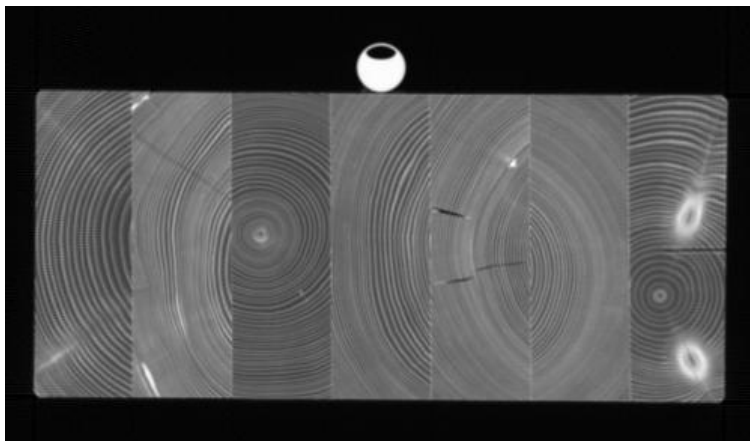
Stift 3-4 placeras i dosor med överkanten 50 mm från stolpens övre kant



*Exempel på tomografibilder av stolpar, H28 och H29, med rund densitetsreferens ovanpå provobjektet.*

### **Mindre balkbitar**

- Bredd, höjd och längd mäts med måttband enligt Bilaga F.
- Sprickors storlek och lägen mäts med bladmått och måttband. Sprickdjup anges som största uppmätta djup, av minst tre mätningar längs sprickan varav en i mitten. Ändpunkter för större sprickor markeras på balken.
- Tomografering utförs vid LTU Skellefteå, enligt beskrivning i Bilaga F.
- Balkbitarna fotograferas liggande, d v s de två höjdsidorna skannas, med skanningsutrustning enligt kapitel 5.5.
- Färgen mäts med en Minolta Chroma Meter, CR 310. Mätning görs på båda sidor, norr och söder.
- På målade balkar, d v s H61-H90, mäts färgtjocklek med färgtjockleksmätare. Mätning görs på båda sidor, norr och söder enligt kapitel 5.5.



*Exempel på tomografibild, limträbalk H77, med rund densitetsreferens ovanpå provobjektet.*

## 6 Referenser

SS-EN 335-2, Träskydd - Definition av användningsklasser - Del 2: Massivt trä, 2006, Svensk standard, SIS Förlag

SS-EN 351-1, Träskydd - Träskyddsbehandlat massivt trä - Del 1: Klassificering av inträngning och upptagning av träskyddsmedel, 2007, Svensk standard, SIS Förlag

SS-EN 408, Träkonstruktioner - Konstruktionsvirke och limträ - Bestämning av vissa fysikaliska och mekaniska egenskaper, 2003, Svensk standard, SIS Förlag

SS-EN 927-1, Färg och lack - Färger och färgsystem för målning på trä utomhus - Del 1: Klassificering och urval, 1997, Svensk standard, SIS Förlag

Pousette, Anna, Sprickor i träbalkar – förstudie om bärförmåga och hållbarhet, SP Rapport 2006:63.



# Bilaga A. Provobjekt och ytbehandling

## Målningsystem

**Oljad-1:** Träolja

**Målad-2:** Grundolja 1 varv + vit täcklasyr 2 varv

**Målad-3:** Grundolja 1 varv + röd täcklasyr 2 varv

**Målad-4:** Grundolja ändträ + grundfärg 1 varv + röd oljefärg 2 varv

## Balkar, 20 st

Balk	Dimension	Material	Ytbehandling	Kulör	
B1	H1	140x450-9000	Furu, impr.	Oljad-1	-
	H2	140x450-9000	Furu, impr.	Oljad-1	-
	H3	140x450-9000	Furu, impr.	Oljad-1	-
	H4	140x450-9000	Furu, impr.	Oljad-1	-
	H5	140x450-9000	Furu, impr.	Oljad-1	-
B2	H6	140x450-9000	Furu, impr.	Målad-2	Ljus (vit)
	H7	140x450-9000	Furu, impr.	Målad-2	Ljus (vit)
	H8	140x450-9000	Furu, impr.	Målad-2	Ljus (vit)
	H9	140x450-9000	Furu, impr.	Målad-2	Ljus (vit)
	H10	140x450-9000	Furu, impr.	Målad-2	Ljus (vit)
B3	H11	140x450-9000	Furu, impr.	Målad-3	Mörk (röd)
	H12	140x450-9000	Furu, impr.	Målad-3	Mörk (röd)
	H13	140x450-9000	Furu, impr.	Målad-3	Mörk (röd)
	H14	140x450-9000	Furu, impr.	Målad-3	Mörk (röd)
	H15	140x450-9000	Furu, impr.	Målad-3	Mörk (röd)
B4	H16	140x450-9000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H17	140x450-9000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H18	140x450-9000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H19	140x450-9000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H20	140x450-9000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)

## Stolpar, 42 st

Stolpe	Dimension	Material	Ytbehandling	Kulör	
S1	H21	90x135-2000	Furu, impr.	Oljad-1	-
	H22	90x135-2000	Furu, impr.	Oljad-1	-
	H23	90x135-2000	Furu, impr.	Oljad-1	-
	H24	90x135-2000	Furu, impr.	Oljad-1	-
	H25	90x135-2000	Furu, impr.	Oljad-1	-
S2	H26	90x135-2000	Gran	Målad-2	Ljus (vit)
	H27	90x135-2000	Gran	Målad-2	Ljus (vit)
	H28	90x135-2000	Gran	Målad-2	Ljus (vit)
	H29	90x135-2000	Gran	Målad-2	Ljus (vit)
	H30	90x135-2000	Gran	Målad-2	Ljus (vit)
S3	H31	90x135-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H32	90x135-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H33	90x135-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H34	90x135-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H35	90x135-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
S4	H36	90x135-2000	Gran (ihålig)	Målad-3	Mörk (röd)
	H37	90x135-2000	Gran (ihålig)	Målad-3	Mörk (röd)
	H38	90x135-2000	Gran (ihålig)	Målad-3	Mörk (röd)
	H39	90x135-2000	Gran (ihålig)	Målad-3	Mörk (röd)
	H40	90x135-2000	Gran (ihålig)	Målad-3	Mörk (röd)
S5	H41	400-67-2000	Gran Comwood	Målad-3	Mörk (röd)
	H42	400-67-2000	Gran Comwood	Målad-3	Mörk (röd)
	H43	400-67-2000	Gran Comwood	Målad-3	Mörk (röd)
	H44	400-67-2000	Gran Comwood	Målad-3	Mörk (röd)
	H45	400-67-2000	Gran Comwood	Målad-3	Mörk (röd)
S6	H46	110x110-2000	Quattrolit	Målad-3	Mörk (röd)
	H47	110x110-2000	Quattrolit	Målad-3	Mörk (röd)
	H48	110x110-2000	Quattrolit	Målad-3	Mörk (röd)
	H49	110x110-2000	Quattrolit	Målad-3	Mörk (röd)
	H50	110x110-2000	Quattrolit	Målad-3	Mörk (röd)
S7	H51	100x100-2000	Fyrkant	Målad-3	Mörk (röd)
	H52	100x100-2000	Fyrkant	Målad-3	Mörk (röd)
	H53	100x100-2000	Fyrkant	Målad-3	Mörk (röd)
	H54	100x100-2000	Fyrkant	Målad-3	Mörk (röd)
	H55	100x100-2000	Fyrkant	Målad-3	Mörk (röd)
S3-extra	H91	90x135-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H92	90x135-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H93	90x135-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H94	90x135-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H95	90x135-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
Värme-behandl	H96	110x110-2000	Quattrolit	Oljad-1	-
	H97	110x110-2000	Quattrolit	Målad-3	Mörk (röd)

### Mindre balkbitar, 35 st

Balk	Dimension	Material	Ytbehandling	Kulör	
MB1	H56	140x315-2000	Furu, impr.	Oljad-1	-
	H57	140x315-2000	Furu, impr.	Oljad-1	-
	H58	140x315-2000	Furu, impr.	Oljad-1	-
	H59	140x315-2000	Furu, impr.	Oljad-1	-
	H60	140x315-2000	Furu, impr.	Oljad-1	-
MB2	H61	140x315-2000	Furu, impr.	Målad-2	Ljus (vit)
	H62	140x315-2000	Furu, impr.	Målad-2	Ljus (vit)
	H63	140x315-2000	Furu, impr.	Målad-2	Ljus (vit)
	H64	140x315-2000	Furu, impr.	Målad-2	Ljus (vit)
	H65	140x315-2000	Furu, impr.	Målad-2	Ljus (vit)
MB3	H66	140x315-2000	Furu, impr.	Målad-3	Mörk (röd)
	H67	140x315-2000	Furu, impr.	Målad-3	Mörk (röd)
	H68	140x315-2000	Furu, impr.	Målad-3	Mörk (röd)
	H69	140x315-2000	Furu, impr.	Målad-3	Mörk (röd)
	H70	140x315-2000	Furu, impr.	Målad-3	Mörk (röd)
MB4	H71	140x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H72	140x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H73	140x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H74	140x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H75	140x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
MB5	H76	140x315-2000	Gran	Målad-4	Mörk (röd)
	H77	140x315-2000	Gran	Målad-4	Mörk (röd)
	H78	140x315-2000	Gran	Målad-4	Mörk (röd)
	H79	140x315-2000	Gran	Målad-4	Mörk (röd)
	H80	140x315-2000	Gran	Målad-4	Mörk (röd)
MB6	H81	90x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H82	90x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H83	90x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H84	90x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H85	90x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
MB7	H86	215x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H87	215x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H88	215x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H89	215x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)
	H90	215x315-2000	Gran	Målad-3	Mörk (röd)

## Bilaga B. Målningsystem och målningsanvisning

Ytbehandlingen utfördes med produkter från Beckers. Här redogörs för de använda systemen med beskrivningar enligt Beckers, vilka har följts för att uppnå erforderligt färgskikt. Tillverkning och hantering av provobjekten beskrivs i Bilaga D.

### Oljad-1: TRÄOLJA

Behandling	Ytor	Produkter	Beställd mängd
Färdigbehandling	Alla, 1 ggr	Träolja	10 L

### Målningsbeskrivning

Underlaget ska vara rent och torrt vid målning (max ca 16 % fuktkvot). Oljning med avtorkning, allt överflöd torkas bort. Sugande virke behandlas upprepade gånger med Träolja vått i vått med trasa eller pensel så länge träet suger. För svagt sugande virke räcker som regel en behandling. Efter ca 30 minuter, då träoljan fortfarande är våt, avtorkas överskott av olja (blanka partier) med en trasa som ej luddar av sig.

### Materialbeskrivning

Baserad på rå linolja med tillsats av vattenavvisande medel, används på t ex tryckimpregnerat virke. Träolja ger en bra inträngning i underlaget. Den ger träet ett fräscht utseende och motverkar uttorkning och sprickbildning samt gör ytan vattenavvisande. Hårt utsatta ytor bör behandlas årligen.

- Bindemedel: Rå linolja.
- Lösningemedel: Alifatnafta.
- Spädning: Alifatnafta vid behov.
- Materialåtgång: 5-15 m<sup>2</sup>/liter och behandling.
- Verktyg: Pensel, luddfri trasa.
- Rengöring av verktyg: Alifatnafta eller Beckers Penseltvätt.
- Övermålningsbar: Bör ej övermålas.
- Torktid: Klubbfri efter 10 timmar vid +23°C och 50 % luftfuktighet.
- Brandfarlighet: Klass 2b, brandfarlig.

### Målad-2 och Målad-3 : TÄCKLASYR-SYSTEM

Behandling	Ytor	Produkter	Beställd mängd
Grundning	Alla, 1 ggr	Perfekt Grundolja	45 L
Färdigbehandling	Alla, 2 ggr	Perfekt Täcklasyr	20 L (utevit) + 80 L (faluröd)

## Målningsbeskrivning

Underlaget ska vara rent och torrt vid målning (max ca 16 % fuktkvot). Nytt trä grundoljas över hela ytan med Perfekt Grundolja. Var särskilt noggrann med fuktutsatta träpartier som ändträ. Undvik flödlig applicering av oljan så att ingen film bildas. Ytan kan målas om efter minst 30 minuter och innan 2-3 dygn. Eventuellt överskott torkas bort inom ca 30 minuter. Måla 2 gånger med Perfekt Täcklasyr. Används rulle eller spruta bör efterstrykning med pensel göras.

## Materialbeskrivning

Perfekt Grundolja (vattenburen grundolja):

En impregnerande grundolja som används för skydd av t ex skarvar och ändträ. Färgen tränger lätt in i träfibrerna och ger ett gott skydd mot vattenupptagning vilket minskar sprickbildning av trä och färgskikt. Ger ett effektivt skydd mot röt-, mögel- och blånadsangrepp. Perfekt Grundolja är bekämpningsmedelsklassad i klass III.

- Bindemedel: Modifierad linolja.
- Spädning: Vatten vid behov.
- Materialåtgång: 5-8 m<sup>2</sup>/liter beroende på underlagets sugning.
- Verktyg: Pensel, även doppning av ändträ etc.
- Målningstemperatur: Mellan +10°C till ca +28°C ytemperatur.
- Rengöring av verktyg: Vatten med lite diskmedel eller Penselvätt.
- Övermålningsbar: Behandlat trä kan övermålas efter ca 30 minuter med vattenburna färger och efter ca 6-8 timmar med lösningsmedelsburna.
- Lagring: Ej frostkänslig. Förvaras i väl försluten burk.

Perfekt Täcklasyr (vattenburen täcklasyr):

Den är baserad på ett alkydolje-akrylat hybrid bindemedel, avsedd för ny- och ommålning av träfasader och andra snickerier etc. Sammansättningen av bindemedel kombinerar de bästa egenskaperna för tre olika bindemedelstyper. Det gör den mycket lättstruken med bra inträngning och vidhäftning, samt långtidsskydd mot vattenupptagning, kulörförändring och kritning.

- Bindemedel: Alkydolje-akrylat hybrid och linolja.
- Spädning: Vatten, ska normalt inte spädas.
- Materialåtgång: Ca 6-10 m<sup>2</sup>/liter per behandling.
- Verktyg: Pensel, rulle eller spruta.
- Rengöring av verktyg: Vatten med lite såpa eller diskmedel.
- Övermålningsbar: Efter ca 12-16 timmar, vid +23°C och 50 % relativ luftfuktighet.
- Torktid: Klubbfri efter ca 4-6 timmar vid +23°C och 50 % relativ luftfuktighet.
- Lagring: Förvaras frostfritt.
- Produktens VOC: mindre än 130 g/l, VOC-gränsvärde: (Kat A/e) 130 g/l (år 2010)

## Målad-4 : OLJEFÄRG-SYSTEM

Behandling	Ytor	Produkter	Beställd mängd
1. Pågrundning	Ändrä	Grundolja	1 L
2. Grundning	Alla, 1 ggr	Trägrund	3 L (röd)
3. Färdigbehandling	Alla, 2 ggr	Oljefärg	6 L (faluröd)

### Målningsbeskrivning

Underlaget ska vara torrt vid målning (max ca 16 % fuktkvot). Allt ändrä grundoljas. Stryk på med pensel så länge underlaget suger in grundolja. Torka bort eventuellt överskott. Grundfärg målas vått-i-vått inom 30 minuter. Eftersom de flesta skador på trä uppträder vid ändrä är det speciellt viktigt att behandla dessa ytor med grundolja före grundning och färdigmålning. Om grundolja inte grundmålas direkt, så torka bort eventuellt överskott på ytan inom 30 minuter. Om blank, torr lackfilm bildats genom impregneringen bör den slipas lätt före övermålning. Grunda alla ytor med Trägrund. Övermålningsbar efter ca 24 timmar vid +23°C och 50 % luftfuktighet. Måla 2 gånger med Oljefärg. Övermålningsbar efter ca 24 timmar vid +23°C och 50 % luftfuktighet.

### Materialbeskrivning

Grundolja (lösningsmedelsburen)

Avsedd som första behandling av trä utomhus och används för impregnering av trärens ytor före grundfärgsmålningen. Grundolja är lättpenetrerande och fyller upp träs porer som ger en vattenavstötande verkan. Genom att ge minskad fuktupptagning hämmas tillväxt av alger och mögel. Grundolja är registrerad som Bekämpningsmedel klass 3.

- Bindemedel: Linolja.
- Lösningsmedel: Alifatnafta.
- Spädning: Ska ej spädas.
- Materialåtgång: 5 m<sup>2</sup>/liter beroende på underlagets insugning.
- Verktyg: Pensel, även doppning av ändrä etc.
- Rengöring av verktyg: Alifatnafta eller Beckers Penseltvätt.
- Övermålningsbar: Efter ca 10 minuter vid +23°C och 50 % luftfuktighet.
- Torktid: Ca 1dygn vid +23°C och 50 % luftfuktighet.

Trägrund (lösningsmedelsburen)

En grundfärg baserad på fet alkyd och olja. Den är avsedd som grundfärg för trä före täckfärgsmålning. Trägrund har goda penetrerande egenskaper och binder poröst trä samt minskar rörelser vid fuktpåkänning.

- Bindemedel: Alkyd, linstandolja.
- Lösningsmedel: Alifatnafta.
- Spädning: Alifatnafta.
- Materialåtgång: 6-10m<sup>2</sup>/liter och behandling.
- Verktyg: Pensel.
- Rengöring av verktyg: Alifatnafta eller Beckers Penseltvätt.
- Övermålningsbar: Efter ca 24 timmar vid +23°C och 50 % luftfuktighet.
- Torktid: Ca 12 timmar vid +23°C och 50 % luftfuktighet.
- Brandfarlighet: Klass 2b, brandfarligt.

### Oljefärg (lösningsmedelsburen)

En halvblank alkydoljefärg avsedd i första hand för målning av trä utomhus. Färgen kan också användas på järnytor samt förzinkade ytor men i dessa fall behövs speciell grundfärg. Oljefärg har en tixotrop konsistens och är lättstruken och rinningssäker. Dess täckförmåga är mycket hög med god väderbeständighet. Jämfört med äkta Linoljafärg torkar Oljefärg mycket snabbare och har bättre glans och kulörbeständighet.

- Bindemedel: Modifierad alkydolja.
- Lösningsmedel: Alifatnafta.
- Spädning: Alifatnafta.
- Materialåtgång: 6-10m<sup>2</sup>/liter och behandling.
- Verktyg: Pensel.
- Rengöring av pensel: Alifatnafta eller Beckers Penselvätt.
- Övermålningsbar: Efter ca 24 timmar vid +23°C och 50 % luftfuktighet.
- Torktid: Klubbfri efter ca 7 timmar vid +23°C och 50 % luftfuktighet.
- Brandfarlighet: Klass 2b, brandfarligt

## Bilaga C. Provgård

En provgård för försöket iordningsställdes vid Martinsons anläggning i Bygdsiljum, Skellefteå kommun. Marken var tidigare åkermark med ca 25 cm matjord, som fraktades bort och området täcktes med ca 10 cm grus.

Provgården ligger högt och öppet mot söder. Mot norr ligger ett skogsområde. Närheten till Martinsons anläggning medför att det tidvis kan förekomma sotnedfall inom området.



*Mark för provgård innan grusning, (provgårdens läge markerat).*



*Provgårdens utsikt mot söder.*



*Grusad provgård.*



*Grusytan inspekteras.*



*Färdig provgård med balkar och stolpar.*



*Provgård vid Martinsons anläggning.*

## Bilaga D. Tillverkning och hantering av provobjekt

Limträ tillverkades av Martinsons i Bygdsiljum, fyrkantstolpar tillverkades av Setra i Horndal och Quattrotlitstolpar tillverkades av Spikab i Älvsbyn. Alla provobjekt transporterades till Burträsk Bygg&Trä i Burträsk för målning. Målningsarbetet utfördes under slutet av maj 2007. Innan balkarna ytbehandlades skulle egentligen sprickor, kvistar och defekter dokumenteras, och balkarna fotograferas. På grund av praktiska problem fanns det inte möjlighet att genomföra detta.

Efter målning paketerades provobjekten med plast och skickades efter några dagar med lastbil till Martinsons Träbroar i Kroksjön, Skellefteå. Några ändytor som inte var målade utfördes där. Provobjekten täcktes sedan med presenning.

I mitten av juli togs stolpar och mindre balkbitar in till LTU för tomografering. Tekniska problem med tomografen medförde att arbetet kunde avslutas först i början av september. Därefter förflyttades provobjekten till SP Träteks lokaler för fotoskanning som utfördes under oktober.

De större balkarna låg kvar i Kroksjön i väntan på färdigställande av provgård och upplagsställningar. Under oktober transporterades samtliga provobjekt till provgården, och placerades ut på ställningar och fundament. Plåt till intäckningar etc. specialbeställdes från plåtverkstad i Skellefteå. Mätning av E-modul för balkarna gjordes under november. På grund av förseningar med kamerariggen kunde inte systematisk fotografering av balkarna utföras vid utplaceringen, utan sker vid senare tillfälle.

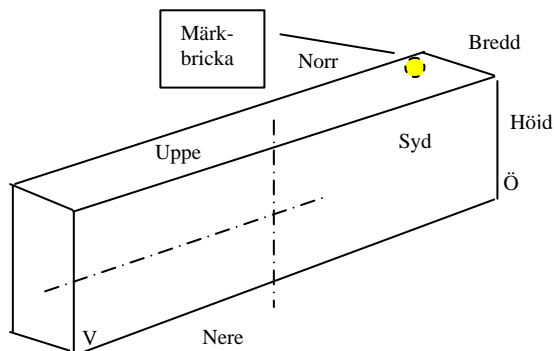
Innan provobjekten placerades på provgården hade de hanterats och transporterats mellan olika platser ett antal gånger. Det medförde att det fanns en del mindre hanteringsskador på en del av dem vid utplaceringen på provgården, t ex repad eller avskavd färg.



*Provobjekt levererade från måleriet.*

## Bilaga E. Dokumentation av balkar innan utplacering

När balkar sätts ut, dokumenteras de vad gäller mått, fuktkvot, färgtjocklek och E-modul. Märkbrickan placeras på balkens norra sida, i det nord-östra övre hörnet.



Balk	Fuktkvot stift medel (%)	Färgtjocklek medel ( $\mu\text{m}$ )	E-modul (MPa)
H1	28,9		12007
H2	38,6		14213
H3	24,9		12804
H4	23,9		12318
H5	22,9		11315
H6	39,2	73	10969
H7	25,6	81	12252
H8	23,6	81	10354
H9	27,3	75	10073
H10	26,8	75	10770
H11	19,5	67	11190
H12	17,1	73	11709
H13	18,9	73	12557
H14	23,4	74	10253
H15	21,1	66	12352
H16	28,1	67	11080
H17	25,9	71	9360
H18	28,9	73	11591
H19	28,9	67	11472
H20	30,0	74	10970

### Fuktmätning av balkar

Fuktkvoten avlästes vid utplaceringen på provgården. Det fanns en del höga fuktkvoter, över 20 % och upp mot 60 %, vilket tyder på att vatten kommit in i balken vid stiften. Det beror antagligen på att stiften monterades i dosorna, men vissa dosor tätades inte direkt. Balkarna låg sedan några månader på olika platser innan fuktmätningen utfördes och balkarna placerades på ställningarna. Fukt hade då trängt in vid stiften, och lokalt vid stiften hade träet därför hög fuktkvot.

### Utseende

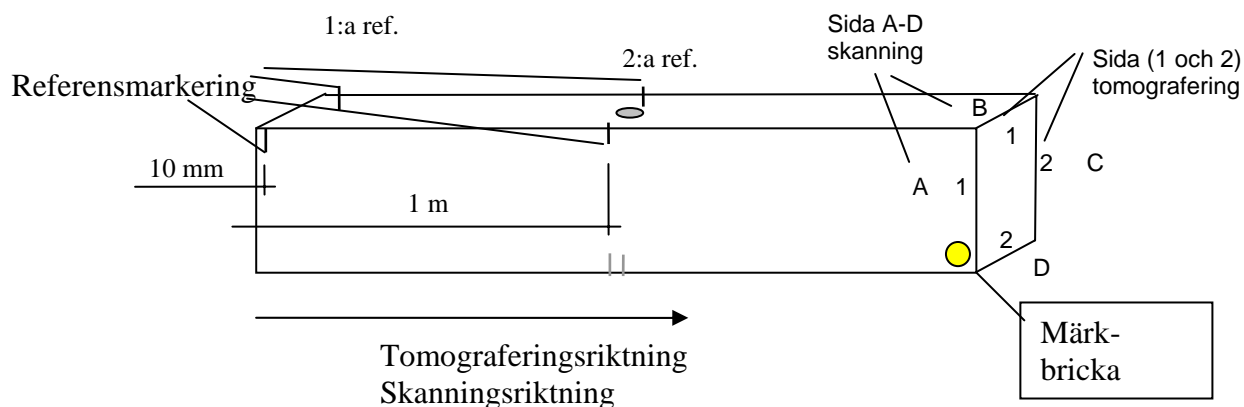
Missfärgning av strön eller tejp fanns på de flesta balkar. Ett par balkar hade svart missfärgning vid rostiga häftklammer. Några balkar hade några cm hål/vankant vid lamellskarvar, en balk hade ett par dm långt hål (vankant på lamell), men även mindre hål fanns på en del ställen. En balk hade tunna sprickor i färgen på övre delen av ena sidan, och en annan hade tunna sprickor spridda över hela höjden. Avskavd färg vid nedre kanten av balken förekom. En balk hade på ena sidan en större, öppen spricka ca 5 mm bred och 0,5 m lång i övre delen vid änden.

# Bilaga F. Dokumentation och tomografering av balkbitar och stolpar innan utplacering

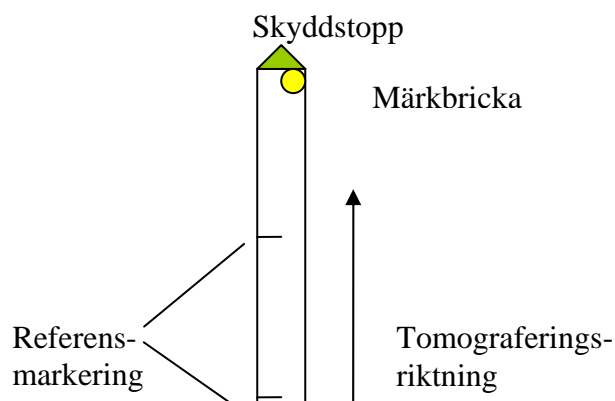
## Mindre balkbitar

Typ	Dimension			Material	Ytbehandling	Kulör	Antal
	Bredd	Höjd	Längd				
MB1	140	315	2000	Furu, impr.	Oljad	-	5
MB2	140	315	2000	Furu, impr.	Målad	Ljus (vit)	5
MB3	140	315	2000	Furu, impr.	Målad	Mörk (röd)	5
MB4	140	315	2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
MB5	140	315	2000	Gran	Målad (annan färgtyp)	Mörk (röd)	5
MB6	90	315	2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
MB7	215	315	2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5

- Börja tomograferingen från den sida som inte är märkt med en bricka.
- Gör referensmarkeringar med väderbeständig tuschpenna, en första markering vid det första tomograferingssnittet 10 mm från änden, och en 2:a markering 1 m från änden (balkmitt).
- Fuktkvot mäts med stiftfuktkvotsmätare på undersidan vid 2:a referensmarkeringen, med stiftlängd 30 mm.
- Använd en densitetsreferens (vattendummy) på bilden vid 2:a referensmarkeringen.
- Tomografera med 10 mm mellanrum.
- Strålbredd 5 mm.
- Spara bilderna i originalformat.
- Mät dimensionen bredd och höjd på båda sidor (sida 1= uppe alt. märksida, sida 2 = andra sidan, se figur), mäts vid 2:a referensmarkeringen, samt längden på balken, mätt på mitten av ovansidan.
- Kommentera utseende på balken som ev. sprickor och skador i färgen.
- På provgården placeras balkarna med märkbrickans sida mot norr.



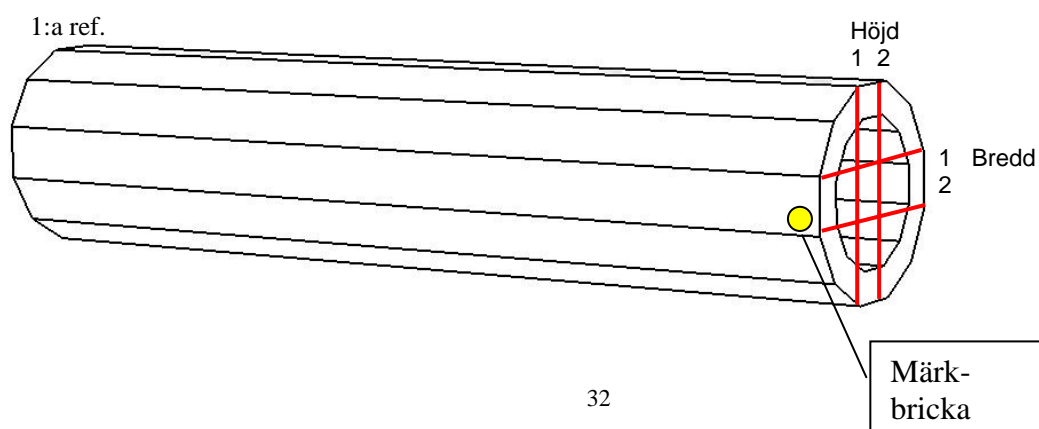
## Stolpar



- Tomografering utförs på samma sätt som för balkarna.
- På provgården placeras stolparna med märkbrickans sida mot norr.

Typ	Dimension			Material	Ytbehandling	Kulör	Antal
	Bredd	Höjd	Längd				
S1	90	135	2000	Furu, impr.	Oljad	-	5
S2	90	135	2000	Gran	Målad	Ljus (vit)	5
S3	90	135	2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
S4	90	135	2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
S5	Diameter 400, tj. 67		2000	Comwood-Gran	Målad	Mörk (röd)	5
S6	Quattrolit-110x110		2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
S7	Homogen 100x100		2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
S3extra	90	135	2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	5
Vä-beh.	Quattrolit-110x110		2000	Gran	Oljad	-	1
Vä-beh.	Quattrolit-110x110		2000	Gran	Målad	Mörk (röd)	1

Dimensionsmätning av Comwood-stolparna görs vid båda ändar. Referensmarkering mm utförs på samma sätt som för balkarna.



## Protokoll för mindre balkbitar

Balk	Fuktkvot tomografering (%)	Färgtjocklek medel ( $\mu\text{m}$ )
H56	14,5	
H57	13,8	
H58	14,7	
H59	14,8	
H60	12,9	
H61	15,2	81
H62	14,9	72
H63	15,3	72
H64	16,4	82
H65	14,4	74
H66	14,5	74
H67	14,9	80
H68	15,8	76
H69	13	80
H70	14,1	74
H71	11	73
H72	12,7	73
H73	13,1	71
H74	12,7	71
H75	13	74
H76	13	86
H77	11,4	92
H78	9,9	88
H79	11,4	87
H80	11,7	84
H81	11	71
H82	13,1	66
H83	11	67
H84	10,5	75
H85	10,7	70
H86	13,7	81
H87	12,8	77
H88	12,3	77
H89	13,6	84
H90	14,8	80

### Utseende

Ändsprickor förekommer på flera av de målade balkarna. Det finns även sprickor ca 300-600 mm på över- eller undersidan på några balkar. Transportskada vid över- eller undersidan finns på några balkar. Det förekommer även kvisthål, skada vid fingerskarv samt limfog på någon balk.

## Protokoll för stolpar

Stolpe	Fuktkvot tomografering (%)	Fuktkvot stift medel (%)
H21	13,2	15,2
H22	13,1	17,5
H23	14,1	15,1
H24	12,9	15,0
H25	13,0	14,7
H26	12,0	11,6
H27	12,0	12,6
H28	11,7	11,9
H29	13,4	12,7
H30	13,3	12,8
H31	11,0	12,7
H32	12,5	12,4
H33	10,7	12,3
H34	13,0	12,8
H35	11,0	12,6
H36	12,4	15,1
H37	12,3	15,3
H38	12,2	15,5
H39	11,7	14,9
H40	13,0	15,0
H41	11,0	-
H42	11,0	-
H43	10,7	-
H44	12,4	-
H45	11,1	-
H46	11,0	13,3
H47	12,8	13,1
H48	11,8	12,9
H49	10,6	13,2
H50	11,7	13,2
H51	14,1	14,6
H52	16,4	16,4
H53	18,0	16,1
H54	16,5	15,0
H55	15,1	14,4
H91	12,3	12,4
H92	12,3	12,5
H93	12,5	12,4
H94	11,5	12,5
H95	11,3	12,2
H96	6,4	10,7
H97	7,5	15,4

### Fuktkvot stift

Fuktkvoten vid stiftens avlästes vid utplaceringen på provgården. Mätstift har inte monterats på Comwood-stolparna.

# Bilaga G. Placering på provgården

## Balkar (9 m)



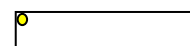
B2	H6
B3	H14
B4	H18
B2	H8
B1	H3

B3	H11
B4	H20
B1	H2
B1	H4
B2	H10

B4	H19
B1	H1
B2	H9
B4	H17
B3	H13

B1	H5
B2	H7
B3	H15
B3	H12
B4	H16

Märkbricka:  
Norr, uppe



## Mindre balkar (2 m)

MB3/H68
MB5/H78
MB2/H65
MB4/H72
MB1/H59

MB4/H75
MB1/H58
MB3/H67
MB5/H80
MB2/H63

MB5/H77
MB2/H64
MB4/H74
MB1/H60
MB3/H69

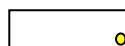
MB1/H57
MB3/H70
MB5/H79
MB2/H61
MB4/H73

MB2/H62
MB4/H71
MB1/H56
MB3/H66
MB5/H76

MB6/H85
MB6/H84
MB6/H83
MB6/H82
MB6/H81

MB7/H90
MB7/H89
MB7/H88
MB7/H87
MB7/H86

Märkbricka:  
Norr, nere



## Räckesstolpar (2 m)

S1	S2	S4	S3	S2
H24	H28	H38	H35	H29

S2	S1	S1	S4	S3
H30	H22	H23	H39	H31

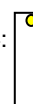
S3	S4	S2	S1	S4
H32	H40	H26	H25	H37

S4	S3	S3	S2	S1
H36	H33	H34	H27	H21

Alla utom S4  
Märkbricka:  
Väster, nere



Märkbricka S4:  
Väster, uppe



## Till höger om ovanstående placeras stolpar på betongfundament (2 m)

S6	S6	S6	S6	S6	Quattroolit
H46	H47	H48	H49	H50	

Märkbricka:  
Norr, uppe



S7	S7	S7	S7	S7	Fyrkant
H51	H52	H53	H54	H55	

Märkbricka:  
Norr, uppe



VB	VB	S3E	S3E	S3E	S3E	S3E	Värmebehandlat och S3-Extra
H96	H97	H91	H92	H93	H94	H95	

Märkbricka VB:  
Norr, uppe



Märkbricka S3E:  
väster, nere



S5	S5	S5	S5	S5	Comwood
H41	H42	H43	H44	H45	

Märkbricka:  
Norr, uppe



## Bilaga H. Klimatdata för Skellefteå under 2007

Data är hämtat från väderstation vid Balderskolan i Skellefteå, se <http://www.balderskolan.se/vader/>

### YEARLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY FOR 2007

MON	MEAN TEMP	HIGH	DATE	LOW	DATE	HEAT DEG DAYS	RAIN	WIND SPEED		DOM DIR	MEAN BAROM	MEAN HUM
								AVG	HI			
1	-7.1	4.2	8/1	-22.7	24/1	2225	13.2	2	17	SV	965	75
2	-11.2	3.6	3/2	-27.8	8/2	2134	7.9	1	12	NÖ	1016	76
3	0.8	16.4	27/3	-17.1	5/3	1983	13.2	2	18	NÖ	1010	72
4	4.5	19.1	16/4	-7.9	4/4	1738	1.5	3	24	NÖ	1010	53
5	8.1	19.1	20/5	-1.9	13/5	1764	45.7	2	17	ÖNÖ	1006	64
6	14.1	29.4	3/6	1.6	2/6	1528	30.5	2	12	ÖNÖ	1012	57
7	15.8	24.9	3/7	5.7	20/7	1526	95.2	2	13	V	1006	75
8	15.4	28.9	7/8	1.5	31/8	1500	45.5	2	13	ÖNÖ	1009	75
9	8.4	16.4	24/9	-2.6	29/9	1696	34.0	2	15	ÖNÖ	1007	77
10	5.4	15.1	4/10	-4.7	12/10	1811	23.9	2	17	ÖNÖ	1003	80
11	-2.7	7.7	1/11	-17.8	1/11	2027	17.5	2	17	ÖNÖ	996	83

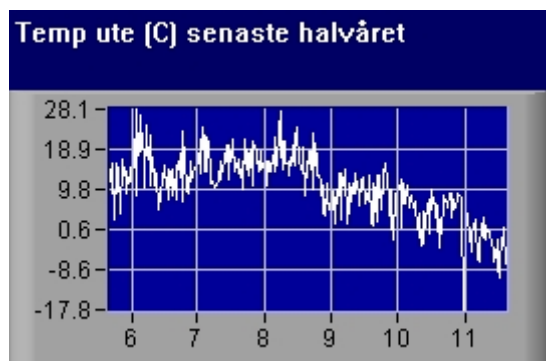


Diagram över temperatur för tiden 2007-06-21 – 2007-11-20.

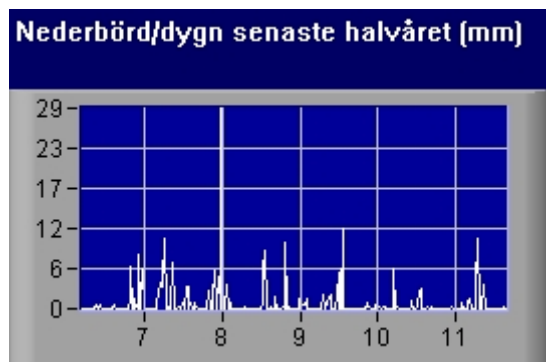
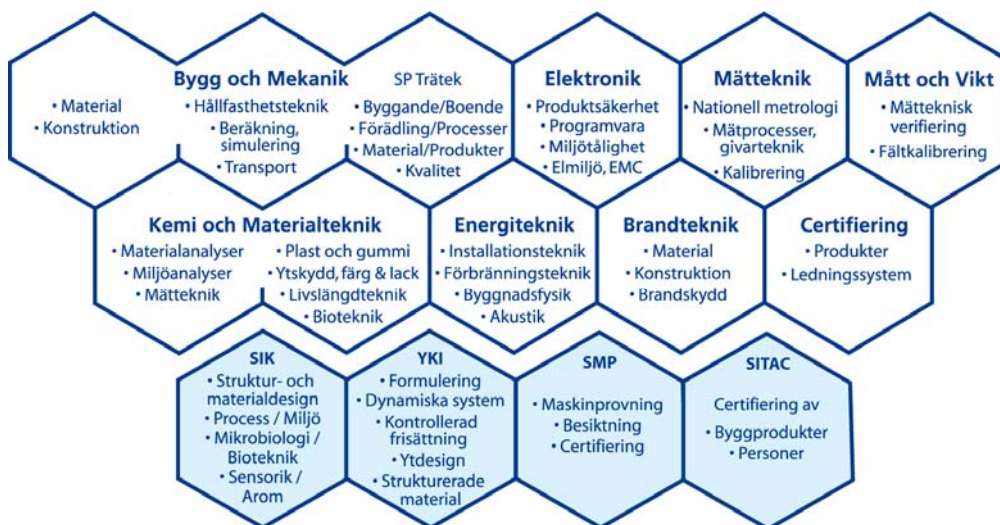


Diagram över nederbörd för tiden 2007-06-21 – 2007-11-20.



**SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut** utvecklar och förmedlar teknik för näringslivets utveckling och konkurrenskraft och för säkerhet, hållbar tillväxt och god miljö i samhället. Vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling. Vår forskning sker i nära samverkan med högskola, universitet och internationella kolleger. Vi är drygt 850 medarbetare som bygger våra tjänster på kompetens, effektivitet, opartiskhet och internationell acceptans.



SP är organiserat i åtta tekniska enheter och fyra dotterbolag.



## SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: [info@sp.se](mailto:info@sp.se), Internet: [www.sp.se](http://www.sp.se)

[www.sp.se](http://www.sp.se)

SP Rapport 2007:35

ISBN 978-91-85533-96-1

ISSN 0284-5172

A Member of

