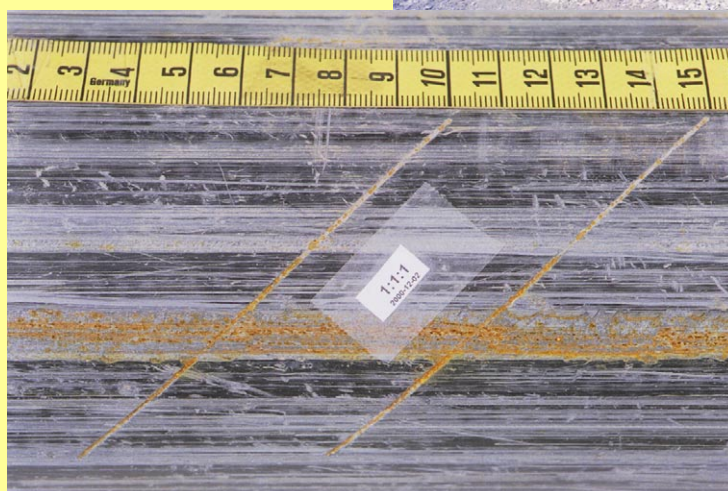




STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE



Korrosionsskyddande beläggningar på stålplålar i jord – Provning av reptålighet

ULF BERGDAHL
ROLAND TRÄNK

Varia 553

LINKÖPING 2005



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

Varia **553**

**Korrosionsskyddande beläggningar
på stålplåtar i jord**
– Provning av reptålighet

ULF BERGDAHL
ROLAND TRÄNK

Varia	Statens geotekniska institut (SGI) 581 93 Linköping
Beställning	SGI Informationstjänsten Tel: 013-20 18 04 Fax: 013-20 19 09 E-post: info@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se
ISSN	1100-6692
ISRN	SGI-VARIA--05/553--SE
Projektnummer SGI	10450

FÖRORD

Flera års utredning och fältundersökning har givit oss ett stort kunnande vad beträffar korrosionen på oskyddade stålplåtar som används för grundläggning och grundförstärkning i svenska naturligt lagrade jordar, Camitz (1994).

I arbetet med gemensamma dimensioneringsregler för korrosion på stålplåtar, som påbörjats i Pålkommisionens regi, har det emellertid framkommit att vi har begränsade kunskaper om skyddseffektiviteten hos organiska beläggningar på stålplåtar som drivs ned i jord. Det gäller dels motståndskraften mot mekanisk nötning i samband med neddrivning, dels själva beläggningarnas beständighet och korrosionsskyddande förmåga. För zinksiktet på förzinkat stål finns det vid Korrosionsinstitutet experimentella resultat från fältexponeringar av provplåtar i svenska jordar, Vinka (2000). Realistiska livslängdsberäkningar kan därför göras för förzinkningssiktet på stålplåtar. Dock saknas kunskap om zinkbeläggningarnas motståndskraft mot repning/avnötning i samband med neddrivning av plåtar.

Denna rapport redovisar resultatet av Delprojekt 1 av två som utförts i samarbete mellan Korrosionsinstitutet (KI) och Statens geotekniska institut (SGI). De två delprojekten benämns:

- Provning av reptålighet hos korrosionsskydd på stålplåtar (SGI).
- Undersökning av skyddsförmågan hos organiska beläggningar på stålkonstruktioner i jord (KI), Vinka et al (2002).

Detta Delprojekt 1, som i huvudsak utförts vid SGI har finansierats av, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF), Banverket, Vägverket, Hercules Grundläggning AB, Rautaruukki, Grundförstärkningar AB och Statens geotekniska institut (SGI). De elektrokemiska mätningarna in situ har på ett förtjänstfullt sätt utförts av Bertil Sandberg, KI, Sandberg (2001). Nedslagning och uppdragning av plåtar har utförts av Hercules Grundläggning AB. Plåtar har tillhandahållits av Rautaruukki utom de polyetenbelagda, som tillhandahållits av Grundförstärkningar i Göteborg AB.

En referensgrupp bestående av Pär Andreasson, Per-Evert Bengtsson, Magnus Karlsson, Håkan Bredenberg, Göran Camitz, Kjell Kjellberg, Yngve Thorén och Tor-Gunnar Vinka har fått del av rapporten och har givit värdefulla synpunkter på innehållet.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	7
1 INLEDNING	9
1.1 SYFTE	9
1.2 BAKGRUND	9
2 PROGRAM FÖR UNDERSÖKNINGARNA	10
2.1 PROBLEMSTÄLLNINGAR	10
2.2 BESTÄMNING AV BELÄGGNINGARNAS REPTÅLIGHET	10
2.3 BESTÄMNING AV SKYDDSFÖRMÅGAN HOS BELÄGGNINGARNA I JORD	11
3 GENOMFÖRANDE AV FÖRSÖKEN	11
3.1 PROVPÅLAR OCH BELÄGGNING	11
3.2 PROVPLATSER	12
3.2.1 Allmänt	12
3.2.2 Provplats 1, Universitetsområdet	12
3.2.3 Provplats 2, Kolbytteomon	16
3.3 PREPARERING AV PROVPÅLAR	17
3.3.1 Allmänt	17
3.3.2 Beteckning och numrering av pålar/pålelement	18
3.3.3 Undersökning av pålar före neddrivning	18
3.4 PROVPÅLNING	19
3.5 IN SITU-MÄTNING	20
3.6 UPPDRAGNING AV PÅLARNA	22
3.6.1 Allmänt	22
3.6.2 Undersökning av pålar efter uppdragning	23
4 RESULTAT AV UNDERSÖKNINGARNA	24
4.1 BELÄGGNINGARNAS KONDITION FÖRE PÅLSLAGNING	24
4.2 RESULTAT AV PÅLSLAGNING	29
4.3 RESULTAT AV IN SITU-MÄTNING	31
4.3.1 Elektrodpotentialer	31
4.3.2 Mätning av gradienter med och utan ström	31
4.3.3 Mätning av övergångsmotstånd	32
4.3.4 Mätning av propolarisering	33
4.4 BELÄGGNINGARNAS KONDITION EFTER PÅLSLAGNING OCH UPPDRAGNING	35
4.4.1 Allmänt	35
4.4.2 Epoxibelagda pålar	36
4.4.3 Varmförzinkade pålar	39
4.4.4 Polyetenbelagda pålar	41
4.4.5 Obelagda pålar	44
5 ANALYS AV RESULTATEN	44
5.1 ALLMÄNT OM BELÄGGNINGARNA FÖRE NEDSLAGNING	44
5.2 ANALYS AV ANVÄNDA UNDERSÖKNINGS- OCH MÄTMETODER	46
5.2.1 Undersökning av beläggningarnas kondition	46
5.2.2 Undersökningar med in situ-mätningar	46
5.3 ANALYS AV BELÄGGNINGARNAS KONDITION EFTER NEDSLAGNING OCH UPPDRAGNING	49
6 SLUTSATSER	51
6.1 BELÄGGNINGARNAS REPTÅLIGHET OCH KONDITION	51
6.2 FÖRSLAG TILL HUR MAN KAN BESTÄMMA BELÄGGNINGARS KONDITION	52
7 REFERENSER	54

BILAGOR

	NR
Påltyper, dimensioner, stålqualität och beläggningsqualität	1:1-1:1
Fält och laboratorieundersökningar. Provpåls Universitetsområdet, Linköping	2:1-2:5
Skiktjockleksmätningar och skadebedömning före påslagning samt efter påslagning och uppdragning	3:1-3:12
Påslagningsprotokoll	4:1-4:3
Skiktjockleksmätningar m m efter uppdragning av pålar	5:1-5:14
Jämförelser mellan skiktjocklekar före och efter påslagning	6:1-6:3
Noterade skador på pålar efter uppdragning	7:1-7:2

SAMMANFATTNING

Genom en följd av år har det i Sverige samlats erfarenheter om korrosion på stålpålar och stålstänger i naturligt lagrad jord. Detta arbete har bedrivits av SJ:s tidigare Geotekniska kontor, Pålkommissionen, Korrosionsinstitutet (KI) och Statens geotekniska institut (SGI).

Tyvärr har det visat sig att kunskapen om skyddseffektiviteten hos belagda stålpålar inte är lika stor, dels beläggningarnas motståndskraft mot mekanisk nötning vid neddrivning dels beläggningarnas beständighet och korrosionsskyddande förmåga på lång sikt.

Denna rapport redovisar resultatet av en provning av reptålighet hos korrosionsskydd på stålpålar och hur eventuella skador kan upptäckas med in situ-mätning, som utförts vid SGI. Provning av beläggningarnas beständighet och korrosionsskyddande förmåga på lång sikt utförs av KI.

Som provpålar har valts rörpålar (RR115). Dessa var epoxibehandlade (4 st), varmförzinkade (4 st) och obehandlade (2 st) som referenspålar. Dessutom användes stålplastpålar med beläggning av polyeten. Alla provpålar hade längden 12 m. Före neddrivning preparerades provpålarerna med ritsar och beläggningarnas tjocklek och täthet undersöktes.

Provpålarerna drevs ner på två provplatser, Universitetsområdet och Kolbyttemon. På Universitetsområdet bestod jorden av 2,4 m packad bergkross, 8 m lera och 1 m friktionsjord på berg. På Kolbyttemon bestod jorden av sand och silt, som har en relativ fasthet som är hög till medelhög. Djupet till berg var större än 12 m.

Rörpålarerna drevs ned med fallhejare på 3 ton och 0,25 m fallhöjd medan stålplastpålarerna drevs ned med vibrationshejare.

Efter sju veckor i jorden drogs pålarerna upp med vibrationshejare och kapades i hanterbara längder om 2,0-2,5 m för närmare undersökning.

Före uppdragning utfördes in situ-mätning med elektrokemiska mätmetoder på pålarerna, som syftade till att påvisa typ och omfattning av metallytor i direkt kontakt med jorden genom att mäta jordens resistivitet, pålarnas elektropotential, övergångsmotstånd mellan pålar och jord samt strömgradienter i jorden med och utan strömbelastning.

In situ-mätningarna av spänningsgradienter visade att det hade utbildats korrosionsceller längs pålarerna medan mätningen av övergångsmotståndet visade att detta var dubbelt så stort på de epoxibelagda pålarerna jämfört med referenspålen och på de polyetenbelagda pålarerna var 3-8 gånger högre. Detta kan betyda att epoxibeläggningsmotstånd är mindre än polyetenets eller att epoxibeläggningsmotståndet har fler skador. De vid provpolariseringen uppmätta potentialerna och strömtätheterna ger underlag för uppskattning av beläggningens resistans och därmed en bedömning av storleken på skadade beläggningssytor. Resultaten av in situ-mätningarna visar att sådana kan användas för att få en uppfattning om skadeomfattningen på stålpålar i jord med organiska beläggningar.

Efter uppdragning har beläggningarna noga undersökts genom fotodokumentation, skiktjockleksmätning, porsökning och okulär granskning (skadeklassning). Undersökningen visar att epoxibeläggningsmotståndet erhållit mest skador till följd av nedslagning och uppdragning (mycket skadade till relativt mycket skadade). De varmförzinkade pålarerna

bedömdes vara relativt mycket skadade till oskadade medan de polyetenbelagda pålarna bedömdes som relativt skadade till relativt oskadade. Beläggningarna blev mest skadade på Universitetsområdet trots det samlade större neddrivningsmotståndet på Kolbytte-mon, sannolikt beroende på bergkrossfyllningen. Skadorna var störst närmast pålspetsarna och vid skarvhyllsorna sannolikt beroende på att jordtrycket mot mantelytan där blir störst vid neddrivningen.

Sammanfattningsvis kan konstateras att samtliga pålar fått beläggningsskador vid de utförda försöken och skadorna är av sådan omfattning att de kan leda till korrosion på underliggande stål. De epoxibelagda pålarna har fått störst skador och bedöms ej uppfylla Boverkets konstruktionsregler utan bör skyddas genom extra rostmån eller med katodiskt skydd vid jordförhållanden liknande de som nu provats. De polyetenbelagda pålarna har fått få djupare skador (frilagt stål) medan de förzinkade ej fått några nyare djupare skador.

De ritsar genom beläggningarna, som utfördes före neddrivning av pålarna, har ej visat sig ha någon större påverkan på den skadade ytan. Vid de varmförzinkade pålarna noteras en viss ytterligare avspjälkning av zinkskiktet på pålarna.

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplålar i jord

Provning av reptålighet hos korrosionsskydd på stålplålar

1 INLEDNING

1.1 Syfte

Syftet med undersökningarna har varit att undersöka reptåligheten hos korrosionsskyddande beläggningar på stålplålar och hur eventuella repskador kan upptäckas efter pålens neddrivning med hjälp av t ex elektropotentialmätning. Provningen har även omfattat undersökning av hur beläggningen påverkats av repskador, som uppkommit före pålens neddrivning.

Provning har utförts i två områden med olika representativa jordlagerförhållanden där pålning kan vara aktuellt och korrosionsskydd kan komma att utnyttjas. Vidare var det viktigt för utvärdering av provningen, att jordlagerförhållandena och jordens egenskaper var kända och väl dokumenterade.

1.2 Bakgrund

Inom Pålkommisionen har flera aktiviteter, som berör stålplålar beständighet i jord bedrivits. Inom "Korrosionsgruppen" har man tagit fram underlag för en optimerad dimensionering av obelagda stålplålar i naturlig jord baserad på kunskap om jordens korrosionsegenskaper. Inom gruppen för "Gemensamma dimensioneringsregler" har man försökt ge precisa regler för dimensionering av stålplålar, såväl belagda som obelagda, med hänsyn till beständighet. Den samlade kunskapen, in- och utländsk, om obelagda stålplålar korrosion är förhållandevis god, Camitz (1994). Kunskapen om belagda pålars beständighet är dock begränsad. Man vet emellertid att varmförzinkade stålplålar i vissa jordar ger ett bra skydd men ej i alla jordar, Vinka (2001). Organiska beläggningar kan ge ett gott korrosionsskydd i vissa fall, speciellt tillsammans med ett katodiskt skydd. Man vet dock ej tillräckligt om de organiska beläggningarnas beständighet i sig själva och därför inte heller deras samlade långsiktiga skyddseffekt på en stålplåle. Ett särskilt problem med organiska beläggningar är att de på grund av relativt låg hållfasthet eller sprödhet kan repas eller skadas på annat sätt i samband med neddrivningen av pålarna i t ex stenig jord. Hur skador och repor påverkar pålarnas beständighet och bärförmåga på lång sikt vet man inte heller. I det förslag till dimensioneringsregler med hänsyn till beständighet som framtagits på SGI, Bergdahl (1997) i samråd med Korrosionsinstitutet (KI) har därför antagits att en beläggning har en begränsad livslängd och att stålplålen efter denna korroderar med viss hastighet. Det är därför av vital betydelse för stålplålar att beständigheten hos såväl skadade som oskadade beläggningar bestäms så att ett bättre underlag för dimensionering med hänsyn härtill erhålls. Det är också av betydelse att man för organiska beläggningar kan bedöma omfattningen av de skador som uppstår på beläggningen i samband med neddrivningen för att om nödvändigt kompensera härför genom någon extra skyddsåtgärd eller kompletterande pålar.

2 PROGRAM FÖR UNDERSÖKNINGARNA

2.1 Problemställningar

Vid neddrivning av pålar med korrosionsskydd i friktionsjord (sand, grus och sten) eller fyllningsjord kan de korrosionsskyddande beläggningarna vara mer eller mindre känsliga för avnötning. Neddrivning i grusiga eller steniga jordar ger sannolikt större avnötning och uppkomst av mekaniska skador på beläggningen än finkorniga jordar.

Problemet avnötning/avslitning kan sägas vara uppdelat i följande tre olika frågeställningar:

- hur stor del av pålens korrosionsskydd skadas eller nöts av vid neddrivning av en från början "oskadad" påle.
- om en skada finns före neddrivning, hur mycket förvärras/förändras denna skada under neddrivning.
- hur stor inverkan på pålarnas beständighet har skador i den korrosionsskyddande beläggningen.

Andra faktorer, som kan påverka den mekaniska avnötningen av korrosionsskyddet, kan vara:

- påltyp eller tvärsnitt, (rörpålar eller krysspålar)
- neddrivningsteknik, (typ av hejare och fallhöjd, maskinhejare eller vibrationshejare)
- stoppslagningskrav
- om pålar kröker sig i jorden

De idag vanligast förekommande organiska korrosionsskydden på stålpålar är epoxi- eller polyetenbeläggningar (PE-). Tidigare undersökningar i Sverige visar att beläggningen på PE-behandlade stålrör (Levasint-behandlade rör), som grävts ner endast skärs eller skjivas sönder i de punkter där de repats.

När pålarna väl slagits ned och beläggningen eventuellt fått vissa skador är man intresserad av att veta hur stora skadorna är för att därav kunna bedöma pålens beständighet. Därför behövs en mätmetod, som in situ kan ge information om skadornas storlek. För förankringar av korrosionsskyddade stål i jord finns en metod att mäta det elektriska övergångsmotståndet mellan förankringsstång och omgivande jord, se EN 1537 (1999).

2.2 Bestämning av beläggningarnas reptålighet

Undersökningen omfattar bestämning av reptåligheten på tre olika typer av beläggningar som är vanligt förekommande som korrosionsskydd på pålar i Sverige, nämligen epoxi- och polyetenbelagda samt varmförzinkade stålpålar. Reptåligheten har undersökts genom att mäta, fotografera och analysera beläggningarna:

- före neddrivning av pålarna
- efter uppdragning av pålarna

Dessutom har pålarnas elektrokemiska egenskaper i jorden mätts in situ efter neddrivning.

För jämförelse har förhållandena för en obehandlad stålpåle – referenspåle - undersökts på motsvarande sätt.

I undersökningen ingick även att preparera belägningarna med en viss mängd repor – lika på samtliga provpålar – samt värdera deras inverkan på belägningarnas avnötning och korrosionsskyddande egenskaper.

2.3 Bestämning av skyddsförmågan hos belägningarna i jord

För att kunna göra en total bedömning av belagda stålplåtar beständighet behöver man förutom kunskapen om reptålighet och repors storlek också veta något om belägningarnas skyddsförmåga på lång sikt, med eller utan uppkomna repor. För att klarlägga denna skyddsförmåga har vid Korrosionsinstitutet (KI) utförts en laboratorieprovning av ett antal epoxi- och polyetenbelagda provplåtar. Samtidigt har motsvarande provplåtar satts ut på KI's provningsplatser i jord. Dessa undersökningar redovisas separat, Vinka et al (2002). De provplåtar, som grävts ned på KI's provningsplatser, kommer att tas in, undersökas och rapporteras av KI vid senare tidpunkt.

3 GENOMFÖRANDE AV FÖRSÖKEN

3.1 Provpålar och beläggning

Valet av provpålar har gjorts mot bakgrund av följande kriterier:

- ”enkel” pågeometri, som ger stor kontaktyta mot jord
- stor undanträngningsförmåga av jord i förhållande till tvärsnittsarean
- normalt förekommande på marknaden

Med ledning av dessa kriterier har stålörspålar valts för undersökningen. Fördelen med stålörspålar är att dessa har en geometri som enkelt kan definieras samt att stålörspålar ger en större undanträngning av omkringliggande jord än exempelvis krysspålar eller balkprofiler med samma tvärsnittsarea. Detta bedöms öka risken för skador på korrosionsskyddsbelägningen i samband med neddrivning.

I Tabell 3.1-1 visas en sammanställning av provpålarnas egenskaper: typer, dimensioner, antal och skyddsbeläggningar.

Tabell 3.1-1 Valda påltyper och skyddsbeläggningar.

Beteckning	Dimension	Antal	Pållängd m	Korrosionsskydd och föreskriven tjocklek
RR115	Ø 114,3 mm, godstjocklek 6,3 mm, längd 12 m	4	6,0 + 6,0	Epoxi, aluminiumpigmenterad epoxiuretan, 480 µm
RR115	Ø 114,3 mm, godstjocklek 6,3 mm, längd 12 m	4	6,0 + 6,0	Varmförzinkning, 100-150 µm
Stålplast-påle	Ø 101,6 mm, godstjocklek 5,6 mm, längd 12 m	4	6,0 + 6,0	Polyeten, ≥1,8 mm samt därunder ett tunt epoxiskikt
RR115	Ø 114,3 mm, godstjocklek 6,3 mm, längd 12 m	2	6,0 + 6,0	Obehandlade (referenspålar)

Samtliga pålar levererades i sex-meterslängder med lös obelagd bergsko. Bergsko användes för att ge pålarna bästa förutsättningar att gå rakt ned genom jorden. RR115-pålarna var försedda med fastsvetsad skarvhylsa med samma beläggning som på pålarna i övrigt. Skarvhylsan på stålplastpålarna var varmförzinkad och pressad – dvs inte svetsad - på underpålen. Detta innebär att en del av de organiskt belagda pålarna har metal-

lisk kontakt med jorden vilket kan ha betydelse vid in situ-mätningarna. Hur stor del av pålarna som hade metallisk kontakt med jorden framgår av Tabell 3.1-2.

Tabell 3.1-2 *Precisering av obelagda påldelar.*

Objekt	Längd m	Diameter m	Utformning	Ursprungligen obelagd yta, m ²
Kort sond	1,5	0,022	Belagd 0-1,0 m, obelagd 1,0-1,5 m	0,035
Lång sond	7,5	0,022	Belagd 0-7,0 m, obelagd 7,0-7,5 m	0,035
Påle 1	12	0,11	Epoxybelagd, obelagd bergsko	0,02
Påle 2	12	0,11	Epoxybelagd, obelagd bergsko	0,02
Påle 3	12	0,11	Varmförzinkad, obelagd bergsko	4,15 ¹⁾
Påle 4	12	0,11	Varmförzinkad, obelagd bergsko	4,15 ¹⁾
Påle 5	12	0,11	Polyetenbelagd, varmförzinkad hylsa, obelagd bergsko	0,12
Påle 6	12	0,11	Polyetenbelagd, varmförzinkad skarvhylsa, obelagd bergsko	0,12
Påle 7	12	0,11	Obelagd stålpåle	4,15 ¹⁾

¹⁾Ej organisk beläggning.

För att kunna dra upp pålarna efter nedslagning och efterföljande in situ-mätning genomborrades underpålar och skarvhylsor och fästes ihop med kraftiga bultar tvärs genom pålarna. I Bilaga 1:1-1:11 redovisas data för pålarna såsom dimensioner, stål-kvalitet, kvalitet på beläggningar etc.

3.2 Provplatser

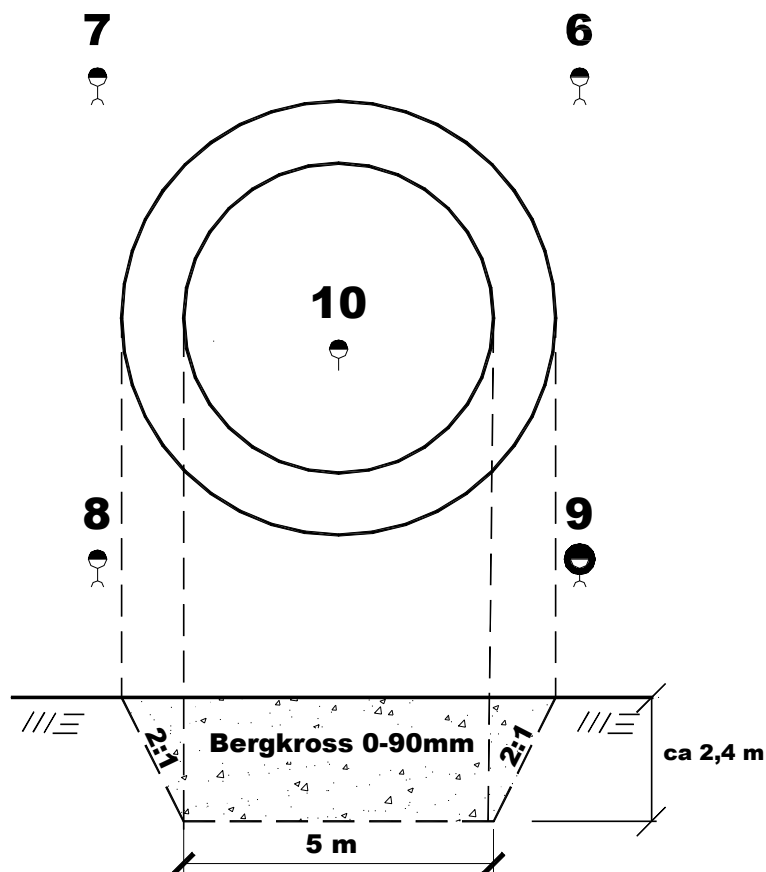
3.2.1 Allmänt

För att studera avnötning och repning av korrosionsskydd på stålplålar har provplatser valts/preparerats med inslag av grovt grus och sten så att en viss avnötning/repning skulle uppstå. Förutsättningen har varit att markförhållandena skulle vara så fasta och steniga som möjligt men ej så fasta att pålning ej skulle blivit aktuellt i ett verkligt fall med grundläggning. Samtidigt har strävan varit att erhålla stoppslagning mot berg på 10-12 m djup. Vidare var kravet att pålarna skulle gå att dra upp efter neddrivningen.

Mot bakgrund av dessa krav har två provplatser valts, Universitetsområdet och Kolbytemon, som ligger i Linköping respektive ca 8 km söder därom. Områdena beskrivs närmare nedan.

3.2.2 Provplats 1, Universitetsområdet

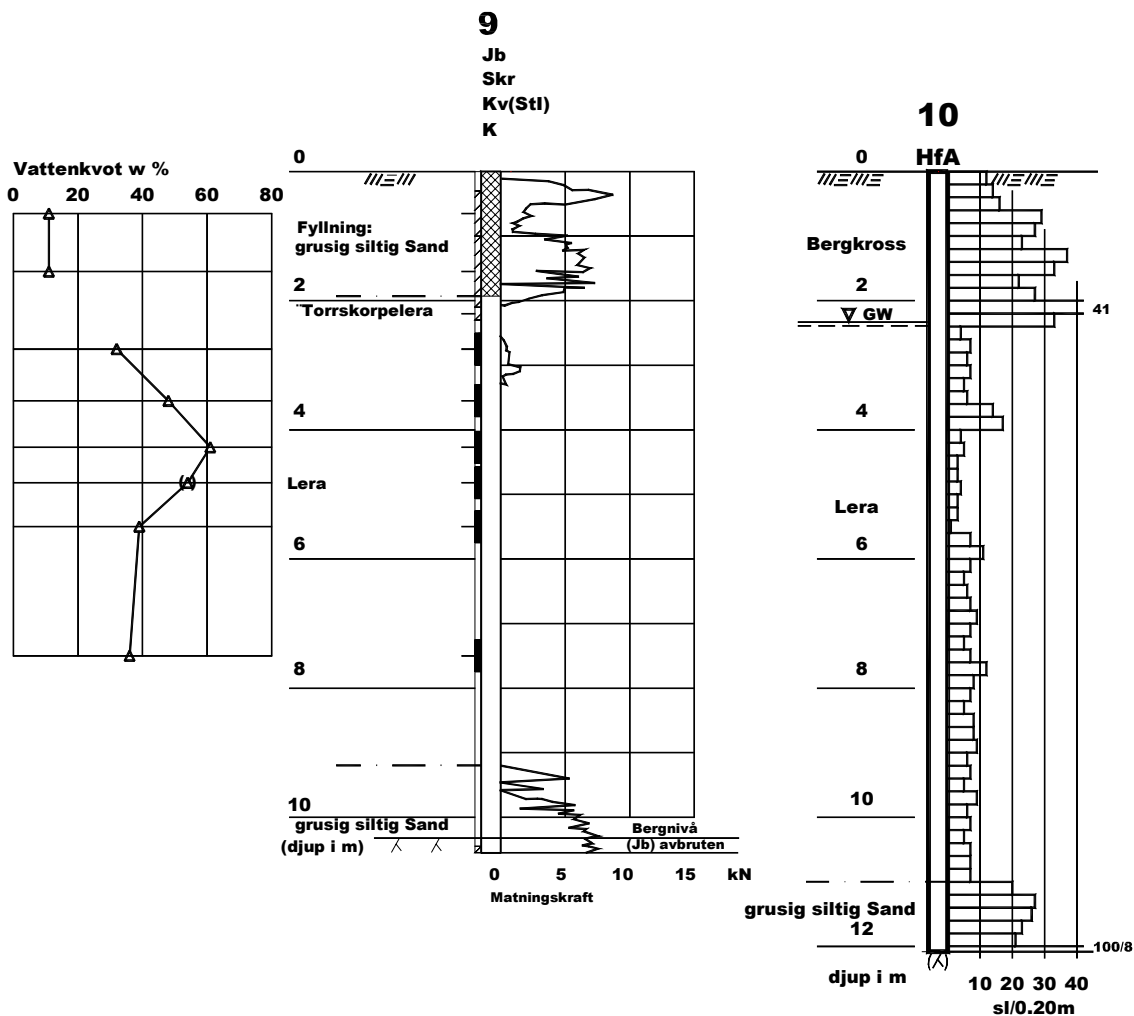
Provplats "Universitetsområdet" är belägen på Universitetsområdet i sydöstra delen av Linköping. Utförda undersökningar, jord-berg- och hejarsondering samt upptagning av jordprover med kolvprovtagare och grundvattenmätningar, visar att jordlagren på provplatsen utgörs av ca 2 m fyllning, ca 8 m lera och ca 1 m friktionsjord på berg. Bergytan befanns ligga på 10,3-12,0 m djup under markytan. Grundvattennivån låg i nivå med ursprunglig markyta eller något därunder dvs 2,4 m under befintlig markyta. Den naturliga vattenkvoten i fyllningen var 11% medan den i leran låg mellan 27 och 61%. Jordens pH-värde och resistivitet låg inom intervallen 8,1-8,4 respektive 29-37 Ωm, mätt på upptagna jordprover.



Figur 3.2-1 Plan och sektion för Provplats 1, Universitetsområdet med utskiftad fyllning.

För att så långt som möjligt uppfylla tidigare nämnda krav avseende jordförhållanden utskiftades befintlig fyllning mot ca 2,4 m bergkross, kornstorlek 0-90 mm, som påfördes i lager och packades såsom för underbyggnad till väg enligt Tabell 4.10-1 i Väg 94. Se även Figur 3.2-1 till 3.2-4. Utförd hejarsondering efter utskiftning av fyllning, Figur 3.2-2 visar att den relativa fastheten kan betraktas som hög både i fyllning och friktionsjorden närmast berget. Leran har enligt tidigare erfarenheter från området en odränerad skjuvhållfasthet i torrskorpan på ca 40 kPa och därunder 20-30 kPa.

Resultaten av laboratorieundersökningar från Universitetsområdet redovisas i Bilaga 2:1 medan resultaten av jord-bergsonderingarna redovisas i Bilaga 2:2-2:5.



Figur 3.2-2 Visar Borrhål 9 som utfördes före utskiftning av fyllning och Borrpunkt 10 som utfördes efter utskiftning av fyllning mot bergkross.

I samband med in situ-mätningarna på Universitetsområdet bestämdes resistiviteten i jorden med Wenner's 4-elektrodmätning, som ger ett vägt medelvärde på resistiviteten inom ett djup motsvarande elektroavståndet, Camitz (1980). Mätningarna visade att resistiviteten i den steniga fyllningen var 3046-3768 Ωm och i jorden utanför och under fyllningen 28-34 Ωm .



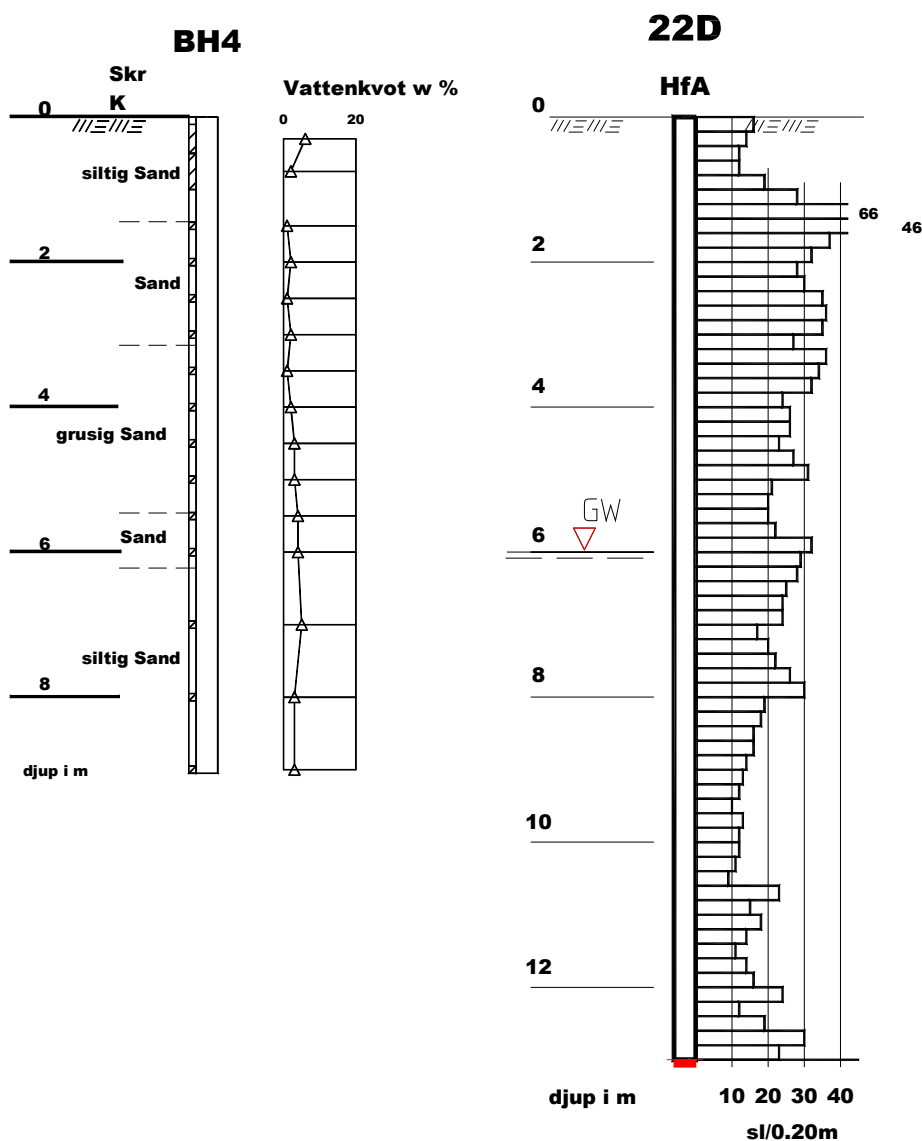
Figur 3.2-3 Packning av fyllningsmaterial – bergkross 0-90 mm – Universitetsområdet.



Figur 3.2-4 Detalj av fyllningsmaterial – bergkross med tumstock på Universitetsområdet.

3.2.3 Provpplats 2, Kolbyttemon

Vid Kolbyttemon, ett av SGIs provfält, som är beläget ca 8 km söder om Linköping, har i samband med provpålningen endast en hejarsondering utförts eftersom markförhållandena där är väl kända och dokumenterade sedan tidigare. Jordlagren utgörs av horisontellt skiktad sand och silt. Den relativa fastheten kan med ledning av hejarsonderingsresultaten bedömas som hög ned till ca 8 m djup och medelhög till hög mellan 8 och 12 m djup. Grövre jord, grusig och stenig sand, finns inlagrad i de övre skikten och den relativa fastheten är lokalt mycket hög. Även mot djupet, 11-12 m under markytan, förekommer grövre material, även sten. Resultaten av undersökningarna visas i Figur 3.2-5. Djupet till berg är mer än 12 m. Grundvattenståndet i området varierar beroende dels på den permeabla jorden dels den relativa närheten till en tidigare grustagsslänt, ca 20 m från provplatsen. Normalt ligger grundvattenytan ca 8 m under markytan men vid provpålningstillfället endast ca 6,0 m under markytan.



Figur 3.2-5 Vänster del visar resultat av en äldre provtagning som är belägen ca 10 m från provpålningens platsen. Den högra delen visar utförd hejarsondering vid provplatsen.

Enligt en sammanställning utförd av KI 1986 låg pH-värdet på 5,7 över och 8,0 under grundvattenytan. Resistiviteten var 2620 Ωm över och 179 Ωm under grundvattenytan medan vattenkvoten var 8 respektive 14 %.

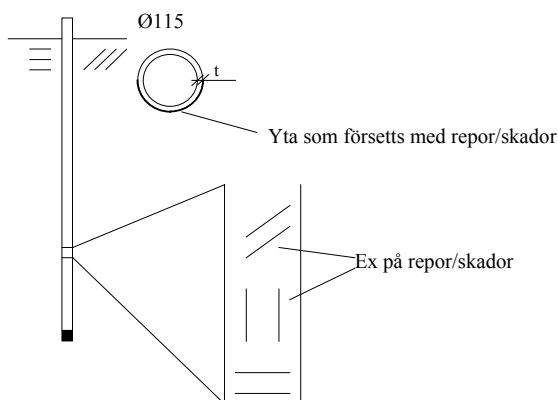
De i samband med in situ-mätningarna utförda resistivitetsmätningarna visade att resistiviteten närmast markytan (0-1,5 m) var hög ca 16000 Ωm medan den från ca 3-9 m var mellan 3270 och 8540 Ωm . Dessa värden representerar sålunda huvudsakligen jorden över grundvattenytan och det högre värdet torr jord närmast markytan.

3.3 Preparering av provpålar

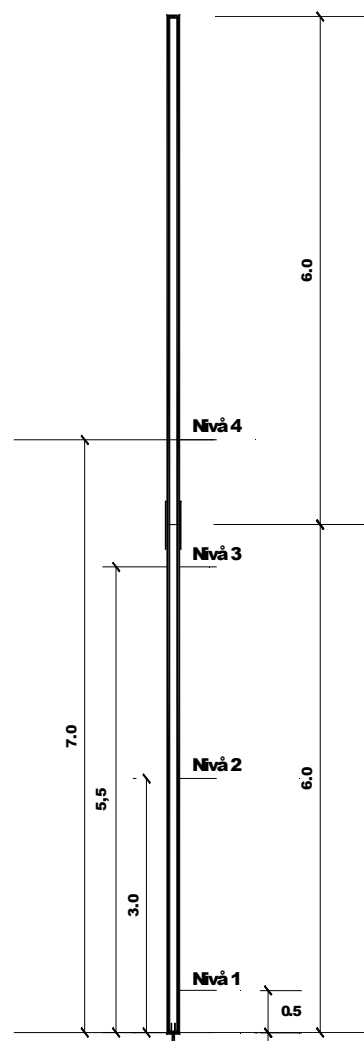
3.3.1 Allmänt

Provpålar, belagda med korrosionsskydd av epoxi, varmförzinkning och polyeten har ingått i studien. Provpålar-na preparerades före nedslagning med förtillverkade repor längs respektive tvärs pålen samt i ca 45° riktning mot pålens längdriktning. Detta för att kunna bedöma det skadade korrosionsskyddets hållfasthet och motståndskraft mot avnötning under neddrivningsarbetet.

Reporna gjordes ca 1 mm breda och ca 100 mm långa i fyra grupper efter pålens längd, 0,5, 3,0, 5,5 och 7,0 m från pålspetsen. På de översta 5 m gjordes inga repor eftersom det bedömdes bli mindre slitage på pålarna på denna del. Varje grupp omfattade sex repor enligt Figur 3.3-1 och läget för respektive grupp illustreras av Figur 3.3-2. Reporna utfördes med en tryckluftdriven ritsmaskin, som skar igenom hela beläggningen. För att reporna skulle bli så lika som möjligt användes en mall av plåt som fixerades över respektive ”reporråde” när reporna utfördes. Reporna dokumenterades med avseende på antal, läge, riktning och storlek samt fotograferades före neddrivning.



Figur 3.3-1 Principskiss visande preparerade repor/skador på pålarna.



Figur 3.3-2 Principskiss visande läge – Nivå 1 till Nivå 4 – för preparerade repor/skador på pålarna.

3.3.2 Beteckning och numrering av pålar/pålelement

För att pålarna skulle vara lätthanterliga och identifierbara bestämdes att de skulle kapas i fem pålelement efter att de dragits upp. Varje sådant pålelement märktes därför före nedslagning med ett antal hål efter ett visst system, som gjorde dem enkla att identifiera. Vidare märktes varje pålelement med ett nummersystem och datum för att vara identifierbart vid fotografering, exempelvis 1:3:4, där

- första siffran anger provplats Universitetsområdet (1) och Kolbytteomon (2)
- andra siffran anger pålnummer
 - 1 och 2 för epoxibeläggning
 - 3 och 4 för varmförzinkning
 - 5 och 6 för polyetenbeläggning
 - 7 för obehandlad påle (referenspåle)
- tredje siffran anger repområdets läge (nivå) räknat från pålspetsen. Se Figur 3.3-2.
- dateringen syftade främst till att skilja pålelementen från varandra dvs före (2000-10-02) och efter (2000-12-02) påldrivningen.
- de på fotografierna visade måttbanden utgår från pålhuvudet dvs lägsta tal är uppåt.

3.3.3 Undersökning av pålar före neddrivning

Provpålarna undersöktes före neddrivning med avseende på beläggningstjocklek och beläggningsskador. Beläggningstjockleken mättes med en skiktjockleksmätare – typ Elcometer 345 TOP – på ett stort antal provytor. Inom varje provyta (ca 10 cm²) mättes skiktjockleken i fem punkter varvid medelvärdet noterades. Förekommande synliga skador mättes in till läge och storlek med måttband. Dessutom undersöktes de epoxibelagda pålarna med porsökare*¹) (Elcometer 136) och antal ”skador” per meter påle noterades. Beläggningstjockleken på de polyetenbelagda pålarna mättes på grund av den större skiktjockleken med Elcometer 345 Basic FT-S2.

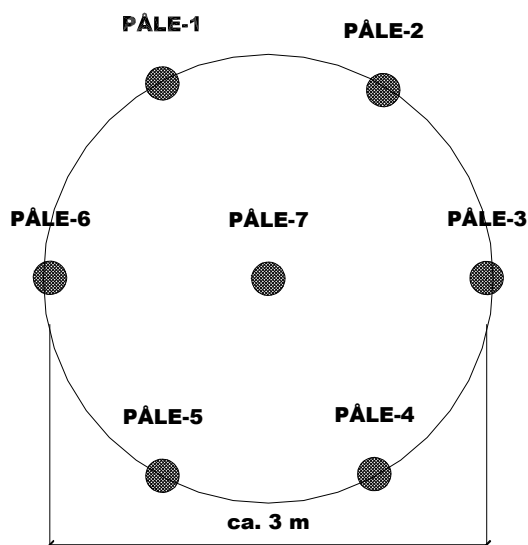
**) Porsökare är ett instrument som används för att kontrollera förekomst av porer, som är osynliga för ögat – beläggningens täthet. I huvudsak förekommer två typer av sådana instrument. Den ena typen arbetar med lågspänning – vanligen 9 V likström – den andra med högspänning – upp till 50 kV växelström. Låg- och högspänningsinstrumenten används i stort sett lika. Instrumentet jordas i mätobjektet och sökarsonden (visp med stort antal trådar) förs över beläggningssytan. Vid porighet uppstår ett överslag från sonden till beläggningssytan – i realiteten till stålet under beläggningssytan, Figur 3.3-3.*



Figur 3.3-3 Porsökare av högspänningstyp vid användning på belagd plåttrumma.

3.4 Provpålning

Provpålningen utfördes under perioden 2000-10-16—18. De korrosionsskyddade pålarna slogs i periferin på en cirkel med ca 3 m diameter och referenspålen i cirkelns mittpunkt, se Figur 3.4-1. Vid de aktuella jordförhållandena och med valda pålar bedömdes detta avstånd tillräckligt för att man inte skulle få några effekter på resultaten av jordundantäckning eller packning. Provpålningen utfördes efter samma plan på båda provplatserna. Pålar RR115 slogs med hydraulhejare Banut 400 med 3 tons hejare och 0,25 m fallhöjd medan Stålplastpålarna drevs med vibrationshejare Atlas Copco TEX200 enligt Grundförstärkningar AB's utförandeinstruktioner, Se Figur 3.4-2 och Bilaga 1:4-1:7.



Figur 3.4-1 Principskiss – pålplan för båda provplatserna.



Figur 3.4-2 Provpålar på Universitetsområdet slogs med Banutmaskin till höger och Atlas Copco TEX-vibrationshejare uppe till vänster.

I Tabell 3.4-1 redovisas en sammanställning av använd drivningsutrustning, fallhöjd etc. för provpålarna på båda provplatserna.

Tabell 3.4-1 Drivningsutrustning och fallhöjd för provpålarna.

Påle nr	Korrosionsskydd	Hejare		Fallhöjd (m)
		Typ	Vikt (ton)	
1	Epoxi	Banut 400	3	0,25
2	Epoxi	Banut 400	3	0,25
3	Varmförzinkning	Banut 400	3	0,25
4	Varmförzinkning	Banut 400	3	0,25
5	Polyeten	TEX 200	Vibrationshejare	
6	Polyeten	TEX 200	Vibrationshejare	
7	Obehandlad	Banut 400	3	0,25

Vid vardera provplatsen drevs sju provpålar ned. Avsikten var att på båda provplatserna slå pålarna till godkänt stopp: 10 mm/10 slag för RR115-pålarna och 5 mm/min, under 3 minuter utan ökande tendens till sjunkning för stålplastpålarna med TEX-hejaren.

3.5 In situ-mätning

Syftet med dessa mätningar var att försöka påvisa omfattningen av kända skador (bl a obelagda ytor) och skador på beläggningen, som uppkommit vid pålens neddrivning, med hjälp av elektrokemiska mätmetoder, Sandberg (2001).

In situ-mätningarna utfördes på båda provplatserna på samtliga pålar ca 2 månader efter att pålarna slagits ned då man bedömde att pålarna erhållit en stabil elektropotential i jorden.

Följande elektrokemiska mätningar utfördes:

- Mätning av jordresistivitet på olika djup, som redovisas under 3.2.
- Mätning av elektropotential, Mattsson (1992).
- Mätning av potentialgradienter utan strömbelastning.
- Mätning av övergångsmotstånd.
- Provpolarisering.
- Mätning av gradient vid strömbelastning.

I syfte att klarlägga eventuella effekter av att jorden inte är homogen (varierande resistivitet, effekter av luftningsceller mellan olika delar av pålarna etc) kompletterades provpålarna på båda provplatserna med två provstänger av sondstål \varnothing 22 mm. Dessa hade längden 1,5 respektive 7,5 m och drevs ned till djupen 1,0 respektive 7,0 m. För att få en väl definierad stålyta mot jorden på dessa djup isolerades 1,0 respektive 7,0 m av dessa sonder med krympling. På dessa sondstänger utfördes samma in situ-mätningar som på provpålarna.

Principen för uppställningen vid de olika elektrokemiska mätningarna framgår av Figurer 3.5-1 till 3.5-4. Vid provpolarisering, Figur 3.5-4, placerades referenselektroden 50 mm från pålen utom för Påle 7 vid Universitetet där avståndet var 300 mm. I samtliga fall pågick provpolarisering 10 minuter med en On-potential på -1200 mV relativt Cu/CuSO₄-elektroden.

Vid mätning av övergångsmotstånd, Figur 3.5-3, mäts spänningsfallet för en växelström i jorden mellan elektroderna A och B. Genom tillämpning av Ohm's lag erhålls övergångsmotståndet till omgivande jord mellan blottlagda metallytor på elektrod A. Genom

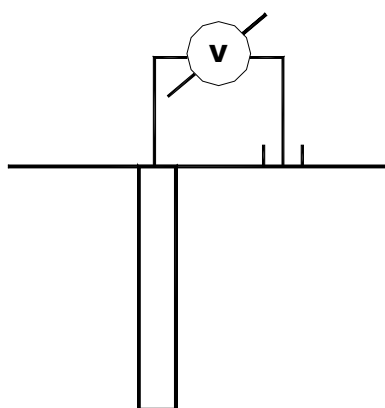
tillämpning av den sk jordtagsformeln kan man räkna fram den metallyta, som är i kontakt med jorden.

Gradientmätningarna, Figur 3.5-2, kan förväntas indikera om det finns en verkande korrosionscell t ex luftningscell längs pålarna i jorden.

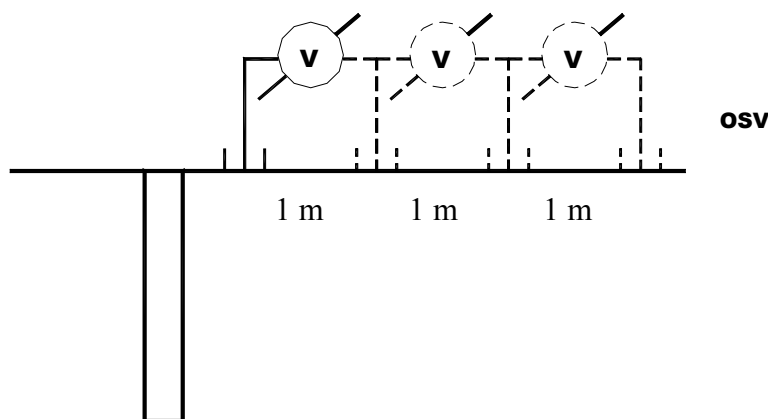
Övergångsmotståndet förväntas indikera effekten av omkringliggande jord för de obelagda pålarna samt hur stor metallyta, som kan vara exponerad mot jord för de belagda pålarna. Om beläggningsresistansen för en ytbeläggning är mycket hög som i detta fall med oskadad polyeten indikerar detta att beläggningen är oskadad. Om övergångsmotståndet är lågt indikerar det att beläggningsresistansen är låg eller att beläggningen är skadad. Vid skada kan den skadade ytan approximativt beräknas med ledning av uppmätt övergångsmotstånd och jordresistiviteten. Härvid kan man också korrigera för ursprungligen obelagda ytor.

Från provpolariseringen kan beläggningsmotståndet R_u beräknas dels för pålarna totalt dels för obelagd del av pålarna, Baekmann et al (1999).

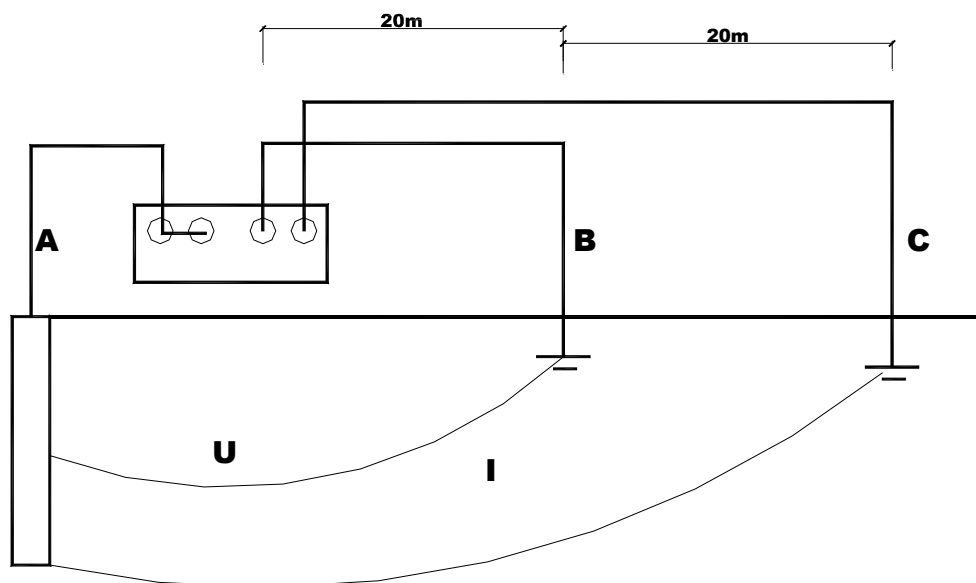
Mätningarna av elektropotential, Figur 3.5-2, kan ge besked om vilken metall (stål eller zink) som har dominerande kontakt med jorden.



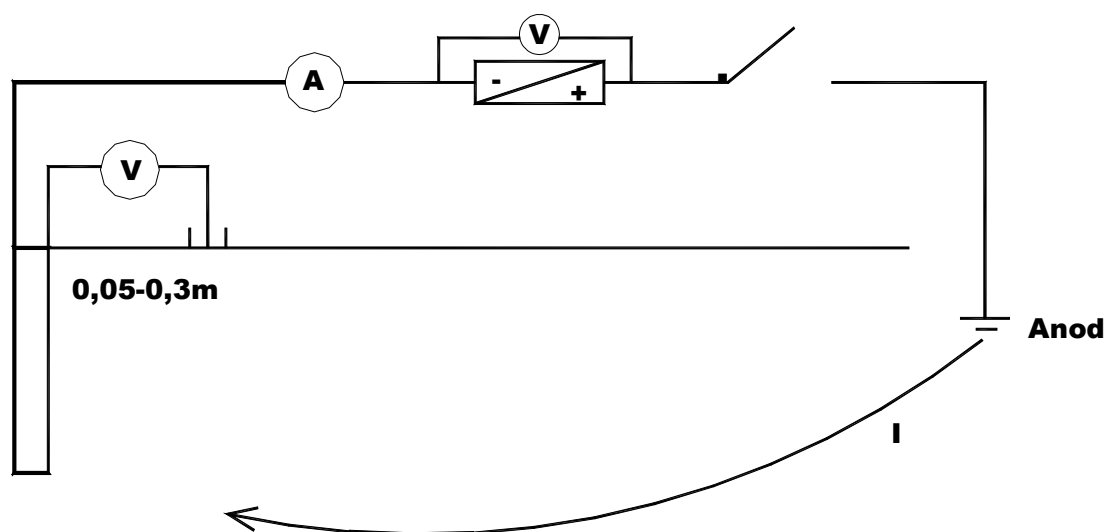
Figur 3.5-1 Principuppställning vid mätning av elektropotential



Figur 3.5-2 Principuppställning vid mätning av potentialgradienter



Figur 3.5-3 Principuppställning vid mätning av övergångsmotstånd med s k jordmegger.



Figur 3.5-4 Principuppställning vid provpolarisering.

3.6 Uppdragning av pålarna

3.6.1 Allmänt

För att kunna dra upp pålarna hade skarvhylsan på underpålen, som tidigare nämnts, försetts med en genomgående bult, $\text{Ø}20$ mm, eftersom pålskarvarna normalt ej är avsedda att ta dragkrafter. En specialkonstruerad krok fastsatt på ett drygt 6 m långt järn stoppades ned i pålen och hakades fast vid bulten i underpålen. Därefter svetsades en specialkonstruerad "platta" fast på pålskallen varefter järnet spändes så att kraften vid den efterföljande dragningen fördelades både på under- och överpåle. Pålarna drogs upp med en vibrohejare hängande i en mobilkran. Samtliga pålar drogs upp, sju veckor efter

nedslagningen, utan att man noterade någon betydande fastväxning eller fastkilning av pålarna. Alla pålar utom en, den polyetenbelagda Påle 5 från provplats Kolbytteomon, var raka efter uppdragning, vilket visar att de ej utsatts för något exceptionellt slitage på de belagda ytorna. Samtliga bergskor följde med upp trots att de inte var fastsatta vid underpålarna.

Efter uppdragningen kapades pålarna på plats i förutbestämda längder, 2,5 + 2,5 + 2,5 + 2,5 + 2,0 m, räknat från pålspetsen för att få hanterbara pållängder för den fortsatta undersökningen. Pålelementen transporterades till SGI för rengöring, identifiering och undersökning. För identifiering se Kap. 3.3.2.

3.6.2 Undersökning av pålar efter uppdragning

Efter att pålelementen rengjorts utfördes i princip samma undersökningar som före påslagningen dvs:

- Skiktjockleksmätning med Elcometer 345 TOP och 345 Basic FT-S2.
- Undersökning av de epoxibelagda pålarna med porsökare (Elcometer 136) enligt 3.3.2 ovan.
- Undersökning av hur befintliga repor och skador påverkats av påslagning och uppdragning till följd av friktion/nötning mot fyllning och jord.
- Undersökning av nytillkomna repor och skador.
- Fotografering av tillverkade repor och skador för jämförelse med tidigare fotodokumenterade repor och skador.

På samtliga beläggningsstyper var de nytillkomna reporna efter uppdragning av sådan omfattning att det inte var praktiskt möjligt att mäta in varje enskild repa/skada. Därför gjordes en relativ bedömning av reporna/skadorna i en femgradig skala enligt följande:

- 1= Skadeklass 1 - oskadad eller mycket små enstaka repor/skador.
- 2=Skadeklass 2 - relativt oskadad, enstaka (1-5 st) långsgående grunda repor och eller enstaka grunda skador (≤ 5 st).
- 3=Skadeklass 3 - relativt skadad, långsgående grunda repor (6-10 st) och eller grunda skador (6-10 st).
- 4=Skadeklass 4 - relativt mycket skadad, långsgående grunda repor eller skador (>10 st) samt enstaka djupa repor/skador.
- 5=Skadeklass 5 - mycket skadad, långsgående djupa breda (>5 mm) repor eller djupa skador >2 cm².

Med grunda skador avses skador som ej går genom beläggningsen. Med djupa skador avses skador som går genom beläggningsen.

Vid samtliga skadeundersökningar indelades respektive påle i dellängder om 1,25 m utom den översta kvarvarande delen som blev 0,75 m. Varje dellängd delades sedan in i fyra lika delar längs omkretsen (kl. 3, 6, 9 och 12). Totalt indelades varje påle således i 40 delytor, som var och en undersöktes på ovannämnda sätt.

De epoxibelagda pålarna undersöktes även nu med porsökare. Skadorna – elöverslagen - var också med denna metod av sådan omfattning att de inte gick att ange i antal överslag utan den ”skadade ytan” fick uppskattas i % av den med porsökaren totalt undersökta. Vidare gjordes stickprov där den ”frilagda” stålytan uppmättes på vissa avstånd från pålspetsen.

4 RESULTAT AV UNDERSÖKNINGARNA

4.1 Beläggningarnas kondition före påslagning

Resultaten från undersökningarna, enligt Avsnitt 3.3.3 ovan, före påslagning har sammanställts i diagramform i Bilaga 3:1-3:12. Resultaten kan sammanfattas enligt följande:

För de **epoxibelagda pålarna** varierade beläggningstjockleken betydligt från 33-765 μm för enskilda mätvärden. Medelvärdena för respektive påle låg inom intervallet 349-418 μm vilket är under det föreskrivna värdet, 480 μm . Beläggningstjockleken varierade längs omkretsen på pålarna men också med avståndet från pålspetsen så att den tunnaste beläggningen noterades närmast pålspetsen och den tjockaste närmare pålhuvudet. Se exempel från Påle 1 Universitetsområdet i Figur 4.1-1 och Bilaga 3:1-3:2 samt 3:7-3:8 från Kolbyttemon.

Antal skador uppmätta med porsökare varierade mellan 0 och 18 per meter påle. Med skada avses här att beläggningen var otät i sådan omfattning att elöverslag erhöles med porsökaren. Dessutom noterades skador i form av enstaka ”liggsår”, se Figur 4.1-4. I medeltal var antalet skador 7,5 per meter påle vid Kolbyttemon och 3,9 vid Universitetsområdet.

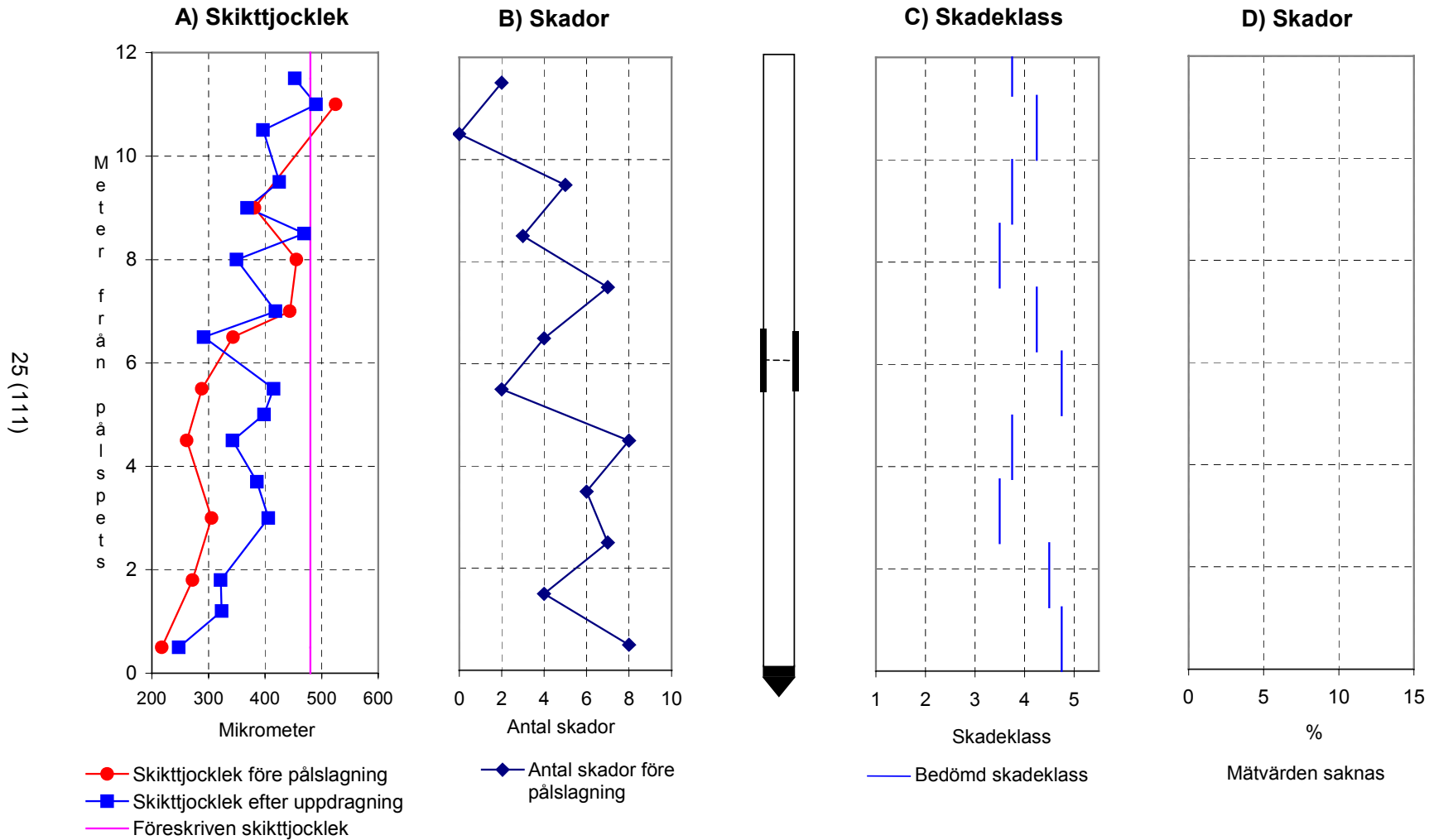
För de **varmförzinkade pålarna** var beläggningstjockleken jämnare och inget värde under den undre föreskrivna skiktjockleksgränsen på 100 μm noterades. I medeltal låg skiktjockleken (155-160) något över 150 μm d v s nära det föreskrivna övre gränsvärdet. Även här kan man notera en viss variation i skiktjockleken med djupet på så sätt att de övre delarna hos under- och överpåle har tjockare beläggning än de undre. Skillnaden mellan över- och underdel var 50-80 μm . Se Figur 4.1-2 samt Bilaga 3:3-3:4 för Universitetsområdet och 3:9-3:10 för Kolbyttemon.

Vid denna beläggning kunde av mättekniska skäl endast synliga skador registreras t ex liggsår. På de två pålar som undersöktes på detta sätt (Påle 3 och 4 från Kolbyttemon) noterades 0 eller 1 skada per meter eller totalt 7 skador, se Bilaga 3:9 och 3:10. Vid undersökning före påslagning noterades också att beläggningen hade en tendens att lossna invid de förpreparerade skadorna (ritsarna). Se Figur 4:1-5.

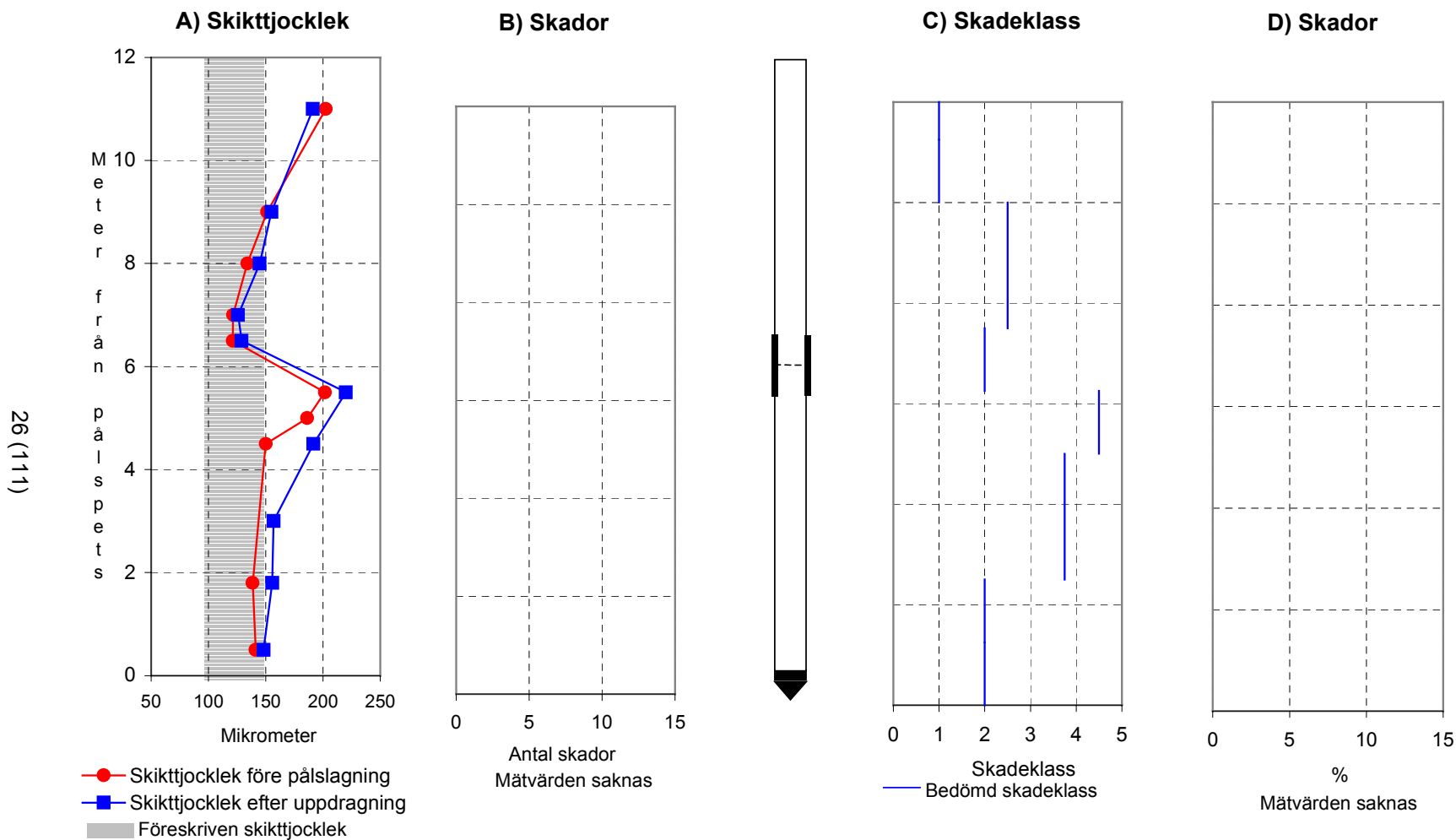
För de **polyetenbelagda pålarna** var beläggningstjockleken relativt jämn och inget enskilt värde under 2,0 mm noterades. Medelvärdet för de fyra pålarna varierade mellan 2,20 och 2,24 mm vilket kan jämföras med det föreskrivna värdet 1,8 mm. Sett längs pålen är variationerna i beläggningstjockleken liten, <0,1 mm. Se Figur 4.1-3 samt Bilaga 3:5-3:6 för Universitetsområdet och 3:11-3:12 för Kolbyttemon.

Endast två synliga skador noterades på de fyra polyetenbelagda pålarna. Dessa upptäcktes på Påle 5 från Kolbyttemon.

De **obelagda referenspålarna** kontrollerades endast okulärt varvid inga skador noterades.

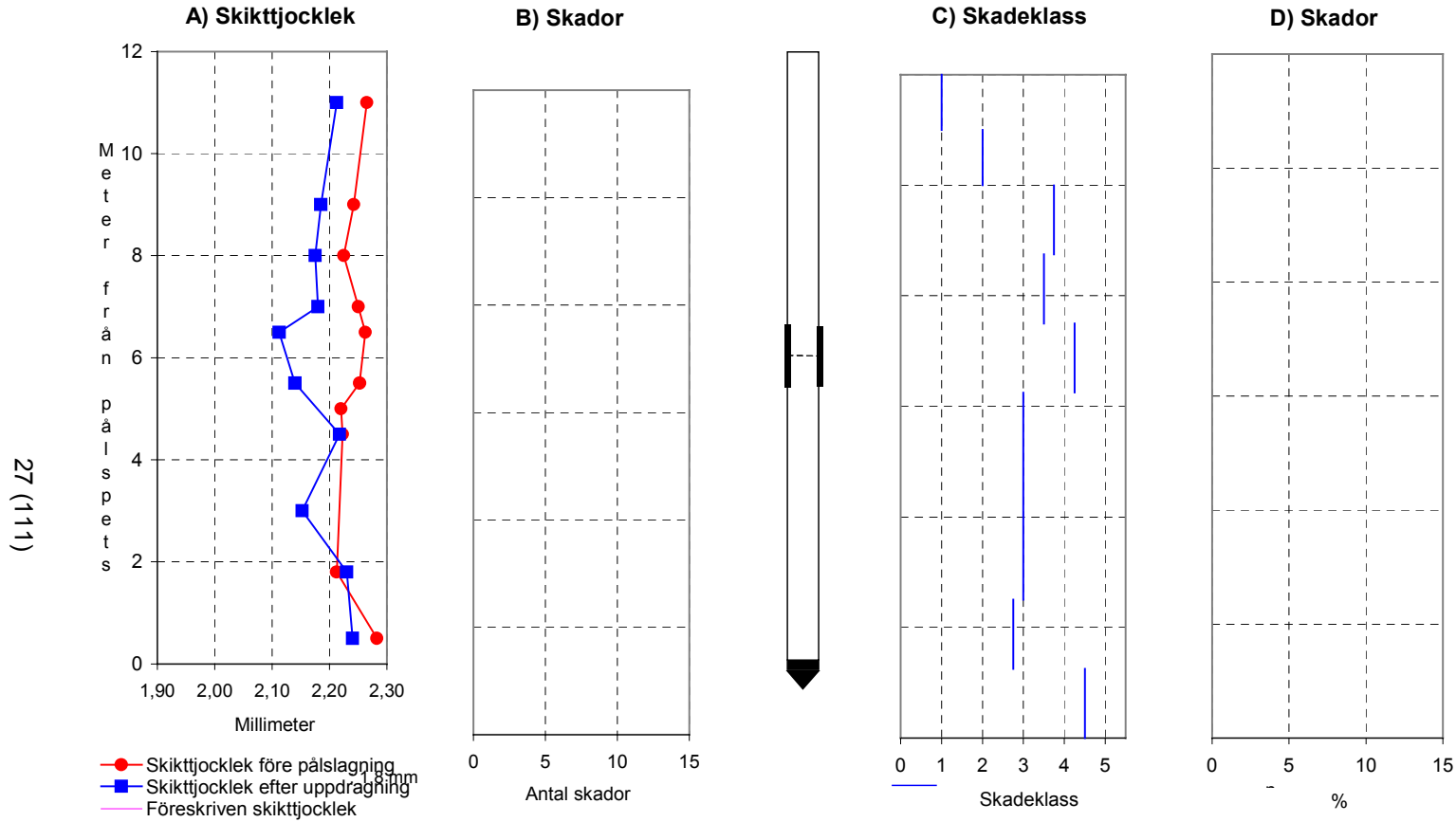


Figur 4.1-1. Redovisning av A) uppmätt skiktjocklek före påslagning och efter uppdragning av pålen B) antal skador före påslagning C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av pålen.

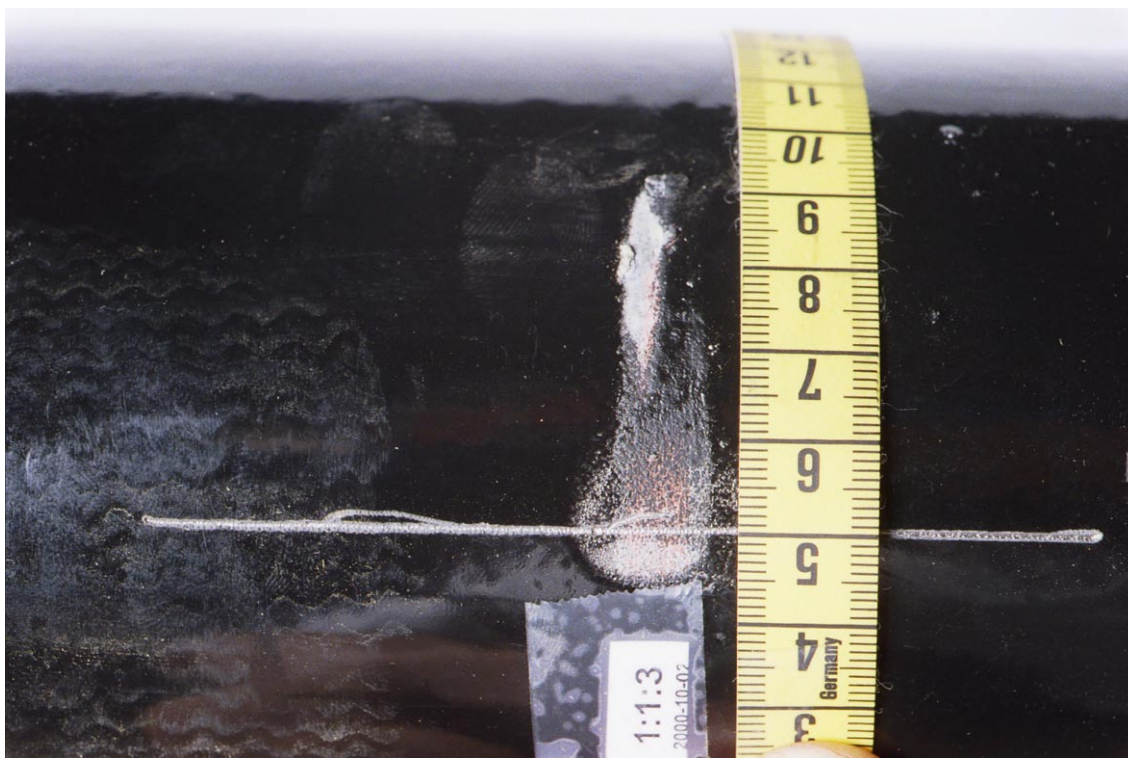


Figur 4.1-2. Redovisning av A) uppmätt skiktjocklek före påslagning och efter uppdragning av pålen, B) antal skador före påslagning, C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning, D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av pålen.

Påle nr: 5 Beläggning: Polyeten Provplats: Universitetsområdet



Figur 4.1-3. Redovisning av A) uppmätt skiktjocklek före påslagning och efter uppdragning av pålen, B) antal skador före Påslagning, (mätvärden saknas), C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av påle (mätvärden saknas).



Figur 4.1-4 "Liggsår" på epoxibelagd påle, ca 3,0 m från pålspetsen, Påle 1 Universitetsområdet.



Figur 4.1-5 Varmförzinkad påle: Exempel på att varmförzinkningen lossnar vid de preparerade reporna ca 5,4 m från pålspetsen, Påle 4, Kolbytteomon.

4.2 Resultat av påslagning

Påslagningsprotokoll för samtliga pålar redovisas i Bilaga 4:1-4:3. I Tabell 4.2-1 och Figur 4.2-1 och 4.2-2 redovisas en sammanställning av antal slag och använd utrustning respektive jämförelse mellan påslagning och hejarsondering.

Tabell 4.2-1 Sammanställning av totalt påslagningssmotstånd, använd utrustning etc på Universitetsområdet respektive Kolbyttemon

Påle nr	Korrosionsskydd	Hejare		Universitetsområdet	Kolbyttemon
		Typ	Vikt (ton)	antal slag	antal slag
1	Epoxi	Banut 400	3	314	1259
2	Epoxi	Banut 400	3	282	1474
3	Varmförzinkning	Banut 400	3	204	1595
4	Varmförzinkning	Banut 400	3	273	1515
5	Polyeten	TEX 200 ¹⁾		24 ²⁾	53 ²⁾
6	Polyeten	TEX 200 ¹⁾		23 ²⁾	70 ²⁾
7	Obehandlad	Banut 400	3	266	1900

1) Vibrationshejare

2) Sjunkningen anges här i total drivningstid i minuter för respektive påle.

Vid Försöksplats 1 – **Universitetsområdet** – gick det relativt lätt att slå ned pålarna. Antal slag (medeltal) per påle med fallhejaren uppgick till 265 slag inklusive stoppslagning. Ca 45 % av slagen gick åt att penetrera de översta 2 metrarna, dvs den packade bergkrossfyllningen. Huvuddelen av de resterande slagen har gått åt att tränga ned genom friktionsjorden på större djup (7-12 m). Pålarnas nedslagningssmotstånd med djupet återspeglar det uppmätta hejarsonderingsmotståndet i jorden.

Neddrivningen av de polyetenbelagda pålarna utfördes med en vibrationshejare och medeltiden för de två pålarna att nå fullt djup uppgick till 23,5 minuter. Huvuddelen har här gått åt till att penetrera de översta 6 m dvs inklusive bergkrossfyllningen.

Det föreligger ingen signifikant skillnad i slagningssmotstånd mellan pålarna med de olika beläggningstyperna på Universitetsområdet. Samtliga provpålar kunde stoppslås mot berg.

Genom otätheter i pålarna vid bergsko och skarv samt vid borrhålen för identifiering av pålelementen kunde grundvatten tränga in i pålarna. Sålunda noterades vatten på 2 m djup under markytan på Universitetsområdet.

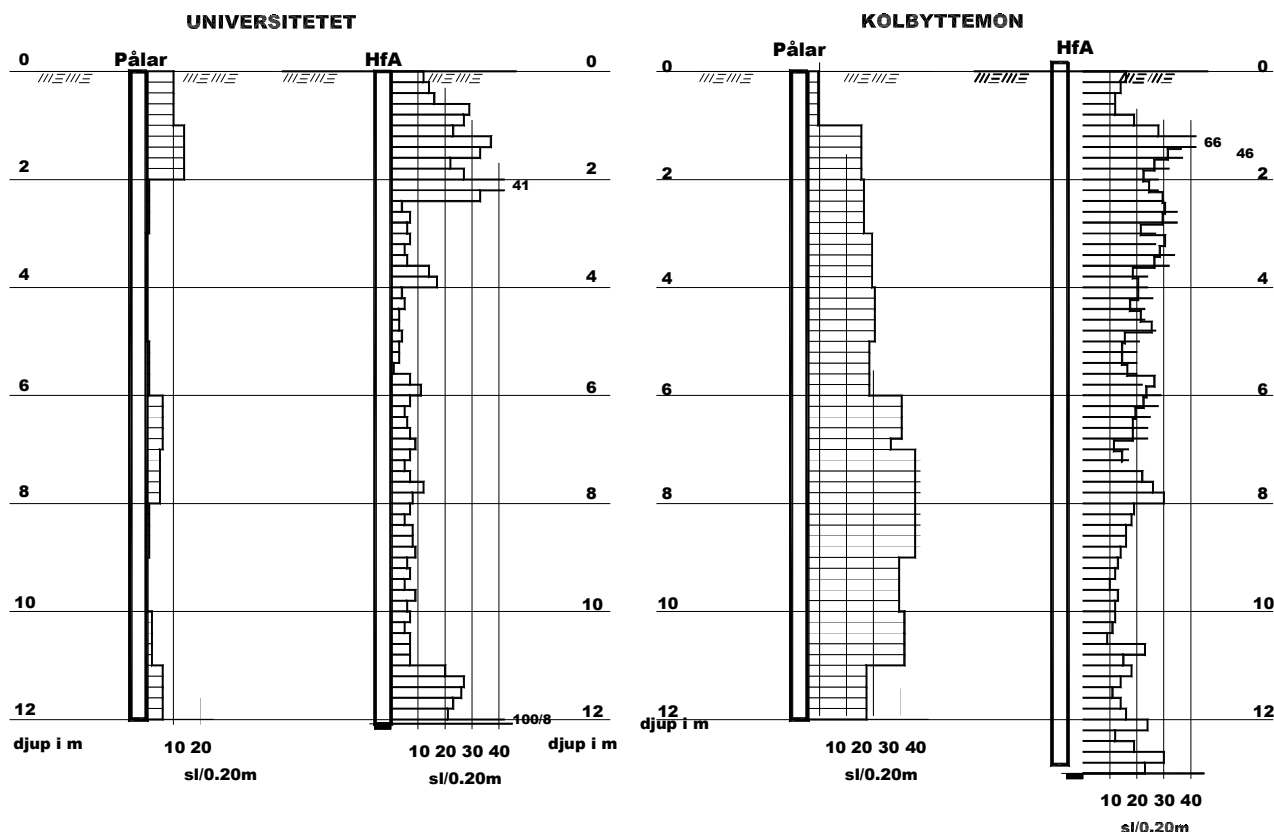
Vid Försöksplats 2 – **Kolbyttemon** – var neddrivningssmotståndet betydligt större än på Universitetsområdet. Antal slag per påle med fallhejaren varierade mellan 1259 och 1901 och uppgick i medeltal till 1626. Slagningssmotståndet var störst inom djupintervallet 6-11 m. Detta förhållande stämmer ej med resultatet av hejarsonderingen där man noterat det största slagningssmotståndet mellan ca 1,5-8,0 m djup.

Man bör också notera den stora skillnaden i slagningssmotstånd mellan pålar med olika beläggningar. Slagningssmotståndet var lägst (1259, 1480) för de epoxibelagda och

högst (1901) för den obelagda och däremellan (1602, 1520) för de varmförzinkade pålarna.

Neddrivningen av de polyetenbelagda pålarna utfördes även på denna plats med en vibrationshejare och medeltiden för dessa två pålar uppgick till 61,5 minuter. Även här har huvuddelen av neddrivningstiden gått åt till att penetrera de översta 6 m av jorden.

På Kolbyttemon kunde stoppslag mot berg ej erhållas eftersom bergytan låg för djupt. Vattenytan i pålarna efter slagning uppmättes till 6 m djup under markytan.



Figur 4.2-1 Jämförelse mellan påslagningsmotstånd och sonderingsmotstånd vid Universitetsområdet. Vänstra diagrammet visar medelvärdet av antal slag per 0,2 m sjunkning för fem pålar med hejare Banut 400 medan högra diagrammet visar slagningsmotståndet i slag/0,2 m vid hejarsondering.

Figur 4.2-2 Jämförelse mellan påslagningsmotstånd och sonderingsmotstånd vid Kolbyttemon. Vänstra diagrammet visar medelvärdet av antal slag per 0,2 m sjunkning för fem pålar med hejare Banut 400 medan högra diagrammet visar slagningsmotståndet i slag/0,2 m vid hejarsondering.

En studie av slagningsdiagrammen för pålarna tillsammans med hejarsonderingsdiagrammen tyder på att man skulle kunna förvänta de största beläggningsskadorna på följande påldelar:

- Vid **Universitetsområdet** har sannolikt mest skador uppkommit dels på grund av penetrationen av bergkrossfyllningen dvs de nedersta 2,0-2,5 m av pålarna samt än mer på den nedersta 1,0 m av dessa 2,0-2,5 m till följd av nedslagningen i de fastare bottenlagren. Även den tjockare skarvhylsan kan få beläggningsskador, speciellt vid penetrationen av fyllningen. Resterande delar av under- och överpålar bör ha fått mindre beläggningsskador.

- Vid **Kolbyttemon** är det större skillnader mellan påslagnings- och hejarsonderingsresultaten varför det är svårare att för denna plats bedöma var de största skadorna kan tänkas ha uppkommit. Sannolikt har de största skadorna uppstått vid penetration av de grusiga sandlagren mellan 3,0 och 5,0 m djup under markytan samt vid den delvis steniga jorden mellan 10,5 och 12,0 m djup under markytan. Detta skulle innebära störst skador på de nedersta 2,0 eller speciellt den nedersta 1,0-1,5 m av pålarna. Den stora skillnaden i slagningsmotstånd kan påverka skadorna på så sätt att ökat slagningsmotstånd ger ökade skador men främst på den nedersta delen.

Förutom på de nedersta pådelarna kan man förvänta avnötningar också på skarvhylsan, som får större friktion mot jorden på grund av det större tvärmåttet. Förändring av beläggningsskadorna kan också inträffa om pålarna blir krökta. Härvid ökar friktionen (nötningen) på den konvexa sidan av pålarna.

4.3 Resultat av in situ-mätning

4.3.1 Elektrodpotentialer

Uppmätta elektrodpotentialer redovisas i Tabell 4.3-1. Jfr metod i Figur 3.5-1.

Tabell 4.3-1 Uppmätta elektrodpotentialer.

Objekt	Ekorr Universitetet mV rel. Cu/CuSO ₄	Ekorr Kolbyttemon mV rel. Cu/CuSO ₄
Kort sond	-517	-596
Lång sond	-731	-533
Påle 1	-727	-556
Påle 2	-713	-621
Påle 3	-905	-974
Påle 4	-1020	-981
Påle 5	-1045	-606
Påle 6	-1040	-625
Påle 7	-674	-504

Resultaten från **Universitetsområdet** visar att den långa sonden och den obelagda pålen (7) fått en lägre elektrodpotential än den korta sonden som står i krossmaterial, -731 och -674 respektive -517 mV. De epoxibelagda pålarna (1 och 2) har nästan samma potential som den långa sonden -727 och -713 mV respektive. De polyetenbelagda pålarna (5 och 6) har fått potentialen -1045 och -1040 mV respektive, vilket ligger nära de förzinkade pålarnas (3 och 4) potential -905 respektive -1020 mV.

Resultaten av mätningarna på **Kolbyttemon** visar att de båda sönerna och Påle 7 med fria stålytor fått en elektrodpotential relativt koppar/kopparsulfatelektroden på mellan -504 och -596 mV. De epoxibelagda pålarna (1 och 2) har fått nästan samma potential -556 respektive -621 mV medan de polyetenbelagda (5 och 6) också ligger nära denna potential -606 respektive -625 mV. De förzinkade pålarna. (3 och 4) har fått en lägre potential -974 respektive -981 mV.

4.3.2 Mätning av gradienter med och utan ström

Resultaten av de utförda spänningsgradientmätningarna vid avstånden 1, 2, 3 och 4 m från pålarna redovisas i Tabell 4.3-2 för såväl Kolbyttemon som Universitetsområdet med och utan ström, jfr uppställningen i Figur 3.5-2. Samtliga mätningar utom de på

långa sonden visar samma tendens dvs att potentialskillnaden ökar med ökat avstånd från pålen.

Tabell 4.3-2 Uppmätta potentialskillnader på olika avstånd från pålarna, med och utan ström.

Objekt	Avstånd, m	Gradient utan ström, mV		Gradient med ström, mV	
		Kolbyttemon	Universitetet	Kolbyttemon	Universitetet
Kort sond	1	89	-2	470	25
-"-	2	108	28	560	100
-"-	3	117	21	580	110
-"-	4	125	23	605	109
Lång sond	1	3	6	-13	20
-"-	2	-13	3	-74	25
-"-	3	-20	7	-66	25
-"-	4	-17	5	-81	25
Påle 1	1	26	34	32	98
-"-	2	73	36	72	110
-"-	3	77	81	112	160
-"-	4	106	89	127	170
Påle 2	1	32	51	45	100
-"-	2	52	95	80	197
-"-	3	65	94	95	190
-"-	4	97	81	115	180
Påle 3	1	14	112	387	1370
-"-	2	44	170	468	1630
-"-	3	59	175	535	1680
-"-	4	72	177	570	1710
Påle 4	1	20	65	348	2060
-"-	2	46	147	488	2550
-"-	3	50	155	565	2600
-"-	4	65	157	610	2650
Påle 5	1	17	18	51	20
-"-	2	19	75	68	98
-"-	3	28	75	75	94
-"-	4	53	78	97	100
Påle 6	1	25	20	35	10
-"-	2	44	73	92	80
-"-	3	70	71	70	85
-"-	4	83	70	100	85
Påle 7	1	160	4	3750	926
-"-	2	203	82	4420	1126
-"-	3	230	105	4900	1256
-"-	4	235	117	5160	1336

Förändringarna i potentialskillnader med och utan ström är av ungefär samma storlek utan som med strömmen påkopplad för den långa sonden, de epoxibelagda pålarna (1 och 2) samt de polyetenbelagda pålarna (5 och 6) på båda platserna. För den långa sonden på Kolbyttemon har dock potentialskillnaden blivit mer negativ. Pålarna 3, 4 och 7 får betydligt större potentialskillnader med ström än utan. Vidare kan man notera den stora potentialskillnaden mellan de förzinkade pålarna 3 och 4 vid Universitetet.

4.3.3 Mätning av övergångsmotstånd

Resultaten av övergångsmotståndsmätningarna enligt Figur 3.5-3 redovisas nedan i Tabell 4.3-3.

Tabell 4.3-3 Resultat av mätningar av övergångsmotstånd

Objekt	Motstånd, Ω Universitetet	Motstånd, Ω Kolbyttemon
Kort sond	1550,0	4890
Lång sond	37,0	2120
Påle 1	6,1	156
Påle 2	6,8	179
Påle 3	3,1	88
Påle 4	3,0	85
Påle 5	22,4	220
Påle 6	23,4	320
Påle 7	3,1	87

Resultaten visar att övergångsmotstånden genomgående är högre på Kolbyttemon än vid Universitetet men relationen mellan objekten är densamma. Sålunda har den korta sonden högst övergångsmotstånd på båda platserna medan den långa sonden har näst högst. Den obehandlade Påle 7 och de förzinkade pålarna har samma övergångsmotstånd på respektive plats. De epoxibelagda pålarna har på båda platserna lägre övergångsmotstånd än de polyetenbelagda.

4.3.4 Mätning av provpolarisering

Resultaten av provpolariseringsmätningarna enligt uppställningen i Figur 3.5-4 redovisas i Tabell 4.3-4 för Kolbyttemon och Tabell 4.3-5 för Universitetsområdet. Resultaten uttrycks i mV relativt referenselektroden, Cu/CuSO₄.

Tabell 4.3-4 Resultat av provpolariseringsmätningar vid Universitetet

Objekt	E _{kor} mV	E _{on} mV	E _{off} mV	I mA	E _{kor} - E _{off} , mV	E _{off} - E _{on} , mV
Kort sond	-517	-1200	-570	0,44	53	630
Lång sond	-731	-1237	-975	6,57	244	262
Påle 1	-727	-1241	-990	29,5	263	251
Påle 2	-713	-1235	-980	34	267	255
Påle 3	-905	-1250	-1090	737	185	160
Påle 4	-1020	-1225	-1090	1185	70	135
Påle 5	-1045	-1221	-1070	6,6	25	151
Påle 6	-1040	-1238	-1065	4,56	25	173
Påle 7	-674	-1245	-775	403	101	470

Tabell 4.3-5 Resultat av provpolariseringsmätningar på Kolbyttemon.

Objekt	E _{kor} mV	E _{on} mV	E _{off} mV	I mA	E _{kor} - E _{off} , mV	E _{off} - E _{on} , mV
Kort sond	-596	-1195	-711	0,17	115	484
Lång sond	-533	-1180	-650	0,24	117	530
Påle 1	-556	-1237	-835	3,41	279	402
Påle 2	-621	-1225	-855	2,35	234	370
Påle 3	-974	-1211	-1020	16,4	46	191
Påle 4	-981	-1218	-1020	17,7	39	198
Påle 5	-606	-1227	-815	2,32	209	412
Påle 6	-625	-1197	-940	0,62	315	257
Påle 7	-504	-1212	-565	142	61	647

I tabellerna ovan är:

- E_{kor} korrosionspotentialen enligt Tabell 4.3-1 ovan.

- E_{on} pålens potential med pålagd ström.
- E_{off} pålens IR-fria potential registrerad omedelbart efter att strömmen brutits.
- I strömtätheten på pålens yta.

Resultaten av mätningarna (E_{off} , I) visar på stora skillnader mellan de olika provplatserna men relativt god överensstämmelse mellan dubbelproven dvs likartade pålar på samma plats ger liknande värden. Sålunda gav den obehandlade pålen (7) och de förzinkade de största strömtätheterna på båda platserna men den var mycket större vid Universitetet. De polyetenbelagda pålarna (5 och 6) gav lägre strömtätheter än de epoxibelagda (1 och 2). Den korta sonden gav lägst strömtäthet i båda fallen.

Resultaten av beräkningarna av beläggingsmotstånden för de båda provplatserna redovisas i Tabell 4.3-6 och 4.3-7 för Universitetet respektive Kolbytte-mon.

Tabell 4.3-6 Beräknade beläggingsresistanser för sonder och pålar vid Universitetet

Objekt	E_{off} - E_{on} mV	i_{total} mA/m ²	$i_{obelagd}$ mA/m ²	$R_{u-total}$ Ωm^2	$R_{u-obelagd}$ Ωm^2
Kort sond	630	4,2	12,6	149	50
Lång sond	262	12,7	187,7	21	1,4
Påle 1	251	7,1	1475,0	35	0,2
Påle 2	255	8,2	1700,0	31	0,15
Påle 3	160	177,6	177,6	0,9	0,9
Påle 4	135	285,5	285,5	0,5	0,5
Påle 5	151	1,6	55,0	94	2,7
Påle 6	173	1,1	38,0	157	4,6
Påle 7	470	97,1	97,2	4,8	4,8

Tabell 4.3-7 Beräknade beläggingsresistanser för sonder och pålar vid Kolbytte-mon

Objekt	E_{off} - E_{on} mV	i_{total} mA/m ²	$i_{obelagd}$ mA/m ²	$R_{u-total}$ Ωm^2	$R_{u-obelagd}$ Ωm^2
Kort sond	484	1,64	4,86	295,1	99,6
Lång sond	530	0,46	6,86	1152,2	77,3
Påle 1	402	0,82	170,50	490,2	2,4
Påle 2	370	0,57	117,50	649,1	3,2
Påle 3	191	3,95	3,95	48,4	48,4
Påle 4	198	4,27	4,27	46,4	46,4
Påle 5	412	0,56	19,33	735,7	21,3
Påle 6	257	0,15	5,17	1713,3	49,7
Påle 7	647	34,22	34,22	18,9	18,9

Resultaten visar:

- att värdena i absoluta tal skiljer mycket mellan Kolbytte-mon och Universitetet.
- att den korta sonden har högre resistans än den långa trots att de har lika stora ytor exponerade mot jord. Skillnaderna är störst vid Universitetet.
- att det är god överensstämmelse mellan lika pålar på samma plats med undantag för de polyetenbelagda pålarna på Kolbytte-mon.
- att de epoxibelagda pålarna på båda platserna har lägst beläggingsresistans.
- att typen av metall på den exponerade ytan har betydelse men på olika sätt på Kolbytte-mon respektive Universitetet.

Resultaten av beräkningarna av förväntade skador på de belagda pålarna utifrån övergångsmotstånd och jordens resistivitet har sammanställts i Tabell 4.3-8.

Tabell 4.3-8 Beräknade storlekar på skadade beläggningsytor

Objekt	Kolbyttemon skadad area, m ²	Universitetet skadad area, m ²
Kort sond	-0,043	-0,49
Lång sond	-0,097	0,25
Påle 1	2,0	1,34
Påle 2	1,32	1,26
Påle 3		
Påle 4		
Påle 5	1,02	0,16
Påle 6	0,31	0,05
Påle 7		

Resultatet visar:

- att negativa värden uppstått för den korta sonden på båda provplatserna samt för den långa sonden på Kolbyttemon.
- att de epoxibelagda pålarna på båda provplatserna samt Påle 5 på Kolbyttemon skulle ha fått beläggningskador av storleken 1-2 m².
- att Pålarna 5 och 6 vid Universitetet och Påle 6 på Kolbyttemon har fått skador av storleken 0,1-0,3 m².

4.4 Beläggningsarnas kondition efter påslagning och uppdragning

4.4.1 Allmänt

Samtliga mät- och bedömningsresultat efter uppdragning av pålarna redovisas i Bilaga 5 6 och 7. I Tabell 4.4-1 redovisas en sammanfattning av uppmätta medelvärden och bedömningsvärden före påslagningen respektive efter uppdragning av pålarna. Resultaten redovisas också som exempel i Figur 4.1-1 till 4.1-3 och Bilaga 3:1-3:12 tillsammans med resultaten från mätningarna före påslagning.

I Tabell 4.4-1 anges överst medelvärden på **skiktjocklekar** för de olika beläggningstyperna före och efter påldrivning och uppdragning i jämförelse med föreskrivna skiktjocklekar. Därunder anges **skador** och **skadeklass** före och efter påslagning och uppdragning.

Tabell 4.4-1 Sammanställning av medelvärden före och efter påldrivning och uppdragning av pålarna.

	Beläggningstyp							Försöksplats
	Epxi		Varmförzinkning		Polyeten		Ingen	
	Påle 1	Påle 2	Påle 3	Påle 4	Påle 5	Påle 6	Påle 7	
Skiktjocklek i mm								
Föreskriven skiktjocklek (mm)	0,480	0,480	0,10-0,15	0,10-0,15	≥1,8	≥1,8	0	
Medelvärde före påslagning	0,350	0,403	0,155	0,161	2,24	2,20	0	Universitetsområdet
Medelvärde efter påslagning	0,383	0,396	0,162	0,167	2,18	2,13	0	Universitetsområdet
Medelvärde före påslagning	0,409	0,418	0,156	0,160	2,23	2,22	0	Kolbyttemon
Medelvärde efter påslagning	0,381	0,401	0,153	0,155	2,16	2,13	0	Kolbyttemon
Kontroll av skador, i antal eller % av mantelytan								
Skador före påslagning, antal	56	39	Ej kontrollerat		0	0	0	Universitetsområdet

	Beläggningstyp							Försöksplats
	Epxi		Varmförzinkning		Polyeten		Ingen	
Skador efter påslagning		59 % ¹⁾	12	10	3	1	0	Universitetsområdet
Bedömd frilagd mantelyta		3,8 % ²⁾						Universitetsområdet
Skador före påslagning, antal	94	86	3	4	2	0	0	Kolbyttemon
Skador efter påslagning		33% ¹⁾	3	4	2	1	0	Kolbyttemon
Bedömd frilagd mantelyta		0,7 % ²⁾						Kolbyttemon
Skadeklass								
Medelvärde efter påslagning	4,08	4,15	2,50	2,65	3,08	2,83	³⁾	Universitetsområdet
Medelvärde efter påslagning	2,78	2,38	1,50	1,38	1,68	2,23	³⁾	Kolbyttemon

1) Bedömd skadad mantelyta där elöverslag erhållits. Bedömningen har gjorts med pormätare, se Kapitel 3.6.2.

2) Bedömningen har gjorts genom inmätning och sammanställning av synbara skador med bart stål

3) Inte tillämpligt.

Skadornas omfattning i medeltal anges på fyra olika sätt, jfr Kap. 3.3.3 och 3.6.2:

- i antal registrerade och uppmätta synliga skador
- som skadeklass enligt den relativa bedömning, som definieras i Kap. 3.6.2.
- som procent av de belagda pålarnas ytor där elöverslag erhållits vid försökning.
- som procent av pålens totala yta där bart stål observerats.

Man skall här notera att försökaren ”känner av” betydligt fler ”skador” i form av porer, som ej kan ses med blotta ögat.

4.4.2 Epoxibelagda pålar

För de epoxibelagda pålarna visade mätningarna på skiktjocklekar mellan 63 och 783 µm (Bilaga 5:1 och 5:8) för enskilda mätvärden efter uppdragning. Medelvärdena för respektive påle låg mellan 247 och 590 µm. De tunnaste skikten noterades närmast pålspetsen.

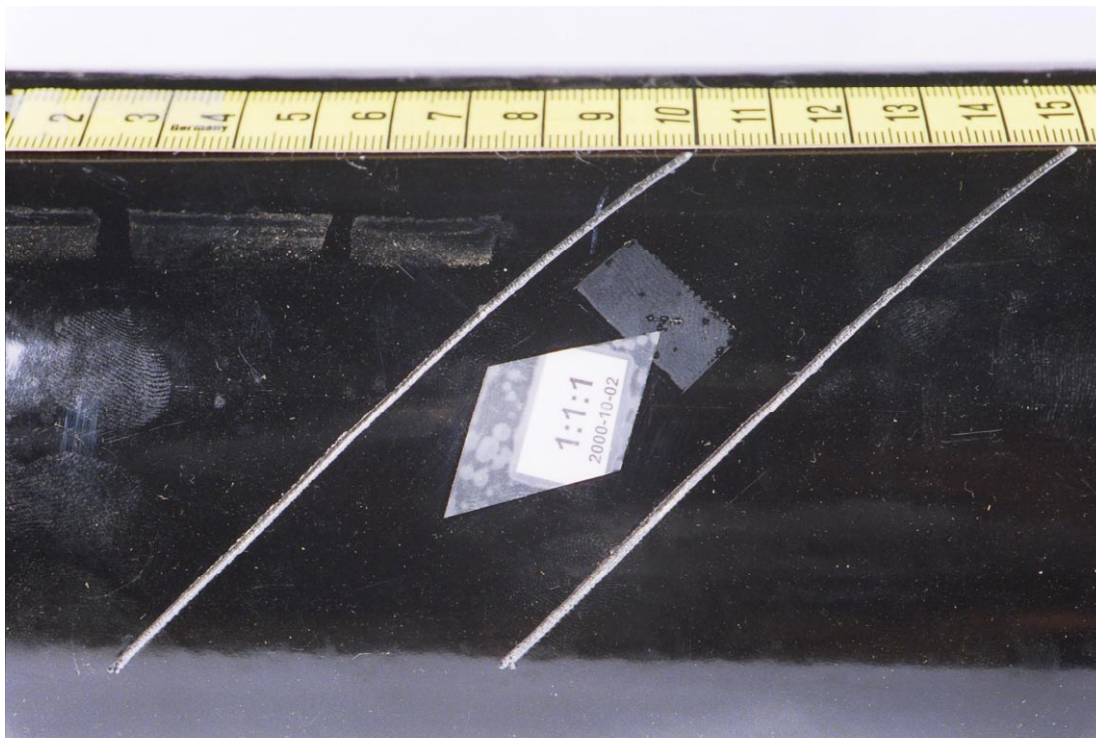
En sammanställning av uppmätta skiktjocklekar på epoxibelägningen före och efter nedslagning och uppdragning visas i Bilaga 6:1. Vid **Universitetet** har skiktjocklekens medelvärde både ökat och minskat. Som mest har den ökat med 127 µm och minskat med 134 µm.

På **Kolbyttemon** har skiktjockleken, med tre undantag, minskat med upp till 72 µm, i medeltal dock bara 17-28 µm. Den största tjockleksminskningen har noterats närmast pålspetsen.

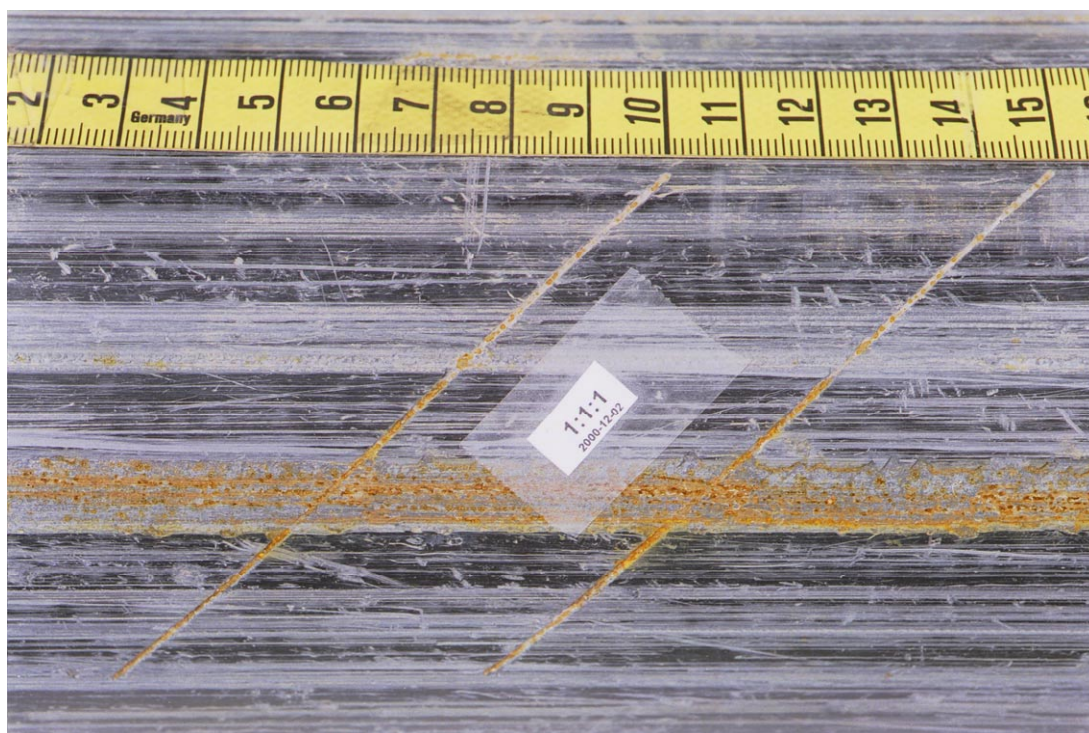
Den bedömda skadeklassen varierade på **Kolbyttemon** mellan 1 och 5 och på **Universitetsområdet** mellan 2 och 5, Bilaga 5:2 och 5:9. Den högsta skadeklassen noterades vanligtvis vid skarv och närmast pålspetsen. I medeltal bedömdes skadeklassen till 2,6 på **Kolbyttemon** och 4,1 vid **Universitetet** dvs ”relativt skadad” respektive ”relativt mycket skadad”.

Ett stort antal långsgående repor såväl djupa som grunda har uppkommit på pålarna. Jfr Figur 4.4-1 till 4.4-4. De preparerade skadorna bedöms ej ha ökat beläggningsskadorna. Skadorna är större på underpålarna än överpålarna vid **Universitetet**. I Bilaga 7:1 och 7:2 görs en jämförelse mellan bedömd skadeklass, bredd av frilagt stål och bedömd procentuell mantelyta, som givit genomslag vid pormätning. Stora olikheter förekommer

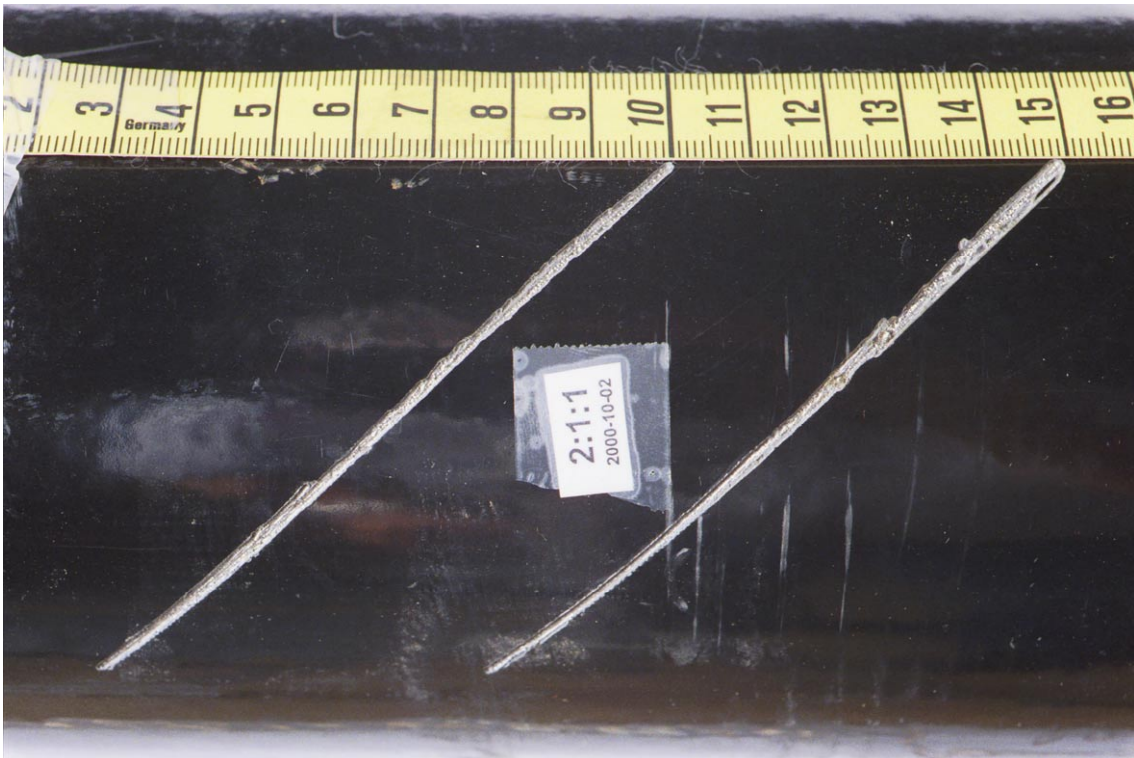
som funktion av avståndet från pålspetsen och beroende på provplats. Vid **Universitetet** varierade bredden frilagt stål längs pålen från 0 till 51 mm närmast pålspetsen. På **Kolbytte** var det högsta värdet 13 mm. Den procentuella mantelytan, som givit genomslag vid pormätning, var upp till 90% vid **Universitetet** och 68% vid **Kolbytte**.



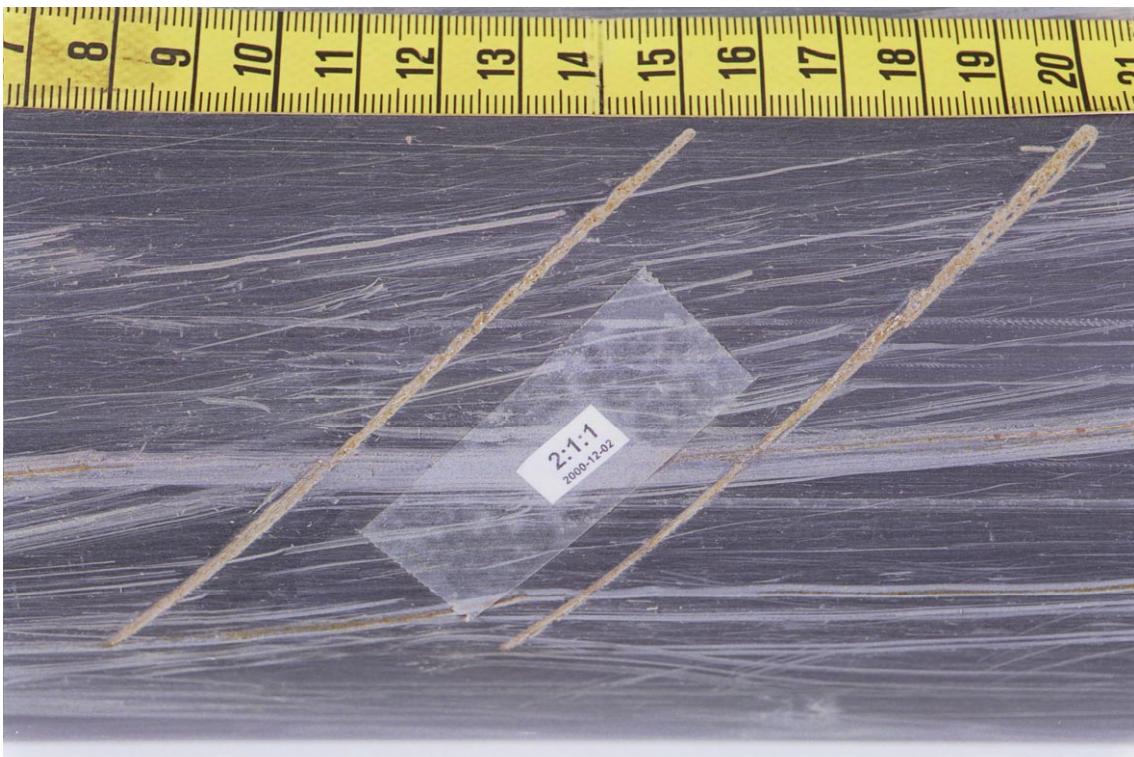
Figur 4.4-1. Detalj av epoxibelagd påle före påslagningen ca 0,6 m från pålspetsen. Provplats: Universitetsområde, Påle 1.



Figur 4.4-2. Detalj av epoxibelagd påle efter uppdragning ca 0,6 m från pålspetsen. Provplats: Universitetsområdet, Påle 1.



Figur 4.4-3. Detalj av epoxibelagd påle före påslagningen ca 0,6 m från pålspetsen. Provplats: Kolbytte-mon, Påle 1.



Figur 4.4-4. Detalj av epoxibelagd påle efter uppdragning ca 0,6 m från pålspetsen. Provplats: Kolbytte-mon, Påle 1.

4.4.3 Varmförzinkade pålar

För de **varmförzinkade** pålarna visade skiktjockleksmätningarna efter uppdragning på värden mellan 115 och 262 μm för enskilda värden, Bilaga 5:3 och 5:10. Medelvärdena för respektive påle låg mellan 126 och 220 μm . De minsta skiktjocklekarna noterades dels i anslutning till pålspetsen dels i anslutning till skarvhylsan.

En sammanställning av uppmätta skiktjocklekar på zinksiktet före och efter nedslagning och uppdragning visas i Bilaga 6:2. För Pålarna 3 och 4 vid **Universitetet** visar mätningarna på en viss liten skiktjockleksökning på 0-18 μm . Vid **Kolbyttemon** har man på motsvarande sätt noterat en minskning av skiktjockleken på mellan 1 och 18 μm utom på vissa nivåer vid pålens mitt där man mätt en ökning av skiktjockleken på 1-12 μm .

Den bedömda skadeklassen för de varmförzinkade pålarna varierade på **Kolbyttemon** mellan 1 och 3 och på **Universitetsområdet** mellan 1 och 5, Bilaga 5:4 och 5:11. Den högsta skadeklassen noterades för alla pålar i anslutning till pålskarven. I medeltal bedömdes skadeklassen till 1,4 på **Kolbyttemon** och 2,7 på **Universitetsområdet** dvs ”oskadad” respektive ”relativt skadad”.

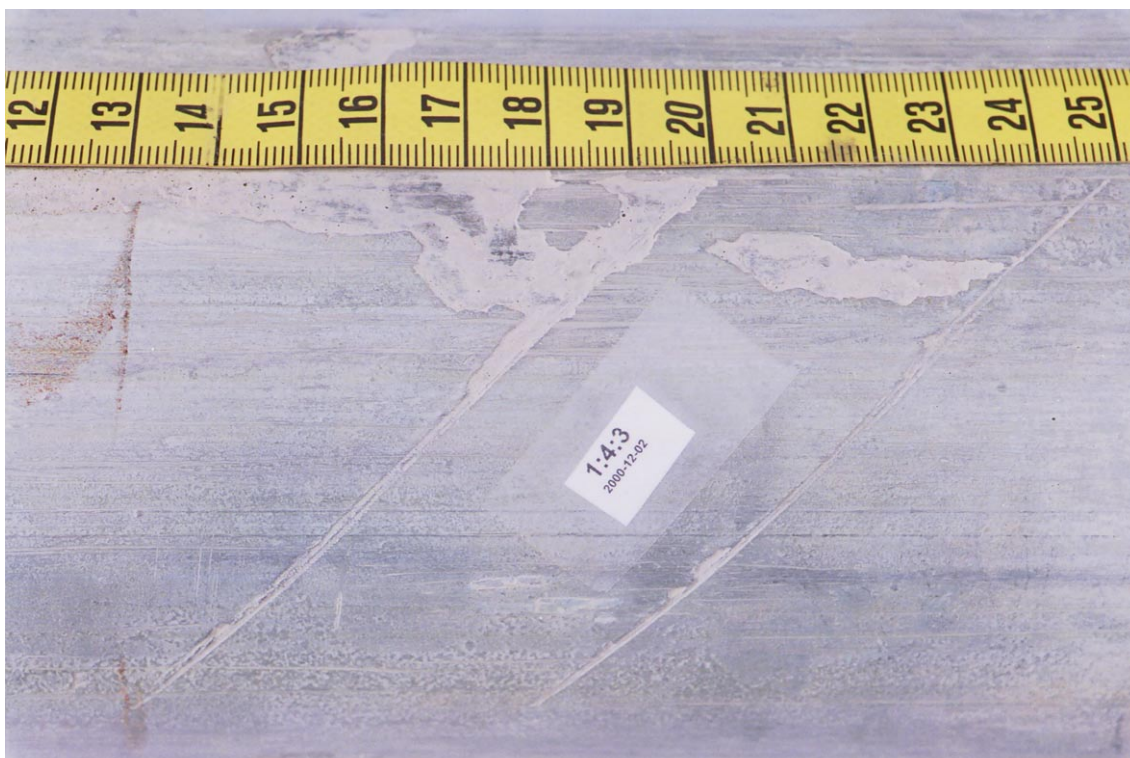
En ökning av den frilagda stålytan vid ritsarna noterades för pålarna på **Universitetsområdet**, Figur 4.4.5 och 4.4-6.

Någon porsökning har ej gjorts eftersom metallisk kontakt föreligger på hela ytan.

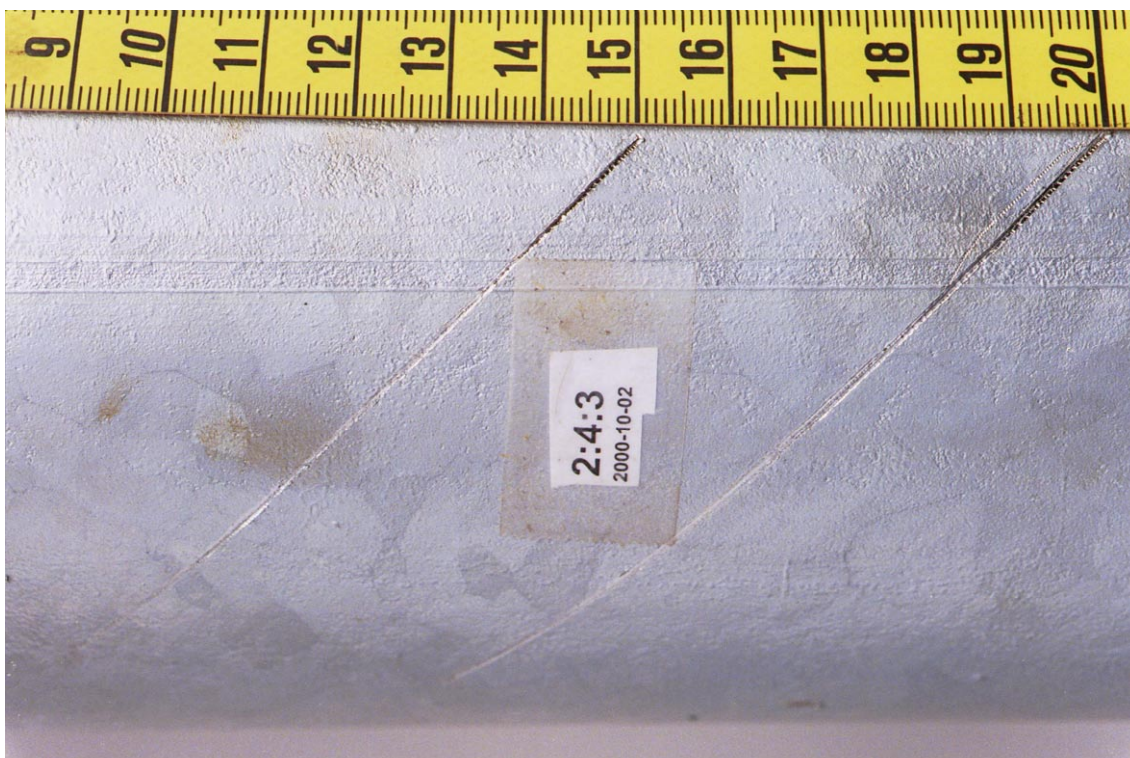
Beläggningsskadornas omfattning har ökat till följd av påslagning och uppdragning på **Universitetsområdet** men ej på **Kolbyttemon**. Jfr Figur 4.4-5 till 4.4-8.



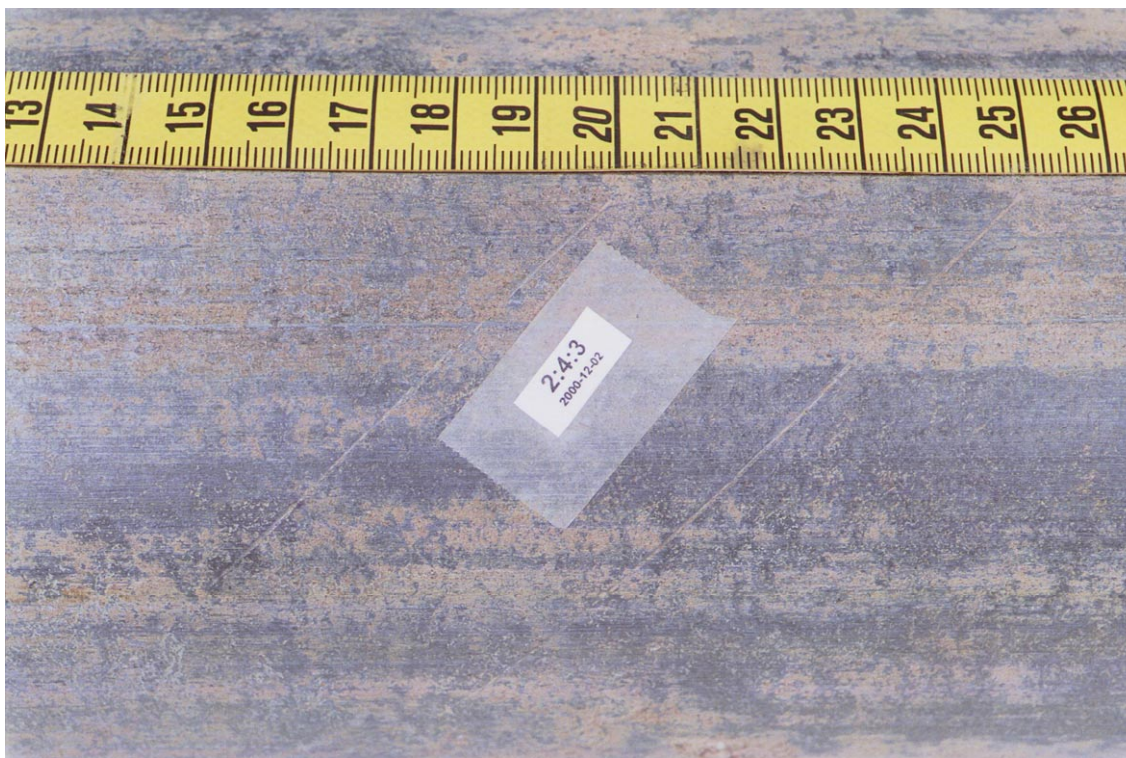
Figur 4.4-5. Detalj av varmförzinkad påle före påslagningen ca 5,6 m från pålspetsen. Provpplats: Universitetsområdet, Påle 4.



Figur 4.4-6. Detalj av varmförzinkad påle efter uppdragning ca 5,6 m från pålspetsen. Provplats: Universitetsområdet, Påle 4.



Figur 4.4-7. Detalj av varmförzinkad påle före påslagningen ca 5,6 m från pålspetsen. Provplats: Kolbytteområdet, Påle 4.



Figur 4.4-8. Detalj av varmförzinkad påle efter uppdragning ca 5,6 m från pålspetsen. Provplats: Kolbytteimon, Påle 4.

4.4.4 Polyetenbelagda pålar

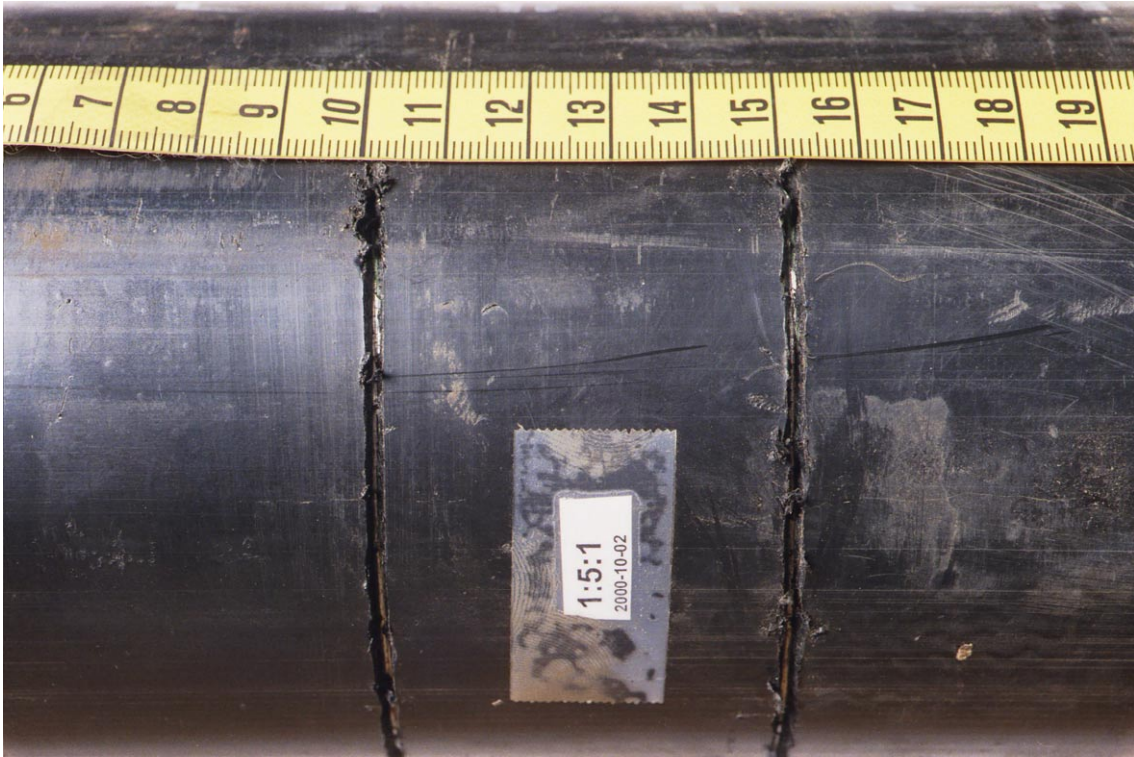
För de **polyetenbelagda** pålarna visade skiktjockleksmätningarna på värden mellan 1,89 och 2,38 mm för enskilda värden efter nedslagning och uppdragning. Medelvärdena för pålarna låg mellan 2,00 och 2,25 mm. De tunnaste skikten noterades vid skarven eller nära pålspetsen vid **Universitetet**.

En sammanställning av uppmätta skiktjocklekar på polyetenen före och efter nedslagning och uppdragning visas i Bilaga 6:3. Sammanställningen visar att skiktjockleken genomgående har minskat med upp till 0,16 mm eller i medeltal med mellan 0,06 och 0,08 mm.

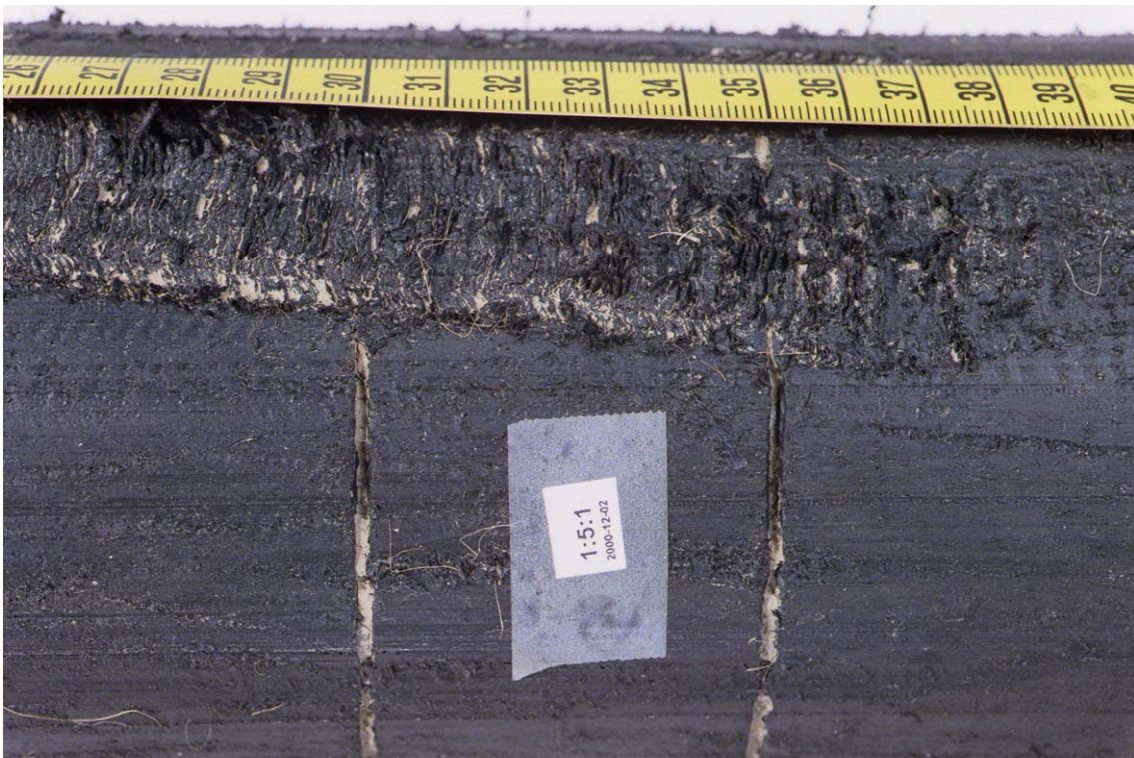
Skadeklassen har bedömts för Pålarna 5 och 6 från **Universitetsområdet**, Bilaga 5:6. Där befanns den ligga mellan 1 och 5. Den högsta skadeklassen noterades närmast pålspetsen och i anslutning till skarvarna. I medeltal bedömdes skadeklassen vara nära 3,0 vilket betyder ”relativt skadad”.

För Pålarna 5 och 6 från **Kolbytteimon** bedömdes skadeklassen också till mellan 1 och 5 men med genomgående lägre värden Bilaga 5:13. Högsta skadeklassen noterades även här närmast pålspetsen samt vid eller över skarven. I medeltal bedömdes skadeklassen vara nära 2,0 vilket betyder relativt oskadad påle.

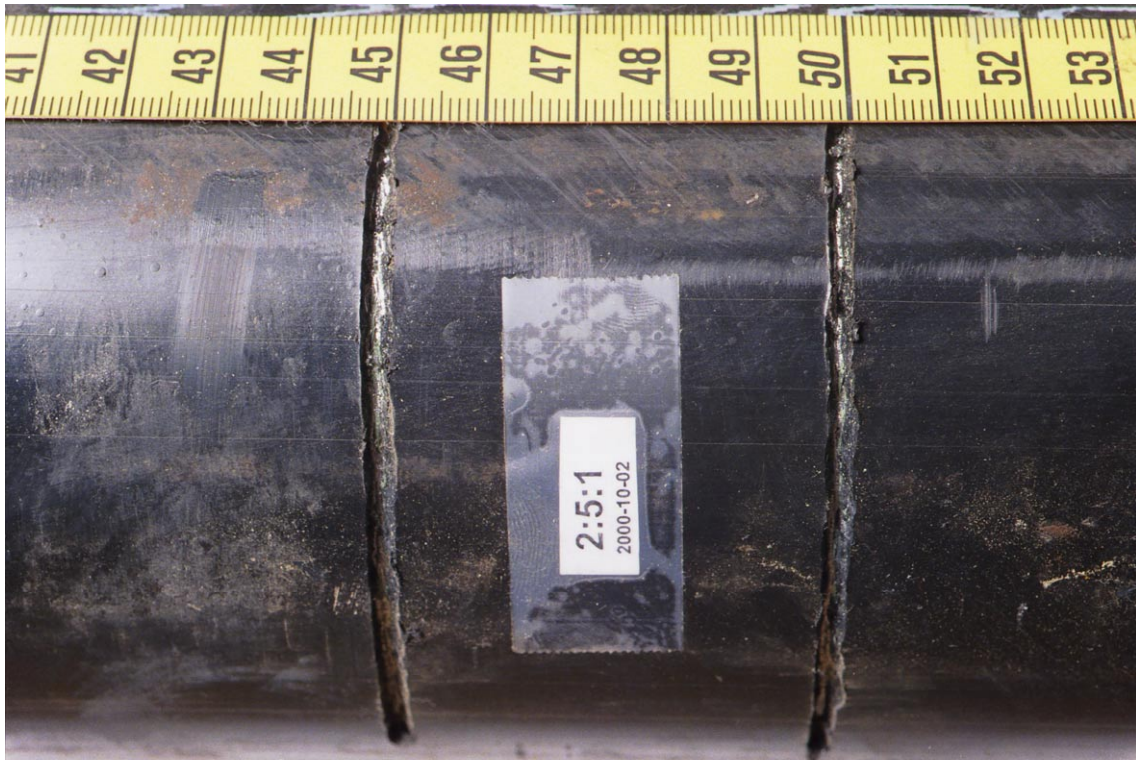
Någon porsökning har ej utförts på dessa pålar eftersom antal synliga skador var så litet. De preparerade skadorna bedöms ej ha ökat beläggningsskadorna. Lokalt har dock relativt stora skador uppkommit i polyetenbeläggningsen vid **Universitetet** där beläggningsen delvis var genombruten. Jfr Figur 4.4-9 och 4.4-10. Förekommande skador vid **Kolbytteimon** är relativt grunda men enstaka djupare skador förekommer. Jfr Figur 4.4-11 och 4.4-12.



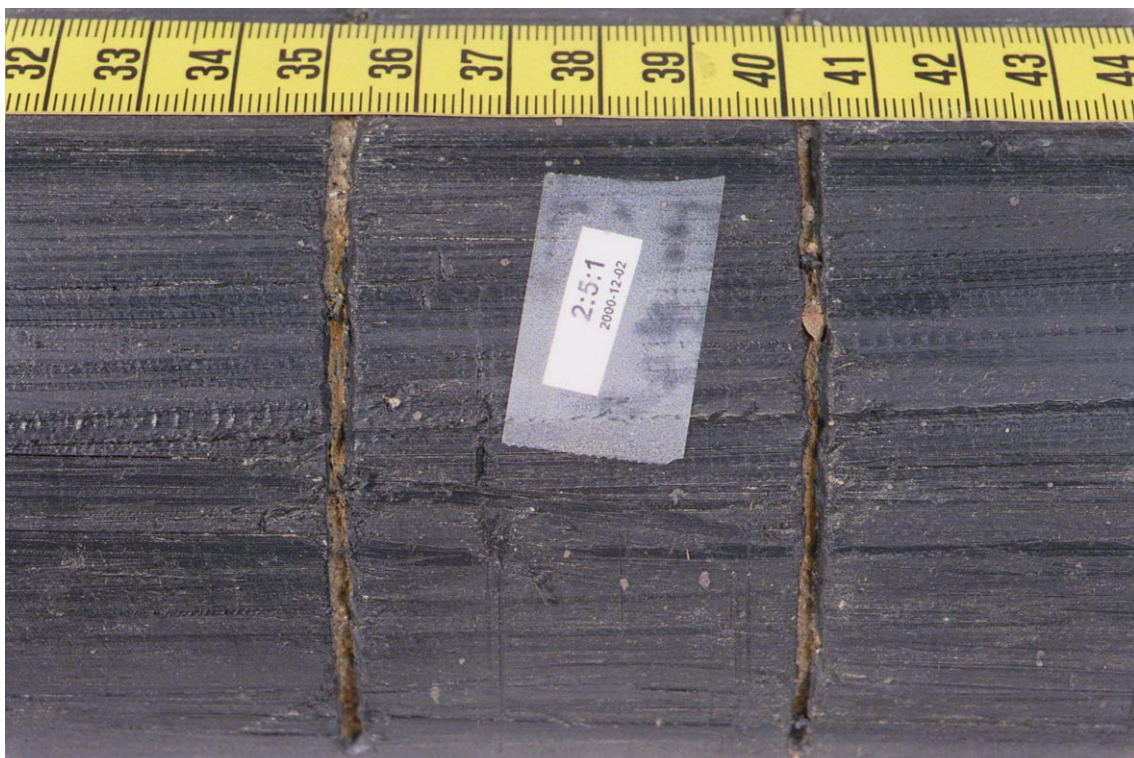
Figur 4.4-9. Detalj av polyetenbelagd påle före påslagningen ca 0,4 m från pålspetsen. Provplats: Universitetsområdet, Påle 5.



Figur 4.4-10. Detalj av polyetenbelagd påle efter uppdragning ca 0,4 m från pålspetsen. Provplats: Universitetsområde, Påle 5.



Figur 4.4-11. Detalj av polyetenbelagd påle ca 0,4 m från pålspetsen före påslagning. Provplats: Kolbytte-mon, Påle 5.



Figur 4.4-12. Detalj av polyetenbelagd påle 0,4 m från pålspetsen efter uppdragning. Provplats: Kolbytte-mon, Påle 5.

4.4.5 Obelagda pålar

Den okulära granskningen av de obelagda pålarna, som utfördes efter nedslagning och uppdragning, visade inga synliga skador på pålarna varför de bedömdes ha varit helt i kontakt med omgivande jord.

5 ANALYS AV RESULTATEN

5.1 Allmänt om beläggningarna före nedslagning

Enligt Boverkets Konstruktionsregler BKR 99 Avsnitt 2:13 gäller: ”Byggnadsdelar och material ingående i bärande konstruktioner skall antingen vara beständiga eller kunna skyddas och underhållas, så att kraven i brottgräns- och bruksgränstillstånd uppfylls under byggnadens livslängd” (100 år). Enligt Avsnitt 8.56. ”Stålkonstruktioner i korrosiv miljö skall ges erforderligt rostskydd” t ex lämplig beläggning, katodiskt skydd eller rostmån”. Eftersom stålplålar normalt ej kan underhållas måste de antingen överdimensioneras för att klara förväntad avrostning (s k rostmån) eller korrosionsskyddas så att de erhåller tillräcklig beständighet under byggnadens livslängd, se Camitz (1994).

I BSK 99 Boverkets handbok om stålkonstruktioner specificeras förbehandlingsgrad, typer och färger/beläggningar, skiktjocklekar och antal skikt för olika korrosivitetsskasser. Tabell 8:72 f från BSK 99, som gäller för korrosivitetsskasserna Im1-Im3 dit jord hör, återges nedan i Tabell 5.1-1. Endast system S8.04 och S8.05 bedöms aktuella för stålplålar, som ju ständigt kan stå i kontakt med vatten.

Tabell 5.1-1 Exempel på rostskyddssystem i korrosivitetsskasserna Im1-Im3 enligt BSK 99

Beteckning		S8.01 ¹	S8.04	S8.05	S8.06 ¹
Hållbarhet		Medel	Medel	Hög	Hög
Förbehandling enligt ISO 8501-1		Sa 2½	Sa 2½	Sa 2½	Sa 2½
Grundbeläggning	Färgtyp enligt tabell 8:72g	EP (Zn), PUR (Zn)	EP	EP	EP ²
	Skiktjocklek (µm)	40	80	80	800
	Antal skikt	1	1	1	1
Täckfärg /mellanfärg	Färgtyp enligt tabell 8:72g	EP, PUR	EP, PUR	EP ²	-
	Skiktjocklek (µm)	310	300	400	-
	Antal skikt	2-4	2	1	-
Systemets totala skiktjocklek (µm)		350	380	480	800
Totalt antal skikt		3-5	3	2	1

¹Bör inte användas i ständig kontakt med vatten.

²Lösningssmedelsfri typ.

S8.05, som bedöms ha en hållbarhet på 15 år, består av två skikt tvåkomponents epoxi med en sammanlagd skiktjocklek på 480 µm. Denna beläggning har också valts för de **epoxibelagda pålarna**. Några toleranser har ej uppgivits.

Beläggningstjockleken på de **varmförzinkade rören** har bestämts med ledning av standarden SS-EN ISO 1461, som innehåller specifikationer och provningsmetoder för varmförzinkning av tillverkade järn- och stålföremål. I denna anges i Tabell 2 en minsta skiktjocklek för stål med godstjocklek ≥ 6 mm (RR115=6,3 mm) 85 µm som medelvärde och 70 µm som lokalt minimum. Samtidigt anges att man ”För extremt aggressiva förhållanden och/eller exceptionellt lång exponeringstid kan tjockare skikt än de, som specificeras här, krävas”. Därför har man i en nationell bilaga till denna standard hänvisat till en tidigare svensk standard SS 3583, som för den aktuella ståltypen med 0,15-0,21 % (RR115=0,19%) kiselhalt i stålet och ≥ 6 mm godstjocklek, rekommenderat en skiktjocklek på 115 µm som medelvärde och 100 µm som lokalt minimum. Kravet på skiktjocklek har dock av tillverkaren uppgivits vara 100-150 µm.

Den **polyetenbelagda** stålplastpålen är i standardutförande belagd med minimum 1,8 mm limmad, extruderad etenplast enligt DIN 30670 utom skarvhylsan som är galvaniserad.

En jämförelse mellan de ovan redovisade normerna för beläggningstjocklekar och de resultat av skiktjockleksmätningar som utfördes **före** nedslagning och uppdragning av pålarna visar följande:

- För de **epoxibelagda** pålarna uppfylldes inte kravet (480 µm) på skiktjocklek eftersom medelvärdena (349-418 µm) låg under kravet. Även om man antar att man lokalt kan acceptera ett mindre värde på ca 80 % av medelvärdet (Jfr krav på varmförzinkning) dvs ca 380 µm så underskreds detta värde. Vidare noterades de minsta skiktjocklekarna närmast pålspetsarna, där man ju kan förvänta den största nötningen vid nedslagning av pålen. Dessutom noterades ett stort antal håligheter, i medeltal 5,7 st per m påle, i beläggningen med hjälp av porsökare. Dessa utgör möjliga angreppspunkter för korrosion.
- För de **varmförzinkade** pålarna var beläggningstjockleken jämnare och inget mätvärde låg under den undre skiktjockleksgränsen på 100 µm. I medeltal låg skiktjockleken något över det av tillverkaren uppgivna övre gränsvärdet på 150 µm. Även på de varmförzinkade pålarna kunde man notera en skillnad i skiktjocklek mellan över- och underdel av pålhalvorna på så sätt att den tjockaste beläggningen uppmättes på de övre delarna av såväl över- som underpåle. I övrigt noterades tre till fyra skador (”liggsår”) på två av de varmförzinkade pålarna.
- För de **polyetenbelagda** pålarna noterades vid skiktjockleksmätningen inget enskilt värde under 2,0 mm och medelvärdet var 2,2 mm som kan jämföras med av tillverkaren uppgivet värde på 1,8 mm. Vid den okulära besiktningen noterades två skador på de fyra polyetenbelagda pålarna.

Sammanfattningsvis kan noteras att pålarna med sina olika beläggningar har olika förutsättningar att tåla nedslagning och uppdragning dels på grund av olika kvalitet i utförandet dels på grund av olikheter i skiktjocklek och beläggningens vidhäftning och nötningshållfasthet. Polyetenbeläggningen med sin större skiktjocklek och elasticitet bedöms ha större motståndskraft mot mekanisk nötning vid neddrivning än epoxibelägg-

ningen. Skador och porer kan också medföra korrosionsangrepp, som på sikt sprider sig och spjälkar bort beläggningen. Härtill skall läggas att beläggningarna i sig kan ha olika beständighet.

5.2 Analys av använda undersöknings- och mätmetoder

5.2.1 Undersökning av beläggningarnas kondition.

Eftersom det vid dessa försök använts ett antal för grundläggningsteknik och pålning ovanliga undersöknings- och mätmetoder görs nedan en värdering av de använda metoderna.

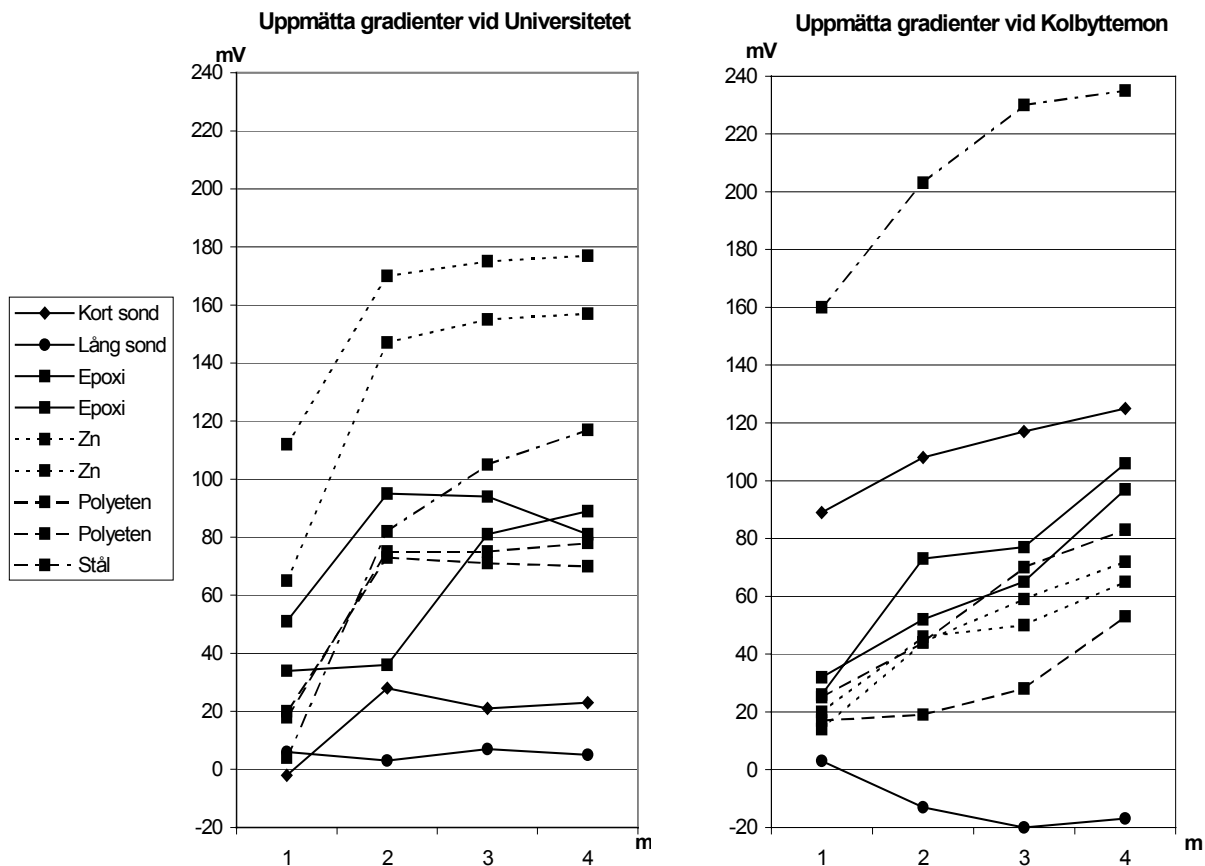
- **Skiktjockleksmätningarna** med Elcometer har fungerat väl. Anmärkningsvärt är dock att skiktjockleken både har minskat och ökat efter nedslagning och uppdragning. Detta kan delvis förklaras av variationerna i den ursprungliga beläggningstjockleken. Möjligen kan den noterade tjockleksökningen bero på att pålytan blir ojämn i samband med nedslagning och uppdragning varför mätningen efter uppdragning kommer att göras från en delvis uppruggad yta. Det är en fördel att metoden kan användas för såväl organiska som förzinkade beläggningar.
- Protokollföring av **synliga skador** går lätt när skadorna är stora och relativt få men svårt att praktisera vid många och små skador, som var fallet efter nedslagning och uppdragning. Summan av alla synliga skador är sannolikt mindre än de skador som kan leda till framtida korrosion.
- Användningen av **porsökare** för lokalisering av skador på de organiska beläggningarna fungerade väl uttryckt i skador per yta eller meter påle. Det är dock svårt att bedöma den sammanlagda ytan av skadorna eftersom små och stora skador indikeras på samma sätt. Även små skador kan dock på sikt leda till korrosionsskador.
- Användningen av **fotodokumentation** av tillverkade repor före och efter nedslagning och uppdragning har fungerat väl. Tyvärr var arbetet här fokuserat på vad som hände vid reporna och ej på pålen i övrigt. När man nu vet att det inte hände så mycket vid reporna kan man önska sig lite mer fotodokumentation om hur skadorna utvecklats på pålen i övrigt, speciellt i anslutning till pålspetsar och pålskarvar.
- Uppdelning av påldelarna i **skadeklasser** var praktisk men klassningen var svår att korrelera till de faktiskt uppmätta skadorna. Korrelationen var dock bättre än jämförelsen med den procentuella mantelytan som fick genomslag med porsökaren sannolikt beroende på att båda bygger på en okulär bedömning.

5.2.2 Undersökningar med in situ-mätningar

Nedan ges en analys av vad in situ-metoderna kan ge information om och hur resultatet bedömts i dessa undersökningar. Det är dock oklart hur och i vilken omfattning utförda ritsar och borrar hål för identifiering av pålarna haft på de elektrokemiska mätningarna. Genom hålen har det funnits möjlighet till elektrisk kontakt genom vatten till den obelagda insidan av rören.

- Bestämning av **jordens resistivitet** är av betydelse för att kunna förutsäga jordens korrosivitet. Denna kan bestämmas antingen in situ med Wenners fyrelektrodmeter, som i detta fall, eller på laboratoriet på upptagna jordprover, Camitz (1980). Uppgifter om jordresistiviteten erfordras också för utvärdering av andra in situ-mätningar.

- Mätningen av **elektrodpotentialen** kan ge en indikation på vilken typ av metall, som ger den förhärskande potentialen (stål eller zink) beroende på deras läge i den galvaniska spänningskedjan, Mattsson (1992). Mätningen med den korta och långa sonden kan också ge information huruvida det finns förutsättningar för större korrosionsceller längs pålen beroende på potentialskillnader mellan olika delar av pålen. Om elektrodpotentialsondering kunde göras genom hela jordprofilen kunde man få en indikation på eventuella framtida skadors läge i en skiktad jord.
- Skillnaderna mellan resultaten från den obelagda Pålen 7 och de förzinkade pålarna 3 och 4 visar på skillnaderna mellan metallerna i spänningskedjan. Att de polyetenbelagda Pålarna 5 och 6 vid Universitetet fått nära samma negativa potential som de förzinkade Pålarna 3 och 4 bedöms bero på att den förhärskande metalliska ytan på Pålarna 5 och 6 är den förzinkade skarvhylsan på dessa. Detta är inte förhållandet vid Kolbytte-mon där elektrodpotentialen ligger närmare stålets, jfr potentialen på den korta sonden. Detta skulle tyda på större beläggningsskador på Pålarna 5 och 6 på Kolbytte-mon jämfört med Universitetet.
- Mätningen av **spänningsgradienterna** utan ström visade att spänningen ökade med avståndet från pålarna för alla mätobjekt utom för den långa sonden. Detta kan betyda att en korrosionscell (luftningscell) bildats längs pålen. För den långa sonden kunde någon sådan potentialökning dock inte noteras. Detta bedöms bero på dels att endast en 0,5 m lång del av sonden har direktkontakt med jorden dels att denna del är omgiven av homogen jord.
- En jämförelse mellan de uppmätta gradienterna har gjorts i Figur 5:2-1 för både Kolbytte-mon och Universitetet. Denna visar att den största potentialskillnaden erhålls mellan 1 och 2 m avstånd från pålarna på de flesta pålarna och där de största skillnaderna erhålls för Pålarna 3, 4 och 7 som har direkt elektrisk kontakt med jorden hela vägen. För några pålar blir potentialskillnaderna konstanta eller ökar endast måttligt från 2 till 3 och 4 m. Dessa variationer i gradienterna kan betyda följande:
 - att man har en korrosionscell längs pålarna; antingen en bimetallcell mellan förzinkat och bart stål eller en luftningscell mellan metall över respektive under grundvattenytan. Eftersom pålarna står relativt nära varandra kan man heller inte bortse från möjligheten att spänningsfälten runt pålarna påverka varandra. Detta skulle kunna förklara det likartade utseendet på gradientkurvorna.
 - att man inte ser denna stigande tendens för den långa sonden beror väl på att den har en begränsad yta som är omgiven av relativt homogen jord.
 - att gradientökningen vid Universitetet avtar snabbare än på Kolbytte-mon antas bero på grundare liggande korrosionsceller där.



Figur 5:2-1 Uppmätta potentialskillnader mellan pålar och jord som funktion av avståndet från pålen.

Mätningarna av **övergångsmotståndet** för objekten visar:

- Effekten på övergångsmotståndet av den omgivande jordens resistivitet framgår vid en jämförelse mellan övergångsmotstånden för den korta och långa sonden på båda platserna. Den torra jorden/fyllningen nära markytan ger höga motstånd medan den fuktigare sanden och leran på större djup ger låga övergångsmotstånd.
- Pålarna 3, 4 och 7 med full elektrisk kontakt får identiska övergångsmotstånd på respektive plats, något högre på Kolbyttemon än Universitetet beroende på den låg-resistiva jorden vid Universitetet. Övergångsmotståndet påverkas således ej av vilken metall, som är i kontakt med jorden, utan är en funktion av pålens geometri, exponerad yta samt omgivande jords resistivitet.
- De epoxibelagda pålarnas övergångsmotstånd är ca två gånger större än referenspålens och de förzinkade pålarnas medan de polyetenbelagda pålarnas övergångsmotstånd är 3-8 gånger större. Detta kan betyda att epoxibeläggnings motstånd är lågt jämförelse med polyetenets eller att epoxibeläggnings har fler skador.
- Om jordförhållandena är likvärdiga för de båda belagda pålarna tyder mätningarna på att Påle 1 är något mer skadad än Påle 2 och Påle 5 något mer skadad än Påle 6 eftersom de ger något lägre övergångsmotstånd.

Beräkningarna av **möjliga skadade beläggningsytor** visade på några negativa värden, som kan förklaras av att jorden lokalt haft högre resistivitet än den genomsnittliga på platsen.

En jämförelse mellan uppmätta skador och sålunda beräknade skador är svåra att göra bl a beroende på att man ej har några tillförlitliga mätvärden på pålarna efter slagning. Om man utgår från de värden som anges för de epoxibelagda pålarna i Tabell 4.4-1 får man fram att ”skadade” ytor skulle vara större än 0,03-0,16 m² (0,7% respektive 3,8% uppmätta skador) men ej större än 1,4-2,4 m² (33 respektive 59% uppmätta med porsökare). De senare värdena överensstämmer i storlek med dem som beräknats för dessa pålar 1,32 och 1,26 m². Sannolikt är denna senare jämförelse riktigare eftersom även små porer ger möjlighet till elektrisk kontakt och därmed korrosion.

5.3 Analys av beläggningarnas kondition efter nedslagning och uppdragning

Med ledning av resultatet under 4.4 ovan kan pålarnas skador efter nedslagning och uppdragning sammanfattas enligt Tabell 5.3.1 i termer av skadeklass, se Kap 3.6.2.

Tabell 5.3.1. Sammanfattning av beläggningarnas skadeklasser.

Försöksplats	Beläggning			
	<i>Epoxibeläggning</i>	<i>Varmförzinkning</i>	<i>Polyetenbeläggning</i>	<i>Ingen beläggning</i>
<i>Universitetsområdet</i>	Mycket – relativt mycket skadad (5-4)	Relativt skadad – Relativt oskadad (3-2)	Relativt skadad (3)	1)
<i>Kolbyttemon</i>	Relativt mycket – Relativt skadad (3-2)	Relativt oskadad – oskadad (2-1)	Relativt oskadad (2)	1)

1) Ej tillämpligt

Sammanfattningsvis kan konstateras att epoxibeläggningen erhållit mest skador till följd av nedslagning och uppdragning medan varmförzinkade och polyetenbelagda pålar blivit mindre skadade. För samtliga belagda pålar var skadorna mer omfattande på Universitetsområdet jämfört med pålarna från Kolbyttemon.

Den prognos av beläggningsskador, som gjorts under 4.2 utifrån geotekniska undersökningsresultat och påslagningsresultat ser ut att stämma med observerade skador och mätningar på så sätt att de största skadorna uppkommit närmast pålspetsen och vid skarvhylsan.

En närmare analys av förändringarna hos de belagda pålarna före och efter påslagning och uppdragning visar följande:

Efter uppdragning av de **epoxibelagda** pålarna utfördes skiktjockleksmätning på alla fyra pålarna medan porsökning endast utfördes på två pålar, en från vardera provplatsen.

Skiktjockleksmätningen visade ingen nämnvärd förändring av beläggningens tjocklek från någon av provplatserna. De förändringar som noterades torde ligga inom mätnoggrannheten om man också beaktar att en viss ”uppruggning” av ytan uppstått. Porsökningen visade på en stor förändring av beläggningens ”täthet”, i synnerhet vid Universitetsområdet. Skadorna/reporna var så omfattande att de inte gick att räkna utan den skadade ytan fick anges i procent av pålens totala yta där överslag erhållits.

I Tabell 5.3-2 har genomsnittsvärden för skiktjockleken före och efter påslagning och uppdragning sammanställts för respektive påle. Vidare redovisas antal överslag vid porsökning för respektive påle före påslagningen samt den skadade ytan i % av den totala mantelytan för de två pålar, som undersökts med porsökare efter att pålarna dragits upp.

Tabell 5.3-2 Sammanställning av skiktjockleksmätning och resultat av porsökning före och efter påldrivningen. Siffror inom () anger värden efter påslagningen. Epoxibelagda pålar

Påle nr	Provplats	Skiktjocklek (μm)	Antal överslag
1	Universitetsområdet	349 (383) ¹⁾	56 (ej mätt)
2	Universitetsområdet	403 (396)	39 (59 %) ²⁾
1	Kolbytteomon	409 (381)	94 (/ej mätt)
2	Kolbytteomon	418 (401)	86 (33 %) ²⁾

1) Det lägre värdet före påslagning kan bero på att medelvärdet är räknat på ett färre antal mätpunkter än för övriga pålar, jämför Bilaga 3:1.

2) Vid porsökningen har överslag erhållits på 59 resp 33 % av pålarnas totala mantelyta.

Beläggningens kvalitet – den stora variationen i beläggningstjockleken och dess mindre goda täthet – tycks ha mindre betydelse än jordlagrens sammansättning. Som framgår av Tabell 5.3-2 har de pålar som slogs vid Kolbytteomon fler överslag vid porsökning än de pålar, som slogs vid Universitetsområdet. Vid pormätning efter påslagning var den skadade ytan större vid Universitetet än på Kolbytteomon. Detta tillskrivs effekten av drivningen genom fyllning av krossmaterial.

Efter uppdragning av de **varmförzinkade** pålarna utfördes skiktjockleksmätning och en okulär skadebedömning på alla fyra pålarna.

Skiktjockleksmätningen visade ingen förändring av beläggningens tjocklek från någon av provplatserna. De marginella förändringar som noterades torde ligga inom mätnoggrannheten om man också beaktar effekten av att en viss ”uppruggning” av ytan uppstått. Skadorna utgjordes av grunda repor och vidhäftningsproblem – varmförzinkningen hade lossnat på ett antal ställen i anslutning till de förpreparerade reporna. Skadorna på grund av dålig vidhäftning liksom repornas omfattning är större på pålarna från Universitetsområdet än på dem från Kolbytteomon.

I Tabell 5.3-3 har genomsnittsvärden för skiktjockleken före och efter påslagning och uppdragning sammanställts för respektive påle. Vidare redovisas ett antal skador som främst utgörs av att varmförzinkningen har lossnat.

Tabell 5.3-3 Sammanställning av skiktjockleksmätning och noterade skador före och efter påslagningen. Siffror inom () anger värden efter påslagning. Varmförzinkade pålar.

Påle nr	Provplats	Skiktjocklek (μm)	Antal skador
3	Universitetsområdet	155 (162)	ej undersökt (10)
4	Universitetsområdet	161 (167)	ej undersökt (12)
3	Kolbytteomon	156 (153)	3 (3)
4	Kolbytteomon	160 (155)	4 (4)

Efter uppdragning av de **polyetenbelagda** pålarna utfördes skiktjockleksmätning och en okulär skadebedömning på alla fyra pålarna.

Skiktjockleksmätningen visade liten minskning av belägningens tjocklek speciellt närmast pålspetsen. Skadorna utgjordes främst av repor som blev mer omfattande vid Universitetsområdet än vid Kolbytte-mon.

I Tabell 5.3-4 har genomsnittsvärden för skiktjockleken före och efter påslagningen sammanställts för respektive påle. En viss liten ökning av noterade skador har observerats.

Tabell 5.3-4 Sammanställning av skiktjockleksmätning och noterade skador före och efter påslagningen Siffror inom () anger värden efter påslagning. Polyetenbelagda pålar.

Påle nr	Provplats	Skiktjocklek (mm)	Antal skador
5	Universitetsområdet	2,24 (2,18)	0 (3)
6	Universitetsområdet	2,20 (2,13)	0 (1)
5	Kolbytte-mon	2,23 (2,16)	2 (2)
6	Kolbytte-mon	2,22 (2,13)	0 (1)

6 SLUTSATSER

6.1 Beläggningarnas reptålighet och kondition

Av undersökningen kan följande slutsatser dras:

- **Epoxybeläggningen** uppfyllde från början inte kravet på skiktjocklek och stora ojämnheter noterades liksom ett stort antal överslag med porsökaren.
- De **epoxybelagda pålarna** kan enligt Boverkets konstruktionsregler ej bedömas vara helt korrosionskyddade utan bör ges ett extra skydd i form av rostmån eller kato-diskt skydd.
- Flertalet stora skador **på de epoxybelagda pålarna** har inträffat närmast pålspetsen samt i anslutning till skarvhylsan vilket bedöms bero på att effekten av jordundantränningen (friktionen/repningen) där är störst.
- **Samtliga beläggningstyper** har fått repor/skador. Dessa var mer omfattande vid Universitetsområdet än vid Kolbytte-mon. Beläggningsskadornas omfattning är av sådan art att de kan leda till korrosionsangrepp på underliggande stål.
- **Jordlagrens sammansättning** (kornstorlek och kornens kantighet) har större inverkan på skadefrekvensen än jordlagrens relativa fasthet – bergkross ger större skadefrekvens än naturligt lagrad sand. Där belagda stål-pålar i större omfattning är tänkt att användas rekommenderas att man utför undersökningar av jordens korrosivitet samt bedömer risken för beläggningsskador. Vidare kan man välja att utföra prov-pålning med uppdragning och efterkontroll av de pålar, som med ledning av elektrokemiska mätningar bedömts ha de största och minsta skadorna.
- **Skiktjockleksmätningen** visar på en liten allmän avnötning av korrosionsbeläggningarna, dvs beläggningarnas tjocklek har ej minskat av betydelse på grund av friktion mot jordlagren. De skador som uppstått är i huvudsak att betrakta som rep-skador sannolikt från stenar i jorden.

- **Epoxibeläggningsen** är mer känslig för repsskador än de övriga beläggningsarna, särskilt i jord som utgörs av bergkross. Detta kan möjligen delvis bero på den från början otillräckliga tjockleken och kvaliteten i utförandet.
- **Varmförzinkningen** har klarat påslagningen relativt bra, inga nya tecken på djupare skador (frilagt stål) i samband med påslagningen har noterats utan endast grunda repor. Däremot har beläggningsen ytterligare lossnat i anslutning till de förpreparerade reporna vilket tyder på att vidhäftningen varit otillräcklig. Detta medför att den sk självläkningseffekt, som ett zinkskikt med mindre repor anses ha, försvinner. Varmförzinkade pålar bör beräknas med rostmån på motsvarande sätt som stål pålar, dock med en lägre korrosionshastighet för zink. I kalkhaltiga jordar där ett skikt av skyddande kalciumkarbonat kan bildas på zinken kan fullgott skydd erhållas om djupa repor ej uppstår. Detta gäller också för varmförzinkade skarvhylsor.
- **Polyetenbeläggningsen** har också klarat påslagningen relativt bra, få tecken på djupare skador (frilagt stål) i samband med påslagningen har noterats. Grunda repor förekommer dock i relativt stor omfattning.
- För att skydda **organiska beläggningar** från förslitning och skador nära pålspetsen kan man överväga att förse pålen med en belagd pålsko med ett något större tvärsnitt än pålens, som dras upp på utsidan av pålen ett stycke motsvarande ca 1,0-1,5 ggr diametern för att rymma upp ett något större hål för pålen.
- Om det är så att beläggningsproceduren medför skillnader i beläggnings-tjocklek längs pålen, som framkommit i denna undersökning, bör man vid pålningen vända pålelementen så att delen med tjockast beläggning kommer närmast pålspets respektive skarvhylsa.

6.2 Förslag till hur man kan bestämma beläggnings-kondition

Det har visat sig svårt att få ett rättvisande mått på beläggnings-kondition enbart med okulära metoder eftersom också små, för ögat osynliga håligheter kan utgöra angreppspunkter för en framtida korrosion. En systematiserad avkänning med porsökare bedöms vara en möjlig metod att kontrollera beläggningar före påslagning. Alternativt kan övergångsmotståndet mätas elektriskt i vattenbad. Skikt-tjockleksmätning erfordras som komplement.

Från de elektrokemiska mätningarna som utfördes in situ kan följande slutsatser dras:

- Mätning av elektropotential ger viss information om var en lokal skada befinner sig på en belagd påle. Ju mer positiv elektropotential desto större sannolikhet att skadan ligger nära markytan.
- Mätning av gradientfältet runt en påle ger ingen indikation på skadornas omfattning, men kan ge information om skadans läge.
- Mätning av övergångsmotstånd ger ett reproducerbart värde för olika typer av pålar. Att beräkna skadeomfattning utgående från ett uppmätt övergångsmotstånd är dock svårt. Detta beror främst på att motståndet är direkt proportionellt mot jordresistiviteten och denna varierar från plats till plats och även med djupet under markytan på en och samma plats.

- Provpolarisering och beräkning av beläggningsresistans gav inte mer information än mätningarna av övergångsmotstånd.
- Utförda beräkningar med hjälp av uppmätt övergångsmotstånd visar att dessa kan ge rätt storlek på den skadade beläggningsytan.
- Ingen av pålarna hade ett övergångsmotstånd i närheten av det krav på 100.000 Ω som anges gälla för fullständig isolering från jorden enligt EN1537:1999. Detta beror delvis på att pålarna har elektrisk kontakt med jorden vid pålspetsar och skarvar.

Utgående från de analyser som gjorts av främst de elektrokemiska mätningarna föreslås följande undersökningar vid organiskt belagda pålar. Syftet med undersökningarna skall vara att få en uppfattning om hur stor sammanlagd stålyta som frilagts till följd av skador vid nedslagningen och därav kunna bedöma behovet av kompletterande korrosionskydd för pålarna.

1. Bestäm jordens korrosivitet.
2. Bedöm risken för repskador i jorden.
3. Mät övergångsmotståndet på obelagd referenspåle.
4. Beräkna medelvärdet för jordresistiviteten.
5. Mät övergångsmotståndet för belagd påle.
6. Korrigera uppmätt övergångsmotstånd med hänsyn till eventuellt ursprungligen obelagda ytor på pålarna t ex skarvar och pålskor.
7. Beräkna yta som skadats vid pålslagning.
8. Mät gradienten i markytan för att verifiera stora skador nära markytan.
9. Bedöm risken för att skadorna kan bli förödande för konstruktionen.
10. Dimensionera eventuellt erforderligt katodiskt skydd.

De bedömningar som måste göras i ett aktuellt fall bör beakta följande:

- att stålspetsar normalt används som spetsburna pålar d v s pålen bör ha tillräcklig bär-förmåga också vid spetsen efter korrosion.
- att repningen är beroende av förekommande jordarter; värst i grovkornig jord med kantiga korn.
- att förslitningen vid neddrivning är störst nära spetsen och vid skarvhylsan.
- att korrosionen kan vara olika i olika jordskikt. Den kan ofta vara störst nära markytan och något under grundvattenytan men även permeabla skikt på större djup kan ge stor korrosion.

7 REFERENSER

Baekmann, W.V., Schwenk, W., (1999), Handbuch des Kathodischen Korrosionsschutzes, Edition 4, Willeys, VCH, Weinheim, Ger.

Bergdahl, U (1997), Gemensamma dimensioneringsprinciper för pÅlar, Del VI – Beståndighet. Konzept.

Boverket (1999), Konstruktionsregler. BKR. BFS 1993:58 tom BFS 1998:39, Karlskrona.

Boverket (1999), Handbok om stÅlkonstruktioner, BSK 99, Karlskrona.

Camitz, G. (1980), Korrosionsundersökningar i jord – Anvisningar för bestämning av jordars resistivitet. Korrosionsinstitutets, Bulletin nr 88.

Camitz, G. (1994), Korrosion och korrosionsskydd av stÅlpÅlar och stÅlsPont i jord och vatten. IVA:s PÅlkommission. Rapport 93.

CEN EN 1537 (1999), Execution of special geotechnical work – Ground anchors.

Handboken Bygg Geoteknik, kap G23. (1984), Liber Förlag, Stockholm.

Korrosionsinstitutet. Handbok i rostskyddsmålning. sida 109 i Bullentin 107.

Mattsson, E., (1992), Elektrokemi och Korrosionslära, Korrosionsinstitutet, Bulletin 100, Stockholm.

Porsökare. Elcometer 136 (Karl Deutsch Nordiska AB) (www.kdn.se/ytkontroll/el236.htm)

Sandberg, B., (2001), Korrosionsskyddande beläggningar på stÅlpÅlar i jordelektrokemiska mätningar. Korrosionsinstitutet. Preliminär Rapport.

Skiktjockleksmätning. Elcometer 345. (www.kdn.se/skikt/el345bt/htm).

Svensk standard SS 184160. Utgåva 3, (1992), Färg och lack – Metoder för att bestämma skiktjocklek på metalliskt underlag – Magnetiska virvelströmbaserade metoder, SIS, Stockholm 1992.

Vinka, T-G., Bedömning av korrosionsrisken för förzinkat stÅl i jord. Nordisk korrosion 2/2000.

Vinka, T-G., Sederholm, B., Almqvist, J. (2002). Undersökning av skyddsförmågan hos organiska beläggningar på stÅlkonstruktioner i jord - Exponering i avjoniserat vatten och i saltlösning. Korrosionsinstitutet Rapport 2003:8.

VÄG –94, Tabell 4.10-1. Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktioner. Vägverkets publ.1994:86.

Dnr 1-9801-003 (10450) Bilaga 1

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplålar i jord

Bilaga 1:1-1:11

Påltyper, dimensioner, stålqualität och beläggningsskvalitet

Bilaga 1:1 – 1:3 Epoxibelagda pålar

Bilaga 1:4 – 1:11 Polyetenbelagda pålar

Pålmaterial

Stålrörets kvalitet är:

S440J2H MEF SPEC 004

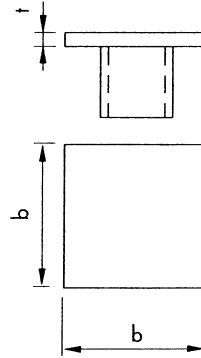
I övrigt se projekteringsanvisningen.

Topplatta/Tryckplattan.

Påltyp	Storlek b x b x t	Vikt kg	Ståltyp
RR60	120 x 120 x 15	1,2	S355J2
RR75	150 x 150 x 15	2,7	S355J2
RR90	150 x 150 x 15	2,8	S355J2
RR115	200 x 200 x 20	4,9	S355J2

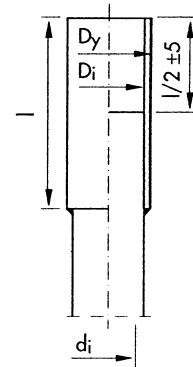
Vikt pålrör/m.

Exkl. Skarvhylsa kg	
RR60	8,4
RR75	10,8
RR90	12,8
RR115	16,8



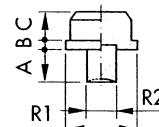
Skarvhylsa (konisk).

Påltyp	Dimension				Ståltyp	l/2	Vikt kg
	l	~ D _y	~ D _i	d _i			
RR60	200	72,9	60,3	47,7	S355J2	100	2,1
RR75	200	88,7	76,1	63,5	S355J2	100	2,6
RR90	240	101,5	88,9	76,3	S355J2	120	3,6
RR115	270	126,9	114,3	101,7	S355J2	135	5,1



Bergsko.

Påltyp	Dimension					Ståltyp	Vikt kg
	R1	R2	A	B	C		
RR60	60	30	35	15	35	S355J0	1,5
RR75	76	30	35	15	35	S355J0	2,5
RR90	89	30	35	15	35	S355J0	3,5
RR115	114	40	40	15	70	S355J0	5,0




**KOETUSTODISTUS
KVALITETSINTYG**

 Nro Nr A1M19073.DAT
901420-001-002

EN 10204-2.2

 Päivämäärä Datum
08.05.2001

 Sivu
Sida
1

Ostaja RAUTARUUKKI OYJ METFORM METFORM-SUOMI HARVIALANTIE 420 FI-13300 HÄMEENLINNA FINLAND	Beställare 0003092	Toimitusosoite SGI / VTI GODSMOTTAGNING OLAUS MAGNUS VÄG 35 S-581 93 LINKÖPING	Leveransadress 0003092
--	-----------------------	--	---------------------------

Tilausvahvistus 901420	Beställningserkännande	Tilauksenne 00 276	Er beställning
Viitteenne	Märke	Lähetysrä 901420-001	Leveransparti

MERKINTÄ Valmistajan merkki Tillverkarens stämpel	MÄRKNING Tarkastajan leima Kontrollansvarigs stämpel	Teräslaji Stålsort S 440	Sulatus - koeno Charge nr.	Putkinumero Rör nr.	Muut leimat Övriga stämplat
---	---	--------------------------------	-------------------------------	------------------------	--------------------------------

Tuote PITUUSSAUMAHITSATTU PAALUPUTKI	Produkt
Teräslaji S440J2H MEF SPEC.	Stålsort
Tekniset vaatimukset MEF SPEC 004 / EN 10219	Tekniska bestämmelser

 Tarkastus Provning
PYÖRREVRTATARKASTETTU EN 10246-3

TUOTE-ERITTELY		SPECIFIKATION				
Sulatusno Charge nr.	Näytenro Prov nr.	Nippu nro Bunt Nr.	Kpl St.	m	kg	Nippua Bunt st
Pos. 1 D	114.3	6.30 X 6000				
32667	9418830	90003251 90003253				
32669	9418830	90003253				
POSITIO YHTEENSÄ			20	120	2016	2
POSITIOT YHTEENSÄ			20	120	2016	2

Tuotteet on tarkastettu ja testattu ylläesitettyjen toimitusehtojen mukaisesti ja ne ovat asetettujen vaatimusten mukaisia.
 Produkter är granskade och testade enligt ovannämnda leveransvillkor och fyller de ställda kraven.

RAUTARUUKKI OYJ

 Lappohjan tehdas
Lapponmäus

 Lappvik verket
Kvalitetsstyrning

Carl-Johan Bussman

Rautaruukki Oyj, Metform Lappohjan tehdas Lappvik verket	Postiosoite Postadress Satamatie 56 FIN-10820 LAPPOHJA	Puhelin Telefon + 358 19 268 7100	Telefax Telefax + 358 19 268 7256
Yhtiön Nimi Bolagets namn Rautaruukki Oyj	PL 860 FIN-00101 HELSINKI	Kotipaikka Hemort HELSINKI	Krnro Hand.reg.nr 154.820


**KOETUSTODISTUS
KVALITETSINTYG**

 Nro Nr
901420-001-002

EN 10204-2.2

 Päivämäärä Datum
08.05.2001

 Sivu
Sida
2

Pos. Pos.	Sulatusno Charge Nr.	C ekv C eq	Sulatusanalyysi %			Chargeanalys %					Cu	Cr	N	Ti	Mo	Ni
			C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V						
1	32667	,34	,09	,195	1,42	,012	,007	,037	,020	,007	,011	,025	,004	,015	,01	,031
1	32669	,33	,09	,194	1,39	,013	,007	,039	,018	,007	,012	,025	,004	,014	,01	,031

Pos. Pos.	Näyttenumero Prov nr.	Vetokoe Dragprov				Iskukoe Slagprov					
		P2	Rp0.2 N/mm2	Rm N/mm2	A5 %	P3	oC	1(J)	2(J)	3(J)	AVG(J)
1	9418830	13	464	523	27	113	-20	109	108	103	107
1	9418830	13	464	523	27	113	-20	109	108	103	107

Visuaalinen tarkastus sekä mittatarkastus on suoritettu toimitusehtojen mukaisesti- Ei huomioita
Visuell granskning och provning har gjorts enligt leveransvillkoren; -utan anmärkning.

RAUTARUUKKI OYJ

 Lappohjan tehdas
Laadunohjaus

 Lappvik verket
Kvalitetsstyrning

Carl Johan Bussman

CEV: C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15
P2: 13=Putki, pitkittäsuuntaan / Rör, längs
P3: 113=Iskukoessai CV t x 10 mm, perusaineesta pitkittäin / Slagseghet, CV t 10 mm. längs

Stålplastpåle Ø 101.6 x 5.6

enligt typgodkännande 2323/89

PROJEKTERINGS- OCH UTFÖRANDEANVISNINGAR

19950517

ALLMÄNT

Stålplastpåle 101.6 x 5.6 är en spetsbärande, höghållfast, korrosionsskyddad stålörspåle. Pålelementen består av ett plastbelagt stålör med varmförzinkade skarvhylsor. Pålen förses med pålsko och topplatta. Pålelementen är normalt mellan 1 och 2 meter långa och skarvas på plats under neddrivningen. Pålen drivs ned och stoppslås med hydrauldriven lätt höghastighetshejare. Efter stoppslagning kontrolleras pålens raket, varefter den fylls med cementbruk.

Grundförstärkningars kvalitetssäkringsprogram i det typgodkända pålsystemet Stålplastpåle 101.6 x 5.6 omfattar:

- Stålplastpåle Ø 101.6 x 5.6 - Projekteringsanvisningar
- Stålplastpåle Ø 101.6 x 5.6 - Utförandeansvisningar
- Stålplastpåle Ø 101.6 x 5.6 - Handbok för kvalitetssäkring av pålsystem enligt typgodkännande 2323/89 (QA-Manual). Kvalitetssystemet och typgodkännandet innefattar samliga krav i geoteknisk klass GK3 enligt BKR 94:1.

Projekteringsanvisningar

FÖRUTSÄTTNINGAR

Till grund för anvisningarna ligger de teorier och riktlinjer, som ges i Rapport 81 från IVA Pålskommissionen (1), typgodkännande 2324/89.

- Bärighetsverifikation med generellt stoppslagningskriterium gäller pålar, som är väsentligen spetsbärande. Detta gäller följande jordprofiler:
 - Lera på morän eller fast lagrad friktionsjord på berg. Pålen kan vara slagen eller borrard genom fyllning.
 - Löst lagrad friktionsjord, med relativt distinkt gräns till fast morän eller berg.
- För projekt med andra jordprofiler upprättas särskilda stoppslagningsregler t ex baserade på provbelastning av provpålar.
- Dimensionerande bärförmåga är beräknad i brottgränstillstånd och gäller för angivna partialkoefficienter, nominella pålmaterialdata och minsta krökningsradie 100 m räknat på teoretisk knäcklängd (ca 2 m) i lös lera.
- Kontroller i bruksgränstillstånd, dimensionering för olyckslast, fortskridande ras etc beaktas enligt anvisningar i Boverkets KonstruktionsRegler, BKR 94:1.
- Pålarna slås ej genom mycket nötande jord. Jordprofilen har ej sådan karaktär att korrosiviteten för zink (skarvhylsorna) bedöms bli hög eller mycket hög, se Rapport 93 från IVA Pålskommissionen: (2).

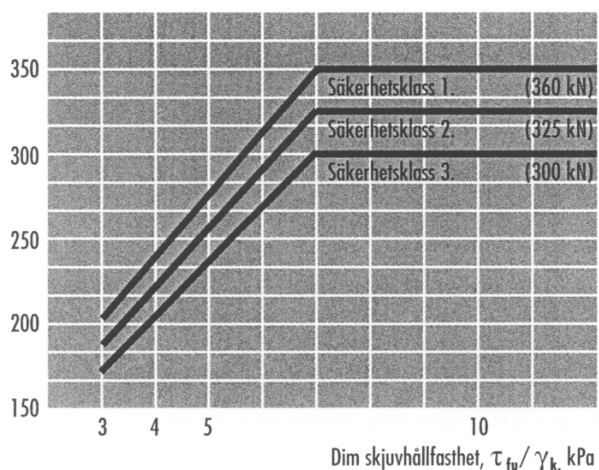
BERÄKNING AV DIMENSIONERANDE BÄRFÖRMÅGA

Om pålen är godkänd med avseende på stoppslagning (motsv), raketmätning efter slagning ($R \geq 100$ m) samt övriga föreskrifter i Projekterings- och Utförandeansvisningarna och QA-manualen, anges dimensionerande bärförmåga i diagrammet. Den dimensionerande bärförmågan är 325 kN i säkerhetsklass 2, där knäckning i lös lera ej är dimensionerande. Detta gäller när $\tau_{fu}/\gamma_k > 7$ kPa, t ex då ev lera enligt översiktliga undersökningar har större karakteristisk skjuvhållfasthet än ca 12 kPa. Om de aktuella förhållandena avviker från angivna förutsättningar, ska speciell utredning göras för bestämning av bärförmåga.

Lerans karakteristiska skjuvhållfasthet, τ_{fu} , väljs som medelvärde över den teoretiska knäcklängden (ca 2 m). Motsvarande partialkoefficient, γ_k , beror av variationen hos lerans skjuvhållfasthet och omfattningen av den geotekniska undersökningen. Rekommenderade värden på γ_k för homogena leror är enligt (1):

Antal borrhull inom området	Avstånd påle-borrhull, m		
	<10	10-20	>20
1	1.7	2.0	2.9
2	1.4	1.7	2.5
3 eller fler	1.3	1.5	2.5

Dim bärförmåga, kN



Den dimensionerande bärförmågan i diagrammet har beräknats med övriga partialkoefficienter enligt nedan:

Säkerhetsklass 1	$\gamma_n = 1.0$
Säkerhetsklass 2	$\gamma_n = 1.1$
Säkerhetsklass 3	$\gamma_n = 1.2$
Samtliga pålar rakhetskontrolleras	$\gamma_d = 1.0$
Pålmaterialet kontrollerat betr stukgräns och toleranser	$\gamma_m = 1.0$

I övrigt hänvisas till partialkoefficienter i BKR 94:1 kap 4.

MATERIAL

Pålelement $\varnothing 101.6 \times 5.6$: Stålrör DIN 2458/1626 St 52, stukgräns fyk > 360 MPa, mätt på fullsektionsprov av varje leverans. Utvärdig beläggning av min 1.8 mm limmad, extruderad etenplast enl DIN 30670.
 $A = 1690 \text{ mm}^2$, $I = 1952 \times 103 \text{ mm}^4$

Skarvhylsa $\varnothing 113.35 \times 5.0$:

Stålrör DIN 2391/1292 St 35 varmförzinkad min 80μ enligt SS 3583 ut- och invändigt.

Topplatta: SIS 1312. Standard kvadratisk $180 \times 180 \times 18 \text{ mm}$ eller rund $\varnothing 180 \times 18 \text{ mm}$, försedd med styrning invändigt i pålen.

Pålsko: SS 1312, där så krävs försedd med bergdubb SIS 142090 med härdad egg.

Bergsko används där förväntad pällängd är mindre än 4 meter, där pålning sker mot starkt lutande bergyta samt där pålspetsen ej förväntas ha erforderligt sidostöd av fast jord omedelbart över stoppnivån. Bergsko ökar pålens nedträngningsförmåga genom fast friktionsmaterial.

Cementbruk: Standardcement vct = 0.5, tillsatt med 1 viktsprocent Intraplast A, alternativt Btg II K20.

STOPPSLAGNINGSUTRUSTNING

Atlas Copco TEX 200P med specialombyggnad. Alla slagutrustningar funktionskontrolleras betr avgiven stötkraft och slagfrekvens före nytt projekt. Stoppkriterium <math>< 5 \text{ mm/min}</math> under 3 min, ej ökande.

Minsta avstånd mellan pålar

Vid projektering av pålar i grupp bör minsta centrumavstånd väljas enligt:

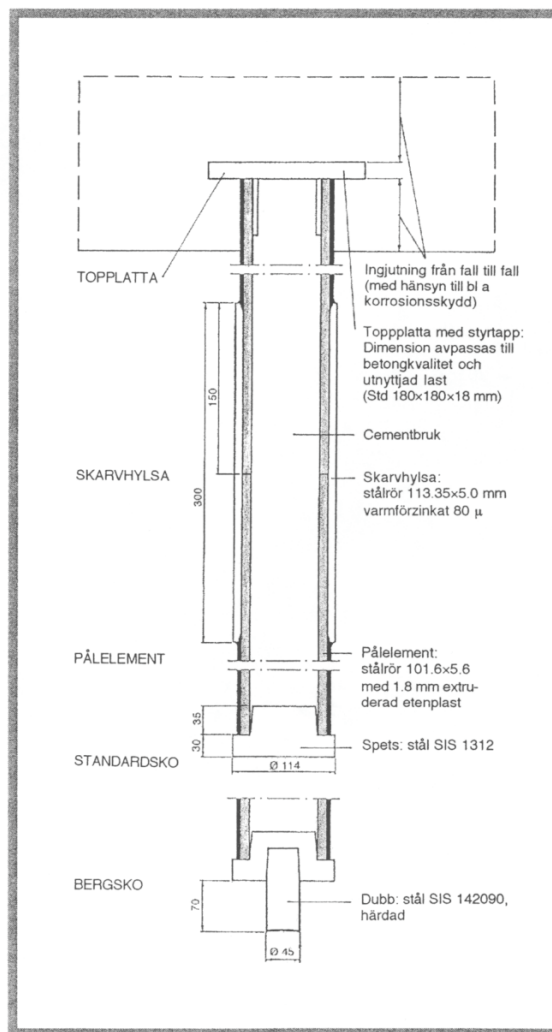
Förutsedd pällängd, m	Minsta c-avstånd, mm
<math>< 10</math>	310
10-25	410
> 25	510

Minsta avstånd till vägg

Lämpligt avstånd till vägg från centrum påle är 200 mm. Ned till ca 150 mm kan hanteras.

Laster

Dimensionerande lasteffekter beräknas enligt BKR 94:1.

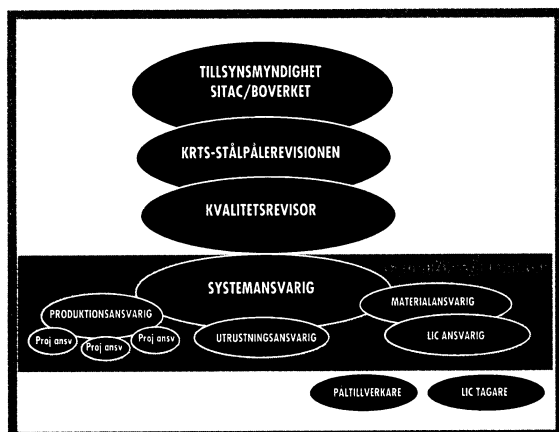


Utförandeansvisningar

KVALITETSSÄKRINGSPROGRAM

Stålplastpålesystemets funktion, den varaktiga bärförmågan, säkerställs genom ett kvalitetssäkringssystem enligt principerna i SS-ISO 9001, typgodkänt av Boverket/SITAC. I kvalitetssystemet ingår alla nödvändiga moment för genomförande av utveckling, projektering, utförande och kontroll. I dessa Utförandeansvisningar finns rubrikerna "Krav" och "Kontroll" under varje avsnitt. Utförligare detaljanvisningar och förklaringar till dessa finns i QA-manualen.

Organisationen av kvalitetsprogrammet är uppbyggd enligt:



MATERIAL

Krav: Materialet har genomgått godkänd leveranskontroll före tillverkning av pålelement.

Kontroll: På arbetsplatsen kontrolleras pålelementens märkning "Stålplastpåle Ø 101.6 x 5.6 enligt TG 2323/89" samt att leveransen dokumenterats med följesedlar. Dessa arkiveras.

UTRUSTNING

Krav: Slagningstrustningen har genomgått föreskriven funktionskontroll. Anslutningar mellan kraftkälla och hejare sker enligt krav i QA-manualen.

Kontroll: Maskinleveransen dokumenteras på följesedlar, vilka arkiveras.

FÖRE SLAGNING

Krav: Projekteringen är korrekt utförd.

Kontroll: Ritningar och geotekniska utredningar studeras. Åtkomlighet och pålavstånd kontrolleras. Förväntad pållängd bestäms, förekomst av pålhinder bedöms. Dimensionering av bärförmåga enligt typgodkännandet med hänsyn till knäckning, korrosionsskydd etc rimlighetsgranskas. Förutsättningar för användning av bergsko kontrolleras.

UNDER SLAGNING OCH STOPPSLAGNING

Krav: Pålen neddrivs och stoppsläs enligt QA-manualen.

Kontroll: Vid användning av hydraulisk hejare Atlas Copco TEX 200P, ombyggd enligt QA-manualen 3.31, ska hejaren drivas av min 70 l/min olja vid min 120 bar. Kravet uppfylls med 130 bar vid pumpen och max 40 meter långa 19 mm hydraulslangar. Stoppsjunkningen får uppgå till max 5 mm/min under tre minuter i följd utan ökande tendens.

RAKHETSKONTROLL EFTER SLAGNING

Krav: Pålen ska vara intakt till fullt djup. Dess krökningsradie får i lös kohesionsjord, luft eller vatten ej understiga 100 m räknat på teoretisk knäcklängd (ca 2 m). Vid mindre krökningsradie betäms pålens bärförmåga genom särskild utredning.

Kontroll: Varje påle lodas ända ned till botten med ett lod på måttband. Uppmätt längd ska överensstämma med slagen. Vid upptagningen kontrolleras att lodet är torrt och rent. Vid avvikelse ska ansvarig arbetsledare informeras för beslut om åtgärd.

För delar av pålen, som ej står i jord eller som omges av lös kohesionsjord, kontrolleras rakheten efter slagning. Enklast utförs detta genom att sänka ned en ficklampa med ljusöppningen uppåt i ett måttband. Om ljusöppningen är synlig förbi nedersta nivån med lös jord uppfylls rakhetskraven och pålen godkänns. Kontrollen utförs av produktionspersonalen på plats.

Om pålen underkänns med "lampmetoden" kontrolleras rakheten av ansvarig arbetsledare med en elektrisk tolk enligt QA-manualen 3.52. Tolkens utslag för ett i förväg inställt gränsvärde (normalt 100 m). Före varje användning kontrolleras att tolken ger utslag för en smärre böjning i luft. Under mätning kan korta utslag accepteras i samband med passage av skarvar etc. Vid längre sammanhängande utslag än 0.5 m underkänns pålen för tolkens gränsvärde.

PÅLAVSKÄRNING, INJEKTERING

Krav: Pålen ska vara helt fylld med cementbruk. Kapsnittet ska vara vinkelrätt mot längdriktningen samt slätt.

Kontroll: Injekteringsbruket tillverkas enligt QA-manualen 3.27. Injektering utförs genom en slang som sänks ned ända till pålens botten och som sakta dras uppåt under fortsatt injektering så att cementbruket hela tiden står över slangmynningen. Raka och torra pålar kortare än 7 m får dock fyllas uppifrån. Kapning sker med såg försedd med styrning på pålen eller med invändig kap enligt QA-manualen 3.43. Kapsnittets jämnhet kontrolleras okulärt. Om kapning sker på annat sätt mäts vinkelrätheten i minst 3 riktningar. Om pålen kapats i en skarv kontrolleras att även skarvhylsan kapats.

DOKUMENTATION

Krav: Direkt vid slagningen för produktionspersonalen fältprotokoll enligt QA-manualen 7.51 omfattande: Projektnummer, pålens beteckning, påltyp, neddrivningsutrustning, antal pålelement med längd, pålsko, kaplängd, stoppsjunkning med datum, total sjunkning och stoppsjunkning vid efterslagning med datum, topplatta och underskrift.

För varje projekt redovisas pålningen av den ansvarige arbetsledaren i pålprotokoll enligt QA-manualen 7.52 omfattande: Arbetsplatsens fastighetsbeteckning, arbetsritning, projektnummer, påltyp och typgodkännandenummer, pålens beteckning enl arbetsritning, pålsko, total längd efter kapning, stoppsjunkning med datum, total sjunkning samt stoppsjunkning vid efterslagning med datum, lodning till fullt djup, metod för rakhetskontroll, topplatta, topplattans nivå, användning av ingjutningsdomkraft, anm. om avsteg från QA-manualen samt ev. ej godkända kontroller med hänvisning till dokumentation av vidtagna åtgärder, datum för utfärdande samt underskrift av ansvarig arbetsledare.

Protokollen distribueras och arkiveras enligt QA-manualen samt enligt vad som därutöver avtalats för projektet.

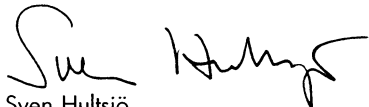
HÄNVISNINGAR

(1) Rapport 81, *Systempålar. Stödpålar av höghållfasta, korrosionsskyddade stålrör, slagna med låtta höghastighetshejare. Anvisningar för beräkning av dimensionerande bärförmåga.* Fredriksson, Hulstjög och Stille, IVA Pålkommissionen, Stockholm 1989.

(2) Rapport 93, *Korrosion och korrosionsskydd av stålpålar och stålspond i jord och vatten.* Camitz, IVA Pålkommissionen, Linköping 1994.

Stockholm 1995 05 17

GRUNDFÖRSTÄRKNINGAR AB



Sven Hulstjög
Systemansvarig

Stockholm 1995 05 17

ADG GRUNDTÉKNIK AB



Anders Fredriksson
Kvalitetsrevisor

HUVUDKONTOR

elf atochem

SAFETY DATA SHEET

Product:	LACQTENE LDPE BLACK for tubes and pipe coating	Page: 1/4
SDS No. :02718	Version :2	Date :28 / 05 / 1997
		Cancel and replace:28 / 04 / 1997

01 - IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/PREPARATION AND THE COMPANY/UNDERTAKING

PRODUCT NAME	LACQTENE LDPE BLACK for tubes and pipe coating
SDS No.	02718
SUPPLIER	ELF ATOCHEM D. POLYOLEFINES ET STYRENIQUES Cours Michelet - La Défense 10 92091 PARIS LA DEFENSE CEDEX FRANCE Téléphone : 01 49 00 80 80 Télécopie : 01 49 00 83 96
Emergency telephone number	33 1 49 00 80 80

02 - COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS

EINECS	Conforms
CHEMICAL NATURE OF THE PREPARATION	LOW DENSITY POLYETHYLENE Presence of stabilizers, Pigments
GRADES	1002 TN 22 - 1002 TX 26 - 1002 TA 22 - 1003 - 11 23 - 1002 CJ (*)

03 - HAZARDS IDENTIFICATION

PHYSICAL AND CHEMICAL HAZARDS	Thermal decomposition giving toxic products. (Small quantities)
-------------------------------	---

04 - FIRST AID MEASURES

INHALATION	Inhalation of vapours due to thermal decomposition : Move to fresh air. Oxygen or artificial respiration if needed.
SKIN CONTACT	Cool skin rapidly with cold water after contact with molten polymer. In case of adhesion, do not try to remove the product. Treat the affected areas as thermal burns.
EYE CONTACT	On contact with hot product : Wash immediately and abundantly with cold water. Consult an ophthalmologist.

05 - FIRE-FIGHTING MEASURES

SUITABLE EXTINGUISHING MEDIA	Water spray Dry powder
SPECIFIC HAZARDS	Thermal decomposition giving toxic products : (Oxidation) : Carbon oxides - Hydrocarbons (Small quantities)
SPECIAL PROTECTIVE EQUIPMENT FOR FIREFIGHTERS	In case of fire, wear a self-contained breathing apparatus.

06 - ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

PERSONAL PROTECTION	Sweep up to prevent hazard of slipping.
---------------------	---

ELF ATOCHEM S.A.

Cours Michelet - La Défense 10

92091 PARIS LA DEFENSE CEDEX FRANCE

SAFETY DATA SHEET

Product: LACQTENE LDPE BLACK for tubes and pipe coating Page:2/4

SDS No. :02718

Version :2

Date :28 / 05 / 1997

Cancel and replacc:28 / 04 / 1997

ENVIRONMENTAL PROTECTION	Do not release into the environment. Do not let the product enter into drains.
METHODS FOR CLEANING UP	-
Recovery	Recover the product
Disposal	Destroy the product by incineration.

07 - HANDLING AND STORAGE

HANDLING	-
Technical measures/Precautions	Ensure appropriate exhaust and ventilation at machinery and at places where dust can be generated.
Safe handling advice	Avoid dust formation. Avoid accumulation of static charges during transfers in metallic systems.
STORAGE	-
Technical measures/Storage conditions	Store protected from moisture and heat . Keep at temperatures below 70°C. Provide electrical earthing of equipment.
PACKAGING MATERIALS	-
Recommended	Polyethylene

08 - EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

PROTECTIVE PROVISIONS	Ensure ventilation of work areas and extraction of dust or vapours likely to be given off during conversion operations.
CONTROL PARAMETERS	-
Exposure limits	Dusts : FRANCE 1993 : VME= 10 mg/m ³ USA-ACGIH 1996 : TLV-TWA = 10 mg/m ³
PERSONAL PROTECTION EQUIPMENT	-
Hand protection	Gloves (product handled in molten state)
Eye protection	Safety glasses/goggles (product handled in molten state)
Skin and body protection	Protective clothing (product handled in molten state)

09 - PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

PHYSICAL STATE (20°C)	solid (pellets)
COLOUR	black
ODOUR	Mass coloured
MELTING POINT/RANGE	none
DECOMPOSITION TEMPERATURE	100 - 120 °C
AUTOIGNITION TEMPERATURE	> 350 °C
DENSITY	360 °C solid : (20°C) : 915 - 935 kg/m ³
SOLUBILITY	-
Water	Insoluble (20°C).
OTHER DATA	Melt index : 0.2 - 4

10 - STABILITY AND REACTIVITY

CONDITIONS TO AVOID	Store protected from moisture and heat . Keep at temperatures below 70°C.
HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS	Thermal decomposition giving toxic products : (Oxidation) : Carbon oxides - Hydrocarbons (Small quantities)
FURTHER INFORMATION	The product is stable at ambient temperature

ELF ATOCHEM S.A.

Cours Michelet - La Défense 10

92091 PARIS LA DEFENSE CEDEX FRANCE

SAFETY DATA SHEET

Product:	LACQTENE LDPE BLACK for tubes and pipe coating	Page:3/4
SDS No. :02718	Version :2	Date :28 / 05 / 1997
		Cancel and replace:28 / 04 / 1997

11 - TOXICOLOGICAL INFORMATION

ACUTE TOXICITY	-	
Ingestion		Can be considered as : Practically not harmful if swallowed.
LOCAL EFFECTS	-	
Inhalation		Dust inhalation : Possible irritation of respiratory system At high temperature, products of thermal decomposition can be irritating to respiratory system.
Skin-contact		Can be considered as : Non irritating to skin.
Eye-contact		Can be considered as : Non irritating to eyes. Dusts : Possible irritation of eyes (physical action) At high temperature, products of thermal decomposition can be irritating to eyes.

12 - ECOLOGICAL INFORMATION

PERSISTENCE/DEGRADABILITY	-	
In water		Inert polymer Not biodegradable on the basis of its structure

13 - DISPOSAL CONSIDERATIONS

DISPOSAL OF PRODUCT	Destroy the product by incineration.
---------------------	--------------------------------------

14 - TRANSPORT INFORMATION

ADR/RID	Not regulated
IMDG	Not regulated
IATA	Not regulated
	Consult ELF ATOCHEM's safety department for any further information

15 - REGULATORY INFORMATION

EEC DIRECTIVE	-
SAFETY DATA SHEETS	D. 91/155/EEC amended by D.93/112/EEC : Dangerous substances and preparations
EC CLASSIFICATION / LABELLING	-
DANGEROUS PREPARATIONS	D. 88/379/EEC amended by D. 93/18/EEC (3rd ATP) Not classified as dangerous
INVENTORIES	TSCA (USA) : Conforms EINECS (EU) : Conforms

16 - OTHER INFORMATION

RECOMMENDED USES	Tubes Pipe coating Extrusion - blow moulding
------------------	--

SAFETY DATA SHEET

Product:	LACQTENE LDPF BLACK for tubes and pipe coating	Page:4/4
SDS No. :02718	Version :2	Date :28 / 05 / 1997
		Cancel and replace:28 / 04 / 1997

This information applies to the PRODUCT AS SUCH and conforming to specifications of ELF ATOCHEM.

In case of formulations or mixtures, it is necessary to ascertain that a new danger will not appear.

The information contained is based on our knowledge of the product, at the date of publishing and it is given quite sincerely. However the revision of some data is in progress.

Users are advised of possible additional hazards when the product is used in applications for which it was not intended. This sheet shall only be used and reproduced for prevention and security purposes.

The references to legislative, regulatory and codes of practice documents cannot be considered as exhaustive.

It is the responsibility of the person receiving the product to refer to the totality of the official documents concerning the use, the possession and the handling of the product.

It is also the responsibility of the handlers of the product to pass on to any subsequent persons who will come into contact with the product (usage, storage, cleaning of containers, other processes) the totality of the information contained within this safety data sheet and necessary for safety at work, the protection of health and the protection of environment.

Dnr 1-9801-003 (10450) Bilaga 2

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord

Bilaga 2:1-2:5

Fält- och Laboratorieundersökningar, Provpålar

Universitetsområdet, Linköping

**RAPPORT**utfärdad av ackrediterat laboratorium
REPORT is issued by an Accredited Laboratory**SAMMANSTÄLLNING AV LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR**

Beställare: Roland Tränk								
Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord							Tabell	1
Provplats: Universitetsområdet i Linköping							Dnr	1-9801-0003
Ankomstdatum	Provtagningsredskap	Laboratorieundersökning Datum	Utförd av			Datum	000704	
000627	Skr Kv	000628-000703	IMK ML BA			Teknisk ledare: <i>Joyce Kjellberg</i>		
Sektion/ Borrhål/ Djup	Benämning enligt "Jordarternas indelning och benämning", Geotekniska laboratorieanvisningar del 2. 1981 års system ¹⁾	2) Den- sitet ρ t/m ³	3) Vat- ten- kvot w %	6) Prov- temp. °C	4) pH	5) Resi- stivitet Ωm	Jordartsbenämning (Anmärkning)	
Bh 9 0,3-1,0	FYLLNING: BRUNGRÅ GRUSIG, SILTIG SAND OCH LERKÖRTLAR, VÄXTDELAR		11				F: gr si Sa (Le) vx	
1,0-2,1	FYLLNING: BRUNGRÅ, NÅGOT GRUSIG, SILTIG SAND OCH LERKÖRTLAR		11				F: (gr) si Sa (Le)	
2,1-2,3	GRÅ TORRSKORPELERA, ROSTFLÄCKIG		27				Let	Fyllning?
2,3-3,2	BRUN TORRSKORPELERA, ROSTFLÄCKIG		32	+22,5	8,1	37	Let	
3,2-3,9	BRUN LERA		48				Le	
3,9-4,65	BRUNGRÅ LERA		61	+23,1	8,3	29	Le	
4,65-5,0	BRUNGRÅ LERA		(54)*				Le	*Stor spridning
5,0-6,0	GRÅ LERA		39				Le	
7,5	GRÅ LERA MED SANDINSLAG		36	+22,1	8,4	37	Le	
10,0-10,5	(GRÅ, GRUSIG, SILTIG SAND)		-				(gr si Sa) Fritt vatten Gruskanna	

1) Baserad på okulär jordartsklassificering. Hänsyn har tagits till förekommande mätdata.

R8 1999-11-18

2) Skrymdensitet utförd enligt SS 027114, utgåva 2.

3) Vattenkvot utförd enligt SS 027116, utgåva 3.

4) pH utförd enligt SS-150-10390

5) Resistiviteten bestämd med Soil-box metoden. Korrosionsinstitutets Bulletin nr 88. Metoden är ej ackrediterad.

6) Temperatur vid mätning av resistivitet

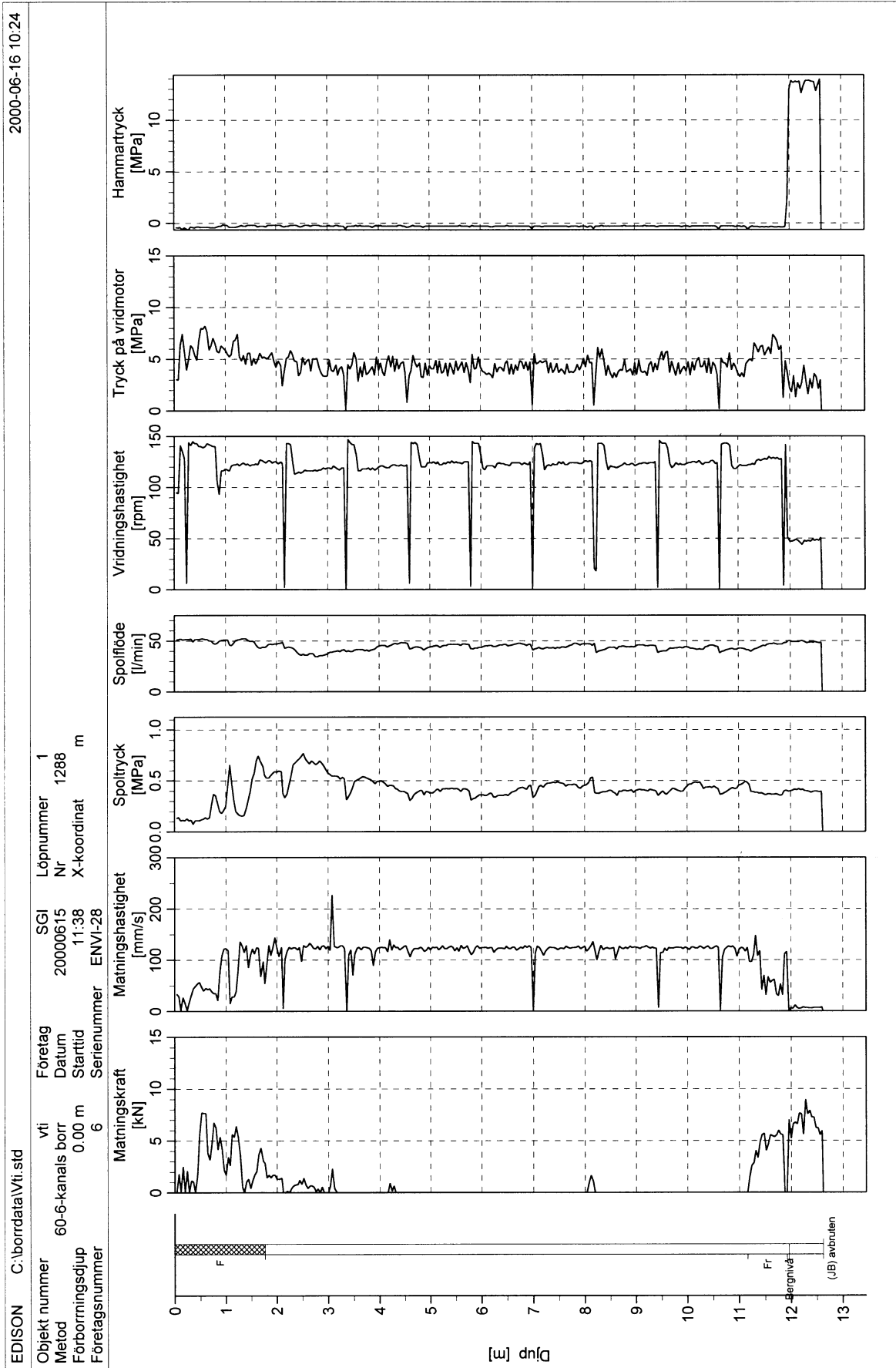
Akrediterat laboratorium utses av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt lag. Verksamheten vid de svenska ackrediterade laboratorierna uppfyller kraven enligt SS-EN 45 001.

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte SWEDAC och utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultaten gäller för de provade materialen.

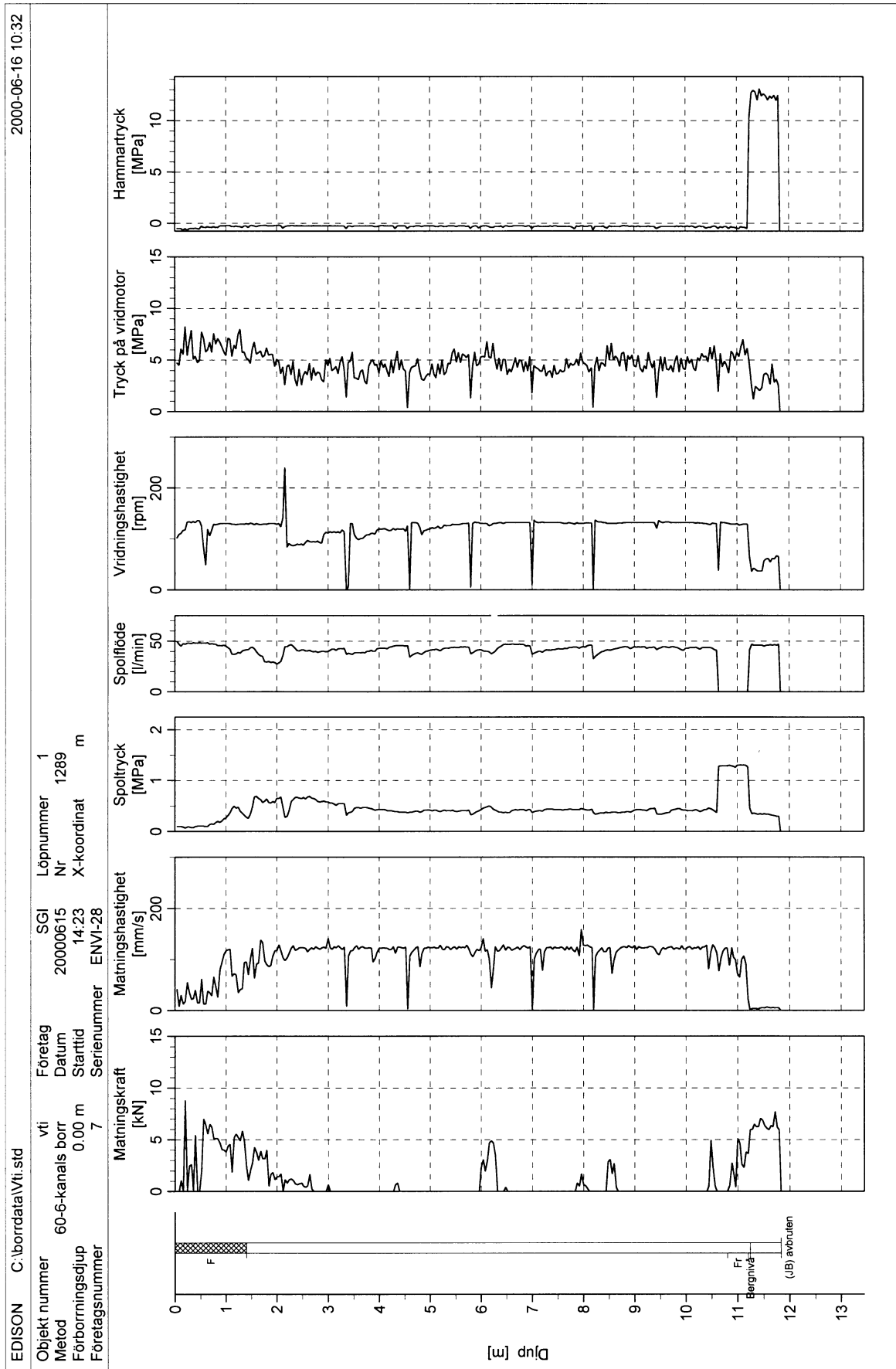
Statens geotekniska institut

581 93 Linköping, telefon 013-20 18 00, telefax 013-20 19 14

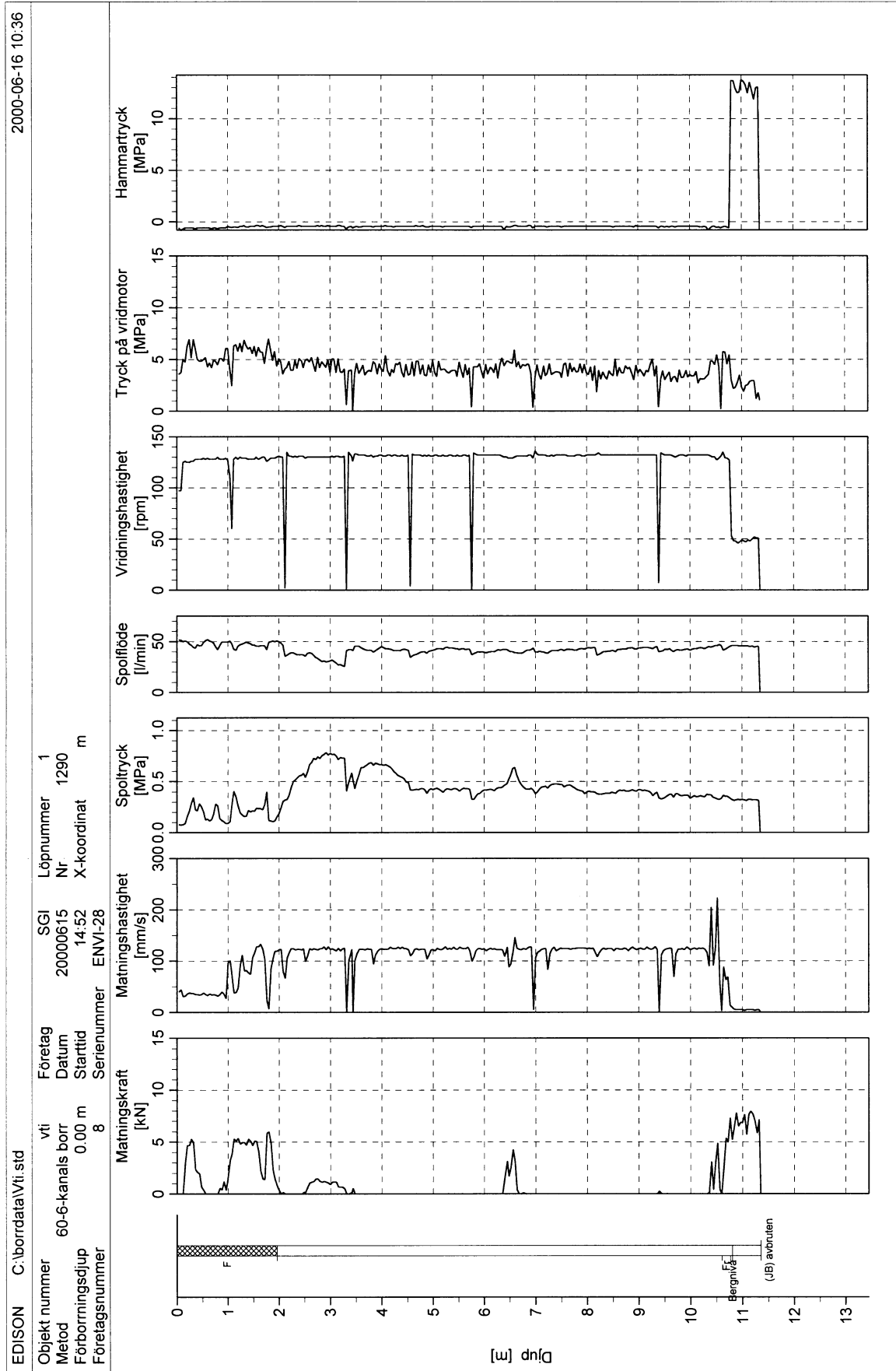
2000-06-16 10:24



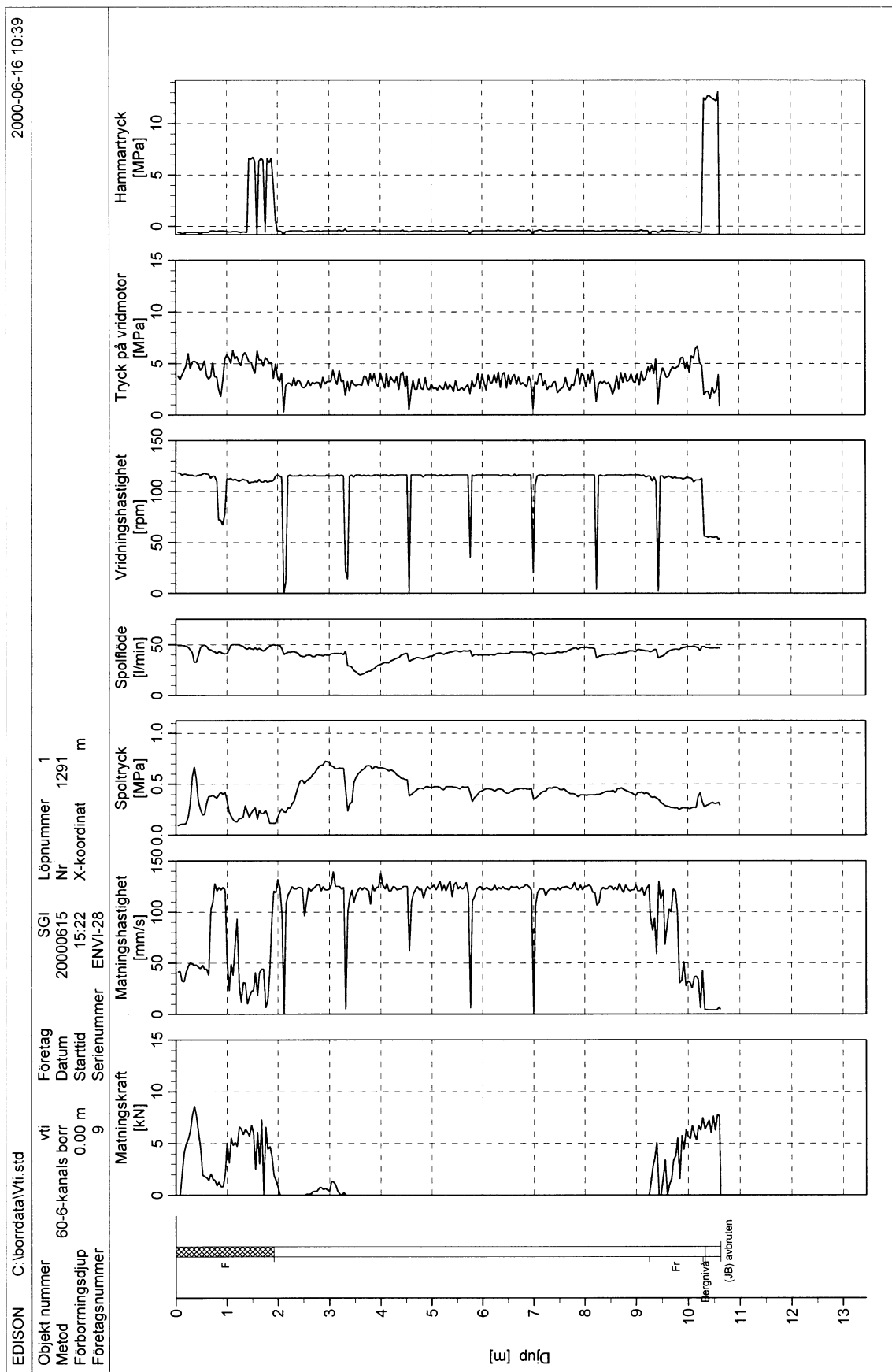
Jord- bergsondering på Universitetsområdet, Borrhål 6



Jord- bergsondering på Universitetsområdet, Borrhål 7



Jord- bergsondering på Universitetsområdet, Borrhål 8



Jord- bergsondering på Universitetsområdet, Borrhål 9

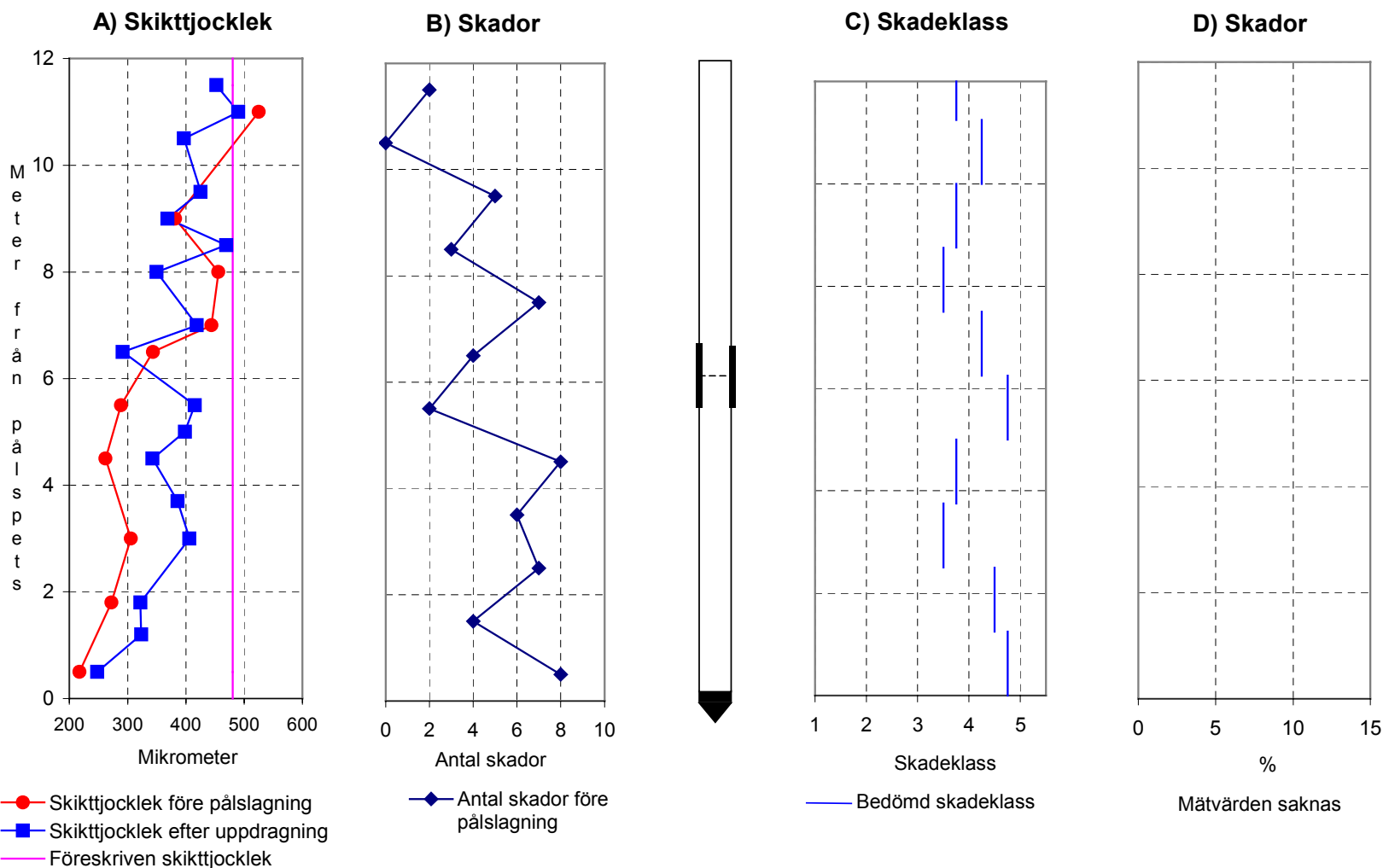
Dnr 1-9801-003 (10450) Bilaga 3

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplålar i jord

Bilaga 3:1-3:12

Skiktjockleksmätningar och skadebedömning före påslagning samt efter påslagning och uppdragning

Korrosionskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Diagram över mätvärden



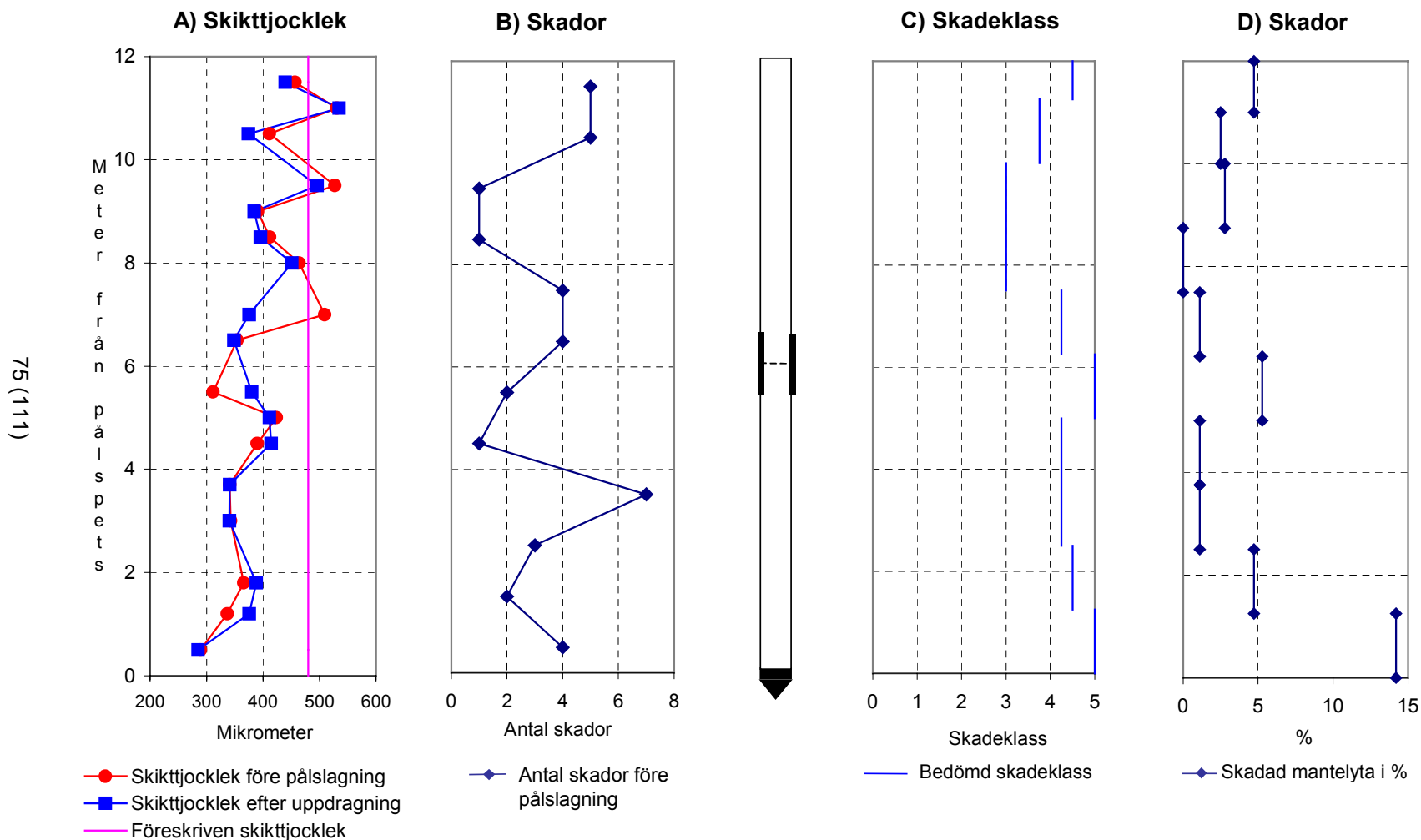
Påle nr: 1 Beläggning: Epoxi

Provplats: Universitetsområdet

Redovisning av A) uppmätt skiktjocklek före påslagning och efter uppdragning av påle B) antal skador före påslagning

C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av pålen (mätvärden saknas).

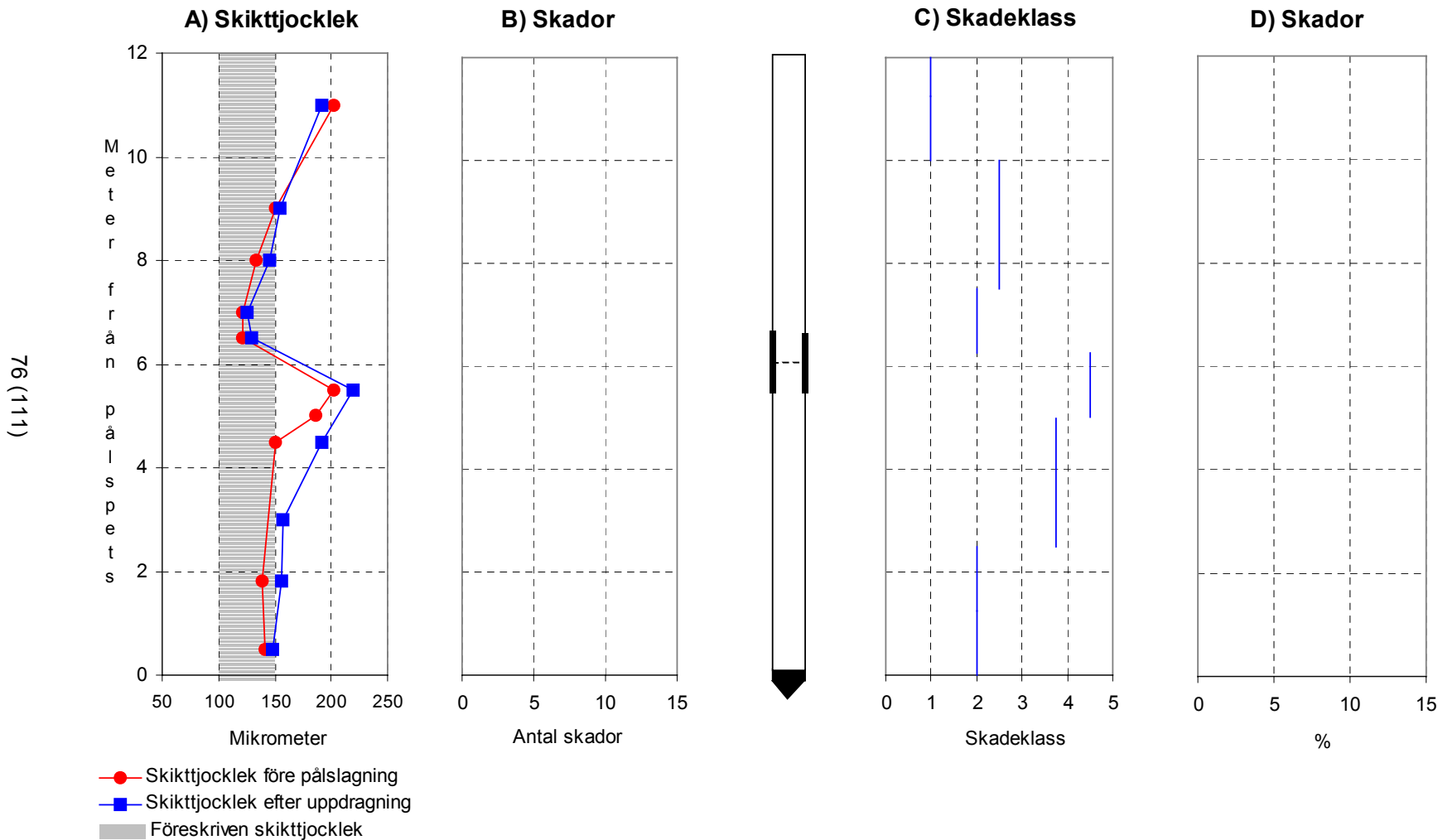
Korrosionskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Diagram över mätvärden



Påle nr: 2 Beläggning: Epoxi Provplats: Universitetsområdet

Redovisning av A) uppmätt skiktjocklek före påslagning och efter uppdragning av påle, B) antal skador före påslagning, C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av pålen.

Korrosionskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Diagram över mätvärden

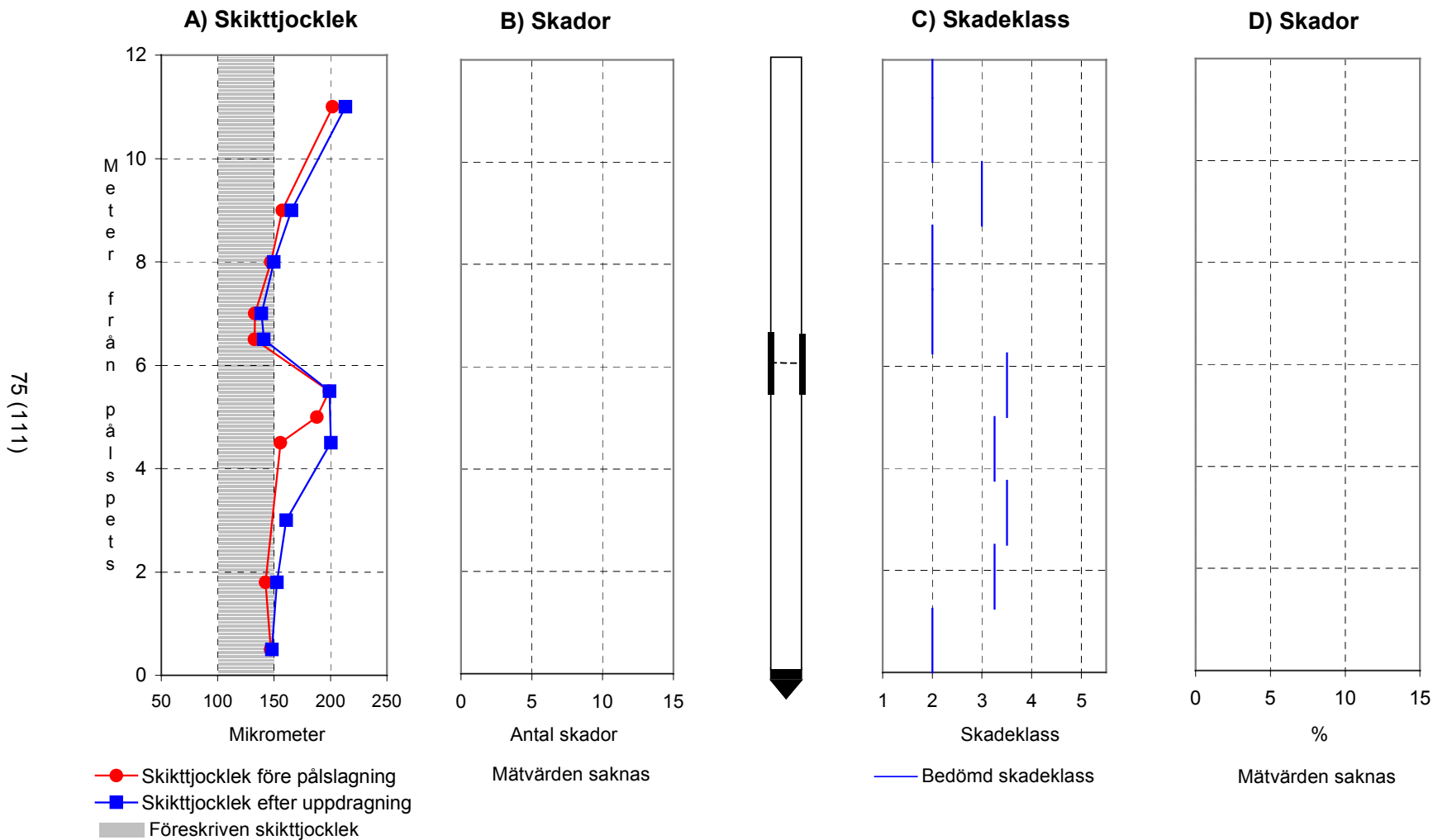


Påle nr: 3 Beläggning: Varmförzinkning

Provplats: Universitetsområdet

Redovisning av A) uppmätt skikt tjocklek före påslagning och efter uppdragning av påle, B) antal skador före påslagning (mätvärden saknas), C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av pålen (mätvärden saknas).

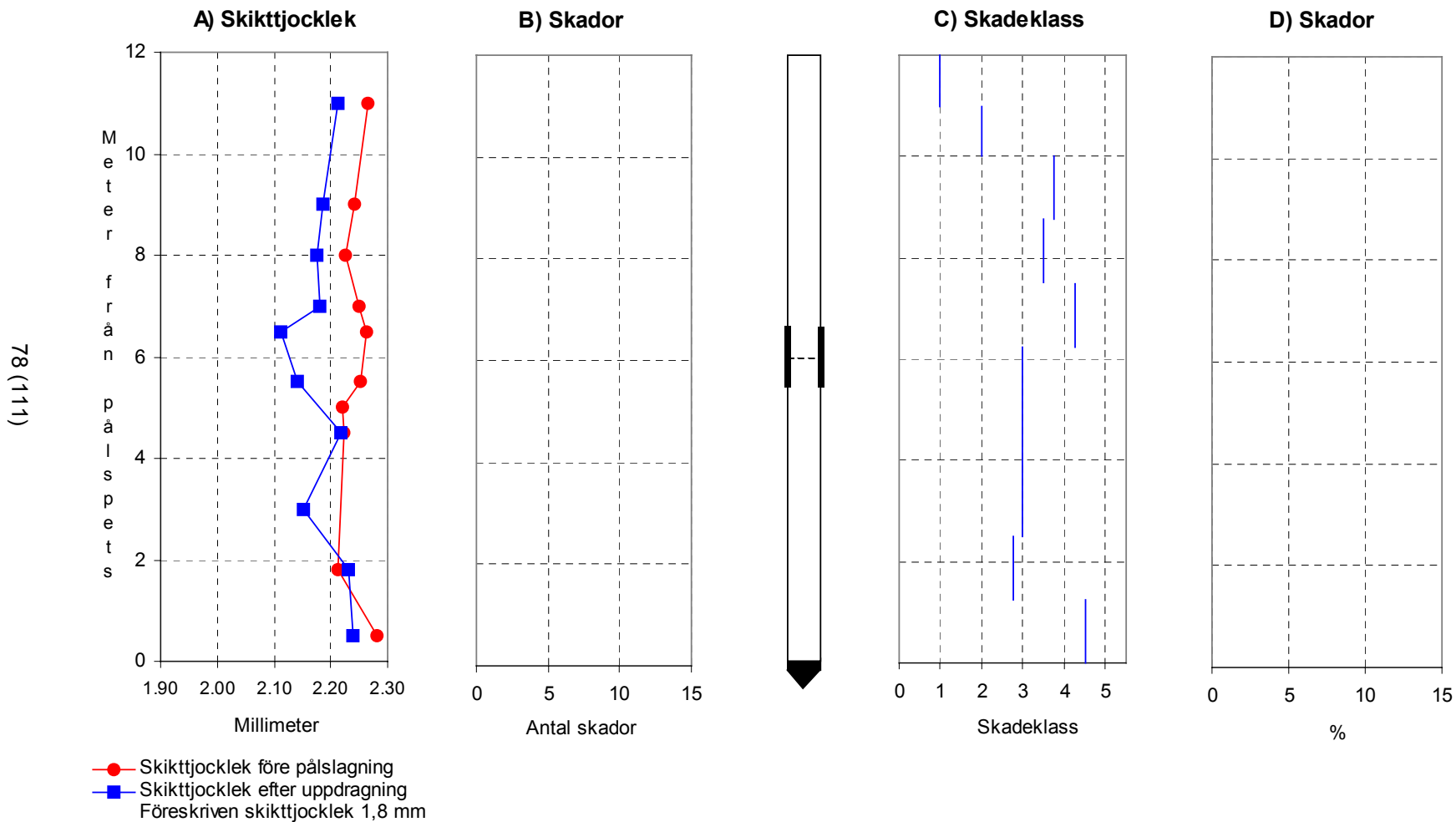
Korrosionskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Diagram över mätvärden



Påle nr: 4 Beläggning: Varmförzinkning Provplats: Universitetsområdet

Redovisning av A) uppmätt skiktjocklek före påslagning och efter uppdragning av påle, B) antal skador före påslagning (mätvärden saknas), C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av pålen, (mätvärden saknas).

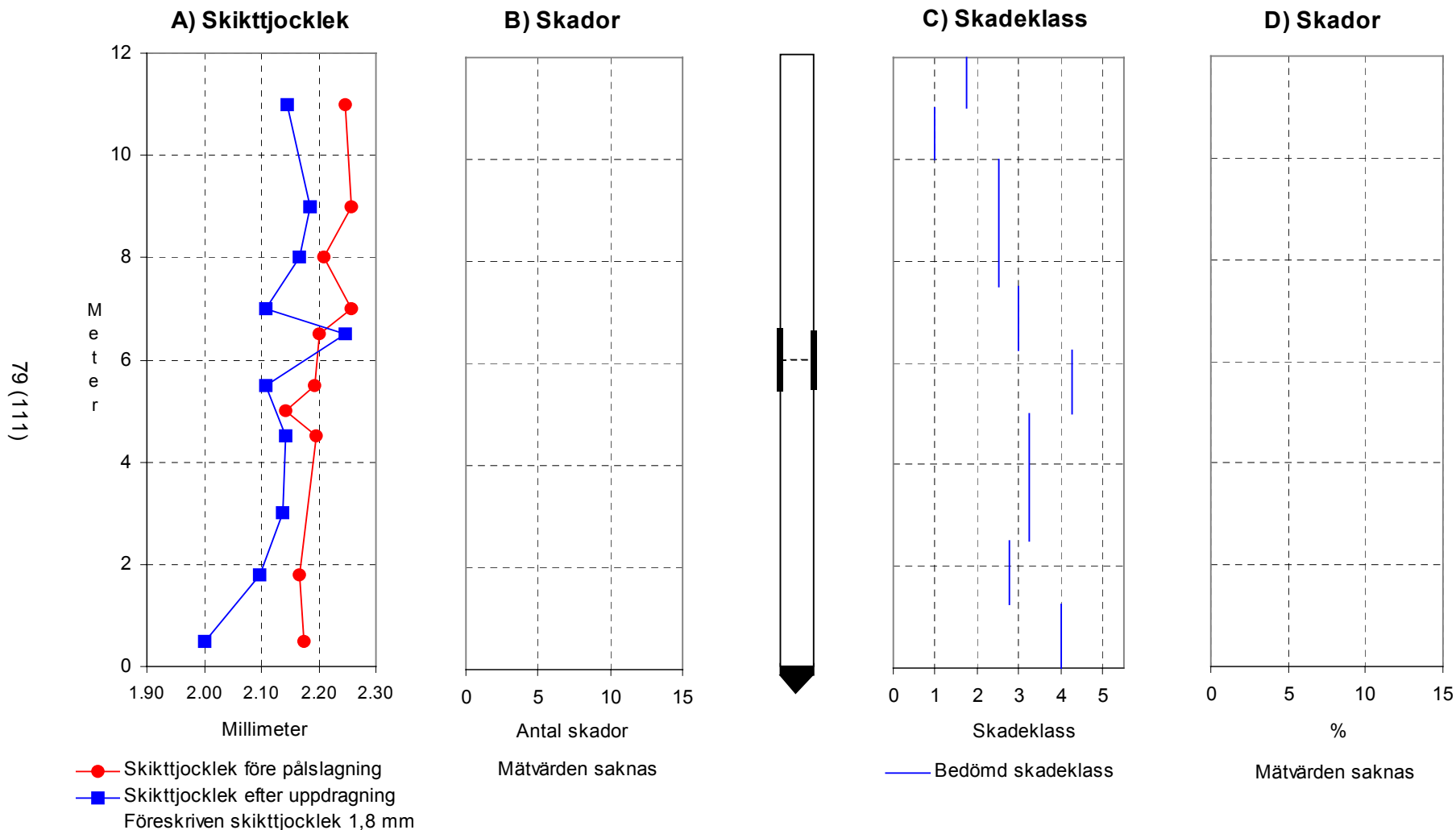
Korrosionskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Diagram över mätvärden



Påle nr: 5 Beläggning: Polyeten Provplats: Universitetsområdet

Redovisning av A) uppmätt skiktjocklek före påslagning och efter uppdragning av påle, B) antal skador före påslagning (mätvärden saknas), C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av pålen (mätvärden saknas).

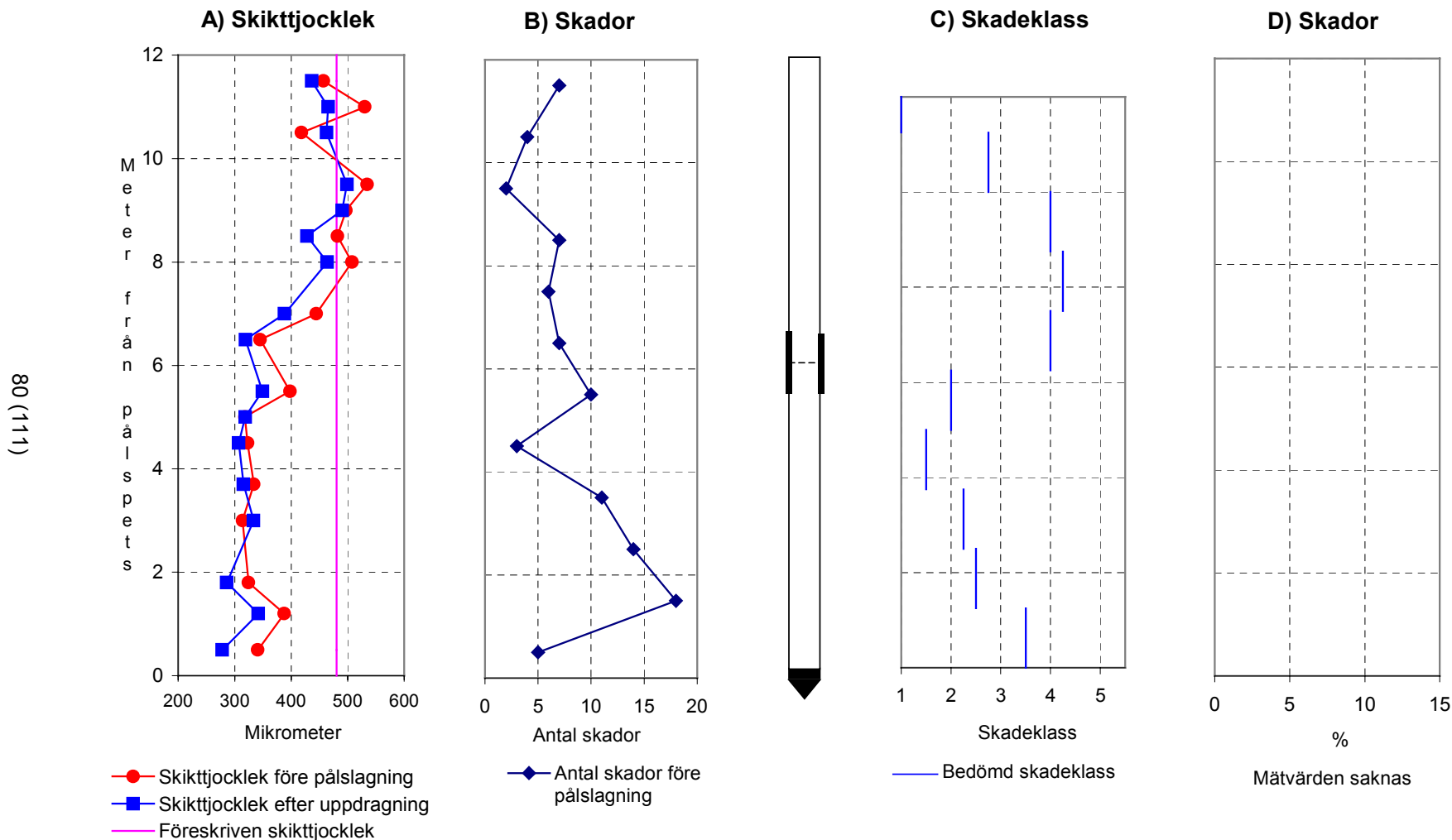
Korrosionskyvdande beläggningar på stålpålar i jord
Diagram över mätvärden



Påle nr: 6 Beläggning: Polyeten Provsplats: Universitetsområdet

Redovisning av A) uppmätt skikt tjocklek före påslagning och efter uppdragning av påle, B) antal skador före påslagning (mätvärden saknas), C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av pålen (mätvärden saknas).

Korrosionskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Diagram över mätvärden

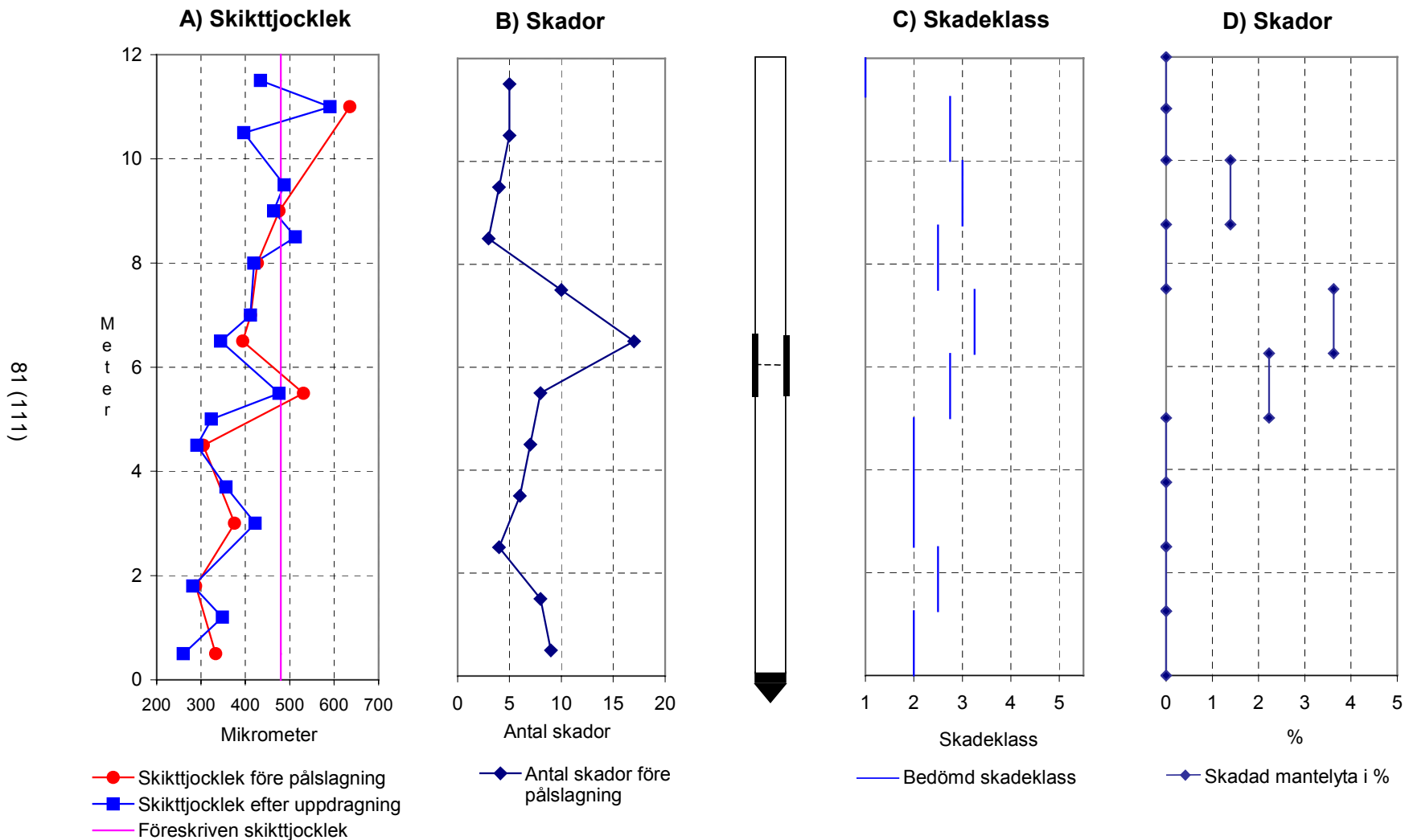


Påle nr: 1 Beläggning: Epoxi

Provplats: Kolbytte-mon

Redovisning av A) uppmätt skiktjocklek före påslagning och efter uppdragning av påle, B) antal skador före påslagning, C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av pålen (mätvärden saknas).

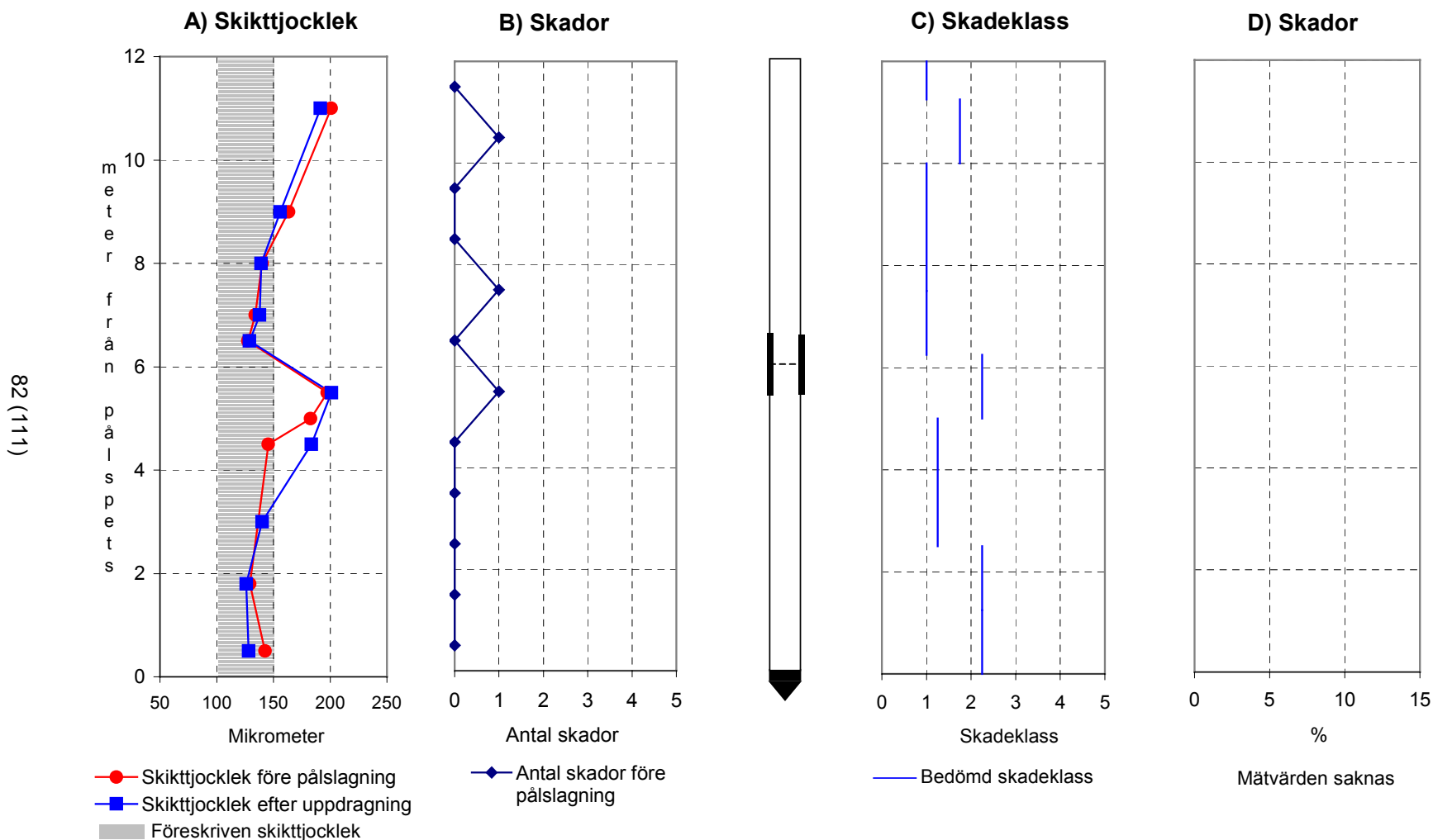
Korrosionskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Diagram över mätvärden



Påle nr: 2 Beläggning: Epoxi Provplats: Kolbyttemon

Redovisning av A) uppmätt skiktjocklek före påslagning och efter uppdragning av påle, B) antal skador före påslagning, C) bedömd skadeklass för påle samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av påle.

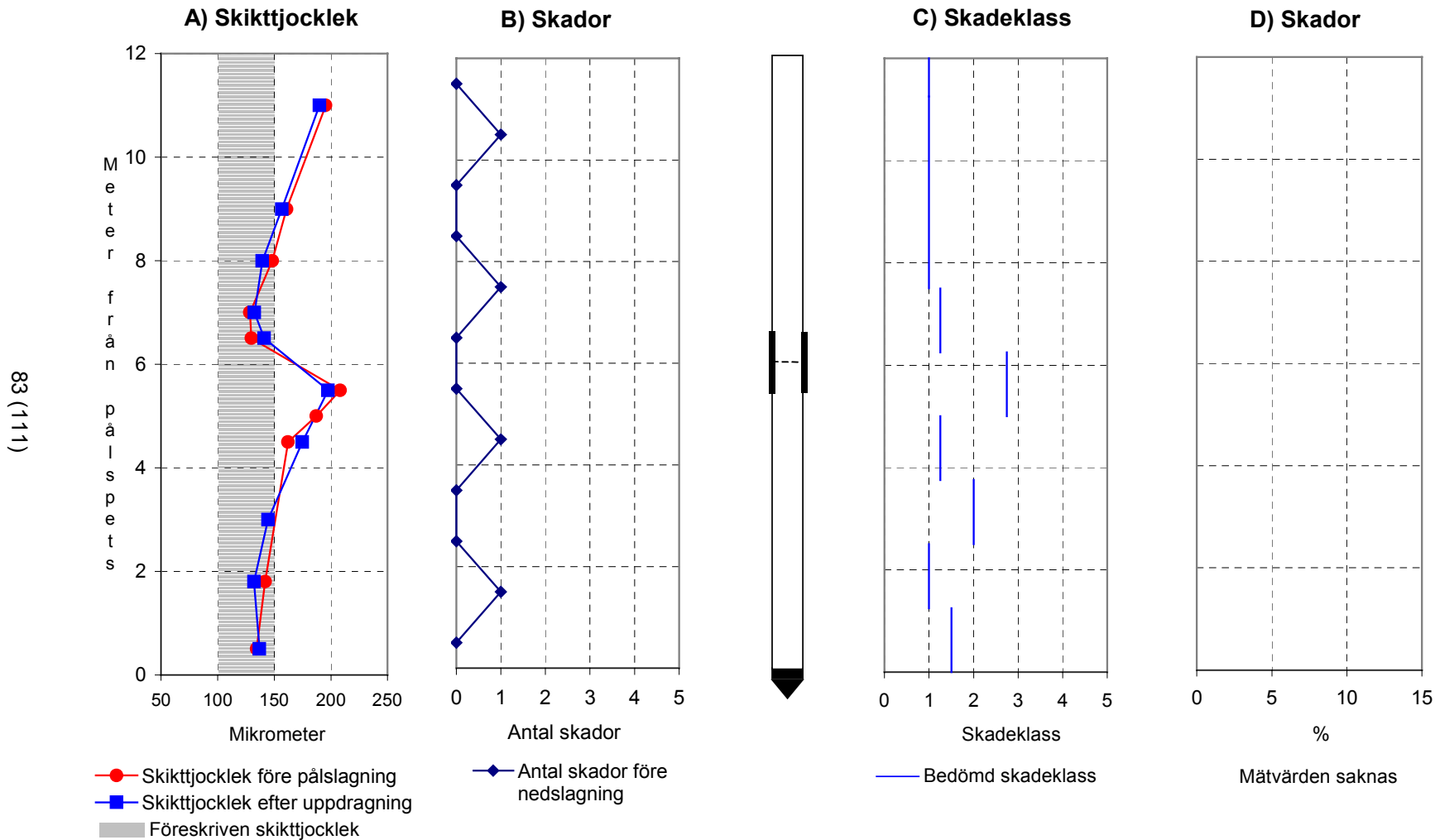
Korrosionsskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Diagram över mätvärden



Påle nr: 3 Beläggning: Varmförzinkning Provplats: Kolbytte-mon

Redovisning av A) uppmätt skiktjocklek före påslagning och efter uppdragning av påle, B) antal skador före påslagning, C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av pålen (mätvärden saknas).

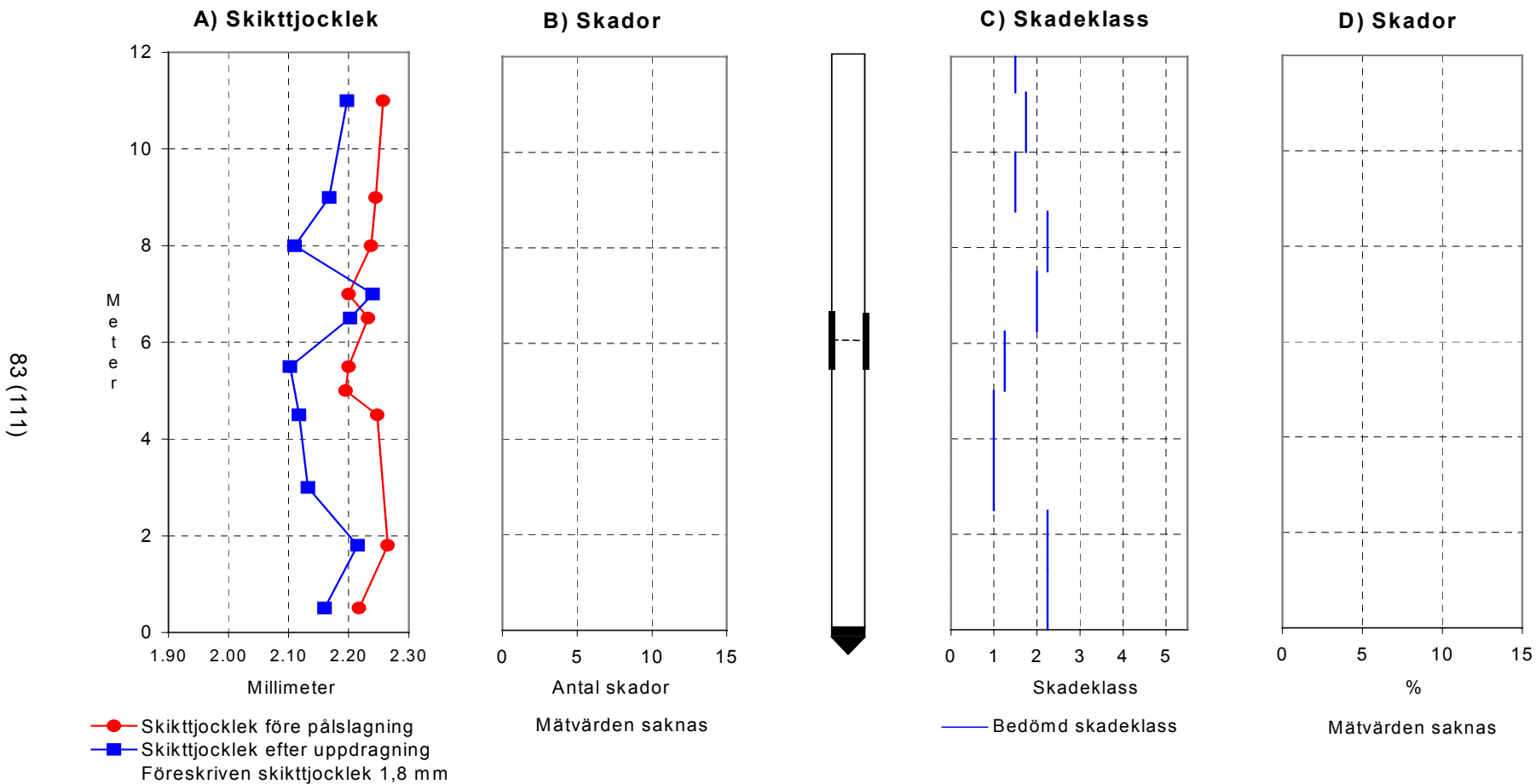
Korrosionskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Diagram över mätvärden



Påle nr: 4 Beläggning:Varmförzinkning Provplats: Kolbyttemon

Redovisning av A) uppmätt skiktjocklek före påslagning och efter uppdragning av påle, B) antal skador före påslagning, C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av pålen (mätvärden saknas).

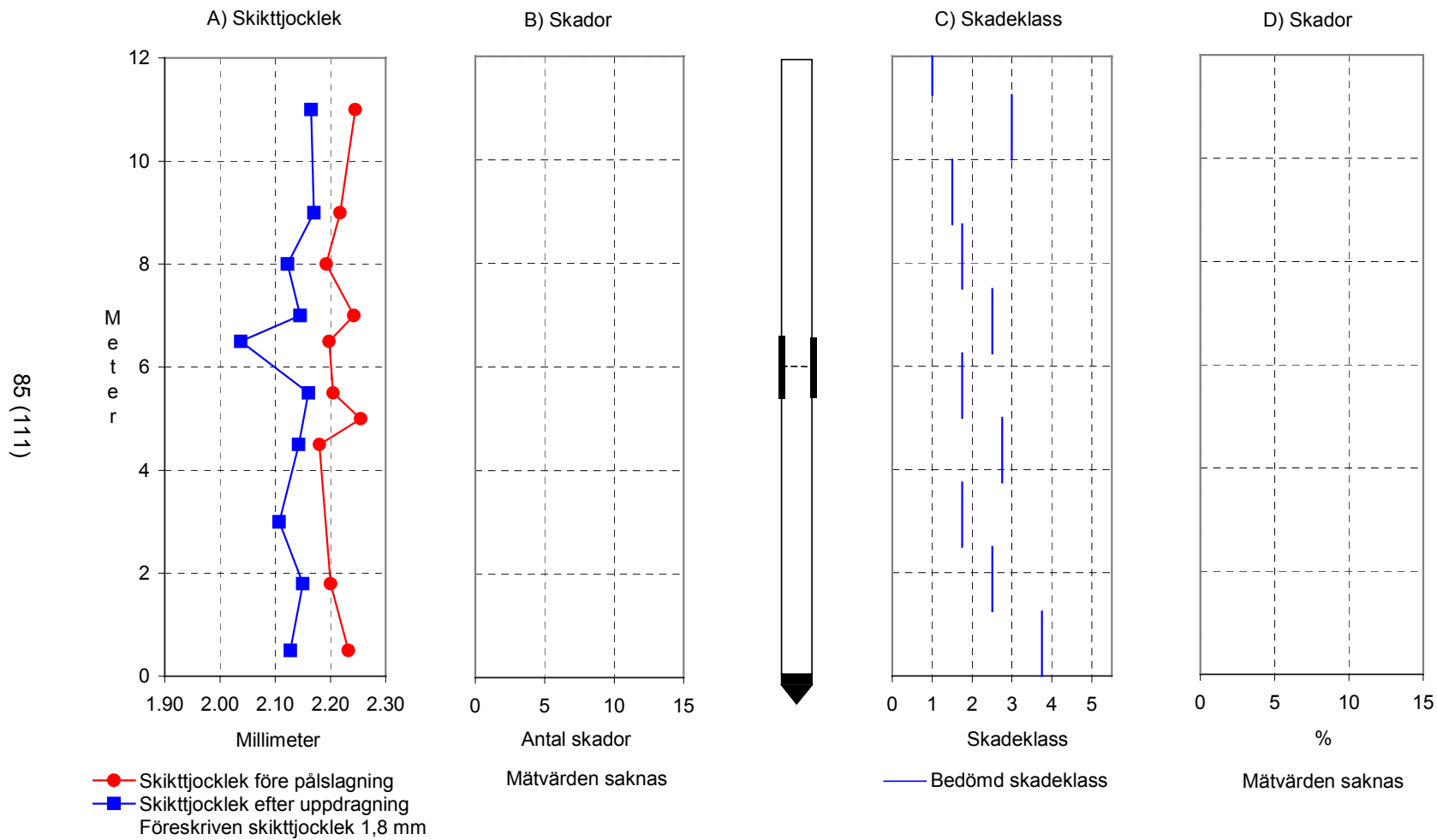
Korrosionskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Diagram över mätvärden



Påle nr: 5 Beläggning: Polyeten Provplats: Kolbyttemon

Redovisning av A) uppmätt skiktjocklek före påslagning och efter uppdragning av påle, B) antal skador före påslagning (mätvärden saknas), C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av pålen (mätvärden saknas).

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Diagram över mätvärden



Påle nr: 6 Beläggning: Polyeten Provplats: Kolbytte-mon

Redovisning av A) uppmätt skiktjocklek före påslagning och efter uppdragning av påle, B) antal skador före påslagning (mätvärden saknas), C) bedömd skadeklass för pålen efter uppdragning samt D) bedömd skadad mantelyta efter uppdragning av pålen (mätvärden saknas).

Dnr 1-9801-0003 (10450) Bilaga 4

**Korrosionsskyddande beläggningar på
stålpålar i jord**

Bilaga 4:1-4:3

Påslagningsprotokoll

Korrosionsskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Påslagningsprotokoll

Försöksplats:	Universitetsområdet							
Hejare:	Banut 400		Vikt: 3 ton		Fallhöjd: 0,25 m			
Beläggning:	Epoxibeläggning		Varmförzinkning		Ingen			
	Påle 1	Påle 2	Påle 3	Påle 4	Påle 7			
Slagordning	4	5	2	1	3	Medelvärde per m påle		
Djup	Antal slag	Antal slag	Antal slag	Antal slag	Antal slag	Antal slag	%	
0,2	2	3	6	5	9			
0,4	3	6	7	7	7			
0,6	18	13	13	16	8			
0,8	12	15	11	15	12			
1,0	17	16	11	17	12	52,2	19,67	
1,2	19	15	10	18	13			
1,4	22	24	12	14	14			
1,6	31	19	6	15	11			
1,8	15		11	17	12			
2,0	13	0	9	12	8	68	25,62	
2,2	14	0	2	10	2			
2,4	0	0	0	0	0			
2,6	0	0	0	0	0			
2,8	0	0	0	0	0			
3,0	0	0	0	0	0	5,6	2,11	
3,2	0	0	0	0	0			
3,4	1	0	1	0	0			
3,6	0	0	0	0	2			
3,8	0	0	0	0	0			
4,0	0	0	0	0	0	0,8	0,3	
4,2	0	0	0	0	0			
4,4	0	2	0	0	0			
4,6	0	1	0	2	0			
4,8	0	2	0	1	0			
5,0	0	1	0	1	2	2,4	0,9	
5,2	2	2	0	0	1			
5,4	0	1	0	0	2			
5,6	0	1	2	0	2			
5,8	1	1	0	0	1			
6,0	3	7	0	5	1	6,4	2,41	
7,0	22	25	12	39	45	28,6	10,78	
8,0	31	31	12	27	32	26,6	10,02	
9,0	14	0	4	8	0	5,2	1,96	
10,0	5	0	0	0	0	1	0,38	
11,0	0	19	29	0	1	9,8	3,69	
12,0	39	36	16	14	39	28,8	10,85	
12,010	30	30	30	30	30	30	11,30	
Totalt antal slag	314	270	204	273	266	265,4	100,0	

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Påslagningsprotokoll

Försöksplats:	Kolbyttemon							
Hejare:	Banut 400		Vikt: 3 ton		Fallhöjd: 0,25 m			
Beläggning:	Epoxibeläggning		Varmförzinkning		Ingen			
	Påle 1	Påle 2	Påle 3	Påle 4	Påle 7			
Slagordning	4	6	7	5	1	Medelvärde per m påle		
Djup	Antal slag	Antal slag	Antal slag	Antal slag	Antal slag	Antal slag	%	
0,2								
0,4								
0,6								
0,8								
1,0			25	31	15	17,8	1,1	
1,2		34	18	19	11			
1,4		12	22	26	21			
1,6		14	23	25	27			
1,8		16	20	18	28			
2,0		17	19	12	27	102,3	6,3	
2,2		17	17	13	22			
2,4		19	16	17	23			
2,6		22	17	18	26			
2,8		28	19	19	24			
3,0		32	20	19	24	103,0	6,3	
3,2		25	20	16	29			
3,4		27	18	17	27			
3,6		26	22	20	28			
3,8		30	23	20	31			
4,0		28	27	16	29	119,8	7,4	
4,2		19	28	22	32			
4,4		18	30	19	30			
4,6		23	31	21	30			
4,8		22	30	21	35			
5,0		22	22	22	31	127,0	7,8	
5,2		27	19	19	29			
5,4		22	23	15	28			
5,6		18	19	18	27			
5,8		15	21	22	35			
6,0	346	17	26	29	37	116,5	7,2	
6,2		29	29	32	43			
6,4		29	34	37	38			
6,6		36	36	40	39			
6,8		38	37	35	37			
7,0		36	34	29	33	175,3	10,8	
7,2		35	31	31	43			
7,4		38	36	37	41			
7,6		40	40	42	43			
7,8		39	38	40	59			
8,0		32	39	43	57	201,0	12,4	

**Korrosionsskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Påslagningsprotokoll**

Försöksplats: Kolbytte							
Hejare: Banut 400		Vikt: 3 ton		Fallhöjd: 0,25 m			
Beläggning:	Epoxibeläggning		Varmförzinkning		Ingen		
	Påle 1	Påle 2	Påle 3	Påle 4	Påle 7		
Slagordning	4	6	7	5	1	Medelvärde per m påle	
Djup	Antal slag	Antal slag	Antal slag	Antal slag	Antal slag	Antal slag	%
8,2		51	43	38	47		
8,4		41	42	22	38		
8,6		40	47	27	42		
8,8		38	46	35	39		
9,0		35	47	33	35	196,5	12,1
9,2		37	32	37	41		
9,4		32	35	39	28		
9,6		28	39	36	34		
9,8		27	37	36	33		
10,0		32	32	38	35	172,0	10,6
10,2		29	34	43	41		
10,4		25	37	39	61		
10,6		23	30	36	73		
10,8		22	28	39	62		
11,0		18	25	28	29	180,5	11,1
11,2		19	32	27	26		
11,4		17	21	29	20		
11,6		16	22	20	22		
11,8		20	18	17	27		
12,0	913	22	19	16	28	109,5	6,7
Totalt antal slag	1259	1480	1602	1520	1901	1625,8	99,7

Försöksplats: Universitetsområdet				Kolbytte			
Beläggning	Polyeten	Polyeten	Polyeten		Polyeten	Polyeten	Polyeten
Pålnummer	Påle 5	Påle 6	Medelvärde		Påle 5	Påle 6	Medelvärde
Djup (m)	(min)	(min)	(min)		(min)	(min)	(min)
6	14	12	13,0		34	41	37,5
12	10	11	10,5		19	29	24,0
Summa (minuter)	24	23	23,5		53	70	61,5

Dnr 1-9801-003 (10450) Bilaga 5

**Korrosionsskyddande beläggningar på
stålpålar i jord**

Bilaga 5:1-5:14

**Skiktjockleksmätningar m m efter
uppdragning av pålar**

Korrosionsskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Skiktjockleksmätning på pålar efter uppdragning vid försöksplats: Universitetsområdet										
Epoxibeläggning, 480 mm										
Påle nr	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00		3.00	6.00	9.00	12.00	
Avstånd (m)	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-
räknat från	tjocklek	tjocklek	tjocklek	tjocklek	värde	tjocklek	tjocklek	tjocklek	tjocklek	värde
pålspets	mμ	mμ	mμ	mμ	mm	mμ	mμ	mμ	mμ	mm
0,50	312	267	182	229	247,5	269	290	307	274	285,0
1,20	384	281	296	332	323,3	368	552	280	303	375,8
1,80	308	386	280	313	321,8	304	374	454	420	388,0
3,00	385	431	412	395	405,8	238	324	430	371	340,8
3,70	298	309	522	414	385,8	291	334	383	357	341,3
4,50	274	288	421	388	342,8	361	336	539	421	414,3
5,00	376	334	493	391	398,5	447	369	414	416	411,5
5,50	447	360	379	475	415,3	398	437	328	358	380,3
6,50	277	287	368	235	291,8	339	334	357	365	348,8
7,00	302	466	640	266	418,5	309	303	432	459	375,8
8,00	380	413	263	343	349,8	411	371	513	509	451,0
8,50	436	508	253	679	469,0	352	352	380	498	395,5
9,00	392	316	187	579	368,5	371	467	294	406	384,5
9,50	428	375	300	598	425,3	486	640	364	492	495,5
10,50	412	369	275	531	396,8	319	420	341	417	374,3
11,00	525	588	446	401	490,0	444	490	441	764	534,8
11,50	389	495	324	602	452,5	481	439	413	424	439,3
Medelvärde	372,1	380,8	355,4	421,8	382,5	364,0	401,9	392,4	426,7	396,2
Medelvärde, underpåle					355,1					367,1
Medelvärde, överpåle					406,9					422,1

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplålar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Relativa skador på plålar efter uppdragning vid försöksplats: Universitetsområdet										
Epoxibeläggning, 480 mm										
Påle nr	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde
Avstånd (m)										
räknat från	Relativa skador ¹					Relativa skador ¹				
pålspets										
0,00-1,25	4	5	5	5	4,75	5	5	5	5	5,00
1,25-2,50	4	5	4	5	4,50	4	4	5	5	4,50
2,50-3,75	3	4	4	3	3,50	4	3	5	5	4,25
3,75-5,00	3	4	5	3	3,75	5	3	4	5	4,25
5,00-6,25	5	5	4	5	4,75	5	5	5	5	5,00
6,25-7,50	4	4	4	5	4,25	3	4	5	5	4,25
7,50-8,75	3	4	4	3	3,50	2	2	5	3	3,00
8,75-10,00	3	4	4	4	3,75	2	3	5	2	3,00
10,00-11,25	4	5	4	4	4,25	4	4	3	4	3,75
11,25-12,00	4	2	4	5	3,75	5	5	3	5	4,50
Medelvärde	3,70	4,20	4,20	4,20	4,08	3,90	3,80	4,50	4,40	4,15
Medelvärde, underpåle					4,25					4,60
Medelvärde, överpåle					3,90					3,70

1) Relativ beteckning för skador

- 1= oskadad eller mycket små enstaka skador/repor
- 2= relativt oskadad, enstaka (1-5) längsgående grunda repor och eller enstaka grunda skador (<=5)
- 3= relativt skadad, längsgående grunda repor (6-10) och eller grunda skador (6-10)
- 4= relativt mycket skadad, längsgående grunda repor eller skador (>10) samt enstaka genomgående repor/skador
- 5= mycket skadad, längsgående genomgående breda (>5 mm) repor eller genomgående skador >2 cm²

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Skiktjockleksmätning på pålar efter uppdragning vid försöksplats: Universitetsområdet										
Varmförzinkning 100-150 mm										
Påle nr	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00		3.00	6.00	9.00	12.00	
Avstånd räknat från pålspets	Medel-tjocklek	Medel-tjocklek	Medel-tjocklek	Medel-tjocklek	Medel-värde	Medel-tjocklek	Medel-tjocklek	Medel-tjocklek	Medel-tjocklek	Medel-värde
	mμ	mμ	mμ	mμ	m m	mμ	mμ	mμ	mμ	m m
0,50	140	146	154	153	148,3	147	163	138	144	148,0
1,80	155	155	162	151	155,8	163	127	159	161	152,5
3,00	143	132	172	181	157,0	164	164	146	169	160,8
4,50	163	177	199	228	191,8	207	205	189	201	200,5
5,50	209	199	210	262	220,0	203	200	197	197	199,3
6,50	153	135	113	115	129,0	143	139	136	146	141,0
7,00	125	120	127	132	126,0	129	127	133	166	138,8
8,00	140	143	150	146	144,8	145	142	153	159	149,8
9,00	150	161	143	166	155,0	142	169	174	177	165,5
11,00	195	171	191	208	191,3	190	215	209	239	213,3
Medelvärde	157,3	153,9	162,1	174,2	161,9	163,3	165,1	163,4	175,9	166,9
Medelvärde, underpåle					174,6					172,2
Medelvärde, överpåle					149,2					161,7

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplålar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Relativa skador på plålar efter uppdragning vid försöksplats: Universitetsområdet										
Varmförzinkning, 100-150 mm										
Påle nr	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde
Avstånd (m)										
räknat från	Relativa skador ¹					Relativa skador ¹				
pålspets										
0,00-1,25	2	2	2	2	2,00	2	2	2	2	2,00
1,25-2,50	2	2	2	2	2,00	3	3	3	4	3,25
2,50-3,75	2	4	5	4	3,75	3	3	5	3	3,50
3,75-5,00	4	4	3	4	3,75	2	4	3	4	3,25
5,00-6,25	4	4	5	5	4,50	2	5	5	2	3,50
6,25-7,50	2	2	2	2	2,00	2	2	2	2	2,00
7,50-8,75	2	2	4	2	2,50	2	2	2	2	2,00
8,75-10,00	2	2	4	2	2,50	3	3	3	3	3,00
10,00-11,25	1	1	1	1	1,00	2	2	2	2	2,00
11,25-12,00	1	1	1	1	1,00	2	2	2	2	2,00
Medelvärde	2,20	2,40	2,90	2,50	2,50	2,30	2,80	2,90	2,60	2,65
Medelvärde, underpåle					3,20					3,10
Medelvärde, överpåle					1,80					2,20

1) Relativ beteckning för skador

- 1= oskadad eller mycket små enstaka skador/repor
2= relativt oskadad, enstaka (1-5) längsgående grunda repor och eller enstaka grunda skador (<=5)
3= relativt skadad, längsgående grunda repor (6-10) och eller grunda skador (6-10)
4= relativt mycket skadad, längsgående grunda repor eller skador (>10) samt enstaka genomgående repor/skador
5= mycket skadad, längsgående genomgående breda (>5 mm) repor eller genomgående skador >2 cm²

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Skiktjockleksmätning på pålar efter uppdragning vid försöksplats: Universitetsområdet										
Polyeten										
Påle nr	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00		3.00	6.00	9.00	12.00	
Avstånd	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-
räknat från	tjocklek	tjocklek	tjocklek	tjocklek	värde	tjocklek	tjocklek	tjocklek	tjocklek	värde
pålspets	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0,50	2,10	2,32	2,34	2,20	2,24	2,05	1,89	2,07	1,99	2,00
1,80	2,17	2,29	2,36	2,10	2,23	2,16	2,10	2,00	2,13	2,10
3,00	2,11	2,22	2,16	2,12	2,15	2,24	2,08	2,09	2,14	2,14
4,50	2,18	2,28	2,25	2,16	2,22	2,07	2,14	2,28	2,08	2,14
5,50	2,09	2,28	2,16	2,03	2,14	2,03	2,14	2,21	2,05	2,11
6,50	2,00	2,15	2,27	2,03	2,11	2,15	2,22	2,38	2,24	2,25
7,00	2,04	2,12	2,32	2,24	2,18	2,01	2,00	2,31	2,11	2,11
8,00	2,17	2,17	2,27	2,09	2,18	2,05	2,07	2,36	2,19	2,17
9,00	2,15	2,21	2,16	2,22	2,19	2,13	2,18	2,29	2,14	2,19
11,00	2,11	2,15	2,30	2,29	2,21	2,15	2,10	2,21	2,12	2,15
Medelvärde	2,11	2,22	2,26	2,15	2,18	2,10	2,09	2,22	2,12	2,13
Medelvärde, underpåle					2,20					2,10
Medelvärde, överpåle					2,17					2,17

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplålar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Relativa skador på pålar efter uppdragning vid försöksplats: Universitetsområdet										
Polyeten										
Påle nr	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde
Avstånd (m)										
räknat från	Relativa skador ¹					Relativa skador ¹				
pålspets										
0,00-1,25	4	5	5	4	4,50	4	4	4	4	4,00
1,25-2,50	3	2	3	3	2,75	3	3	3	2	2,75
2,50-3,75	3	3	3	3	3,00	3	3	3	4	3,25
3,75-5,00	3	3	3	3	3,00	3	3	3	4	3,25
5,00-6,25	3	3	3	3	3,00	4	5	5	3	4,25
6,25-7,50	5	3	4	5	4,25	3	4	2	3	3,00
7,50-8,75	3	5	3	3	3,50	2	3	3	2	2,50
8,75-10,00	5	2	4	4	3,75	2	2	4	2	2,50
10,00-11,00	2	2	2	2	2,00	1	1	1	1	1,00
11,00-12,00	1	1	1	1	1,00	2	1	2	2	1,75
Medelvärde	3,20	2,90	3,10	3,10	3,08	2,70	2,90	3,00	2,70	2,83
Medelvärde, underpåle					3,25					3,50
Medelvärde, överpåle					2,90					2,15

1) Relativ beteckning för skador

- 1= oskadad eller mycket små enstaka skador/repor
2= relativt oskadad, enstaka (1-5) längsgående grunda repor och eller enstaka grunda skador (<=5)
3= relativt skadad, längsgående grunda repor (6-10) och eller grunda skador (6-10)
4= relativt mycket skadad, längsgående grunda repor eller skador (>10) samt enstaka genomgående repor/skador
5= mycket skadad, längsgående genomgående breda (>5 mm) repor eller genomgående skador >2 cm²

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplålar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Relativa skador på pålar efter uppdragning vid försöksplats: Universitetsområdet									
Obelagd påle									
Påle nr	7	7	7	7	7				
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde				
Avstånd (m)									
räknat från	Relativa skador ¹								
pålspets									
0,00-1,25					0,00				
1,25-2,50					0,00				
2,50-3,75					0,00				
3,75-5,00					0,00				
5,00-6,25					0,00				
6,25-7,50					0,00				
7,50-8,75					0,00				
8,75-10,00					0,00				
10,00-11,00					0,00				
11,00-12,00					0,00				
Medelvärde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				

1) Relativ beteckning för skador

- 1= oskadad eller mycket små enstaka skador/repor
- 2= relativt oskadad, enstaka (1-5) längsgående grunda repor och eller enstaka grunda skador (<=5)
- 3= relativt skadad, längsgående grunda repor (6-10) och eller grunda skador (6-10)
- 4= relativt mycket skadad, längsgående grunda repor eller skador (>10) samt enstaka genomgående repor/skador
- 5= mycket skadad, längsgående genomgående breda (>5 mm) repor eller genomgående skador >2 cm²

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Skiktjockleksmätning på pålar efter uppdragning vid försöksplats: Kolbytte-mon										
Epoxibeläggning, 480 mm										
Påle nr	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00		3.00	6.00	9.00	12.00	
Avstånd (m)	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-	Medel-
räknat från	tjocklek	tjocklek	tjocklek	tjocklek	värde	tjocklek	tjocklek	tjocklek	tjocklek	värde
pålspets	mμ	mμ	mμ	mμ	m m	mμ	mμ	mμ	mμ	m m
0,50	189	236	476	212	278,3	392	213	198	240	260,8
1,20	326	202	573	266	341,8	494	262	202	435	348,3
1,80	283	258	363	241	286,3	425	209	266	228	282,0
3,00	506	198	336	293	333,3	487	285	425	493	422,5
3,70	376	204	358	324	315,5	473	207	265	481	356,5
4,50	430	115	392	291	307,0	355	298	116	395	291,0
5,00	413	167	358	336	318,5	455	372	63	404	323,5
5,50	560	122	341	372	348,8	486	576	308	534	476,0
6,50	292	375	272	337	319,0	199	318	384	478	344,8
7,00	415	498	342	298	388,3	311	460	580	294	411,3
8,00	498	501	346	510	463,8	374	453	308	541	419,0
8,50	365	525	301	520	427,8	532	477	424	618	512,8
9,00	440	519	415	588	490,5	599	447	225	584	463,8
9,50	362	538	438	657	498,8	486	410	271	783	487,5
10,50	617	388	335	510	462,5	362	349	374	503	397,0
11,00	601	543	334	383	465,3	567	574	580	642	590,8
11,50	461	373	420	491	436,3	276	372	463	627	434,5
Medelvärde	419,6	338,9	376,5	389,9	381,3	427,8	369,5	320,7	487,1	401,3
Medelvärde, underpåle					316,2					345,1
Medelvärde, överpåle					439,1					451,3

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplålar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Relativa skador på plålar efter uppdragning vid försöksplats: Kolbytte-mon										
Epoxibeläggning, 480 mm										
Påle nr	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde
Avstånd (m)										
räknat från	Relativa skador ¹					Relativa skador ¹				
pålspets										
0,00-1,25	3	5	3	3	3,50	2	2	2	2	2,00
1,25-2,50	3	3	2	2	2,50	2	2	4	2	2,50
2,50-3,75	3	2	3	1	2,25	2	2	2	2	2,00
3,75-5,00	3	1	1	1	1,50	2	2	2	2	2,00
5,00-6,25	1	2	2	3	2,00	3	4	2	2	2,75
6,25-7,50	5	2	5	4	4,00	3	4	2	4	3,25
7,50-8,75	2	5	5	5	4,25	3	2	2	3	2,50
8,75-10,00	2	5	5	4	4,00	3	4	2	3	3,00
10,00-11,25	2	3	3	3	2,75	2	3	3	3	2,75
11,25-12,00	1	1	1	1	1,00	1	1	1	1	1,00
Medelvärde	2,50	2,90	3,00	2,70	2,78	2,30	2,60	2,20	2,40	2,38
Medelvärde, underpåle					2,35					2,25
Medelvärde, överpåle					3,20					2,50

1) Relativ beteckning för skador

- 1= oskadad eller mycket små enstaka skador/repor
- 2= relativt oskadad, enstaka (1-5) långsgående grunda repor och eller enstaka grunda skador (<=5)
- 3= relativt skadad, långsgående grunda repor (6-10) och eller grunda skador (6-10)
- 4= relativt mycket skadad, långsgående grunda repor eller skador (>10) samt enstaka genomgående repor/skador
- 5= mycket skadad, långsgående genomgående breda (>5 mm) repor eller genomgående skador >2 cm²

Korrosionsskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Skiktjockleksmätning på pålar efter uppdragning vid försöksplats: Kolbytte-mon										
Varmförzinkning 100-150 mm										
Påle nr	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00		3.00	6.00	9.00	12.00	
Avstånd räknat från pålspets	Medel-tjocklek	Medel-tjocklek	Medel-tjocklek	Medel-tjocklek	Medel-värde	Medel-tjocklek	Medel-tjocklek	Medel-tjocklek	Medel-tjocklek	Medel-värde
	mμ	mμ	mμ	mμ	m m	mμ	mμ	mμ	mμ	m m
0,50	138	115	124	136	128,3	121	177	125	125	137,0
1,80	125	131	131	117	126,0	124	143	127	134	132,0
3,00	128	133	147	153	140,3	152	136	130	160	144,5
4,50	166	170	178	220	183,5	181	149	179	190	174,8
5,50	206	197	205	197	201,3	195	192	199	204	197,5
6,50	137	126	119	134	129,0	128	139	133	165	141,3
7,00	144	143	122	142	137,8	114	117	147	152	132,5
8,00	122	139	144	152	139,3	147	133	139	139	139,5
9,00	151	153	156	164	156,0	153	141	167	166	156,8
11,00	201	196	178	191	191,5	188	182	197	193	190,0
Medelvärde	151,8	150,3	150,4	160,6	153,3	150,3	150,9	154,3	162,8	154,6
Medelvärde, underpåle					155,9					157,2
Medelvärde, överpåle					150,7					152,0

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Relativa skador på plåtar efter uppdragning vid försöksplats: Kolbytte-mon										
Varmförzinkning, 100-150 mm										
Påle nr	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde
Avstånd (m)										
räknat från	Relativa skador ¹					Relativa skador ¹				
pålspets										
0,00-1,25	2	2	2	3	2,25	1	1	2	2	1,50
1,25-2,50	2	2	2	3	2,25	1	1	1	1	1,00
2,50-3,75	2	1	1	1	1,25	2	2	2	2	2,00
3,75-5,00	2	1	1	1	1,25	1	2	1	1	1,25
5,00-6,25	2	3	2	2	2,25	3	2	3	3	2,75
6,25-7,50	1	1	1	1	1,00	1	2	1	1	1,25
7,50-8,75	1	1	1	1	1,00	1	1	1	1	1,00
8,75-10,00	1	1	1	1	1,00	1	1	1	1	1,00
10,00-11,25	1	2	2	2	1,75	1	1	1	1	1,00
11,25-12,00	1	1	1	1	1,00	1	1	1	1	1,00
Medelvärde	1,50	1,50	1,40	1,60	1,50	1,30	1,40	1,40	1,40	1,38
Medelvärde, underpåle					1,85					1,70
Medelvärde, överpåle					1,15					1,05

1) Relativ beteckning för skador

1= oskadad eller mycket små enstaka skador/repor

2= relativt oskadad, enstaka (1-5) längsgående grunda repor och eller enstaka grunda skador (<=5)

3= relativt skadad, längsgående grunda repor (6-10) och eller grunda skador (6-10)

4= relativt mycket skadad, längsgående grunda repor eller skador (>10) samt enstaka genomgående repor/skador

5= mycket skadad, längsgående genomgående breda (>5 mm) repor eller genomgående skador >2 cm²

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Skiktjockleksmätning på pålar efter uppdragning vid försöksplats: Kolbytte-mon										
Polyeten										
Påle nr	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00		3.00	6.00	9.00	12.00	
Avstånd räknat från	Medel- tjocklek	Medel- tjocklek	Medel- tjocklek	Medel- tjocklek	Medel- värde	Medel- tjocklek	Medel- tjocklek	Medel- tjocklek	Medel- tjocklek	Medel- värde
pålspets	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0,50	2,19	2,15	2,12	2,18	2,16	2,12	2,07	2,11	2,21	2,13
1,80	2,20	2,18	2,30	2,18	2,22	2,22	2,10	2,09	2,19	2,15
3,00	2,04	2,18	2,22	2,09	2,13	2,07	2,19	2,15	2,02	2,11
4,50	2,17	2,07	2,22	2,01	2,12	2,07	2,09	2,16	2,25	2,14
5,50	2,11	2,12	2,13	2,05	2,10	2,28	2,13	2,06	2,17	2,16
6,50	2,29	2,15	2,05	2,32	2,20	2,11	2,02	2,01	2,01	2,04
7,00	2,31	2,18	2,10	2,37	2,24	2,17	2,18	2,10	2,13	2,15
8,00	2,12	2,04	2,08	2,20	2,11	2,08	2,15	2,10	2,16	2,12
9,00	2,15	2,06	2,18	2,28	2,17	2,21	2,10	2,16	2,21	2,17
11,00	2,26	2,29	2,08	2,16	2,20	2,20	2,21	2,05	2,20	2,17
Medelvärde	2,18	2,14	2,15	2,18	2,16	2,15	2,12	2,10	2,16	2,13
Medelvärde, underpåle					2,15					2,14
Medelvärde, överpåle					2,18					2,13

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Relativa skador på plåtar efter uppdragning vid försöksplats: Kolbytte-mon										
Polyeten										
Påle nr	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde
Avstånd (m)										
räknat från	Relativa skador ¹					Relativa skador ¹				
pålspets										
0,00-1,25	1	2	5	1	2,25	1	4	5	5	3,75
1,25-2,50	1	2	5	1	2,25	1	1	4	4	2,50
2,50-3,75	1	1	1	1	1,00	1	1	4	1	1,75
3,75-5,00	1	1	1	1	1,00	1	4	5	1	2,75
5,00-6,25	1	1	1	2	1,25	1	1	1	4	1,75
6,25-7,50	3	2	1	2	2,00	1	1	4	4	2,50
7,50-8,75	1	3	4	1	2,25	2	1	2	2	1,75
8,75-10,00	1	1	3	1	1,50	1	1	2	2	1,50
10,00-11,25	1	2	3	1	1,75	3	4	4	1	3,00
11,25-12,00	1	1	3	1	1,50	1	1	1	1	1,00
Medelvärde	1,20	1,60	2,70	1,20	1,68	1,30	1,90	3,20	2,50	2,23
Medelvärde, underpåle					1,55					2,50
Medelvärde, överpåle					1,80					1,95

1) Relativ beteckning för skador

- 1= oskadad eller mycket små enstaka skador/repor
- 2= relativt oskadad, enstaka (1-5) längsgående grunda repor och eller enstaka grunda skador (<=5)
- 3= relativt skadad, längsgående grunda repor (6-10) och eller grunda skador (6-10)
- 4= relativt mycket skadad, längsgående grunda repor eller skador (>10) samt enstaka genomgående repor/skador
- 5= mycket skadad, längsgående genomgående breda (>5 mm) repor eller genomgående skador >2 cm²

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle

Relativa skador på plåtar efter uppdragning vid försöksplats: Kolbytte-mon									
Obelagd påle									
Påle nr	7	7	7	7	7				
Klockan	3.00	6.00	9.00	12.00	Medelvärde				
Avstånd (m)									
räknat från	Relativa skador ¹								
pålspets									
0,00-1,25					0,00				
1,25-2,50					0,00				
2,50-3,75					0,00				
3,75-5,00					0,00				
5,00-6,25					0,00				
6,25-7,50					0,00				
7,50-8,75					0,00				
8,75-10,00					0,00				
10,00-11,00					0,00				
11,00-12,00					0,00				
Medelvärde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				

1) Relativ beteckning för skador

- 1= oskadad eller mycket små enstaka skador/repor
- 2= relativt oskadad, enstaka (1-5) längsgående grunda repor och eller enstaka grunda skador (<=5)
- 3= relativt skadad, längsgående grunda repor (6-10) och eller grunda skador (6-10)
- 4= relativt mycket skadad, längsgående grunda repor eller skador (>10) samt enstaka genomgående repor/skador
- 5= mycket skadad, längsgående genomgående breda (>5 mm) repor eller genomgående skador >2 cm²

Dnr 1-9801-003 (10450) Bilaga 6

**Korrosionsskyddande beläggningar på
stålpålar i jord**

Bilaga 6:1-6:3

**Jämförelse mellan skiktjocklekar före och
efter påslagning**

**Korrosionskyddande beläggningar på stålpålar i jord
Sammanställning av skillnad
mellan mätvärden före och efter påslagningen**

Jämförelser av skiktjockleksmätningar (medelvärden) före och efter påslagningen												
Avstånd	Universitetsområdet			Universitetsområdet			Kolbyttemon			Kolbyttemon		
i meter	Epoxibeläggning			Epoxibeläggning			Epoxibeläggning			Epoxibeläggning		
räknat från	Påle nr 1	Påle nr 1		Påle nr 2	Påle nr 2		Påle nr 1	Påle nr 1		Påle nr 2	Påle nr 2	
pålspetsen	Före	Efter	Skillnad	Före	Efter	Skillnad	Före	Efter	Skillnad	Före	Efter	Skillnad
	Medel-	Medel-		Medel-	Medel-		Medel-	Medel-		Medel-	Medel-	
	värde	värde		värde	värde		värde	värde		värde	värde	
	µm	µm	mm	µm	µm	mm	µm	µm	mm	µm	µm	mm
0,50	218	248	-30	289	285	4	341	278	63	333	261	72
1,20		323		337	376	-39	388	342	46		348	
1,80	272	322	-50	366	388	-22	325	286	38	288	282	6
3,00	306	406	-100	343	341	2	314	333	-20	376	423	-47
3,70		386		341	341	0	334	316	18		357	
4,50	262	343	-81	390	414	-25	323	307	16	305	291	14
5,00		399		424	412	12	318	319	0		324	
5,50	289	415	-127	312	380	-69	398	349	49	531	476	55
6,50	344	292	52	354	349	5	345	319	26	394	345	49
7,00	444	419	25	509	376	134	445	388	56	412	411	1
8,00	456	350	106	464	451	13	508	464	44	427	419	8
8,50		469		412	396	16	482	428	54		513	
9,00	382	369	13	390	385	6	497	491	7	476	464	12
9,50		425		527	496	32	535	499	36		488	
10,50		397		411	374	37	418	463	-45		397	
11,00	525	490	35	531	535	-4	531	465	65	636	591	45
11,50		453		457	439	17	457	436	21		435	
Medelvärde	349	383	-33	403	396	7	409	381	28	418	401	17

**Korrosionskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Sammanställning av skillnad
mellan mätvärden före och efter påslagningen**

Jämförelser av skiktjockleksmätningar (medelvärden) före och efter påslagningen												
Avstånd	Universitetsområdet			Universitetsområdet			Kolbyttemon			Kolbyttemon		
i meter	Varmförzinkning			Varmförzinkning			Varmförzinkning			Varmförzinkning		
räknat från	Påle nr 3	Påle nr 3		Påle nr 4	Påle nr 4		Påle nr 3	Påle nr 3		Påle nr 4	Påle nr 4	
pålspetsen	Före	Efter	Skillnad	Före	Efter	Skillnad	Före	Efter	Skillnad	Före	Efter	Skillnad
	Medel-	Medel-		Medel-	Medel-		Medel-	Medel-		Medel-	Medel-	
	värde	värde		värde	värde		värde	värde		värde	värde	
	μm	μm	mm	μm	μm	mm	μm	μm	mm	μm	μm	mm
0,50	141	148	-7	147	148	-1	143	128	15	135	137	-3
1,80	139	156	-17	143	153	-10	129	126	3	142	132	10
3,00	150	157	-7	156	161	-5	146	140	5	162	145	18
4,50	186	192	-6	188	201	-13	183	184	-1	187	175	13
5,50	202	220	-18	199	199	0	198	201	-4	208	198	11
6,50	121	129	-8	133	141	-8	128	129	-2	130	141	-12
7,00	122	126	-5	133	139	-6	134	138	-4	129	133	-4
8,00	134	145	-11	147	150	-3	140	139	1	148	140	9
9,00	151	155	-4	157	166	-8	164	156	8	161	157	4
11,00	203	191	11	202	213	-11	201	192	10	196	190	6
Medelvärde	155	162	-7	160	167	-6	156	153	3	160	155	5

**Korrosionskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Sammanställning av skillnad
mellan mätvärden före och efter påslagningen**

Jämförelser av skiktjockleksmätningar (medelvärden) före och efter påslagningen												
Avstånd	Universitetsområdet			Universitetsområdet			Kolbyttemon			Kolbyttemon		
i meter	Polyeten			Polyeten			Polyeten			Polyeten		
räknat från	Påle nr 5	Påle nr 5		Påle nr 6	Påle nr 6		Påle nr 5	Påle nr 5		Påle nr 6	Påle nr 6	
pålspetsen	Före	Efter	Skillnad	Före	Efter	Skillnad	Före	Efter	Skillnad	Före	Efter	Skillnad
	Medel-	Medel-		Medel-	Medel-		Medel-	Medel-		Medel-	Medel-	
	värde	värde		värde	värde		värde	värde		värde	värde	
	mm	mm		mm	mm		mm	mm		mm	mm	
0,50	2,28	2,24	0,04	2,18	2,00	0,18	2,22	2,16	0,06	2,23	2,13	0,11
1,80	2,21	2,23	-0,02	2,17	2,10	0,07	2,27	2,22	0,05	2,20	2,15	0,05
3,00	2,22	2,15	0,07	2,20	2,14	0,06	2,25	2,13	0,12	2,18	2,11	0,07
4,50	2,22	2,22	0,00	2,14	2,14	0,00	2,20	2,12	0,08	2,26	2,14	0,11
5,50	2,25	2,14	0,11	2,19	2,11	0,09	2,20	2,10	0,10	2,21	2,16	0,04
6,50	2,26	2,11	0,15	2,20	2,25	-0,05	2,23	2,20	0,03	2,20	2,04	0,16
7,00	2,25	2,18	0,07	2,26	2,11	0,15	2,20	2,24	-0,04	2,24	2,15	0,10
8,00	2,23	2,18	0,05	2,21	2,17	0,04	2,24	2,11	0,13	2,19	2,12	0,07
9,00	2,24	2,19	0,06	2,26	2,19	0,07	2,25	2,17	0,08	2,22	2,17	0,05
11,00	2,27	2,21	0,05	2,25	2,15	0,10	2,26	2,20	0,06	2,25	2,17	0,08
Medelvärde	2,24	2,18	0,06	2,20	2,13	0,07	2,23	2,16	0,07	2,22	2,13	0,08

Dnr 1-9801-003 (10450) Bilaga 7




Korrosionsskyddande beläggningar på stålplålar i jord

Bilaga 7:1-7:2

Noterade skador på epoxibelagda plålar efter uppdragning

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle 2

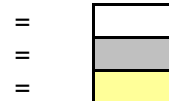
Noterade skador på plåtar efter uppdragning vid försöksplats: Universitetsområdet																
Epoxibeläggning, 480 mm																
Antal skador per 1,25 m längd av resp pålelement																
Påle nr	2			2			2			2			2			
Cirkelbågens längd (mm)	90			90			90			90			359,1			
Klockan	3.00			6.00			9.00			12.00			Medelvärden			
Avstånd räknat från pålspets (m)	mm ¹	rel ²	% ³	mm ¹	rel ²	% ³	mm ¹	rel ²	% ³	mm ¹	rel ²	% ³	mm ¹	rel ²	% ³	% ⁴
0,00-1,25 (0,30)	6	5	100	9	5	40	12	5	100	24	5	100	51,00	5,00	85,0	14,2
1,25-2,50 (1,70)	4	4	100	0	4	60	6	5	100	7	5	100	17,00	4,50	90,0	4,7
2,50-3,75 (3,25)	0	4	80	0	3	30	0	5	10	4	5	80	4,00	4,25	50,0	1,1
3,75-5,00 (4,00)	4	5	100	0	3	30	0	4	95	0	5	80	4,00	4,25	76,3	1,1
5,00-6,25 (4,50)	4	5	80	0	5	80	10	5	90	5	5	90	19,00	5,00	85,0	5,3
6,25-7,50 (6,50)	0	3	80	0	4	90	4	5	80	0	5	80	4,00	4,25	82,5	1,1
7,50-8,75	0	2	5	0	2	5	0	5	40	0	3	80	0,00	3,00	32,5	0,0
8,75-10,00 (9,00)	0	2	10	0	3	5	10	5	100	0	2	5	10,00	3,00	30,0	2,8
10,00-11,00 (10,40)	0	4	20	4	4	30	5	3	35	0	4	25	9,00	3,75	27,5	2,5
11,00-12,00 (11,60)	0	5	20	7	5	80	0	3	25	10	5	10	17,00	4,50	33,8	4,7
Medelvärden	1,8	3,9	59,5	2,0	3,8	45,0	4,7	4,5	67,5	5,0	4,4	65,0	13,50	4,15	59,25	3,76

- 1) Anger medelbredden av frilagt stål (repor) inom respektive cirkelbåge och angiven längd. = 
- 2) Anger den relativa bedömningen av skador enligt Bilaga 6. = 
- 3) Anger bedömd procentuell mantelyta som givit genomslag vid pormätning. = 
- 4) Anger det procentuella medelvärdet på pålens hela omkrets i respektive mätpunkt.

Korrosionsskyddande beläggningar på stålplåtar i jord
Mätvärden efter uppdragning av påle 2

Noterade skador på plåtar efter uppdragning vid försöksplats: Kolbytte-mon																
Epoxibeläggning, 480 mm																
Antal skador per 1,25 m längd av resp pålelement																
Påle nr	2			2			2			2			2			
Cirkelbågens längd (mm)	90			90			90			90			359,1			
Klockan	3.00			6.00			9.00			12.00			Medelvärden			
Avstånd räknat från pålspets (m)	mm ¹	rel ²	% ³	mm ¹	rel ²	% ³	mm ¹	rel ²	% ³	mm ¹	rel ²	% ³	mm ¹	rel ²	% ³	% ⁴
0,00-1,25	0	2	5	0	2	80	0	2	100	0	2	5	0,00	2,00	47,5	0,0
1,25-2,50	0	2	1	0	2	100	0	4	70	0	2	20	0,00	2,50	47,8	0,0
2,50-3,75	0	2	2	0	2	100	0	2	50	0	2	50	0,00	2,00	50,5	0,0
3,75-5,00	0	2	2	0	2	100	0	2	90	0	2	80	0,00	2,00	68,0	0,0
5,00-6,25 (5,40)	0	3	5	0	4	40	8	2	75	0	2	70	8,00	2,75	47,5	2,2
6,25-7,50 (7,10)	7	3	5	6	4	95	0	2	50	0	4	10	13,00	3,25	40,0	3,6
7,50-8,75	0	3	30	0	2	20	0	2	2	0	3	0	0,00	2,50	13,0	0,0
8,75-10,00 (9,10)	0	3	15	5	4	10	0	2	5	0	3	5	5,00	3,00	8,8	1,4
10,00-11,00	0	2	0	0	3	5	0	3	5	0	3	2	0,00	2,75	3,0	0,0
11,00-12,00	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0,00	1,00	2,0	0,0
Medelvärden	0,7	2,3	6,7	1,1	2,6	55,2	0,8	2,2	44,9	0,0	2,4	24,4	2,60	2,38	32,80	0,72

- 1) Anger den totala bredden på frilagt stål (repor) inom respektive cirkelbåge.
- 2) Anger den relativa bedömningen av skador enligt Bilaga 6.
- 3) Anger bedömd procentuell mantelyta som givit genomslag vid pormätning.
- 4) Anger det procentuella medelvärdet på pålens hela omkrets i respektive mätpunkt.





Statens geotekniska institut
Swedish Geotechnical Institute

SE-581 93 Linköping, Sweden

Tel: 013-20 18 00, Int + 46 13 201800

Fax: 013-20 19 14, Int + 46 13 201914

E-mail: sgi@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se