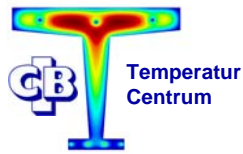


Bilaga A:

Objektspecifik Teknisk beskrivning (OTb)



Objektsspecifik Teknisk Beskrivning (OTB)

Nordvästra Kungsholmen Kv Kojan mm, Entreprenad E31 Strandpark och kajparterr

Gjutning av Krönbalkar

Arbetshandling 2006-09-20

REV	ANT		SIGN	DATUM

Datum: 2005-11-01

Upprättad av:



Kjell Wallin

Kjell Wallin

Innehållsförteckning

1	ALLMÄNT	3
2	FORM	3
3	BETONG.	4
4	FÖRSLAG TILL BETONGRECEPT	5
5	PROVNING	7
5.1	FÖRPROVNING, PROVBLANDNING FULLSKALERECEPT	8
5.2	FÖRPROVNING, PROVGJUTNING	8
5.3	PROVNING UNDER PRODUKTIONEN	9
6	TEMPERATURMÄTNING	9
7	FÖRARBETEN	9
8	GJUTNING.	10
8.1	GJUTNING VID KALL VÄDERLEK	11
8.2	GJUTNING VID VARM VÄDERLEK	11
9	EFTERBEHANDLING OCH HÄRDNING	11
10	AVSYNING OCH EVENTUELLA EFTERJUSTERINGAR	12
11	KONTROLL OCH KVALITETSARBETE	12
11.1	TILLÄGGSKONTROLL	12
11.2	GRUNDKONTROLL, EGENKONTROLL OCH ARBETSBEREDNING	12
12	SKISSER	13
12.1	GEOMETRI PROVKROPP VID PROVBLANDNING	13
12.2	URBORRNING AV CYLINDRAR VID PROVBLANDNING	13
12.3	PLACERING TEMPERATURGIVARE VID PROVBLANDNING	14
12.4	GEOMETRI PROVGJUTNING, SEKTION	15
12.5	GEOMETRI PROVGJUTNING, PLAN	16
12.6	GJUTETAPPINDELNING	17
12.7	FÖRSLAG TILL GJUTMETOD, LÄNGDSEKTION	17
12.8	FÖRSLAG TILL GJUTMETOD, TVÄRSEKTION	18

1 Allmänt

Dessa föreskrifter syftar till att de krav, som ställs vid utförandet av en betongkonstruktion med hög kvalitet med beaktande av anvisningar och råd i Anl AMA 98, BBK 04 och Betonghandboken, skall uppfyllas. Entreprenören skall inkalkylera samtliga kostnader för detta utförande i sitt anbud.

2 Form

Formrivningstidpunkt väljs med beaktande av betonghållfasthet och risk för skador såsom sprickbildning, uttorkning etc, med hänsyn tagen till omgivningens påverkan och föreskrifter i separat arbetsbeskrivning gällande begränsning av temperatursprickor enligt Anl AMA 98, EBE 11, Metod 3, upprättad av Beställaren.

Formrivning får inte äga rum vid sträng kyla eller stark blåst eller då temperaturfall kan väntas.

Formrivning får utföras tidigast 5 kalenderdygn efter gjutning. Vid betongtemperaturer under 20°C dock tidigast 5 dygn efter gjutning räknat som ekvivalent tid för aktuella betongtemperaturer i anslutning till betongytan.

Formen skall var så tät att det inte uppstår utläckage av betongmassa i sådan omfattning att undre lager dräneras i sådan omfattning att hålrum skapas högre upp i konstruktionen innan betongen tillstyvnat.

Formsättning skall utföras med råplanade brädor med den ohyvlade sidan mot betongen.

Virkesytan mot betongen skall ha en sådan struktur och kvalitet med avseende på ruggighet, vresighet mm att ett godtagbart resultat med avseende på kvarstannande träfiber på betongytorna samt avskalning av det yttersta betongskiktet vid formrivning kan erhållas.

Innan gjutning skall formar förvattnas så att formvirket fuktmättas. Formytor skall eftervattnas efter gjutning samtidigt med att vattenhärdning av den färska betongen utförs.

Vatten som används skall uppfylla krav enligt SS-EN 1008.

Formen skall utföras med sådan överhöjning att gjutningen skyddas mot vågskvalp och förhöjt vattenstånd. För att vid gjutning undvika förhöjd vattenyta inom form skall formen utföras med bräddavlopp i anslutning till avstängare.

3 Betong.

Fabrikstillverkad betong
Anläggningscement Degerhamn Std P.
Utförandeklass 1
Stenmax skall vara 16 mm
Max tillåten sprickvidd 0,15 mm
Konsistensintervall bestäms efter utförda fullskaleprov i samråd med Beställaren.

Vid provtagning på arbetsplats skall som riktvärde lufthalten i färska betongmassan vara 10-11%. Minimikravet på lufthalt är 8%.
Riktvärde för lufthalt i den hårdnade betongen skall vara 7-8%. Minimikravet är 5%

Betongmassa som inte uppfyller minimikravet på lufthalt i färskt tillstånd skall kasseras, om den inte med Beställarens godkännande kan användas (med hänsyn till bl a konsekvens av avbrott i betongtillförseln).

Maximalt tillåten töjningskvot enligt Anl AMA 98, EBE 11 är 0,60.
Sprickbegränsning enligt Anl AMA 98, EBE 11, metod 3.
Arbetet skall utföras enligt beräkningar och arbetsbeskrivningar som upprättas av Beställaren.

När Entreprenören har fastställt slutgiltigt betongrecept och andra ingående parametrar som påverkar sprickriskberäkningen kommer Beställaren att upprätta och tillhandahålla sprickriskberäkningar och arbetsbeskrivningar.

En preliminär arbetsbeskrivning med tillhörande sprickriskberäkning gällande för lufttemperaturintervallet 0 -10°C redovisas i handlingarna 06.39.

Val av formrivningstidpunkt, täckning och isoleringsåtgärder skall utföras så att kraven på sprickriskbegränsning enligt Anl AMA 98, EBE 11 uppfylls.
Detaljerna kommer att framgå av de arbetsbeskrivningar som Beställaren utarbetar.

I arbetsbeskrivningarna som Beställaren kommer att upprätta kommer T_{Gjut} att specificeras med ledning av ovanstående begränsningar.

Entreprenören skall svara för samtliga kostnader för revidering av beräkningar, arbetsbeskrivningar och arbete som förorsakas av åtgärder, ändringar av utförande, betongsammansättning, materialval mm, som initierats av Entreprenören.

4 Förslag till betongrecept

Spontkrönbalkar är en konstruktion som utförs i skvalpzonen med en del ovan vatten och en del under vattnet. Vid gjutning med konventionell undervattensbetong erhålls inte en betong som uppfyller kraven på frostbeständighet. Ett sätt att utföra gjutningarna är att arbeta med normal frystestad brobetong i torrhet. Vid utförandet med torrhetsgjutning är erfarenheten den att problem ofta uppstår med inläckande vatten och deformationer av form p g a vattentrycket. För denna entreprenad har det valts att utföra gjutningarna såväl under som över vattnet med en betong som skall klara kraven gällande frostbeständighet och samtidigt vara lämplig för undervattensgjutning. För att erhålla god marginal m a p frostbeständighet för en betong med lågt vct och hög täthet har det specificerats en betong som har högre lufthalt än normalt.

Cement och Betong Institutet, CBI, har på uppdrag av Beställaren tagit fram ett betongrecept för undervattensgjutning av spontkrönbalkar. De krav som ställs på betongen kan sammanfattas enligt följande:

- 100 års teknisk livslängd
- Exponeringsklass XD 3 + XF 4. Hållfasthetsklass C32/40.
- Gjutningen skall ske i delvis vattenfylld form

Den färska betongens egenskaper skall vara sådana att betongmassan är stabil och inte separerar samt att betongen omsluter armering utan större vibreringsinsats. Detta medför en betong som är lättkompakterbar och som tål vibrering men som är tillräckligt sammanhållen så att inte urvaskning eller separation sker.

Tidiga försök visar att antiurvaskningsmedel (AUV-medel) och luftporbildare inte är kompatibla, vilket medför att tillräcklig lufthalt inte kan uppnås i betongen. Detta medförde att en ny proportionering av betongen måste provas fram.

Istället för AUV-medel introducerades naturfiller i proportioneringen för att åstadkomma stabilitet och sammanhållning. Det visade sig också att betongen blev mer lättflytande med bibehållen stabilitet. Resultaten kan sammanfattas enligt följande:

- Betongen blev mindre seg men tillräckligt stabil.
- Lufthalten ökar med ökad dosering av lufttillsatsmedel, vilket inte var fallet med AUV-medel.

Recept 1	Kg/m ³
Anläggningscemen t	440
Vatten	168,9
Naturfiller	250
Grus 0-8 mm	830,2
Sten 8-16 mm	553,5
Luftporbildare	4,0
Flytmedel	2,83
Viscomedel	1,5
vct	0,40

Tabell 1. Receptförslag för frostbeständig undervattensbetong.

De material som använts vid utvecklingen av aktuellt betongrecept är:

- Stenmaterial: 8-16mm Vendels
- Grusfraktion: 0-8 Underås (Jehander)
- Filler: Gjuthallssand Underås (Jehander)
- Cement: Anläggningscement
- Luftporbildare
- Flytmedel
- Viskomedel

Det är viktigt att påpeka att betongens egenskaper med recept enligt Tabell 1 kräver att det ingående naturfillret har en kornstorleksfördelning enligt Fig. 1 nedan. Det skall också vara naturfiller och inte ett krossmaterial. Samma sak kan också sägas gälla för det 0-8 mm naturgrus som användes, dvs det tänkta 0-8 mm ballastmaterialet som skall ingå i prov och fullskalegjutningen skall ha en **liknande** kornstorleksfördelning som i Fig. 1.

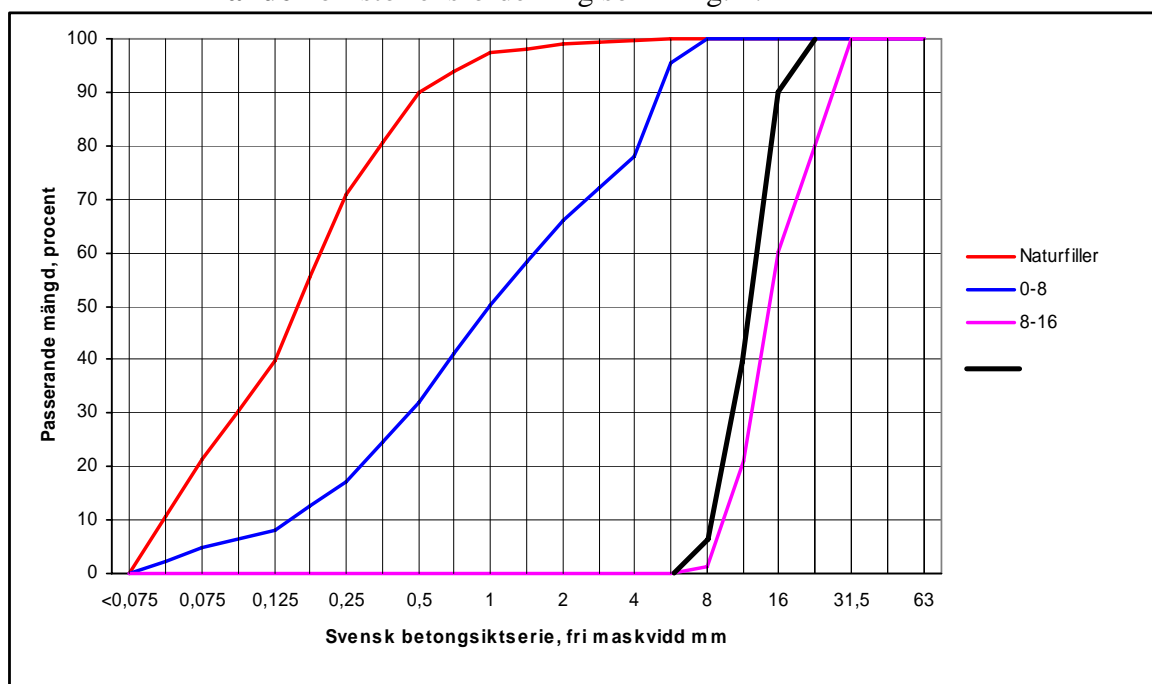


Fig. 1. Kornstorleksfördelningen för de tre olika ballastmaterialen i betongen.

5 Provning

- Beställaren utför och bekostar betongprovning under förprovningsskedet.
- Entreprenören utför och bekostar lufthaltsmätningar och konsistensmätningar samt tillverkning av kubprover vid normal produktion, inkl trpt till CBI. Beställaren utför och bekostar laboratorieundersökningar.

Provningsmetoder:

- Lufthalt i färskt tillstånd: Enligt SS 13 71 24.
- Konsistens färsk betongmassa: Enligt anvisningar i Svenska Betongföreningens Rapport nr 10, Appendix 1.
- Lufthalt/luftporsystem i hårdnat tillstånd: Planslipsanalys enligt Dansk standard TIB 4 (83).
- Provning av frostbeständighet: Enligt SS 13 72 44, metod A (saltfrystest) och 13 72 45 (tillverkning av kuber för frysprovning).
- Tryckhållfasthet, prov ur färdig konstruktion : SS-EN 12 390-3.
- Tryckhållfasthet, provning av kuber från produktionen: SS-EN 12 390-3.
- Provkroppar skall efter gjutning/utborrning förvaras och härdas enligt SS-EN 12 390-2 och SS-EN 12 390-2 T1.

Provning av betongmassans konsistens och lufthalt skall utföras vid fabrik omedelbart efter blandning och vid gjutstället i samband med mottagningskontrollen.

Lufthalt och konsistens skall mätas på samtliga lass. Mätning skall ske före och efter pumpning (om mätning efter pumpning ej är möjlig skall det för kontroll av konsistens- och lufthaltsförlust utföras ny provning ca 20 min efter mottagningskontrollen).

Provnings- och undersökningsprotokoll för ballastmaterialet skall tillställas Beställaren för godkännande.

Protokollavskrift över betongprovningar skall sändas direkt från provningsanstalten till Beställaren.

Vid provning av frostbeständighet enligt SS 13 72 44 gäller att minst kravet ”god” skall uppfyllas.

5.1 Förprovning, provblandning fullskalerecept

Innan provgjutning skall det vid aktuell betongfabrik i samverkan med CBI utföras fullskaleblandning med aktuellt recept. Beställaren och CBI skall kallas att delta vid provblandningarna. I samband med provblandning utförs eventuella justeringar av recept i samråd med CBI. Provblandning skall utföras med minst 3 m³ satsstorlek. Efter blandning och mätning av lufthalt samt konsistens skall betongen lastas i roterbil för simulering av relevant transporttid. Efter transportsimulering skall förnyad provtagning utföras. Därefter skall det om betongen anses ha goda egenskaper gjutas en provkropp, se skisser punkt 12. CBI borrar därefter ut prover för verifiering av lufthalt och luftporstruktur (planslip), vct (tunnslip), och hållfasthet. Efter godkänd provblandning och godkänd betongprovning av urborrade prov fastställs receptet och arbetet med provgjutning startas.

5.2 Förprovning, provgjutning

En provgjutning ca 6 m lång med geometri och utförande enligt skisser under punkt 12, eller sådan annan dimension som Beställaren bestämmer eller som överenskommes i samråd med Beställaren, skall utföras senast 5 månader innan gjutning av krönbalkar.

Provgjutningen skall utföras mot spont likt verklig konstruktion och ske delvis under vatten i för att verifiera att vald arbetsmetod ger godkända gjutresultat med porfria ytor och väl utfylld form.

Provgjutningen skall utföras i vattentät container, efter härdning utförs länsning och urborring av provkroppar samt okulärbesiktning.

Syftet med provgjutningen är att verifiera betongens egenskaper med avseende på konsistensförlust över tid, bearbetbarhet och sammanhållning, gjutmetodik, gjutetappslängd etc.

Arbetsberedningar gällande de ingående arbetsmomenten skall senast 10 dagar före gjutning överlämnas till Beställaren för godkännande innan arbetsmoment får utföras. Dessa arbetsberedningar skall sedan användas som mallar för det fortsatta arbetet med gjutningar inom entreprenaden.

Formsättning och betongarbete skall innehålla de moment och utföranden som anges i förfrågningsunderlaget i övrigt.

Formvirke för ytformen skall vara av den kvalitet som avses att användas till fullskaleproduktionen.

Innan provgjutning får utföras skall betongrecept överlämnas till Beställaren för godkännande.

Lufthalt och luftporstruktur (3 st planslip), och hållfasthet (3 st) skall verifieras med undersökning i certifierat laboratorium av urborrade kärnor från provgjutningen, totalt 6 st provkroppar med diameter 100 mm.

5.3 Provning under produktionen

För kontroll av betongens tryckhållfasthet luftporsystem, lufthalt och frostbeständighet skall det vid gjutstället, dvs efter pumpning, tillverkas 6 st kuber vid varje gjutning. Vid gjutningar som pågår längre än 8 timmar skall det tas ut 6 st kuber per påbörjat 8 timmars skift.

3 kuber reserveras för provning av betongens tryckhållfasthet, 1 för planslipsanalys, 2 för frystest.

Verifiering av porsystem och lufthalt skall utföras med analys av planslip. Verifiering av frostbeständighet skall utföras med frystest.

Skulle dessa provkroppar inte uppfylla kraven på god frostbeständighet eller om det finns anledning att anta att de väsentligen skiljer sig från betongen i konstruktionen skall prover enligt Anl AMA 98, EBE 11 tas i konstruktionen, i samråd med Beställaren.

Målsättningen är att inte onödigtvis borra ut prover i den färdiga konstruktionen. Urborring av cylindrar i anslutning till avstängare skall för de första 3 gjutetapperna utföras av Beställaren för kontroll av betongens egenskaper i färdig konstruktion. Entreprenören skall utföra lagningsarbete efter provtagning.

6 Temperaturmätning

Temperaturgivare skall placeras enligt av Beställaren upprättade arbetsbeskrivningar. Uppmätta temperaturer skall tillsammans med skisser visande temperaturgivarnas verkliga inmätta placering, fortlöpande redovisas för beställaren för kontroll av överensstämmelse mellan verklig och beräknad temperaturutveckling.

7 Förarbeten

Senast 4 veckor före den första gjutningen av krönbalkar skall Entreprenören överlämna arbetsberedningar, gjutschema och gjutplan till Beställaren för godkännande. Dessa skall vara så detaljerade i tid, plan och sektion att gjutfronterna kan följas med avseende risk för ”över-rullning” av nytillförd betong ovanpå tidigare ifylld betongmassa, vibrering vid rätt tidpunkt, storlek på varje lass etc, se även förslag till gjutförfarande under punkt 12. Dessa dokument skall fortlöpande revideras om arbetsutförandet ändras.

Betonggjutning får inte påbörjas förrän, formar, motgjutna ytor, armering samt injutningsgods avsynats och godkänts av beställaren.

8 Gjutning.

Gjutning skall utföras med rörligt gjutrör med mynningsventil.

Betongpump i reserv skall finnas med en inställetid av max 45 min. Extra mynningsventil skall finnas tillgänglig på gjutstället.

Stighöjd skall väljas med hänsyn till aktuell betongs egenskaper och formens hållfasthet. Betong skall tillföras kontinuerligt så att gjutfronten blir väl sammanhållen.

Betongen skall vibreras lätt med stavvibrator, betong med receptur enligt tabell 1 bedöms vara relativt stabil med avseende på sättning och skall inte kompakteras i samma omfattning som en ”normal ” brobetong. Erforderlig vibreringsinsats bestäms i samband med fullskaleförsöken

Konstruktionen skall delas in i gjutetappslängd med maximal längd av ca 8 m, se skisser under punkt 12.

Kvarsittande avstängare typ Strema eller likvärdig får användas efter godkännande av Beställaren. Alternativt utförande med kvarsittande avstängare skall verifieras i samband med provgjutning, se även under provgjutning och skisser under 12.

Om driftsavbrott uppstår vid vibrering får ytterligare betongmassa inte införas i formen förrän felet avhjälpes och vibratorerna ånyo igångkörts. Kan driftsavbrott antas komma att uppgå till mer än 1 timme vid gjutning skall den ovibrerade betongen i formen handbearbetas eller omedelbart avlägsnas.

För att reducera betongens krympning skall vid gjutning erforderliga åtgärder vidtas för att minimera vattenavgången från den färska och hårdnande betongen. Systematisk eftervibrering från överytan skall utföras.

Efter avjämning av betongen fram tills att betongen styvnat tillräckligt för att ytbearbetning skall kunna utföras skall vattendimning med högtryckspruta utföras för att ersättas vattenförlusten under gjutningsarbetet.

Om inte annat föreskrivs skall horisontella ytor ovan vattenytan brädrivas enl SIS 81 20 04

Gjutning får ej utföras vid vattenstånd som riskerar att överstiga konstruktionens överyta.

8.1 Gjutning vid kall väderlek

Isolering av formar och/eller uppvärmning med hjälp av byggtorkar, värmekablar etc. skall utan ändring utföras i den omfattning som beskrivs i av Beställaren tillhandahållen arbetsbeskrivning, upprättad på grundval av tillhörande beräkningsdokument.

Om Entreprenören avser att tillföra värme eller begränsa värmeflödet ur den nygjutna konstruktionen i förhållande till vad som anges i gällande arbetsbeskrivning skall Beställaren kontaktas i så god tid att effekten av ändringen av arbetsutförandet kan beräknas och beaktas samt att eventuella revideringar av arbetsbeskrivningar kan utföras.

Gjutning mot frusna ytor får ej ske. Ytor som har varit utsatta för frost skall värmas med erforderlig effekt och under så lång tid att den nygjutna betongen inte påverkas av kylan i de motgjutna ytorna. Gjutning mot frusna ytor får ej ske. Ytor som har varit utsatta för frost skall värmas med erforderlig effekt och under så lång tid att den nygjutna betongen inte påverkas av kylan i de motgjutna ytorna.

8.2 Gjutning vid varm väderlek

Temperaturen i den färska betongmassan (T_{Gjut}) skall hållas så låg som möjligt och begränsas med hänsyn till den vid gjuttillfället rådande dygnsluftmedeltemperaturen, T_{Luft} , enligt nedan:

- Vid $T_{Luft} < 5$ °C skall T_{Gjut} vara 10 - 12 °C.
- Vid $T_{Luft} < 5 - 13$ °C skall T_{Gjut} vara max 15 °C.
- Vid $T_{Luft} > 13$ °C skall T_{Gjut} vara max $T_{Luft} + 2$ °C, dock max 20 °C.

I arbetsbeskrivningarna som Beställaren kommer att upprätta kommer T_{Gjut} att specificeras med ledning av ovanstående begränsningar.

9 Efterbehandling och härdning

Betongen skall utan dröjsmål efter gjutning vattenhärdas.

Efter ytbearbetning skall ytor omedelbart vattnas med dimma, när arbetet med vattendimma slutförts skall ytorna omedelbart täckas med min 0.1 mm plastfolie fram tills att betongen hårdnat så mycket att vattning med spridare kan påbörjas.

Vattenhärdningen skall fortgå minst 5 kalenderdygn, vid betongtemperaturer under 20 °C dock minst 5 dygn räknat som ekvivalent tid för aktuella betongtemperaturer.

Vintertid förutsätter detta att gjutstället byggs in i ett tält eller motsvarande och att temperaturen i tältet inte tillåts sjunka under +5 grader Celsius under tiden

vattning pågår. Efter avslutad fukthärdning skall betongen vid kall väderlek skyddas mot frysning tills överskottsfukt torkat ut.

Vatten som används skall uppfylla krav enligt SS-EN 1008.

10 Avsugning och eventuella efterjusteringar

Sedan formarna rivits skall betongen snarast möjligt avsynas av Entreprenören och Beställaren gemensamt. Påträffas sprickor > 0,15 mm eller gjutsår vid denna avsugning skall Entreprenören, efter att ha inhämtat Beställarens godkännande, på egen bekostnad vidta erforderliga åtgärder.

Om temperaturrelaterade sprickor uppkommer i ett senare läge åtgärdas dessa i samråd med Beställaren på dennes bekostnad om Entreprenören kan påvisa att arbetet är utfört och dokumenterat med hänsyn taget till samtliga föreskrifter gällande för entreprenaden.

11 Kontroll och kvalitetsarbete

11.1 Tilläggskontroll

Beställaren kommer att upprätta tilläggskontrolldokument för följande moment:

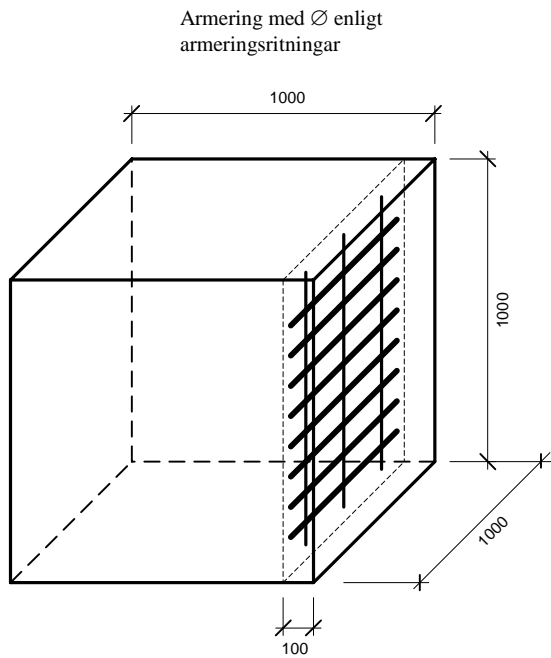
- Täckande betongskikt.
- Betongtillverkning
- Transport av betong
- Betongpumpning
- Mätning av konsistens
- Mätning av lufthalt
- Mätning av temperatur i betong och luft

11.2 Grundkontroll, egenkontroll och arbetsberedning

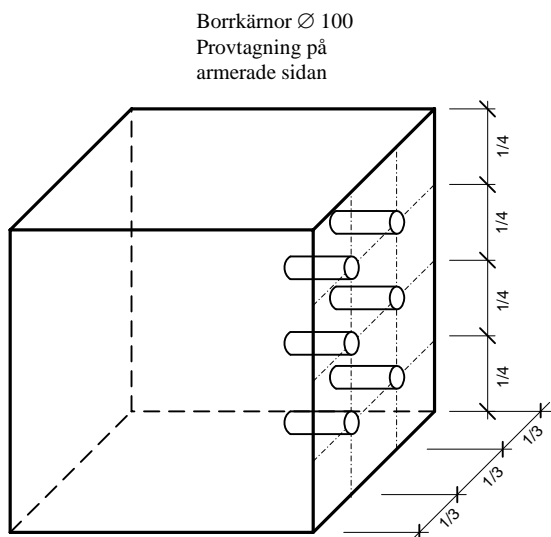
Innan arbetsmoment utförs skall handlingar vara godkända av Beställaren

12 Skisser

12.1 Geometri provkropp vid provblandning



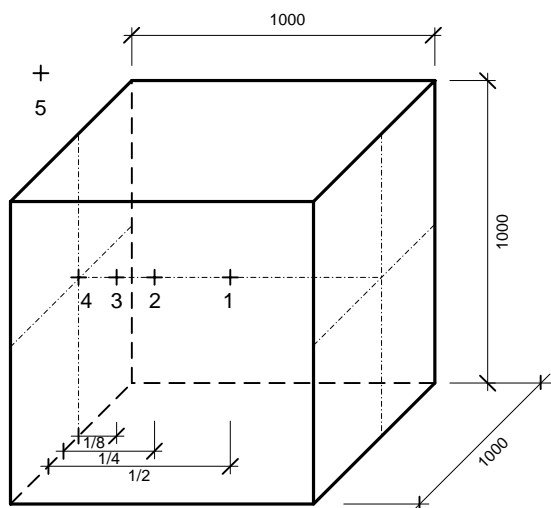
12.2 Urborrning av cylindrar vid provblandning



12.3 Placering temperaturgivare vid provblandning

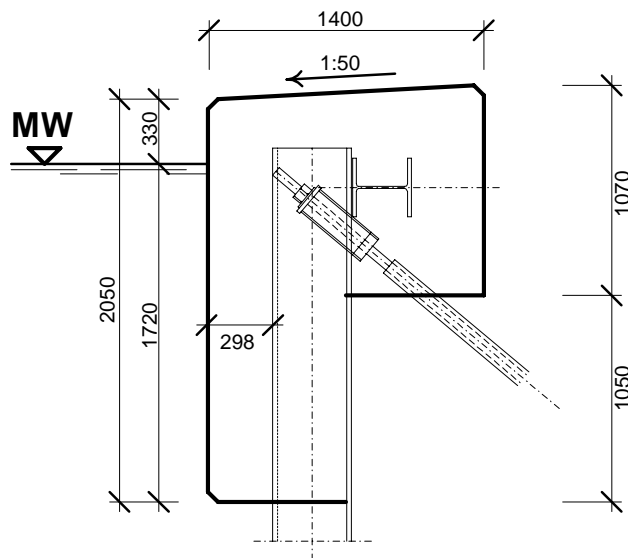
Temperaturgivares placering

- + 1 i centrum
- + 2 i fjärdedelspunkten
- + 3 i åttondelspunkten
- + 4 på insidan form
- + 5 i omgivande luft

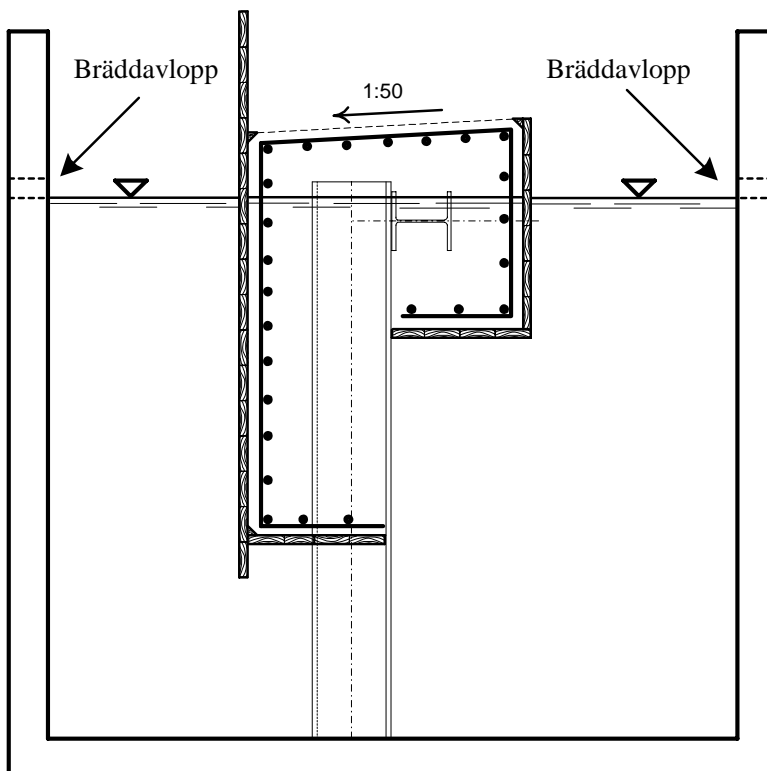


12.4 Geometri provgjutning, sektion

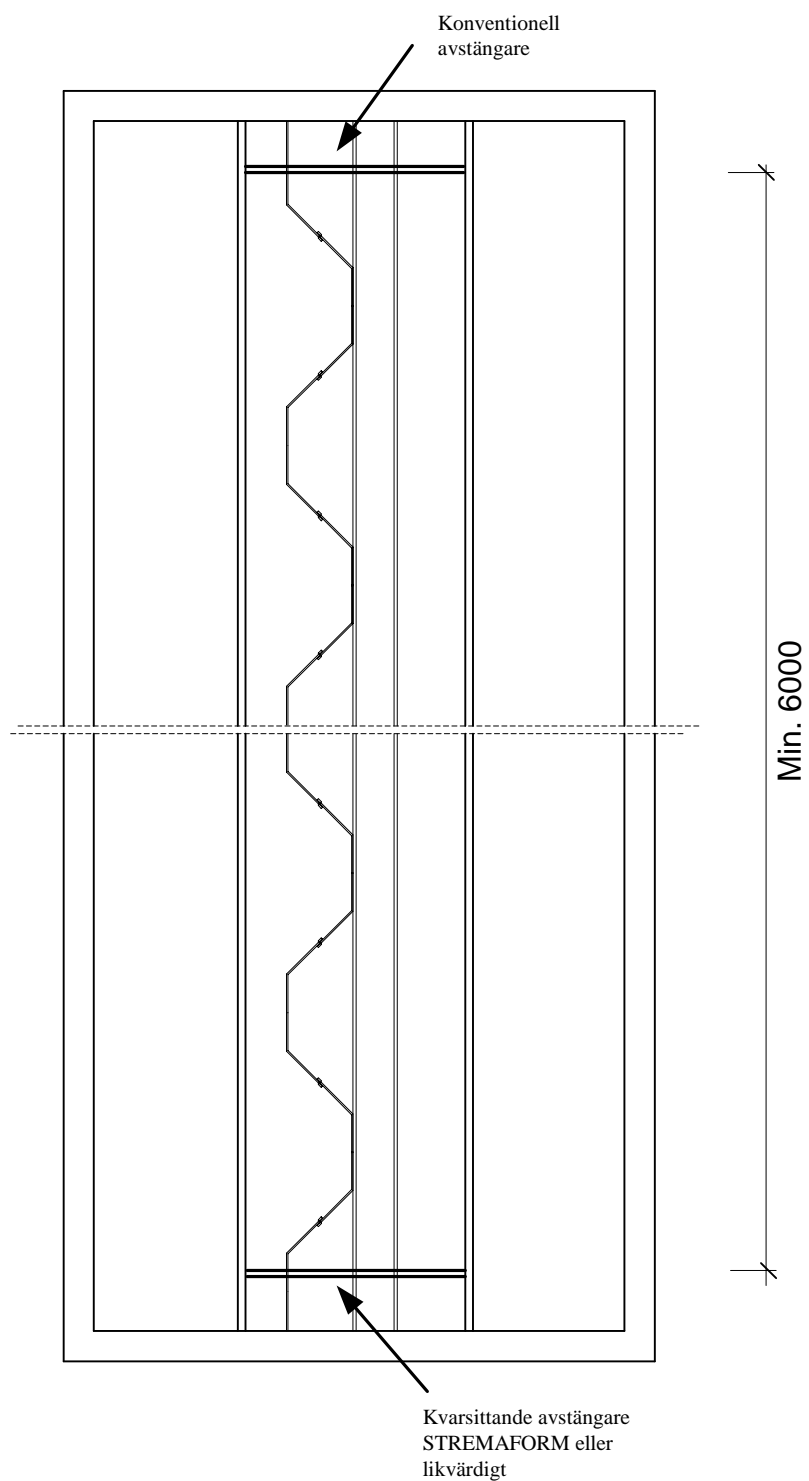
Provgjutningen skall
simulera gjutningen av
krönbalksavsnitt ”
Strandpark”



Gjutningen skall utföras i en vattenfylld
container, gjutmetodik enligt skiss,
armering enligt armeringsritningar

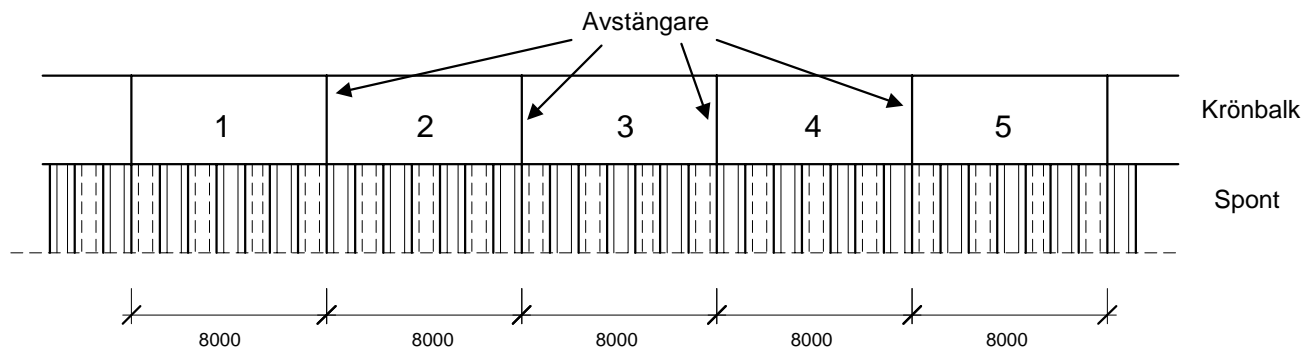


12.5 Geometri provgjutning, plan



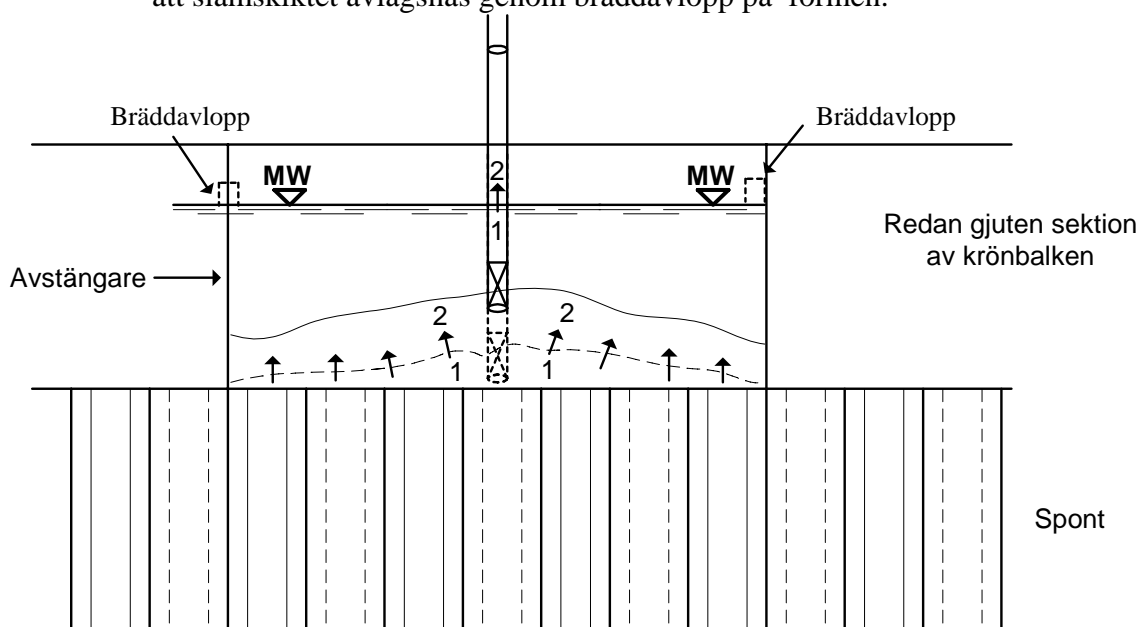
12.6 Gjutetappindelning

Gjutordning vid utförandet skall väljas så att den nygjutna monoliten i möjligaste mån har en avstängare fri från tvång mot tidigare gjuten monolit.



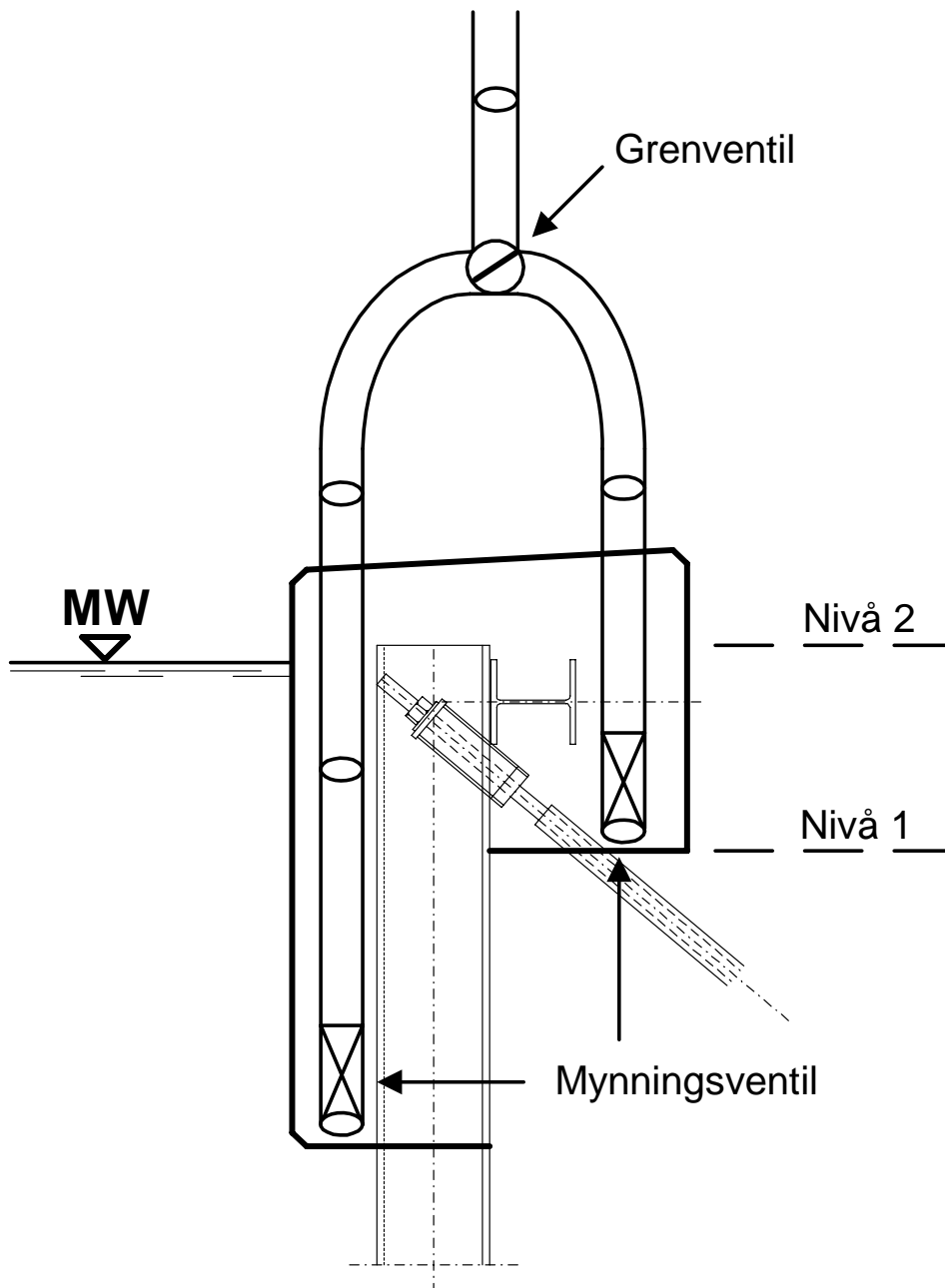
12.7 Förslag till gjutemetod, längdsektion

Gjutning skall utföras på sådant sätt att hela överytan fås att stiga. Betong får inte stiga upp utanför gjutröret så att överytan överrullas med betong. Gjutröret skall hållas nedsänkt minst 50 cm i den nygjutna betongen. I de centrala delarna i anslutning till gjutröret skall betong tillföras så att ytan med god marginal stiger över vattenytan, därefter bearbetas betongen kontinuerligt så att slamskiktet avlägsnas genom bräddavlopp på formen.



12.8 Förslag till gjutmetod, tvärsnitt

Under gjutningen är det nödvändigt att när gjutfronten vid spontens utsida når nivå 1 eller strax över starta tillförsel av betong på insida spont. Gjutfronter på in och utsida spont skall samordnas så, slam och vattenblandad betong inte tillförs ovanpå gjutfronten från endera hållet innan fronterna sammanförts vid nivå 2.



Bilaga B:

Materialparametrar för UV-betongen för analys av temperatursprickrisk

Materialdata för CBI UV-betong

Jan-Erik Jonasson

Innehåll	sid
Förord	2
Betongsammansättning	3
Temperaturkänslighet och hållfasthetsutveckling	4
Hydratationsvärme	8
Krypning	12
Frirörelser	14
Spänning vid fullständigt tvång	15
Referenser	17

Luleå Tekniska Universitet
Augusti 2007

Förord

Denna utredning, som omfattar mätning av materialegenskaper för hårdnande betong och utvärdering av resultaten anpassade för att användas i datorsystemet ConTeSt, är ett uppdrag från CBI (Cement och Betong Institutet) till LTU (Luleå tekniska universitet). Kontaktman på CBI är Kjell Wallin, Stockholm.

Vid provning av hållfastheter vid olika temperaturnivåer resulterade första provomgången i en 28-dygnshållfasthet på 40.9 MPa, vilket var lägre än väntat. Efter samråd med Kjell Wallin genomfördes en andra provomgång för hållfastheter vid olika temperaturnivåer, och nu erhöles en 28-dygnshållfasthet på 67.1 MPa. Det finns ingen enkel förklaring till denna hållfasthetsskillnad samtidigt som respektive resultatserie uppvisar ett rimligt beroende av temperaturen. Detta gör att utvärderingen i denna rapport har genomförts för två uppsättningar av data anpassade till de två helt olika tryckhållfasthetsnivåerna, vilket benämns:

Data 1_1 ($f_{28d} = 40.9 \text{ MPa}$), där betongen i rapporten benämns *CBI_UV_1_1*
och

Data 1_2 ($f_{28d} = 67.1 \text{ MPa}$), där betongen i rapporten benämns *CBI_UV_1_2*

Luleå i augusti 2007



Jan-Erik Jonasson

Betongsammansättning

Provbetongens recept är framtaget av Cement och Betong Institutet (CBI), se tabell 1. Alla delmaterial, utom vattnet, har sänts till Luleå tekniska universitet (LTU). CBI:s målsättning är att direkt efter blandning ska flytsättningsmättet (FSM) ligga inom 660-720 mm och lufthalten inom 6-9 %. Ca 20 min efter blandningen är motsvarande målsättning för FSM 600-650 mm och för lufthalten 7-10 %. Vid provblandning i laboratoriet på LTU 2007-04-12 var man tvungen att ändra i mängderna av tillsatsmedel, se tabell 2, för att uppfylla dessa målsättningar, vilket resulterade i följande tillsatsmedelsmängder:

- | | |
|-------------------|------------------------------------------------------------|
| 1) Viscomedel | 0.55 kg/m ³ (50% jämfört med originalreceptet) |
| 2) Flytmedel | 3.84 kg/m ³ (130% jämfört med originalreceptet) |
| 3) Luftporbildare | 3.81 kg/m ³ (67% jämfört med originalreceptet) |

Av tabell 2 framgår vidare att med de nya halterna av tillsatsmedel blir den korrigerade cementhalten 426.45 kg/m³ för den exakta volymen 1 m³.

Tabell 1 Betongsammansättning enligt uppgift från CBI

Originalrecept CBI UV-betong		
Material		Mängder [kg/m ³]
Cement	Degerhamn Std	440
Kalkfiller	Limus 40	126
Vatten		165
Tillsatsmedel 1	Viscomedel	1.1
Tillsatsmedel 2	Flytmedel	2.95
Tillsatsmedel 3	Luftporbildare	5.72
Fraktion 0-2 mm		274.4
Fraktion 0-8 mm		640.3
Fraktion 8-11 mm		295.2
Fraktion 11-16 mm		348
vct = 0.392		

Tabell 2 Betongsammansättning enligt provblandning på LTU.

Labb-recept vid LTU 2007-04-12				KORR*. RECEPT		
Material		Mängder [kg]	Densitet [kg/m ³]	Volym [m ³]	Vikt [kg/m ³]	Volym [m ³]
Cement	Degerhamn Std	440	3180	0.138	426.45	0.134
Kalkfiller	Limus 40	126	2800	0.045	122.12	0.044
Vatten		165	1000	0.165	159.92	0.160
Tillsatsmedel 1	Viscomedel	0.55	1020	0.001	0.53	0.001
Tillsatsmedel 2	Flytmedel	3.84	1050	0.004	3.72	0.004
Tillsatsmedel 3	Luftporbildare	3.8	1050	0.004	3.69	0.004
Fraktion 0-2 mm		274.4	2650	0.104	265.95	0.100
Fraktion 0-8 mm		640.3	2650	0.242	620.58	0.234
Fraktion 8-11 mm		295.2	2650	0.111	286.11	0.108
Fraktion 11-16 mm		348	2650	0.131	337.28	0.127
Luft	20 min efter blandning	0		0.085	0.00	0.085
SUMMA		2297		1.029	2226.35	1.000
FSM = 680 mm direkt efter blandning Lufthalt = 12.8 % direkt efter blandning				*) Korr_faktor =0.969		
FSM = 600 mm 20 min efter blandning Lufthalt = 8.5 % 20 min efter blandning						

Temperaturkänslighet och hållfasthetsutveckling

Provkropparna är 100 mm kuber. Testkropparna lagras i tempererade vattenbad. Samtliga provkroppar är tillverkade i samma blandningsomgång för att inte få in onödiga blandningsvariationer i mätresultaten. De temperaturnivåer som valts är 5, 20, 35 respektive 50 °C. Temperaturen i betongen registreras, och utvärderingen baseras på de mätta temperaturerna enligt metodiken i Ekerfors (1995).

Data 1_1 ($f_{28d} = 40.9 \text{ MPa}$)

Resultaterande temperaturer för betong *CBI_UV_1_1* presenteras i figur 1a, där de streckade linjerna visar medeltemperaturen för respektive temperaturgrupp. Vid vissa tidpunkter mäts tryckhållfastheten för 100 mm kuberna i de tempererade vattenbaden, se figur 1b. Var je punkt för mätt hållfasthet i figur 1b utgörs av medelvärdet för två (Temp 5 °C) eller tre (Temp 20 °C, Temp 35 °C och Temp 50 °C) enskilda kubprovningar. De streckade linjerna i figur 1b anger linjära anpassningar med konstant lutning i logaritmisk tidsskala för respektive medeltemperatur som en del av utvärderingstekniken, och den heldragna linjen visar detta samband för exakt 20 °C.

Med resultatet i figur 1b kan temperaturkänsligheten ("mognadsfunktionen", ekv 1) bestämmas, vilket visas i figur 1c.

I figur 1c har anpassning skett för följande samband:

$$\beta_T = \exp\left(\Theta \cdot \left(\frac{1}{293} - \frac{1}{T + 273}\right)\right) \quad (1)$$

där β_T = temperaturfaktor ("mognadsfunktion"), -
 T = betongtemperatur, °C
 Θ = "aktiveringstemperatur", K

Aktiveringstemperaturen Θ beräknas med följande samband, Jonasson (1984):

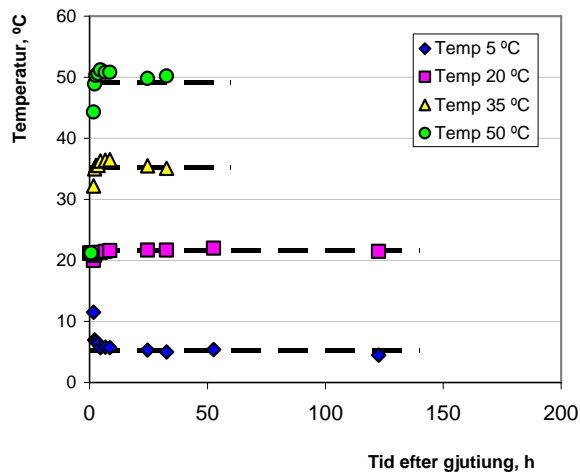
$$\Theta = \left(\frac{\Theta_{ref}}{T + 10}\right)^{\kappa_3} \quad (2)$$

där Θ_{ref} = "aktiveringstemperatur" vid 20 °C, K

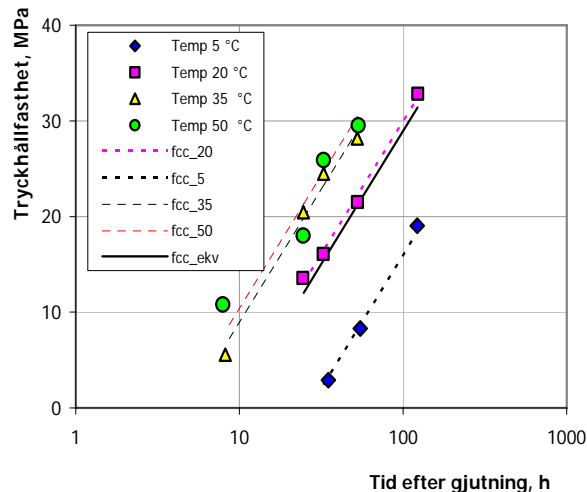
Den i figur 1c utvärderade kurvan har följande parametrar:

$$\text{Data 1_1 } (f_{28d} = 40.9 \text{ MPa}) : \begin{cases} \Theta_{ref} = 4560 \text{ K} \\ \kappa_3 = 0.82 \end{cases}$$

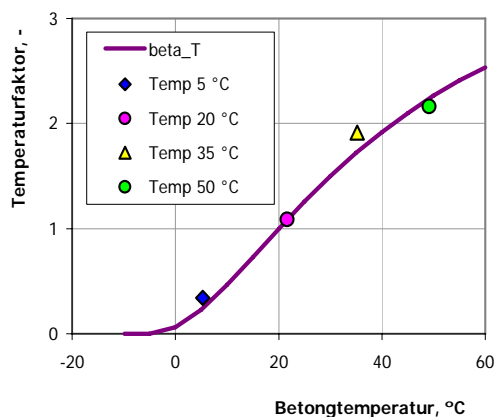
En visuell kontroll att den beskrivna utvärderingsmetodik fungerar nöjaktigt fås genom att rita upp mätta hållfastheter som funktion av temperaturrelaterad ekvivalent tid, vilket visas i figur 1d. Av figuren framgår att spridningen kring den anpassade kurvan enligt ekv (4) är relativt liten, varför metodiken med temperaturrelaterad ekvivalent tid som beskrivning av hållfasthet vid variabel temperatur kan sägas fungera väl för aktuell betong.



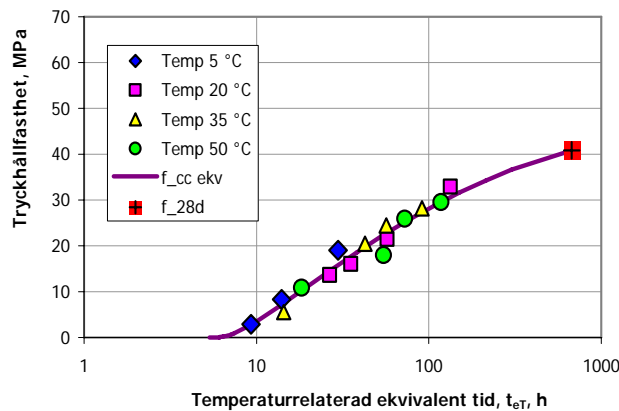
a) Mätta temperaturer för fyra nivåer



b) Mätta hållfastheter i realtid



c) Erhållen temperaturfaktor



d) Erhållen tendenskurva för f_{cc}

Figur 1 Utvärdering av temperaturfaktor och hållfasthetskurva för Data 1_1 ($f_{28d} = 40.9 \text{ MPa}$) och betong CBI_UV_1_1.

Utifrån ekv 1 och 2 kan man uttrycka ekvivalent tid, eller mer korrekt uttryckt temperaturrelaterad ekvivalent tid (Jonasson, 1994), t_{eT} , enligt

$$t_{eT} = \int_t \beta_T \cdot dt \quad (3)$$

där β_T = temperaturfaktor enligt ekv 1.

Det kontinuerliga hållfasthetsförloppet i figur 1d beskriv av

$$f_{cc} = \begin{cases} 0 & \text{för } \tau \leq 0 \\ f_{28d} \cdot e^{\left(s \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{\tau}} \right) \right)} & \text{för } 0 < \tau \leq 1 \end{cases} \quad (4)$$

där f_{cc} = betongens tryckhållfasthet, MPa
 τ = relativ tid uttryckt enligt ekv (5) nedan, -
 f_{28d} = betongens tryckhållfasthet vid ekvivalent referenstid, t_{ref} , MPa (t_{ref} är här satt till 28d)
 s = anpassningsparameter för hållfasthetskurvans förlopp, -

Den relativa tiden, τ , i ekv (4), beskrivs av

$$\tau = \frac{t_{eT} - t_S}{t_{ref} - t_S} \quad (5)$$

där t_S = ekvivalent tid för formell start av den unga betongens mekaniska struktur, h
 t_{ref} = vald referenstid, vilket här är satt till 672 h (28d)

Den i figur 1d presenterade kontinuerliga kurvan för betong *CBI_UV_1_1* har följande parametrar:

$$Data\ 1_1\ (f_{28d} = 40.9\ MPa) : \begin{cases} f_{28d} = 40.9\ MPa \\ s = 0.225 \\ t_S = 5.35\ h \end{cases}$$

För beräkning med programsystemet ConTeSt uttrycks hållfasthetsförloppet med styckvis linjära funktioner i logaritmisk tidsskala, s k splines, med följande brytpunkter:

$$\begin{aligned} t_{eT} &= [4h, 6h, 8h, 12h, 18h, 24h, 72h, 168h, 672h]^{-1} \\ f_c/f_{28d} &= [0, \eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5, \eta_6, \eta_7, 1000]^{-1} \text{ /promille/} \end{aligned} \quad (6)$$

där värdena markerade med fetstil är valda på förhand.

Med värden enligt ekv (4) och (5) fås för betong *CBI_UV_1_1* följande värden i erforderliga brytpunkter:

$$Data\ 1_1\ (f_{28d} = 40.9\ MPa) : \begin{cases} \eta_1 = 1\ \text{promille} \\ \eta_2 = 35\ \text{promille} \\ \eta_3 = 132\ \text{promille} \\ \eta_4 = 245\ \text{promille} \\ \eta_5 = 327\ \text{promille} \\ \eta_6 = 615\ \text{promille} \\ \eta_7 = 794\ \text{promille} \end{cases}$$

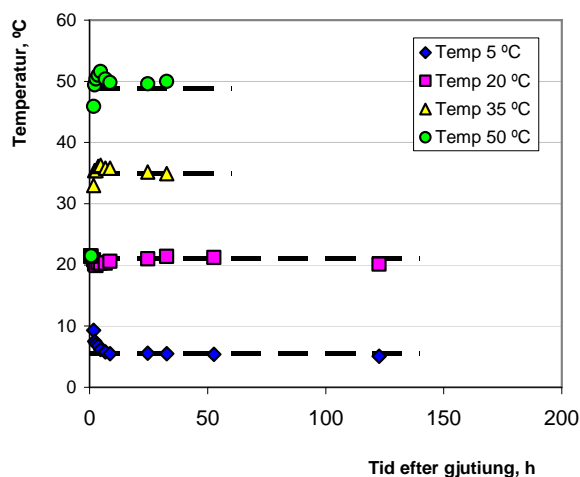
Data 1_2 (f_{28d} = 67.1 MPa)

Resultaterande temperaturer för betong *CBI_UV_1_2* presenteras i figur 2a, och mätta tryckhållfastheten för 100 mm kuberna i de tempererade vattenbaderna redovisas i figur 2b.

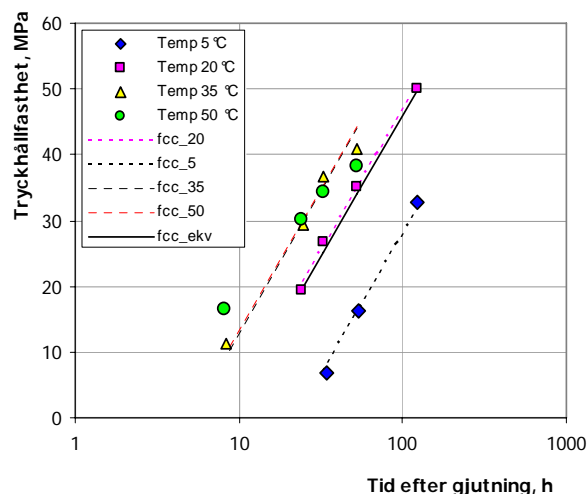
Med resultatet i figur 2b kan temperaturkänsligheten ("mognadsfunktionen", ekv 1) bestämmas, vilket visas i figur 2c.

Den i figur 2c utvärderade kurvan för betong *CBI_UV_1_2* har följande parametrar:

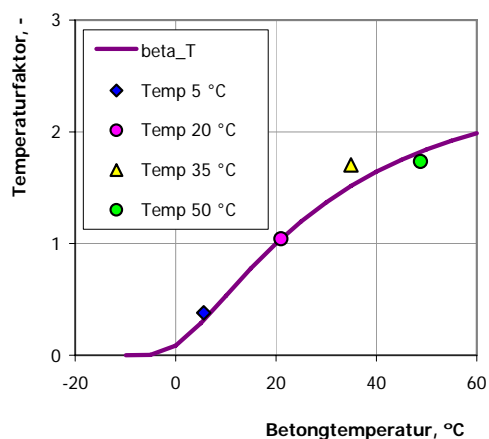
$$Data\ 1_2\ (f_{28d} = 67.1\ MPa) : \begin{cases} \Theta_{ref} = 3620\ K \\ \kappa_3 = 0.91 \end{cases}$$



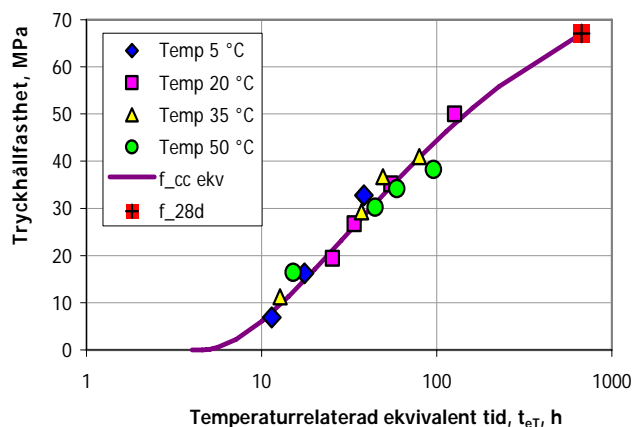
a) Mätta temperaturer för fyra nivåer



b) Mätta hållfastheter i realtid



c) Erhållen temperaturfaktor



d) Erhållen tendenskurva för f_{cc}

Figur 2 Utvärdering av temperaturfaktor och hållfasthetskurva för Data 1_2 ($f_{28d} = 67.1 \text{ MPa}$) och betong CBI_UV_1_2.

Av figur 2d framgår att spridningen kring den anpassade kurvan enligt ekv (4) är relativt liten, varför metodiken med temperaturrelaterad ekvivalent tid som beskrivning av hållfasthet vid variabel temperatur kan sägas fungera väl för aktuell betong.

Den i figur 2d presenterade kontinuerliga kurvan, se ekv 4 och 5, för betong CBI_UV_1_2 har följande parametrar:

$$\text{Data 1_2 } (f_{28d} = 67.1 \text{ MPa}) : \begin{cases} f_{28d} = 67.1 \text{ MPa} \\ s = 0.252 \\ t_S = 4 \text{ h} \end{cases}$$

Med ovanstående värden fås för betong CBI_UV_1_2 följande värden i erforderliga brytpunkter (ekv 6):

$$Data\ 1_2\ (f_{28d} = 67.1\ MPa) : \begin{cases} \eta_1 = 13\ \text{promille} \\ \eta_2 = 50\ \text{promille} \\ \eta_3 = 129\ \text{promille} \\ \eta_4 = 226\ \text{promille} \\ \eta_5 = 300\ \text{promille} \\ \eta_6 = 584\ \text{promille} \\ \eta_7 = 774\ \text{promille} \end{cases}$$

Hydratationsvärme

Hydratationsvärmerna bestäms med hjälp av två s k semi-adiabater, här kallade Semi-A och Semi-B, som består av cellplastisolering kring betong som gjutits i hinkar av tunn plåt (volym ca 4 l). Ingen extern reglering görs, och man mäter betongens ”naturliga temperaturförlopp” vid aktuell isoleringsgrad. Vid små temperaturgradienter inom provkroppen kan isoleringsgraden beskrivas i form av avsvälningstal, se definition i ekv (7). För här aktuell betong värms provkroppen separat, när det naturliga förloppet har klingat av, och efter återplacering i semi-adiabaterna mäts avsvälningstallet. Nedan redovisas utvärderingen av avsvälningstallet, eftersom isoleringsgraden måste vara känd för att kunna bestämma betongens hydratationsvärme.

Avsvälningstal

Den värme som överförs till luften beskrivs här med ett avsvälningstal som beskrivning av samspelet mellan betong och luft via isoleringen. Avsvälningstal definieras enligt:

$$\frac{dT}{dt} = -a(T - T_{luft}) \quad (7)$$

där T = betongtemperatur, °C
 T_{luft} = lufttemperatur, °C
 t = realltid, h
 a = avsvälningstal, h⁻¹

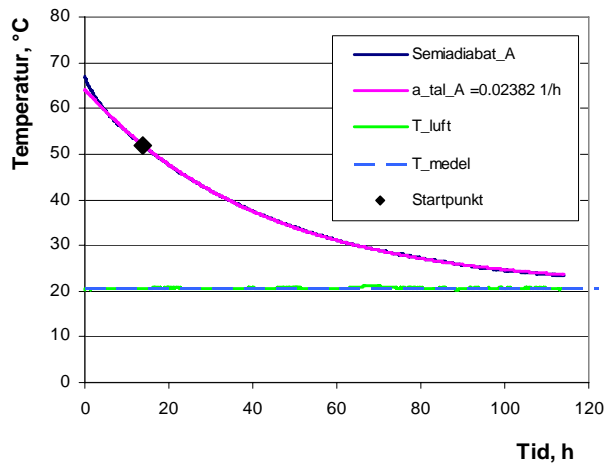
Lösningen till ekv (7) kan skrivas

$$\frac{T(t) - T_{luft}}{T_1 - T_{luft}} = e^{-a(t - t_1)} \quad (8)$$

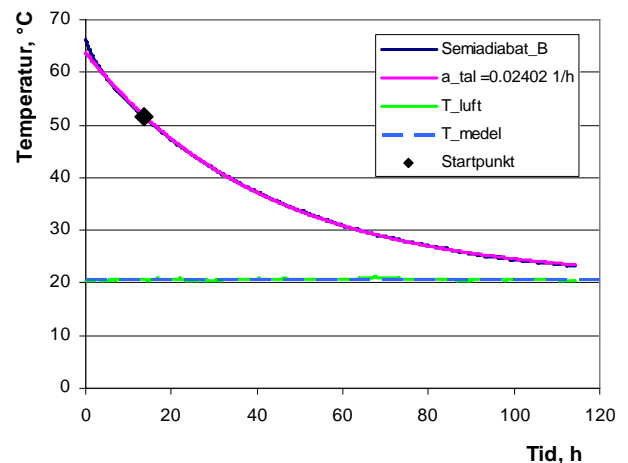
där $T(t)$ = den analytiska avsvälningsskurvan, °C
 t_1 = en vald tidpunkt på den analytiska avsvälningsskurvan, h
 T_1 = betongtemperatuen vid tidpunkten = t_1 på den analytiska avsvälningsskurvan, °C

Med lösningen beskriven av ekv (8) har anpassade avsvälningstallet för $T \leq 52$ °C resulterat i följande avsvälningstal, se figur 3:

$$a = \begin{cases} \text{Semi - A : } a = 0.02382\ \text{h}^{-1} \\ \text{Semi - B : } a = 0.02402\ \text{h}^{-1} \end{cases}$$



a) Semi-adiabat A



b) Semi-adiabat B

Figur 3 Mätta avsvlningsförlopp och anpassning för $T \leq 52$ °C.

Utifrån de mätta temperaturförloppen och kända avsvlningsstal beräknas den utvecklade hydratationsvärmen, W_{tot} , enligt

$$W_{tot} = \rho_c \cdot c_c (T - T_{start}) + \rho_c \cdot c_c \cdot a \int_0^t (T - T_{luft}) \cdot dt \quad (9)$$

- där T = mätt betongtemperatur i semi-adiabaten, °C
 T_{start} = betongtemperaturen vid start av försöket, °C
 ρ_c = betongens densitet, kg/m³
 c_c = betongens specifika värmekapacitet, J/(kg °C)

Med hjälp av ekv (3) räknas aktuellt temperatur-tid-förlopp om till temperaturrelaterad ekvivalent tid, och anpassning av utvecklad värme genomförs i enlighet med (Jonasson, 1994):

$$W_C = \frac{W_{tot}}{C} = W_{CU} \cdot e^{-\lambda_1 [\ln(1 + \frac{t e T}{t_1})] - \kappa_1} \quad (10)$$

- där W_C = betongens hydratationsvärme per viktsenhet bindemedel, J/kg
 C = betongens cementhalt, kg/m³
 W_{CU} = hydratationsvärmets formella slutvärde per viktsenhet cement, J/kg
 λ_1 , t_1 [h], κ_1 och W_{CU} [J/kg] är tillgängliga anpassningsparametrar.

Data 1_1 ($f_{28d} = 40.9 \text{ MPa}$)

Resultatet för betong $CBI_{UV_1_1}$ av anpassning till ekv (10) visas i figur 4, där följande parametrar har erhållits:

$$CBI_{UV_1_1}: \begin{cases} \rho_c = 2350 \text{ kg/m}^3 \\ c_c = 1000 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)} \\ C = 426.45 \text{ kg/m}^3 \\ W_{CU} = 343187 \text{ J/kg} \\ \lambda_1 = 1 \\ t_1 = 11.41 \text{ h} \\ \kappa_1 = 1.42 \end{cases}$$

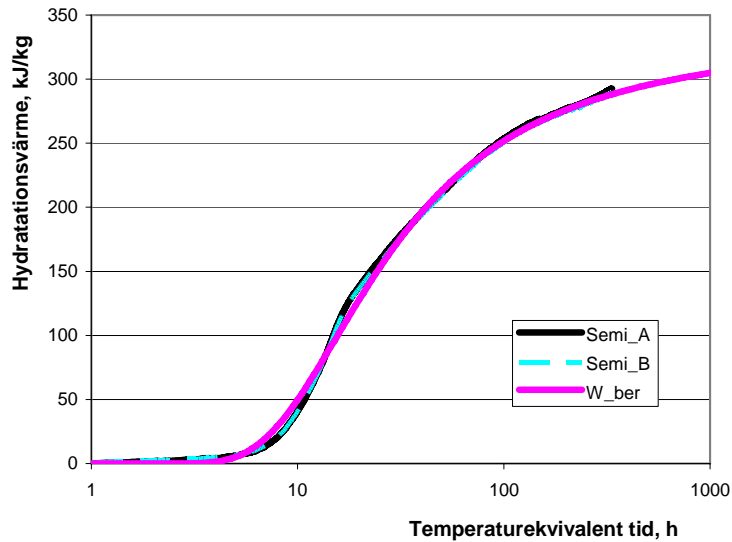
Data 1_2 ($f_{28d} = 67.1 \text{ MPa}$)

Resultatet för betong CBI_{UV_2} av anpassning till ekv (10) visas i figur 5, där följande parametrar har erhållits:

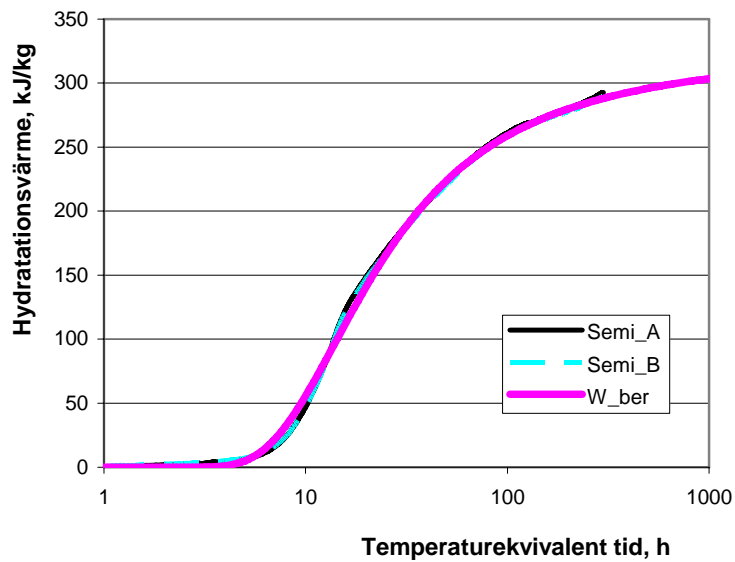
$$CBI_{UV_1_2}: \begin{cases} \rho_c = 2350 \text{ kg/m}^3 \\ c_c = 1000 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)} \\ C = 426.45 \text{ kg/m}^3 \\ W_{CU} = 330588 \text{ J/kg} \\ \lambda_1 = 1 \\ t_1 = 9.91 \text{ h} \\ \kappa_1 = 1.61 \end{cases}$$

Betongens värmekapacitet, c_c , ligger för vanlig betong inom intervallet 800 – 1200 J/(kg °C), och i utvärdering har använts 1000 J/(kg °C). Eftersom densitetsskillnaden, se tabell 2, skiljer ca 5 % mot ”standardvärdet” 2350 kg/m³ har här använts produkten $\rho_c \cdot c_c = 2350000 \text{ J/(m}^3 \cdot \text{°C)}$, vilket alternativt kan tolkas som $\rho_c = 2226 \text{ kg/m}^3$ och $c_c = 1055 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)}$. Det man måste tänka på vid tillämpningen är att använda samma värde som vid utvärderingen. Då införs inte något fel i temperaturberäkningen, eftersom det är viss ”rundgång” i metodiken (Ekerfors, 1995). Detta beror på att man utgår från mätta temperaturer, beräknar ett antal mellanled för att åter vid tillämpningen beräkna temperaturer. Eftersom receptet är framräknat för exakt 1 m³ kan man tillåta en viss justering av receptet, om man för tillämpningen räknar om bindemedelshalt, C , att gälla för exakt 1 m³.

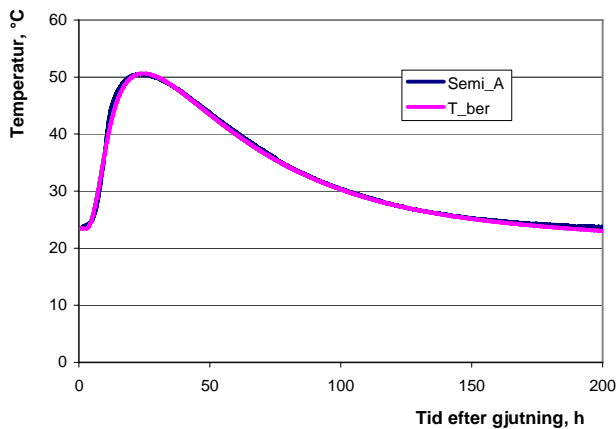
En visuell kontroll att den beskrivna modellen fungerar nöjaktigt fås genom att rita upp mätta temperaturer och jämföra med beräknade temperaturer med framtagna modellparametrar. Detta visas i figur 6 för de bägge semi-adiabaterna för betong $CBI_{UV_1_1}$ och i figur 7 för betong $CBI_{UV_1_2}$. Som framgår av figurerna ligger avvikelserna inom ca 1 °C för bägge semiadiabaterna för bägge utvärderingarna. En jämförelse mellan beräkning (= anpassning) och mätning för semiadiabaterna är relevant för många tillämpningar, eftersom här använda semi-adiabater kan sägas simulera en representativ konstruktion för ett typiskt anläggningsbyggande.



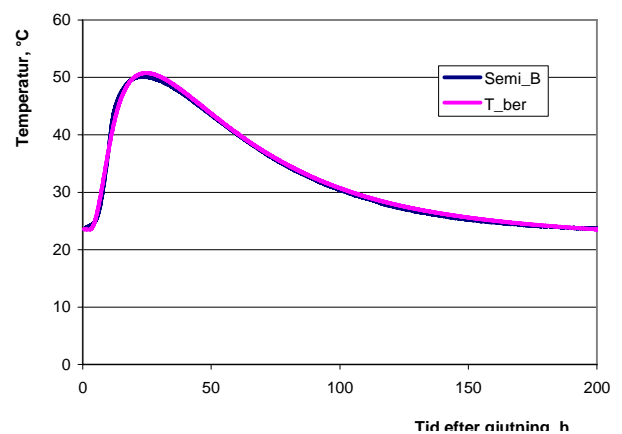
Figur 4 Anpassning enligt ekv (10) av mätt hydratationsvärme för betong CBI_UV_1_1.



Figur 5 Anpassning enligt ekv (10) av mätt hydratationsvärme för betong CBI_UV_1_2.

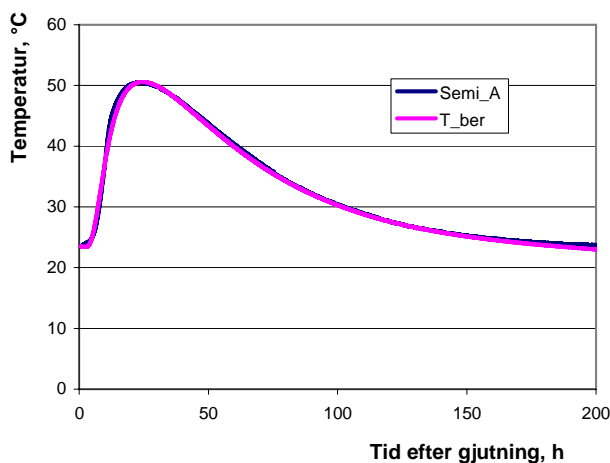


a) Semi-adiabat A

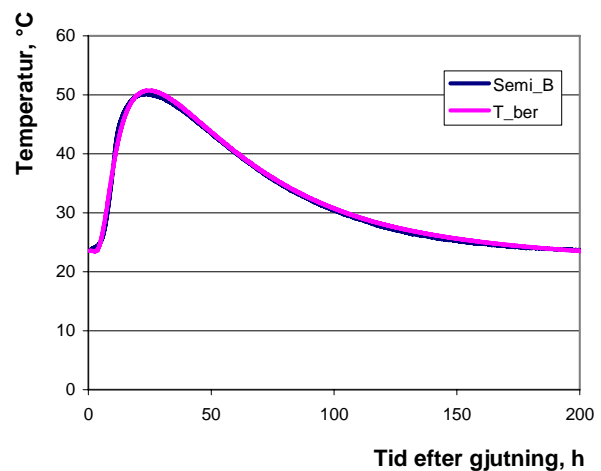


b) Semi-adiabat B

Figur 6 Jämförelse mellan mätta och från utvärderingen beräknade temperaturer vid användning av respektive semi-adiabat för betong CBI_UV_1_1.



a) Semi-adiabat A



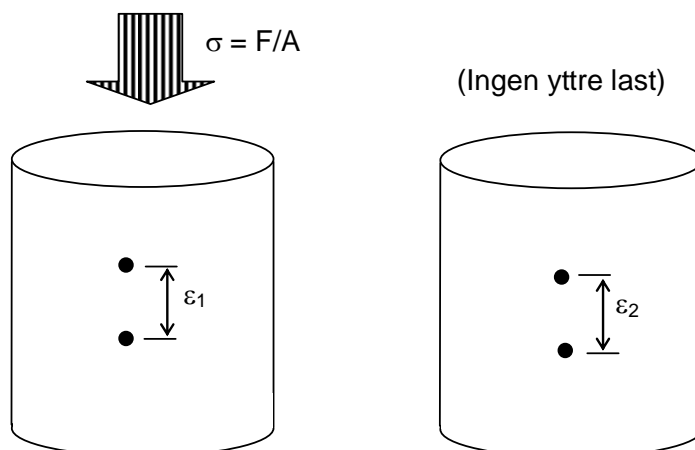
b) Semi-adiabat B

Figur 7 Jämförelse mellan mätta och från utvärderingen beräknade temperaturer vid användning av respektive semi-adiabat för betong CBI_UV_1_2.

Krypning

Kryptester för betongen sker genom pålastning i tryck vid åldrarna 1d, 3d och 7d. Belastningsnivån är ca 20 % av brottlasten. Förutom den belastade kroppen mäts deformationen för en obelastad provkropp, och i enlighet med normal definition på kryptkompliansen, J [1/Pa], uträknas den som differensen mellan belastad och obelastad provkropp, se figur 8, enligt

$$J = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\sigma} \quad (11)$$



Figur 8 Principen för mätning av kryptdeformationer

Vid utvärderingen av kryptningen definieras här elasticitetsmodulen (E_c) som den styvhetsmodul som beskriver situationen 0.001d (1.44 min) efter pålastningen, vilket beskrivs av:

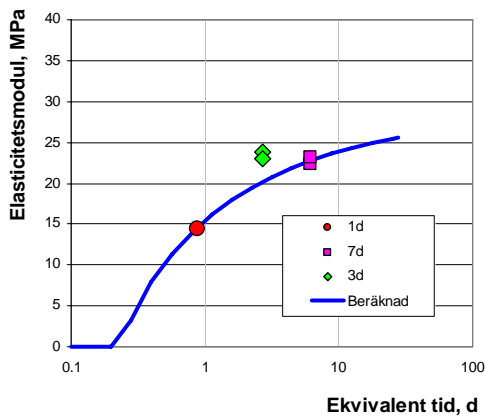
$$E_c = \frac{1}{J(\Delta t = 0.001d)} \quad (12)$$

De enligt ekv 12 utvärderade elasticitetsmodulerna vid pålastningsåldern 3d blev något högre än för 7d. Då det inte går att avgöra vilken som är mest "sannolik" har följande metodik, se figur 9a och 10a, använts:

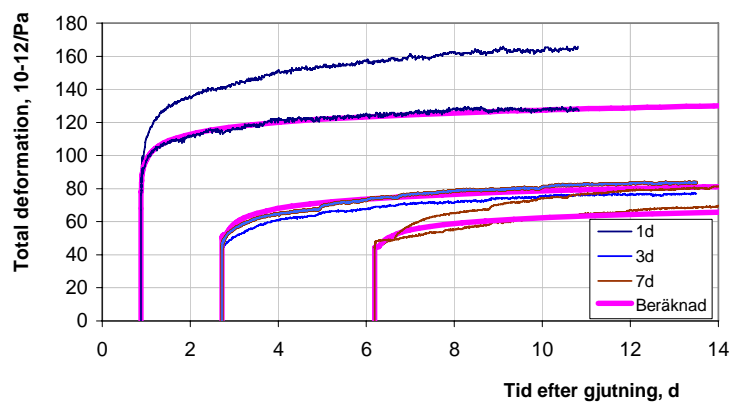
För *Data 1_1* ($f_{28d} = 40.9 \text{ MPa}$) baseras utvärderingen på E-modulen för 1d och 7d

För *Data 1_2* ($f_{28d} = 67.1 \text{ MPa}$) baseras utvärderingen på E-modulen för 1d och 3d

Med elasticitetsmodulerna kända anpassas därefter krympningen så att totala deformationen nöjaktigt överensstämmer med uppmätta värden, se figur 9b och 10b.

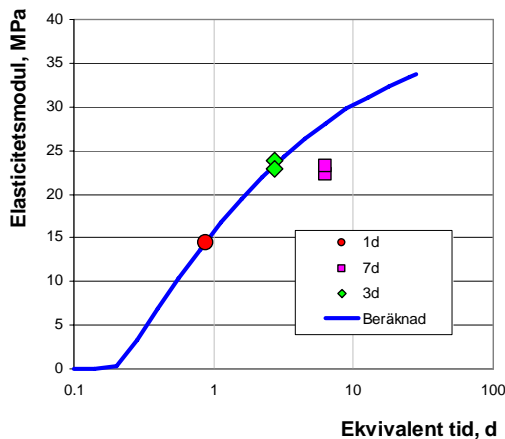


a) Elasticitetsmodulens utveckling

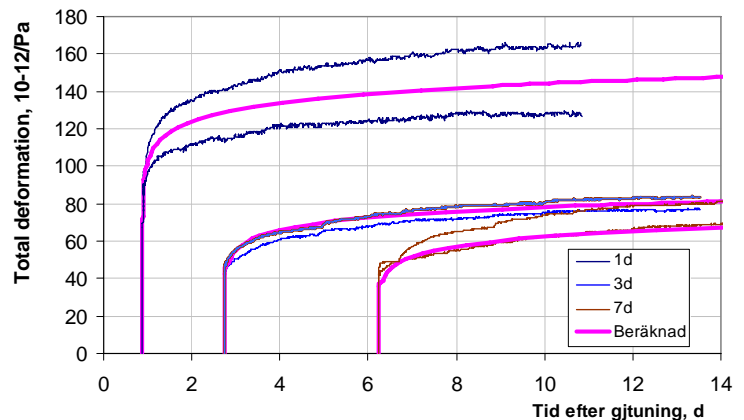


b) Totaldeformationen vid pålastning

Figur 9 Utvärdering av elasticitetsmodul och krympning för betong *CBI_UV_1_1*



a) Elasticitetsmodulens utveckling



b) Totaldeformationen vid pålastning

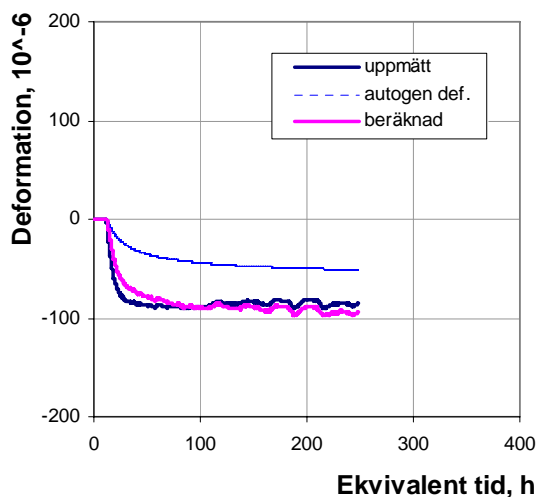
Figur 10 Utvärdering av elasticitetsmodul och krympning för betong *CBI_UV_1_2*

Krypcurvorna i figurerna 9 och 10 översätts till ett s k relaxationsspektra (Jonasson, 1994) som indata till programmet ConTeSt.

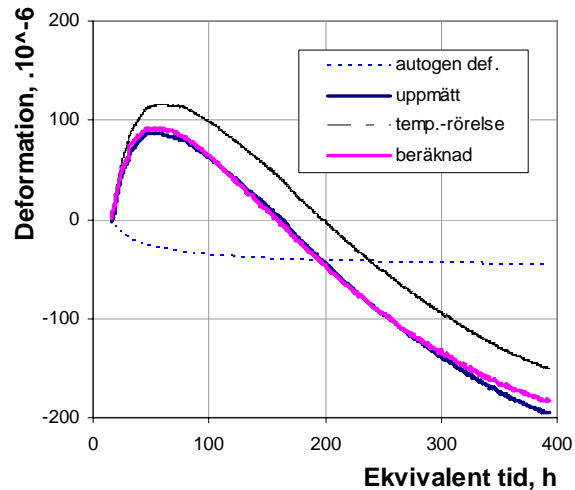
Frirörelser

För en temperaturlastning som motsvarar en 0.7m vägg mäts deformationerna för provkroppen, och de rörelser man utvärderar är justerade med hänsyn till deformationsgivarnas egen rörelse vid variabel temperatur. Dessutom mäts rörelsen för en nära konstant temperatur. Med nära konstant temperatur avses att det aldrig går att undvika en mindre temperaturhöjning i en betongkropp av realistisk storlek pga den egenvärme som bildas. På detta sätt får man en uppfattning om rörelsen både vid nära konstant temperatur och för en temperaturvåg som liknar vad som sker i en verklig konstruktion.

Utvärderingen av frirörelseförsöken visas i figur 11 för betong *CBI_UV_1_1* och i figur 11 för betong *CBI_UV_1_2*. Av figurerna framgår att man på detta sätt får en bestämning av både den fria temperaturrelsen och den autogena deformationen, dvs den krympning som sker inne i en konstruktion pga självtorkningen. Utvärderingstekniken finns detaljerat beskriven i Hedlund (2000).

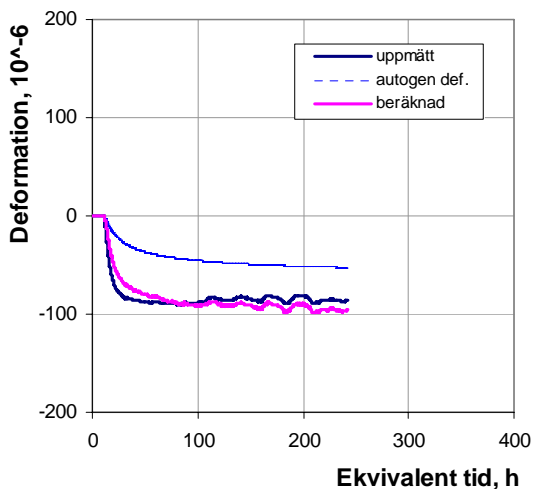


a) Nära konstant temperatur

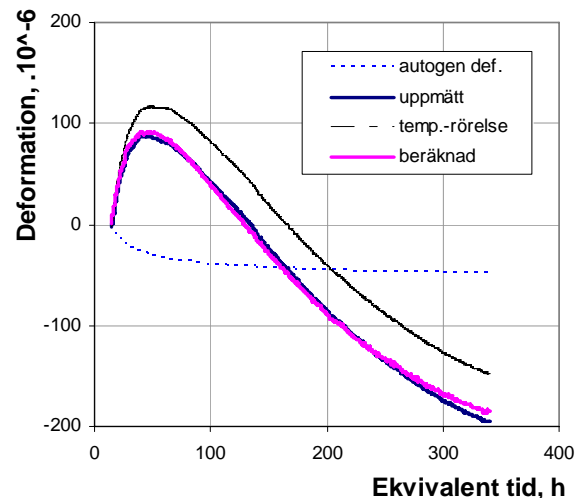


b) Realistisk temperaturvåg

Figur 11 Utvärdering av frirörelser för betong *CBI_UV_1_1*.



a) Nära konstant temperatur

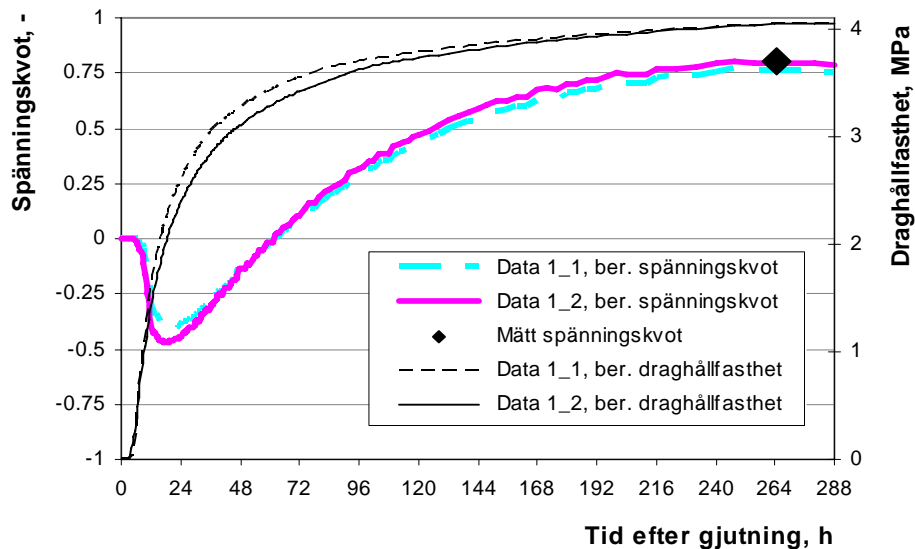


b) Realistisk temperaturvåg

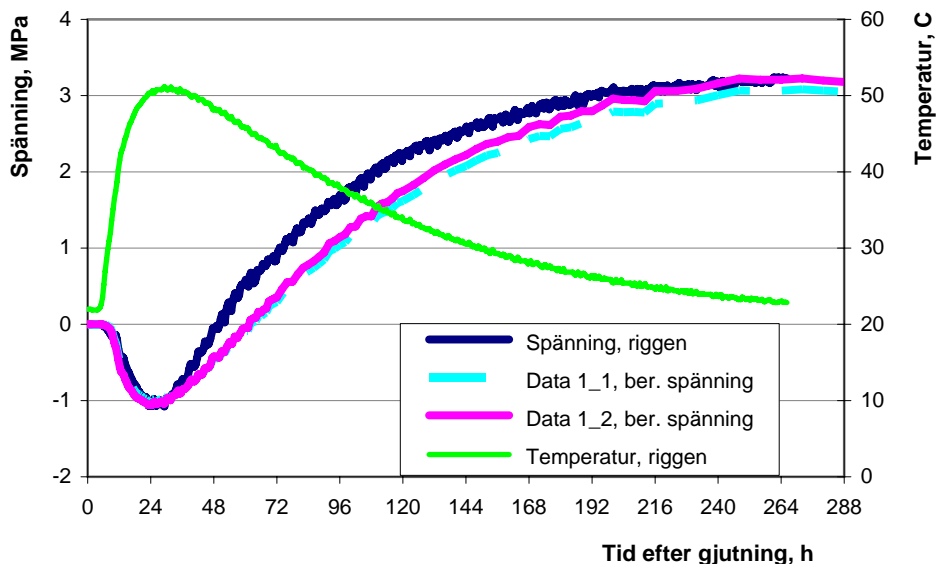
Figur 12 Utvärdering av frirörelser för betong *CBI_UV_1_2*.

Spänning vid fullständigt tvång

Med en temperaturbelastning som motsvarar en 0.7m vägg mäts spänningen vid fullständigt tvång. Den svenska mätutrustningen utvecklades ursprungligen av Emborg (1989) och en senare version har modifierats av Westman (1999). Det resultat man här fick för betong *CBI_UV_1_1* och betong *CBI_UV_1_2* visas i figur 13 som spänningskvot och i figur 14 som spänning.



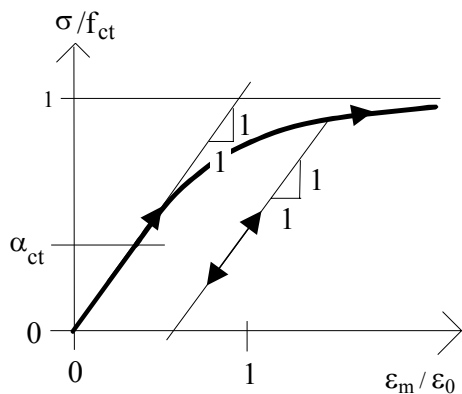
Figur 13 Utvärdering av spänningskvot vid fullständigt tvång för betong *CBI_UV_1_1* och betong *CBI_UV_1_2*.



Figur 14 Utvärdering av spänningar vid fullständigt tvång för betong *CBI_UV_1_1* och betong *CBI_UV_1_2*.

Som framgår av figur 13 har provkroppen inte gått till brott, utan man kunde vid maximispänningen bestämma draghållfastheten genom att dra provkroppen till brott.

Det använda spännings-töjnings sambandet i ConTeSt framgår av figur 15 (Jonasson, 1994). Som figuren visar kan spänningskvoten, σ / f_{ct} , aldrig passera 1, medan töjningskvoten, $\varepsilon_m / \varepsilon_0$, kan ha ett värde > 1 vid beskrivning av ett dragbrott.



Figur 15 Spännings-töjnings samband vid användning av programmet ConTeSt.

De parametrar som beskriver betong *CBI_UV_1_1* och betong *CBI_UV_1_2* för att beräkna spänning levereras som separata indatafiler till programmet ConTeSt. Den som är detaljintresserad av en fullständig beskrivning av använda samband hänvisas till avsnitt 7.5 i Teknisk Rapport 2001:14 från Luleå tekniska universitet, del D.

Referenser

Betonghandbok - Material (1997). Utgåva 2, Svensk Byggtjänst, Stockholm

Ekerfors K (1995) *Mognadsutveckling i ung betong – Temperaturkänslighet, hållfasthet och värmeutveckling*. Avdelningen för konstruktionsteknik, Luleå tekniska universitet, Licentiatavhandling 1995:34L, 136 sid.

Emborg M (1989) *Thermal Stresses in Concrete at Early Ages*. Luleå University of Technology, Doctoral Thesis 1989:73D, 285 pp.

Hedlund H (2000) *Hardening Concrete – Measurements and Evaluation of Non-Elastic Deformation and Associated Restraint Stresses*. Luleå University of Technology, Doctoral Thesis 2000:25, 395 pp

Jonasson J-E (1984) *Slipform construction – calculations for assessing protection against early freezing*. Swedish Cement and Concrete Research Institute, Fo/Research 4:84, Stockholm.

Jonasson J-E (1994) *Modelling of Temperature, Moisture and Stresses in Young Concrete*. Division of Structural Engineering, Luleå University of Technology, Doctoral thesis 1994:153D.

Jonasson J-E, Wallin K, Emborg M, Gram A, Saleh I, Nilsson M, Larson M och Hedlund H (2001, rev 2003) *Temperatursprickor i betongkonstruktioner – Handbok med diagram för sprickbedömning inklusive åtgärder för några vanliga typfall. Del D. Bakgrund och beskrivning av fallet vägg på platta*. Luleå tekniska universitet, Teknisk rapport 2001:14, 107 sid.

Westman G (1999) *Concrete Creep and Thermal Stresses – New Creep Models and Their Effects on Stress Developments*. Luleå University of Technology, Doctoral Thesis 1999:10, 301 pp.

Bilaga C:

3D elastisk tvångsanalys

Kvarteret Kojan

Nordvästra Kungsholmen

Tvångsanlys för gjutning av krönbalk

SKANSKA

SKANSKA TEKNIK

	2007-09-17		David Pettersson
Rev.	Datum	Beskrivning	Konstruktör

Skanska Teknik
Betongtekniskt Centrum

Projekt
Kvarteret Kojan

Projektnummer
123936

Utfärdad av
David Pettersson

Datum
2007-09-17

Innehåll

1	FÖRUTSÄTTNINGAR	2
1.1	ALLMÄNT	2
1.2	GEOMETRI	2
2	TVÅNGSANALYS	3
2.1	ALLMÄNT	3
2.2	FÖRUTSÄTTNINGAR	3
2.3	3D ANALYS.....	4
2.3.1	<i>Analys 1</i>	5
2.3.2	<i>Analys 2</i>	10
2.4	SLUTSATS	13

BILAGOR

A Geometrier - Mått

Skanska Teknik

Betongtekniskt Centrum

Projekt

Projektnummer

Kvarteret Kojan

123936

Utfärdad av

Datum

David Pettersson

2007-09-17

1 FÖRUTSÄTTNINGAR

1.1 Allmänt

Denna beräkningsrapport behandlar utförandet av tvångsanalys för gjutning av krönbalk vid Kvarteret Kojan vid nordvästra Kungsholmen. Konstruktionen utgörs av en undervattengjutens permanent konstruktion.

1.2 Geometri

Mått och geometri för objektet enligt;

Ritning nr.

E31K15-D413

E31K15-D414-415

E31K15-S312

E31K15 D511-512

Geometrier enligt ovan angivna ritningar redovisas i bilaga A.

Anm.

Sammanställning

Hammarband, stag

Spontkaj, typsektioner

Krönbalk, mått

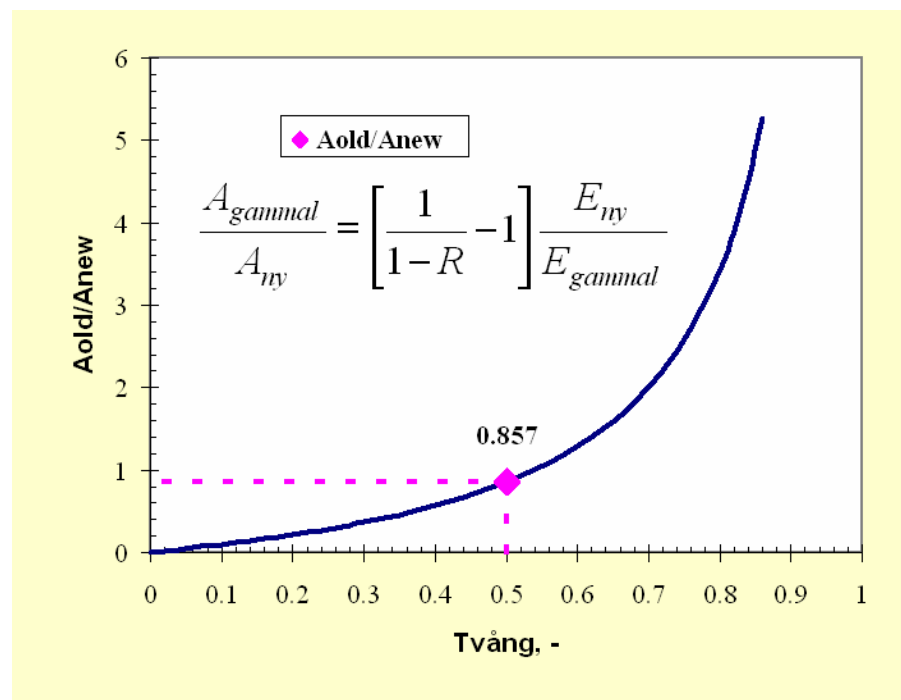
2 TVÅNGSANALYS

2.1 Allmänt

För att på bästa möjliga sätt bedöma en eventuell risk för temperaturrelaterad sprickbildning i nygjutningen görs en analys/uppskattning av tvångssituationen.

Tvångets storlek bestäms bland annat av motgjutningslängd samt i övrigt de geometriska förhållandena mellan nygjuten betong och spont.

Dimensionerande tvångsfaktor kan i sprickriskberäkningarna representeras av areaförhållandet mellan nygjuten betong och spont. Area för spont (A_{gammal}) utgör mothållet (dvs tvånget), se Figur 1.



Figur 1: Relation mellan area gammal betong (anslutande) och area nygjuten betong för representation av dimensionerande tvångsfaktor (ex. $R = 0.50$).

2.2 Förutsättningar

Krönbalk ($B \times H = 1.4 \times 1-1.76$ m) gjuts mot stålspont PU 32 mm med hammarband HEB 300.

Skanska Teknik

Betongtekniskt Centrum

Projekt

Projektnummer

Kvarteret Kojan

123936

Utförd av

Datum

David Pettersson

2007-09-17

En separat tvångsanalys har utförts på en 3D modell av motgjutna och nygjutna konstruktionsdelar. Nygjuten betong utsätts för en fiktiv temperatursänkning med 10°C som belastning och sponten skapar då tvångsspänningar. Spänningarna som skulle uppkomma vid 100 % tvång jämförs med skapade tvångsspänningar och ger en bedömning av tvångssituationen.

Antaget:

$$E_{betong} = 30 \text{ GPa (medelstyvhet under avsvälning)}$$
$$E_{stål} = 200 \text{ GPa}$$
$$\Delta T = 10^\circ\text{C}$$
$$\alpha_T = 10.0 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$$
$$\sigma_{100\%} = \Delta T \cdot \alpha_T \cdot E_{betong} = 3.00 \text{ MPa}$$
$$R = \sigma_{\max} / \sigma_{100\%}$$

2.3 3D analys

Krönbalken modelleras i Lusas version 14.1-2 med antaganden enligt kapitel 2.2. Elementindelning respektive temperaturbelastning inklusive randvillkor redovisas i Figur 2 - Figur 4. Stålspont och hammarband har konstant temperatur = 0°C. Nygjuten betong modelleras med 8-nodiga volymelement, HX8M. Spont PU 32 mm och hammarband HEB 300 modelleras med 4-nodiga tjocka skalelement, QTS4.

Två analyser utförs med Lusas. I den första analysen är samtliga förskjutningar låsta i spontens nederkant (fäst i berget). I den andra analysen kompletteras randvillkoret med en fastlåsning längs konstruktionens ena kant.

Skanska Teknik
Betongtekniskt Centrum

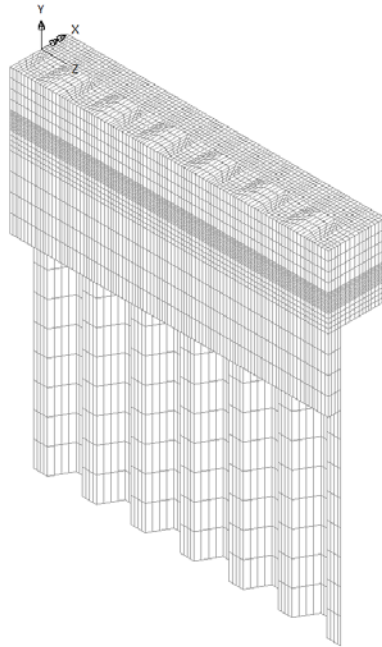
Projekt Projektnummer

Kvarteret Kojan 123936

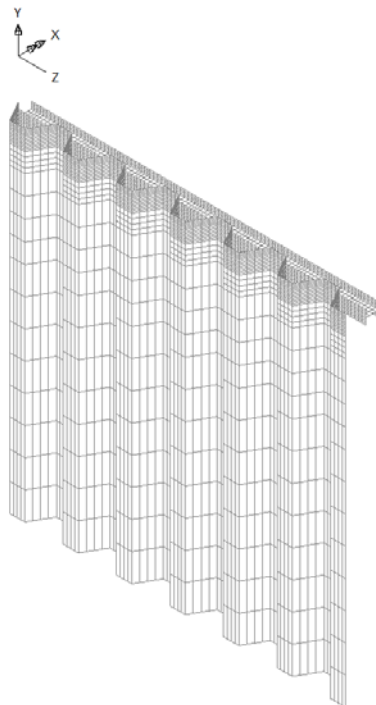
Utfärdad av Datum

David Pettersson 2007-09-17

2.3.1 Analys 1



Figur 2: LUSAS 3D modell, betong, spont och hammarband.



Figur 3: LUSAS 3D modell, spont och hammarband.

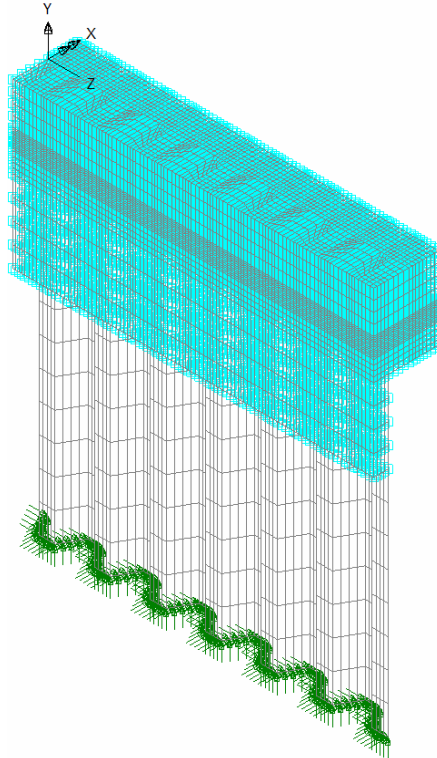
Skanska Teknik
Betongtekniskt Centrum

Projekt Projektnummer

Kvarteret Kojan 123936

Utfärdad av Datum

David Pettersson 2007-09-17



Figur 4: Temperaturbelastning ($\Delta T = -10^{\circ}\text{C}$) för den nygjutna konstruktionsdelen samt randvillkor.

Tvångsspänningar (huvudspänning S1) efter temperaturbelastning för den nygjutna krönbalken redovisas i Figur 5 och Figur 6. Spänningsbild för sektion 1 redovisas i Figur 8.

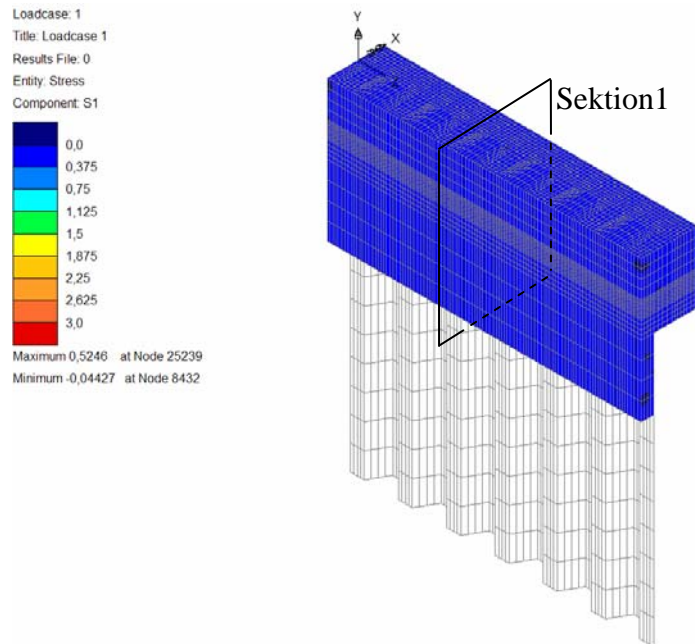
Skanska Teknik
Betongtekniskt Centrum

Projekt Projektnummer

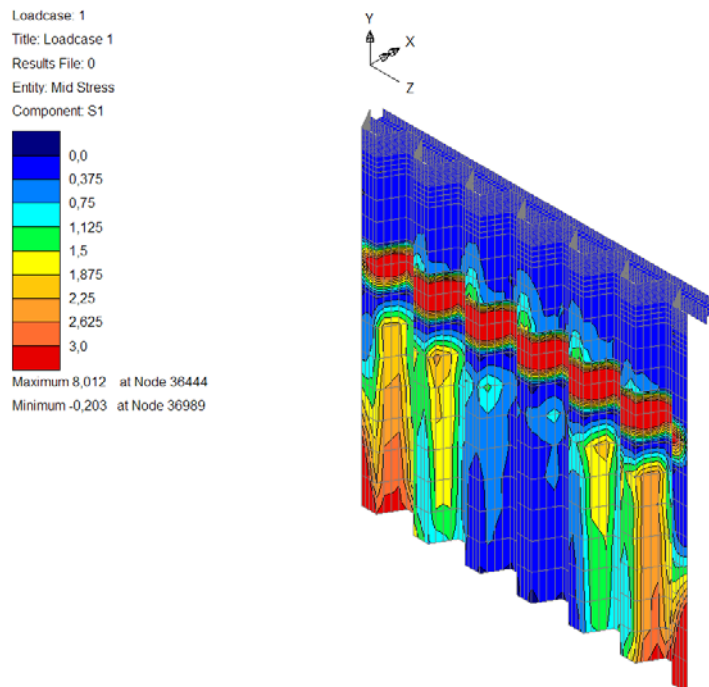
Kvarteret Kojan 123936

Utförd av Datum

David Pettersson 2007-09-17



Figur 5: Tvångsspänningar (huvudspänning S1) efter temperaturlastning, ny-gjuten betong.



Figur 6: Tvångsspänningar (huvudspänning S1) efter temperaturlastning, spont och hammarband.

Skanska Teknik

Betongtekniskt Centrum

Projekt

Projektnummer

Kvarteret Kojan

123936

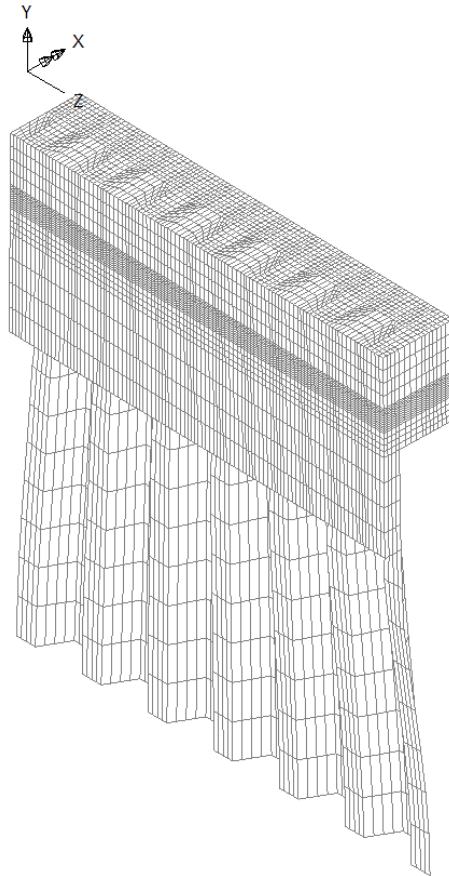
Utfärdad av

Datum

David Pettersson

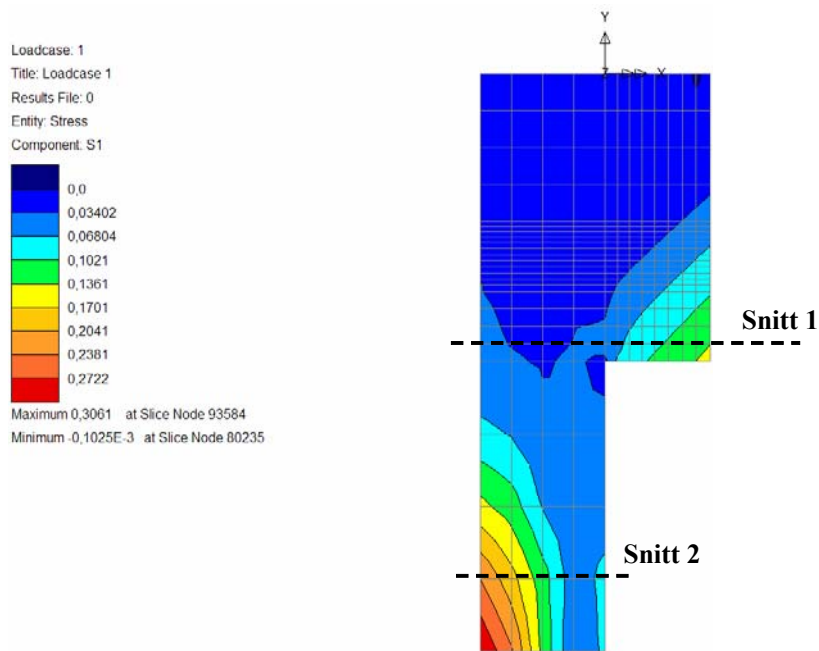
2007-09-17

I Figur 7 redovisas det deformerade FEM-nät efter temperaturbelastningen i den nygjutna konstruktionsdelen.



Figur 7: Deformerat FEM-nät efter temperaturbelastningen i den nygjutna betongen.

Spänningsbild (S1), se Figur 5 för vald sektion, för nygjuten betong redovisas i Figur 8. I figuren visas även valda snitt genom krönbalken. Huvudspänningar för markerade snitt redovisas i Figur 9. Observera att skalan för spänning ej har max och min vid värdena 0 respektive 3 som i tidigare figurer för huvudspänningar.



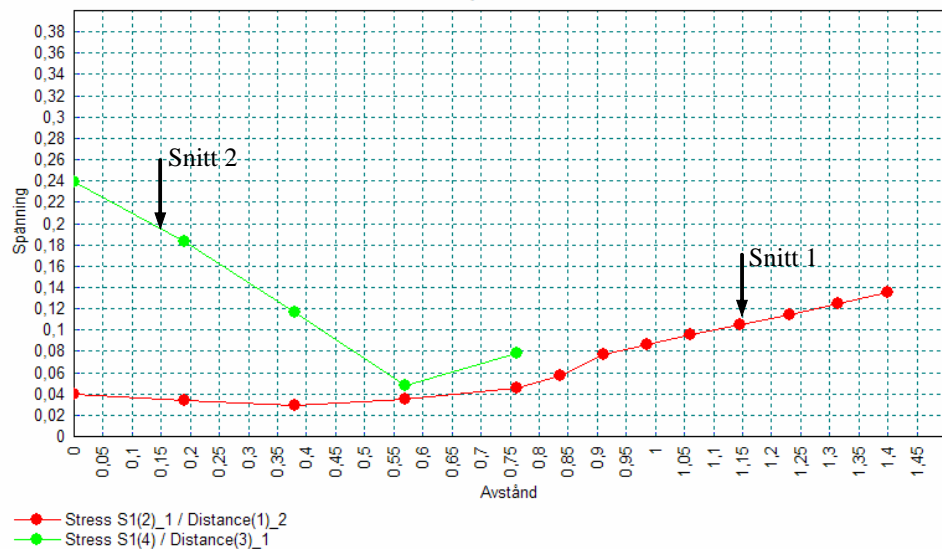
Figur 8: Spänningsbild (S1) för sektion 1 i Figur 5. Snitt markerade i figur.

LUSAS Modeller 14.1-2

september 17, 2007

Kvarteret Kojan - Krönbalk

Kvarteret Kojan - Krönbalk



C:\Lusas141\Projects\balk_d6.mdl

Units: MN,m,kt,s,C

Figur 9: Huvudspänningar i Figur 8 (markerade snitt)

Dimensionerande punkt bedöms vara i närheten av ca 1 - 2 konstruktionstjocklekar från gjutfogen. Här väljs halva höjden för inner- och ytersida av krönbalken, det vill säga ca 0,3 m respektive 0,15 m.

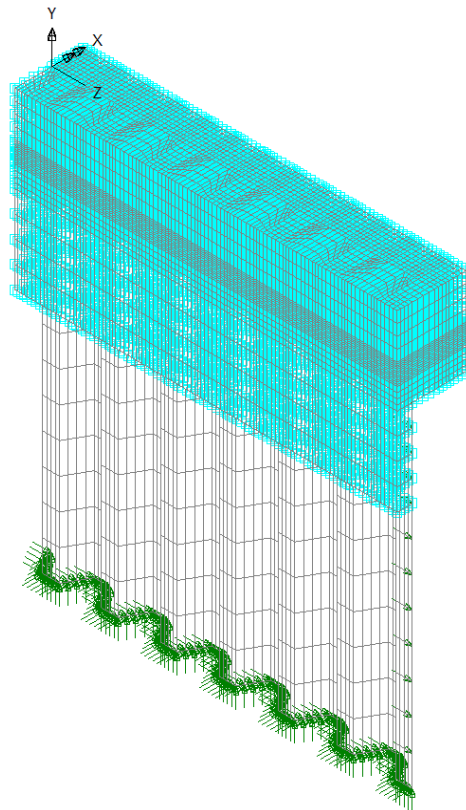
Aktuell spänning jämförs med maximal tvångsspänning, 100 % tvång:

$$\text{Insida (snitt 1): } R_{\text{dim}} = \frac{0.115}{3} = \mathbf{0.04}$$

$$\text{Utsida (snitt 2): } R_{\text{dim}} = \frac{0.20}{3} = \mathbf{0.07}$$

2.3.2 Analys 2

I analys 2 har randvillkoren ändras så att förskjutning är förhindrad i z-riktningen, se figur nedan. I övrigt är förutsättningarna de samma som för analys 1.



Figur 10: Temperaturbelastning ($\Delta T = -10^\circ\text{C}$) för den nygjutna konstruktionsdelen samt randvillkor.

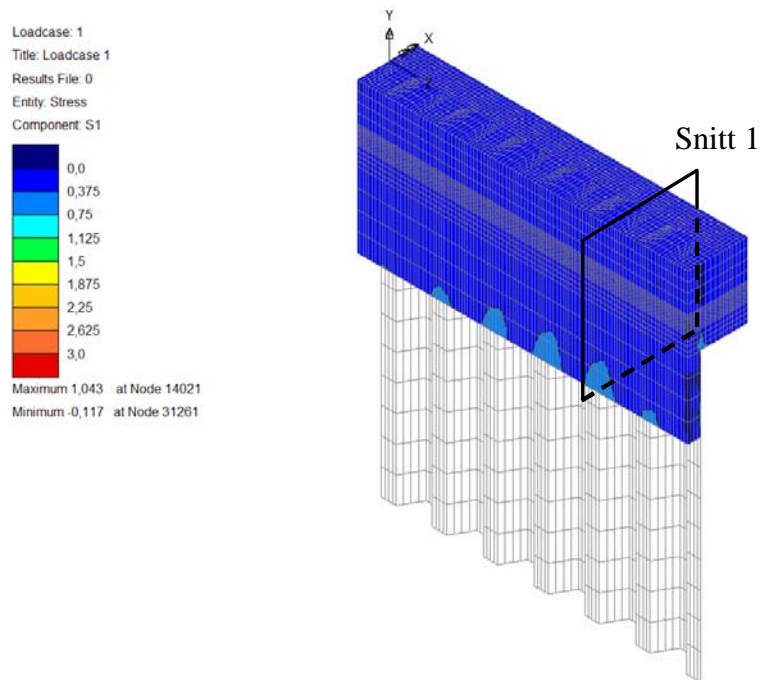
Skanska Teknik
Betongtekniskt Centrum

Projekt Projektnummer

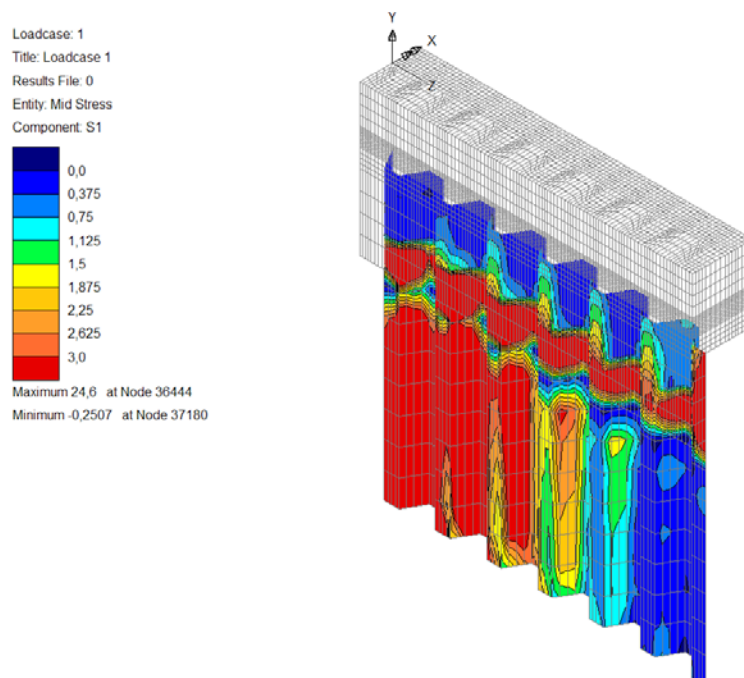
Kvarteret Kojan 123936

Utfärdad av Datum

David Pettersson 2007-09-17



Figur 11: Tvångsspänningar (huvudspänning S1) efter temperaturlastning, nygjuten betong.



Figur 12: Tvångsspänningar (huvudspänning S1) efter temperaturlastning, spont och hammarband

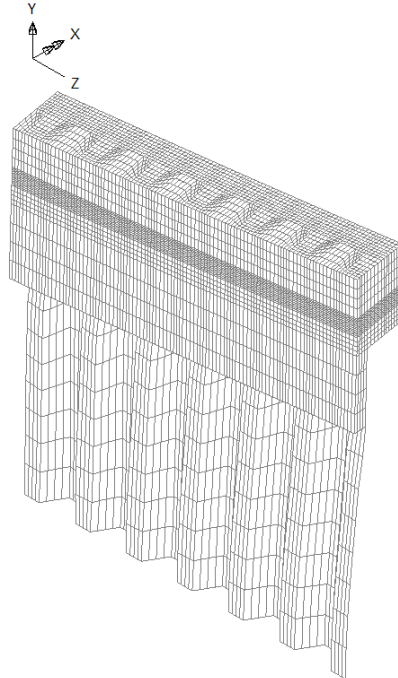
Skanska Teknik
Betongtekniskt Centrum

Projekt Projektnummer

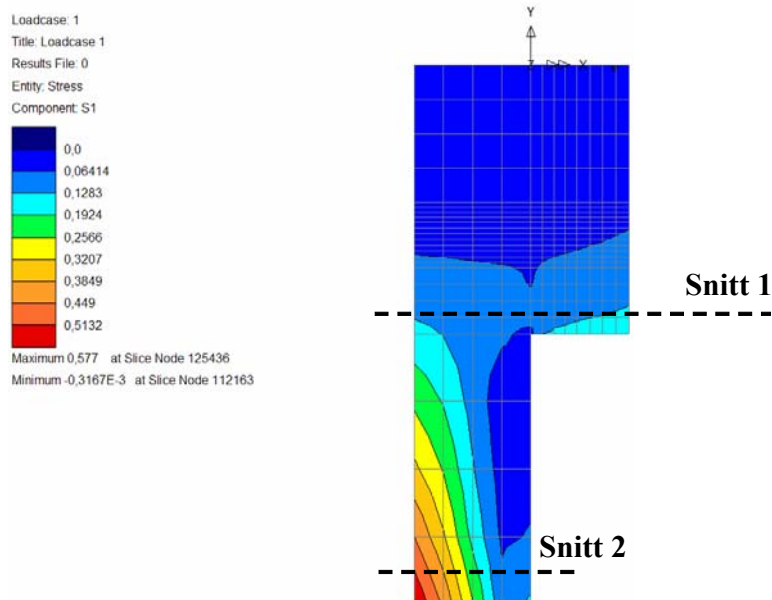
Kvarteret Kojan 123936

Utfärdad av Datum

David Pettersson 2007-09-17



Figur 13: Deformerat FEM-nät efter temperaturbelastningen i den nygjutna betongen.



Figur 14: Spänningsbild (S1) för vald sektion i Figur 11. Snitt markerade i figur. Observera att skalan för spänning ej har max och min vid värdena 0 respektive 3.

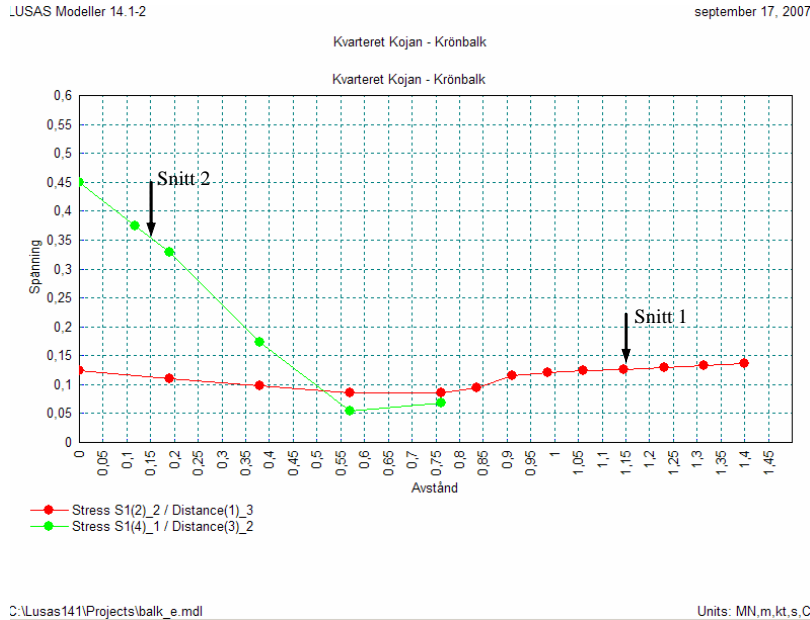
Skanska Teknik
Betongtekniskt Centrum

Projekt Projektnummer

Kvarteret Kojan 123936

Utförd av Datum

David Pettersson 2007-09-17



Figur 15: Huvudspänningar i Figur 14 (markerade snitt).

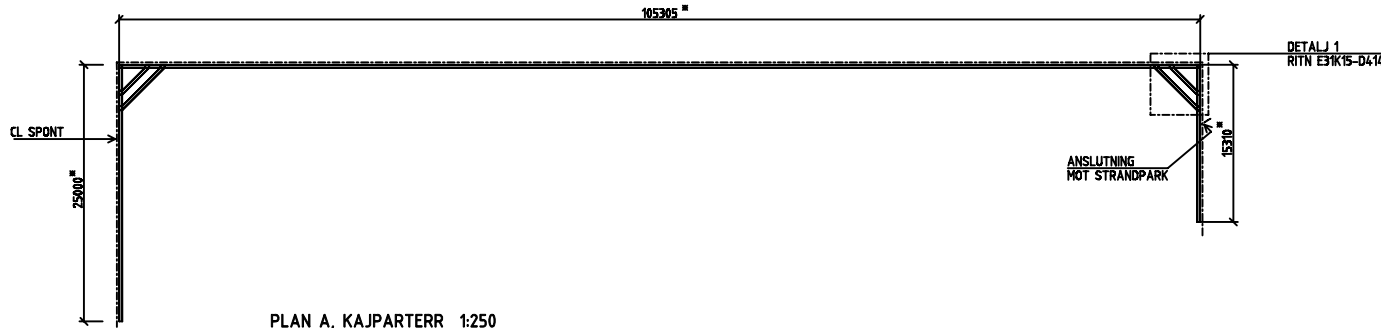
Aktuell spänning jämförs med maximal tvångsspänning, 100 % tvång:

$$\text{Insida (snitt 1): } R_{\text{dim}} = \frac{0.13}{3} = 0.04$$

$$\text{Utsida (snitt 2): } R_{\text{dim}} = \frac{0.35}{3} = 0.12$$

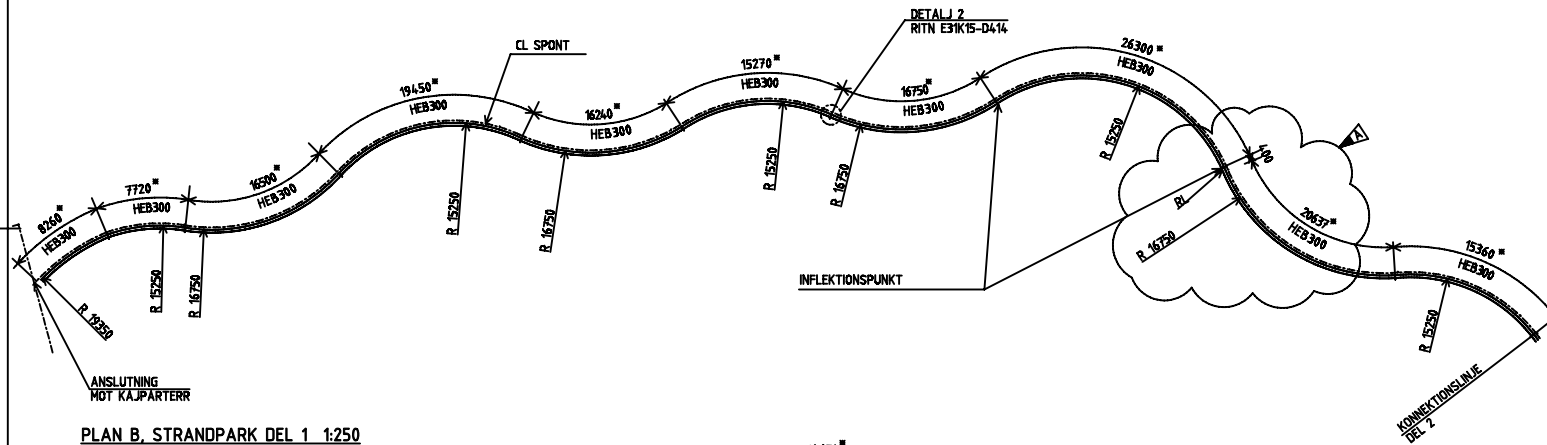
2.4 Slutsats

Det dimensionerande tvånget för de två olika analyserna är maximalt ca 0,12 vilket av erfarenhet är ett försumbart yttre tvång. Med hänsyn till detta behöver betongen endast att analysers för risken för ojämn temperatur, det vill säga ytsprickor.

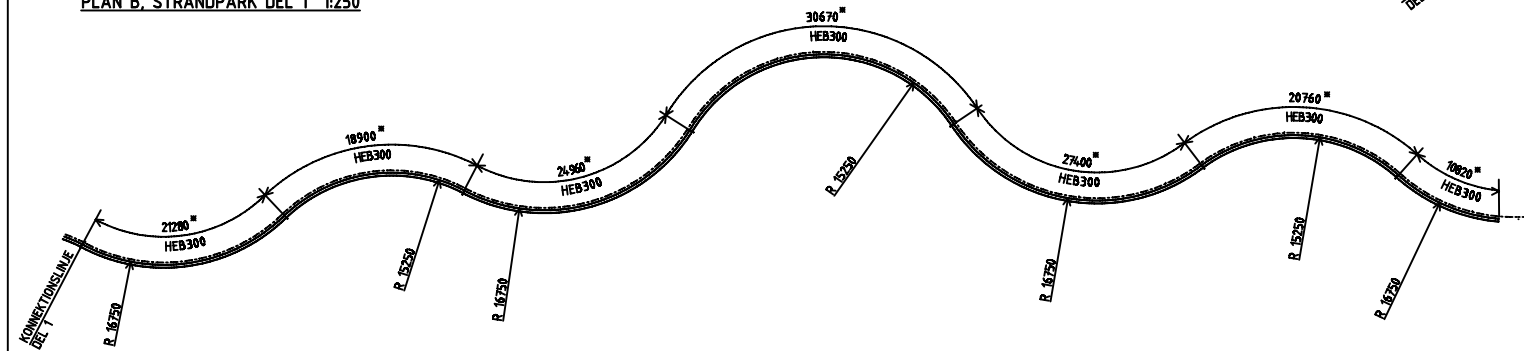


PLAN A, KAJPARTERR 1:250

■ TEORETISKT MÅTT LÅNGS HAMMARBANDETS UTSIDA (MOT SPONTEN) INKLUSIVE BREDD AV SKÄRVPLÅTAR. EXAKT LÅNGD BESTÄMS EFTER NEDDRIVNING AV SPONTEN. R AVSER RADIE UTSIDA HAMMARBAND (MOT SPONTEN)



PLAN B, STRANDPARK DEL 1 1:250

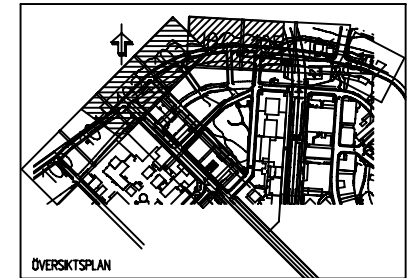


PLAN B, STRANDPARK DEL 2 1:250

ALLMÄNT 123936 Bilaga A
SE RITN E31K15-T611 1/6

FÖRESKRIFTER
SE RITN E31K15-T611 OCH E31K15-T612

HÄNVISNINGAR
PLANER SE RITN E31K15-P2101 tom -P1205
ELEVATIONER SE RITN E31K15-F221 tom -F225
HAMMARBAND, DETALJER SE RITN E31K15-D414



ARBETSITNING 2006-09-20			
ÖPPNING NR 214-2657 BEFÄRENDE GRNO/PELD ARBETEN Per Vallander		A 1 HÖRSTÄMMAN 07-09-22 08-09-22 09-09-22 10-09-22	
ARBETSITNING Nordvästra Kungsholmen KV KOJAN MM STRANDPARK OCH KAJPARTERR SPONTKAJ HAMMARBAND, SAMMANSTÄLLNING		1:250 E31K15-D413 A	

2007-01-22 11:53:54 p:\2124\2142657\5_cada\strwand_och_kaj_A\ritningsdel\ritningsfil\byggledning\E31K15-D413.dgn

ALLMÄNT

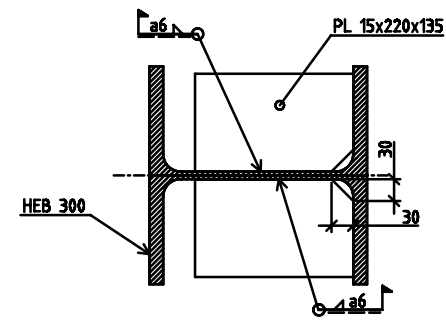
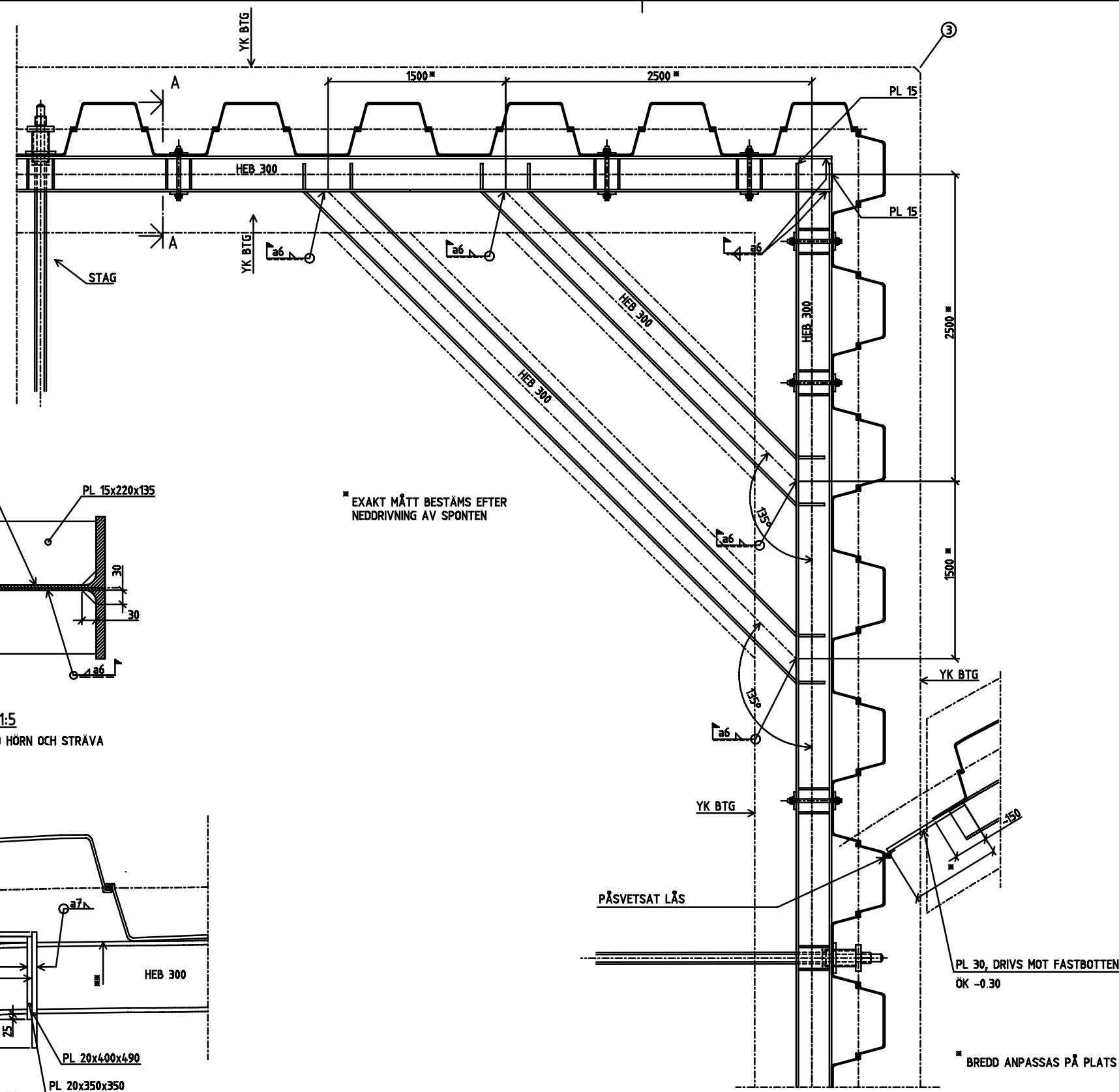
SE RITN E31K15-T611

FÖRESKRIFTER

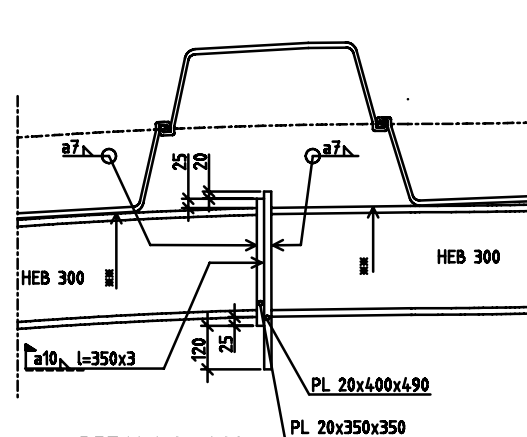
SE RITN E31K15-T611 OCH E31K15-T612

HÄNVISNINGAR

PLACERING SE RITN E31K15-P2101 tom -P2105
DETALJER SE RITN E31K15-D411

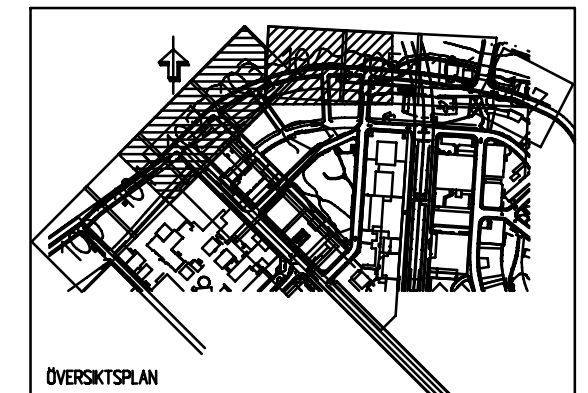
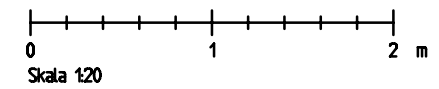


SEKTION A 1:5
AVSTYVNING VID HÖRN OCH STRÄVA



DETALJ 2 1:20
SKARVNING AV HAMMARBAND.
SKARVEN FÖR EJ FÖRLÄGGAS VID LÄGEN FÖR STAGINFÄSTNINGAR
RADIE SE RITN E31K15-D413

DETALJ 1 1:20
GÄLLER ÄVEN VID HÖRN ②



SPINCO VISIO <small>Öppningsplan 22, Box 242 44, 120 20 Stockholm Telefon 08 695 80 00, Fax 08 695 80 10</small>		ARBETS-RITNING 2006-09-20	
ÖPPNING NR 214.2657	RIT/REVISOR ALCA/PELD G. Retold	HÄNDELSE/ÄNDRA Per Vallander	
ANSVARIG Per Vallander			
BLAD			
PROF.		E	
GEOMETRISK PLAN		B	
GEOMETRISK PROFIL		C	
		D	
		A	
Handling	Bl. nr	Rev. Ant.	Reviderings orsaker
ARBETS-RITNING <small>Box 601, 191 20 Stockholm, Tel 08-695 200 00</small>			
Övrigt Datum Skapad Reviderad 2006-09-20	Nordvästra Kungsholmen KV KOJAN MM STRANDPARK OCH KAJPARTERR SPONTKAJ HAMMARBAND, DETALJER	Ritning 120,15	Blad E31K15-D414
Projektchef Fredrik Bergman	Sign.	Datum 2006-09-20	Skala 1:20

ALLMÄNT

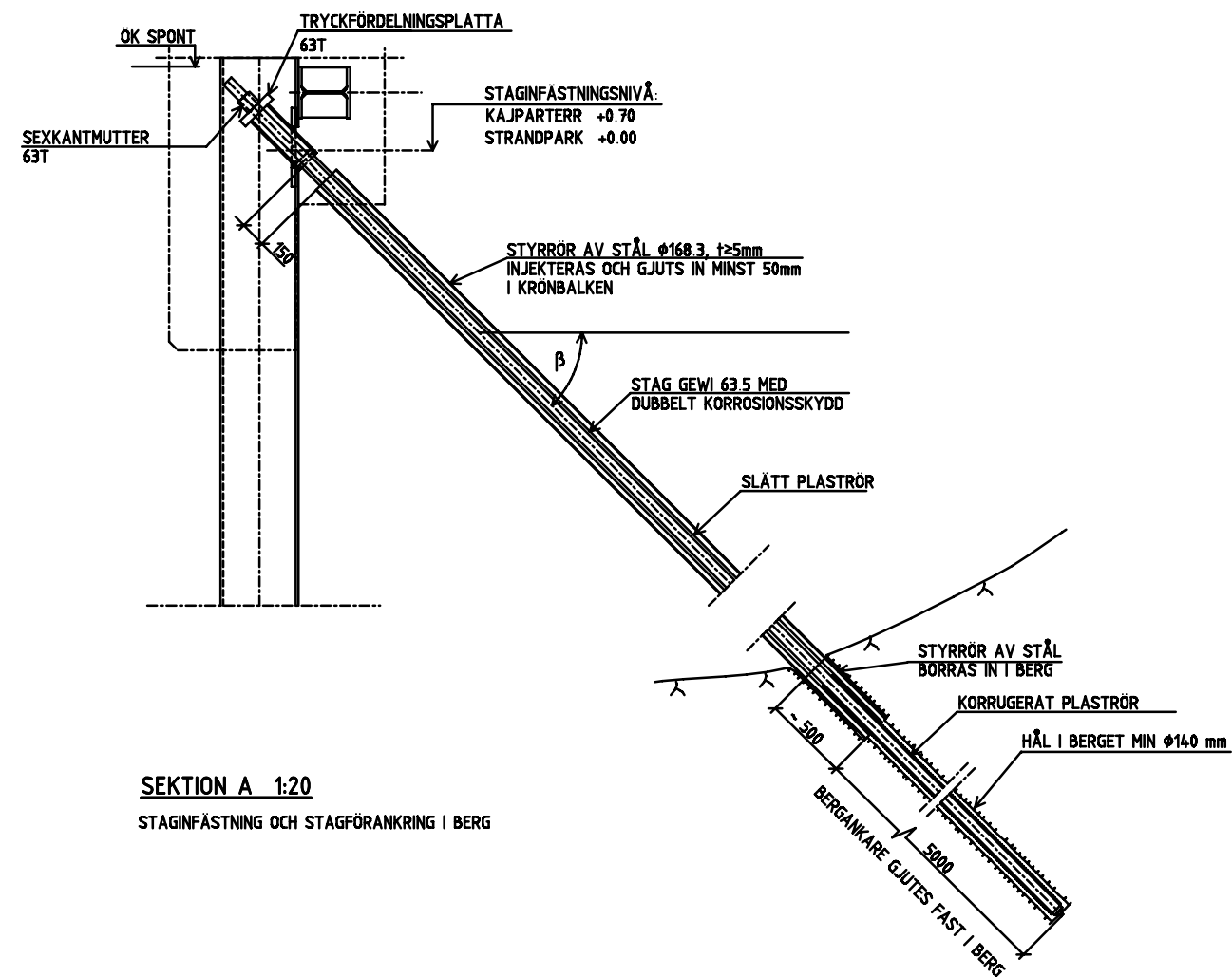
SE RITN E31K15-T611

FÖRESKRIFTER

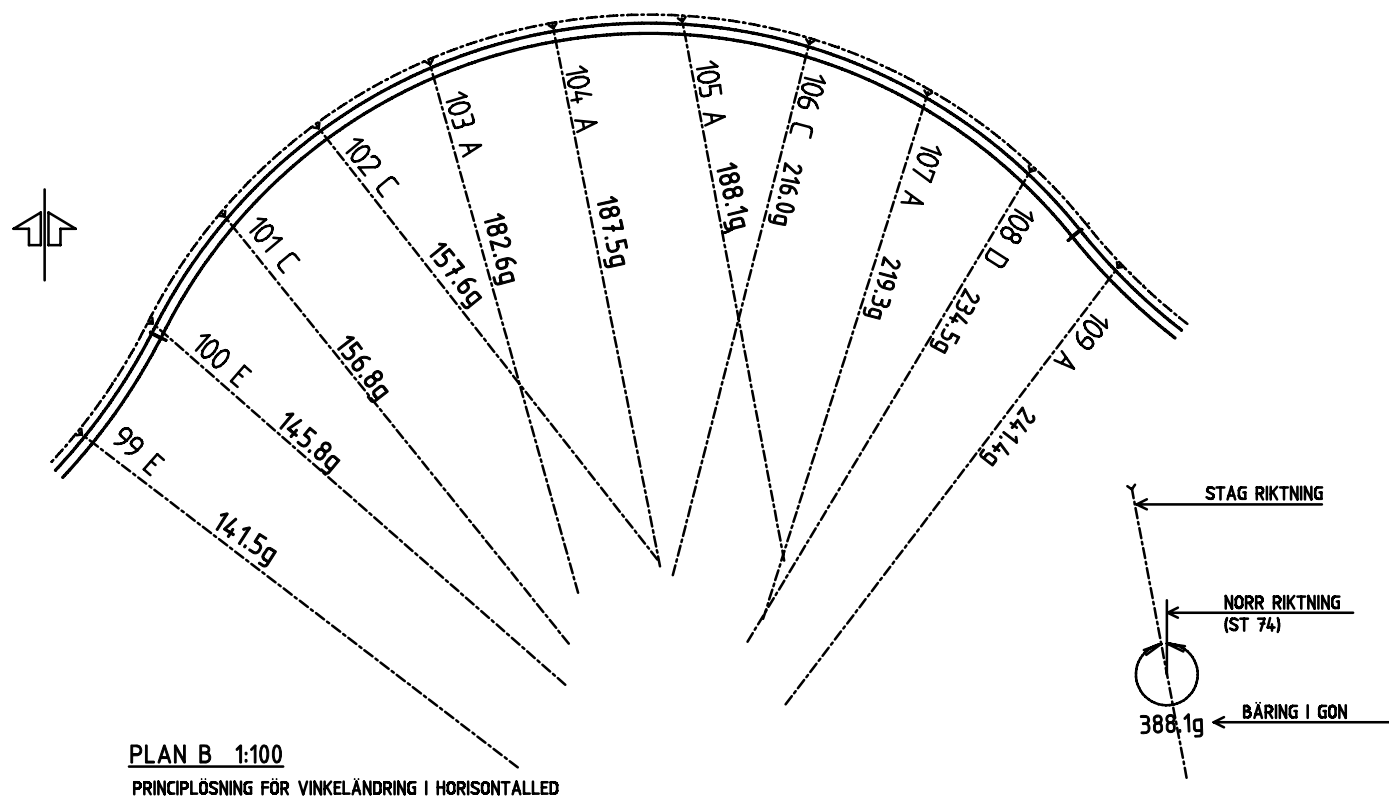
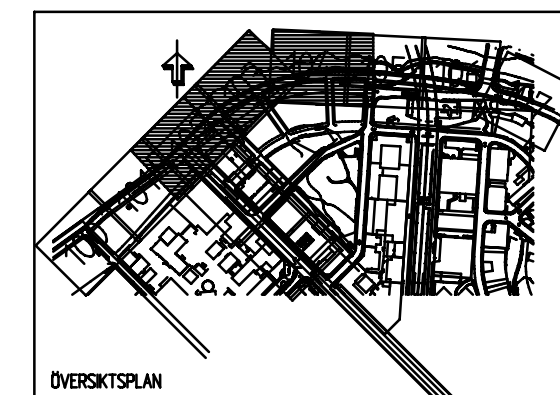
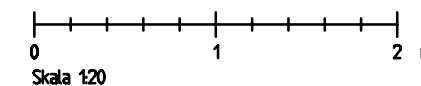
SE RITN E31K15-T611 OCH E31K15-T612

HÄNVISNINGAR

PLACERING SE RITN E31K15-P2101 tom -P2105
DETALJER SE RITN E31K15-D4-11



SEKTION A 1:20
STAGINFÄSTNING OCH STAGFÖRANKRING I BERG



PLAN B 1:100
PRINCIPLÖSNING FÖR VINKELÄNDRING I HORIZONTALLED

STAGRIKTNINGAR

BENÄMNING	β °
A	45°
B	50°
C	55°
D	40°
E	35°

AVSER TEORETISKA VINKLAR FÖR TEORETISK SPONTLINJE
VERKLIGA VINKLAR BESTÄMS DÅ SPONTEN ÄR SLAGEN
TOLERANSER I GODTYCKLIG RIKTNING ±3°

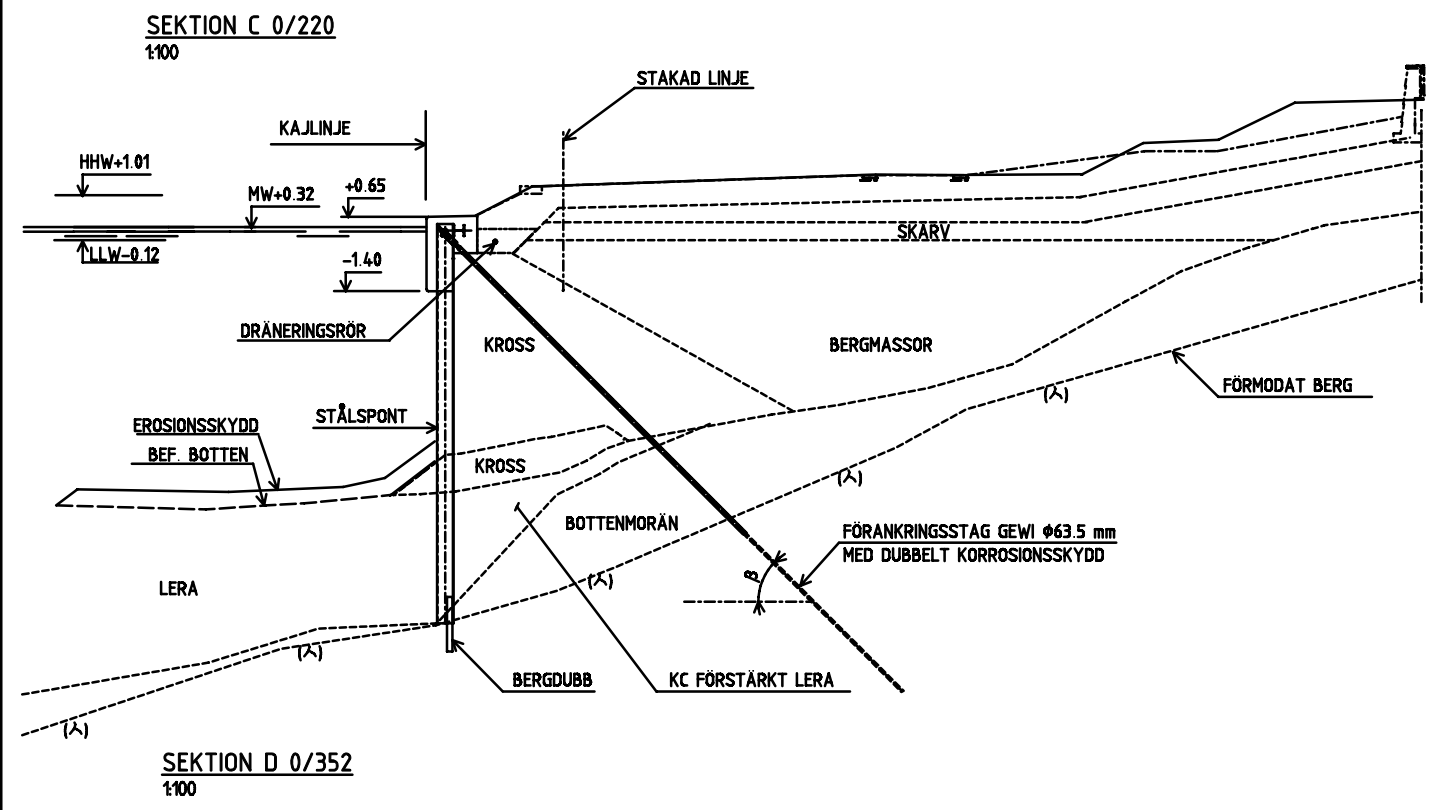
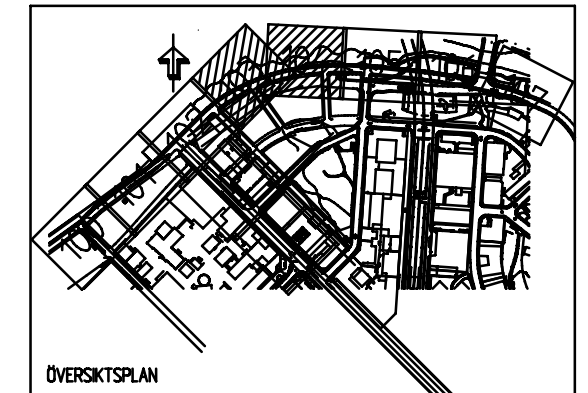
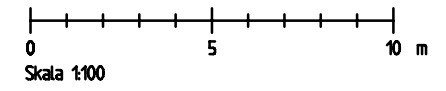
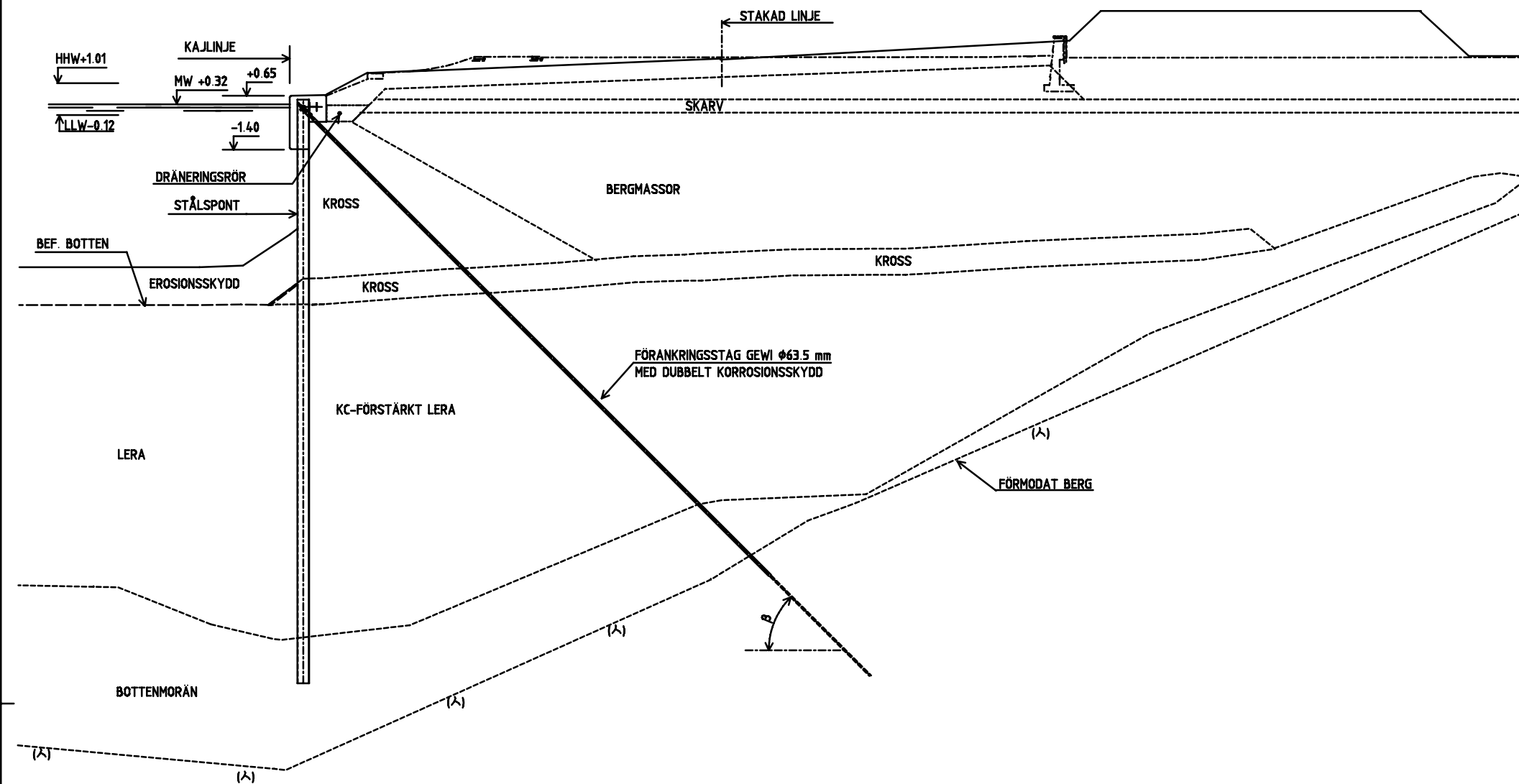
SPINCO VVS <small>SPINCO VVS AB Öppenvägen 22, Box 340 44, 102 28 Stockholm Telefon 08 688 00 00, Fax 08 688 00 10</small>		ARBETSRTNING 2006-09-20	
UPPDRAG NR 214.2657	RT/KONSTR GRNO/PELD	ANSVARSOMRÅDE G. Retold	
ARBETSRTNING Per Vallander			
ARBETSRTNING Nordvästra Kungsholmen KV KOJAN MM STRANDPARK OCH KAJPARTERR SPONTKAJ STAG, DETALJER			
Skala 1:100, 1:20	Ritning nr E31K15-D4-15	Ritad av Fredrik Bergman	Datum 2006-09-20

FÖRESKRIFTER

SE RITN E31K15-T611 OCH E31K15-T612

HÄNVISNINGAR

FYLLNADSGRÄNSER OCH MATERIAL SE RITN E31G15-S351 tom -S356
 ARBETSORDNING FÖR UPPFYLLNAD SE RITN E31G15-T1000
 TILLÅTNA LASTER OCH RESTRIKTIONER UNDER BYGGSKEDE SE
 RITN E31G15-P7101 tom -P7105
 PLAN SE RITN E31K15-P1103,-P1104,-P2103,-P2104
 ELEVATION SE RITN E31K15-F213,-F214,-F223,-F224
 SPONDETALJER SE RITN E31K15-D411 tom -D415
 STAGLUTNINGAR SE RITN E31K15-D415
 KRÖNBALK SE RITN E31K15-D512
 DRÄNERING SE RITN E31K15-D547



SPRICKO VVS <small>SPRICKO VVS AB Öppenvägen 22, Box 240 44, 102 28 Stockholm Telefon 08 688 80 00, Fax 08 688 81 10</small>		ARBETSITNING 2006-09-20	
UPPDRAG NR 2142657	RET/RESTR GRNO/MTLI	ANSVÄRIG G. Retold	
BLAD Per Vallander			
PROF.	E		
GEOMETR. PLAN	B		
GEOMETR. PROFIL	C		
	D		
	A		
Handling	Bl. nr	Titel	Rev. Ant. Redigerad av
ARBETSITNING			
Utgåva 01/01	Datum 2006-09-20	NORDVÄSTRA KUNGSHOLMEN KV KOJAN MM STRANDPARK OCH KAJPARTERR SPONTKAJ TYPSEKTIONER 2	
Utgåva 01/01	Datum 2006-09-20	Skala 1:100	Ritning E31K15-S312

2006-09-12 12:18:02 P:\2122\2142657\15 CAD\A\Strand och Kaj_K\Körningsdefinitioner\Bygghandling\E31K15-S312.dgn

ALLMÄNT

SE RITN E31K15-T611

FÖRESKRIFTER

SE RITN E31K15-T611 OCH E31K15-T612

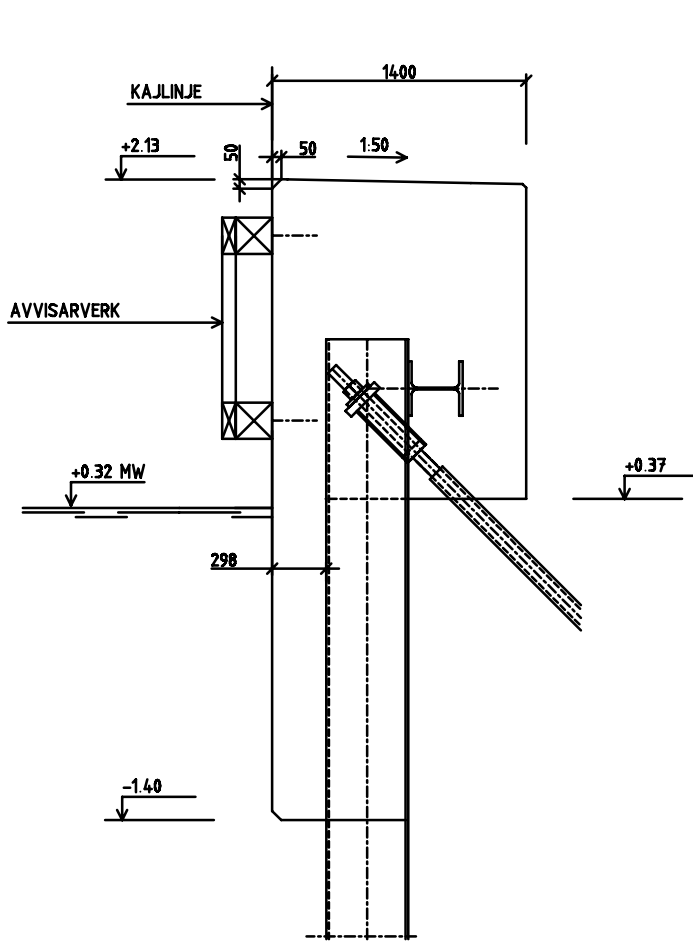
HÄNVISNINGAR

PLÅNER SE RITN E31K15-P1101,-P1102

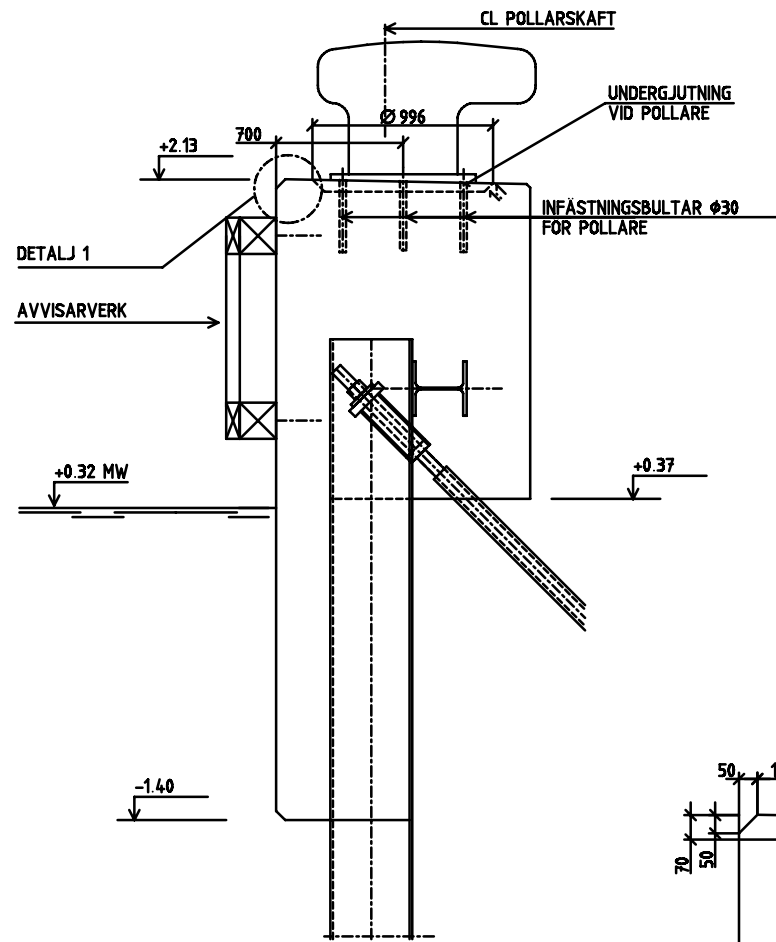
POLLARE SE RITN E31K15-D541

AVVISARVERK SE RITN E31K15-D542

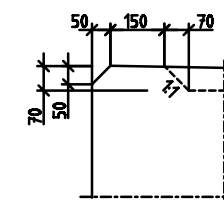
KAJSTEGAR SE RITN E31K15-D543



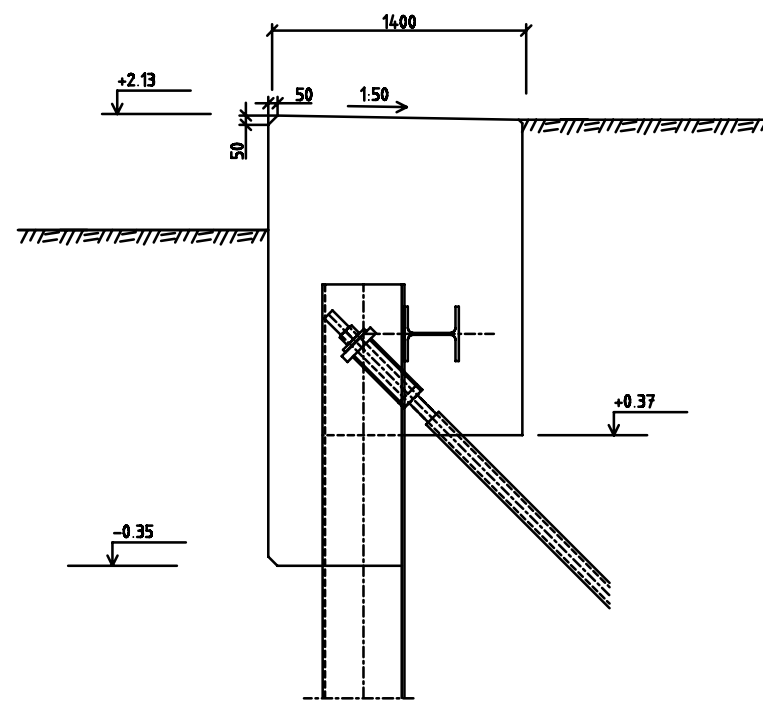
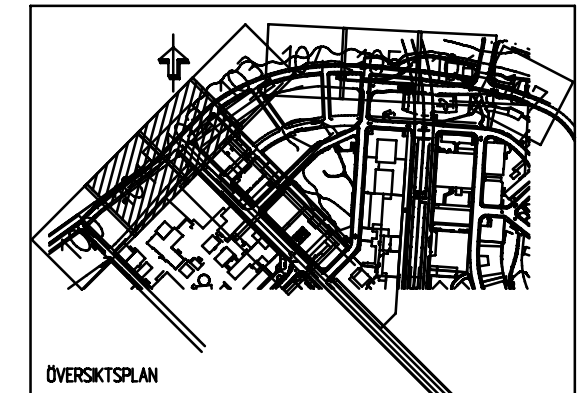
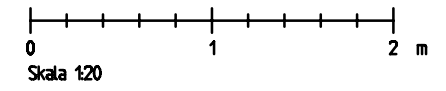
SEKTION A 1:20
TYPSEKTION



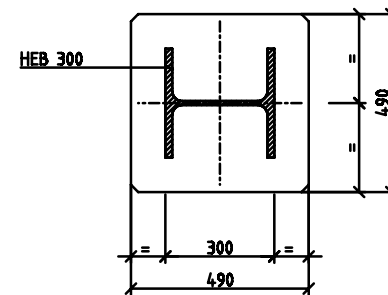
SEKTION C 1:20
VID POLLARE



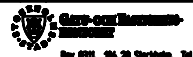
DETALJ 1 1:10



SEKTION B 1:20
GAVELN MOT STRANDPARK



SEKTION D 1:10
HÖRNSTRÄVA

SPINCO VVS <small>SPINCO VVS AB Öppenvägen 22, Box 340 44, 102 28 Stockholm Telefon 08 685 80 00, Fax 08 685 81 10</small>		ARBETS-RITNING 2006-09-20	
UPPDRAG NR 2142657	RT/KONSTR MTLI/PELD	ANSVÄRIG G. Retald	Per Vallander
BLAD			
PROFIL	E		
GENOMSK PLAN	B		
GENOMSK PROFIL	C		
	D		
	A		
Handling	Rit. nr	Ris. Ant.	Risör/Projektör
ARBETS-RITNING			
NORDVÄSTRA KUNGSHOLMEN KV KOJAN MM STRANDPARK OCH KAJPARTERR KAJPARTERR KRÜNBALK, MÅTT			
Ritad av Fredrik Bergman	Ritad av Fredrik Bergman	Skala 1:20, 1:10	Ritningskod E31K15-D511

2006-09-12 10:17:23 P:\2122\2142657\15 CAD\A\Strand_och_Kaj_K\Röringsdefinitioner\Bygghandling\E31K15-D511.dgn

ALLMÄNT

SE RITN E31K15-T611

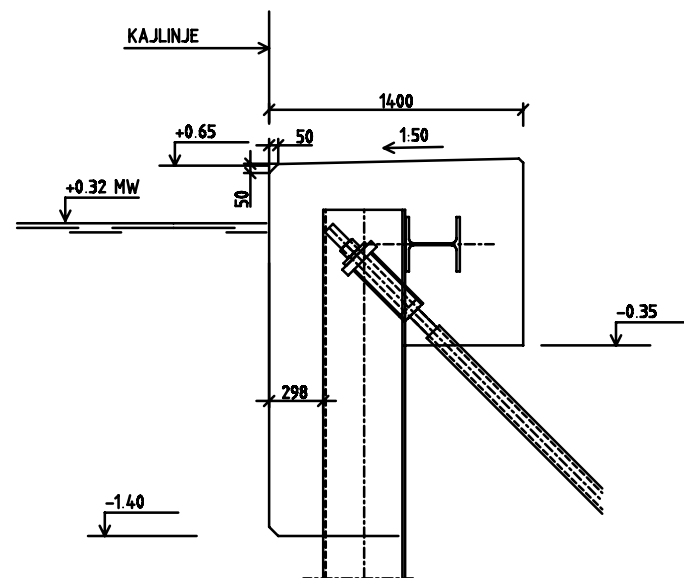
FÖRESKRIFTER

SE RITN E31K15-T611 OCH E31K15-T612

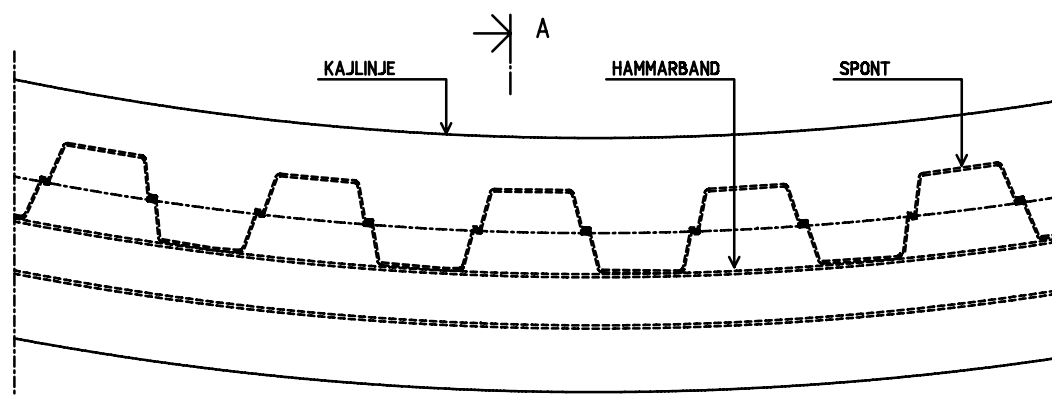
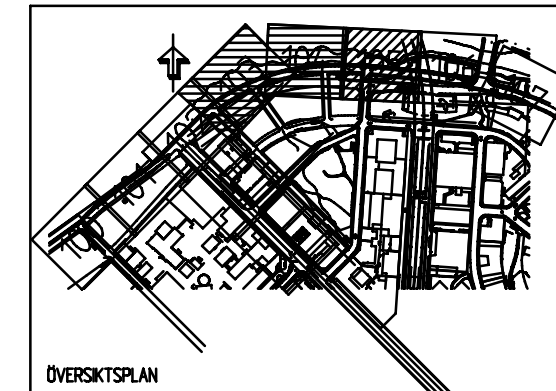
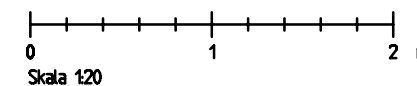
HÄNVISNINGAR

PLANER SE RITN E31K15-P1102 tom P1105

KAJSTEGAR SE RITN E31K15-D543



SEKTION A 1:20
TYPSEKTION



PLAN C 1:20

SPINCO VVS <small>SPINCO VVS AB Öppenvägen 22, Box 340 44, 102 28 Stockholm Telefon 08 688 80 00, Fax 08 688 80 10</small>		ARBETSITNING 2006-09-20	
UPPDRAG NR 2142657	RT/KONSTR MTLI/PELD	ANSVÄRSOMÅDE G. Retold	
ANSVÄRSOMÅDE Per Vallander			
BLAD			
PROFIL		E	
ÖVERSIKTS PLAN		B	
ÖVERSIKTS PROFIL		C	
		D	
		A	
Handteckning	Titel, nr	Rev. Ant.	Reviderings orsaker
ARBETSITNING			
Övervakningsdatum 2006-09-20		Nordvästra Kungsholmen KV KOJAN MM STRANDPARK OCH KAJPARTERR STRANDPARK KRÜNBALK, MÅTT	
Utarbetad av Fredrik Bergman		Skala 1:20	
Ritningskod E31K15-D512		Rev. Ant.	

Bilaga D:

Egenskaper på den färska betongmassan för alla lass, bestämt i fabrik och på plats

Flytsättnått, lufthalt, temperatur, tillägsdoseringar

Date	2007-10-15	2007-10-15	2007-10-15	2007-10-15	2007-10-22	2007-10-22	2007-10-22	2007-10-22	2007-10-24	2007-10-24	2007-10-24
Lassnummer	1	2	3	4	1	2	3	4	1	1	2
Lassnummer TOTAL	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
FSM											
Fabrik på plats	760	760	850	800	570	700	620	630	600	720	
tillägg 1	680	730	650	710	650	720	660	710	680	700	
tillägg 2	640				730		700		620		
tillägg 3											
tillägg 4											
efter pump											
Luft											
Fabrik på plats	4,4	6,3	8,2	8,3	5,5	6,6	4	6,1	5,5	6,5	
tillägg 1	2,6	6,1	8,3	7,8	4,9	7,1	3,6	5,3	3,1	7,9	
tillägg 2					4,5				3,3		
tillägg 3											
tillägg 4											
efter pump											
Temp på plats	15	16	15	16						17,3	
Stream											
tillägg 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
tillägg 2	1				1		1		1	1	
tillägg 3											
tillägg 4											
EVO 26											
tillägg 1	1	1	1,5	1	2	1,5	1,5	1,5	2	1,5	
tillägg 2	1,5				1,5		1		1	1	
tillägg 3											
tillägg 4									2	2	

Date	2007-12-12	2007-12-17	2007-12-19	2008-01-09	2008-01-14	2008-01-16	2008-01-21	2008-01-23	2008-01-28	2008-01-30
Lassnummer	1	102	103	104	105	106	107	108	109	110
Lassnummer TOTAL	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
FSM										
Fabrik	690	580	680	450	670	730	530	780	650	700
på plats					630	740	530	660	620	680
tillägg 1	760	760	700	630	730	740	560	770	650	760
tillägg 2				620						
tillägg 3				710						
tillägg 4										
efter pump										
Luft										
Fabrik	7,2	4,4	6,8	9	6,8	7,2	7,5	3,6	7,6	6
på plats					5,3	6,9		3,4		
tillägg 1	5,5	3,2	5,8	9			8,2		6,1	4,9
tillägg 2										
tillägg 3				7,6						
tillägg 4										
efter pump										
Temp										
på plats	17		14,1			16	17	12	15	16
Stream										
tillägg 1	1	1	1	1	1		1	1	1	0,7
tillägg 2				1			1		1	
tillägg 3				1						
tillägg 4										
EVO 26										
tillägg 1	1,5	2	1	2	2		2	2	1,5	0,7
tillägg 2				2			1,5		1,5	
tillägg 3				2						
tillägg 4				2						

Date	2008-04-14	MV	Stdavv
Lassnummer	1		
Lassnummer TOTAL	121		
FSM			
Fabrik	680	674	84,5
på plats	670		
tillägg 1	710	690	56,3
tillägg 2			
tillägg 3			
tillägg 4			
efter pump			
Luft			
Fabrik	4		
på plats	4	6,0	1,6
tillägg 1			
tillägg 2			
tillägg 3			
tillägg 4			
efter pump			
Temp	15		
på plats			
Stream			
tillägg 1	0,8		
tillägg 2			
tillägg 3			
tillägg 4			
EVO 26			
tillägg 1	0,8		
tillägg 2			
tillägg 3			
tillägg 4			

Bilaga E:

Egenskaper av hårdnad betong för alla gjutetapper

Tryckhållfasthet, densitet och frostbeständighet

Bilaga F:

Analys av luftporsystemet på polerslip

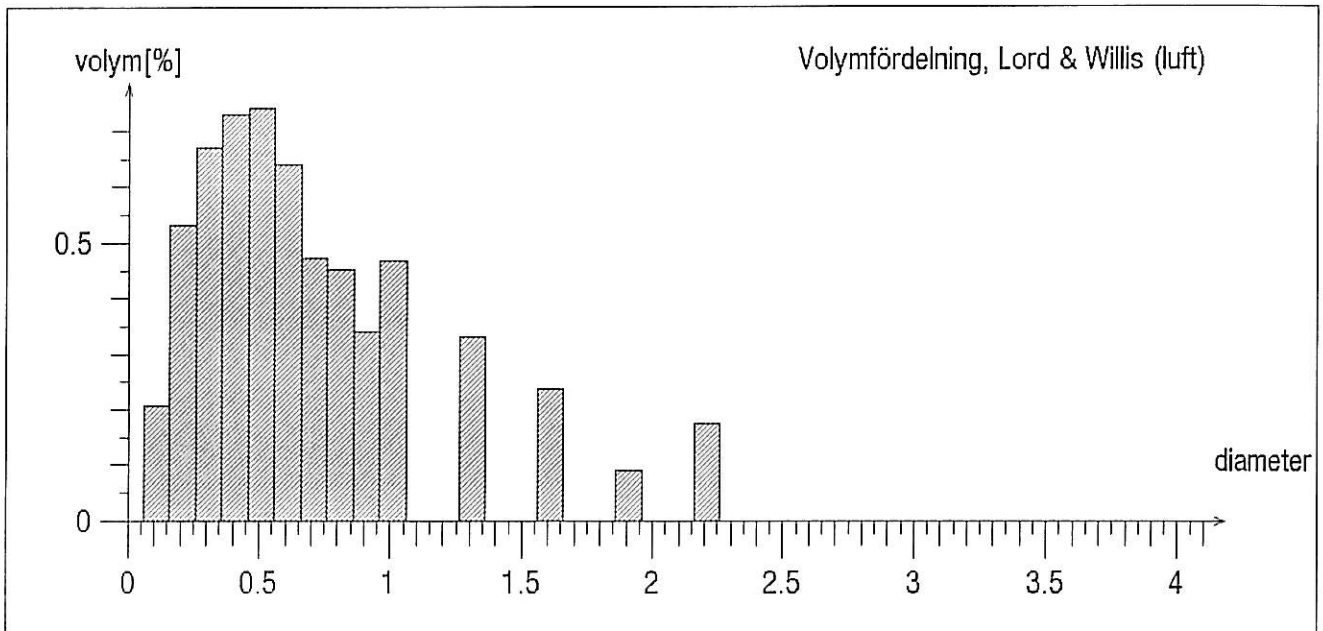
Resultat från väggjutningar för val av betongrecept

CBI Luftporanalys

Lars Melin
Laboratoriegruppen

106-11-08 11.4

360018-C4



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	222.54 mm ² (8.2%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

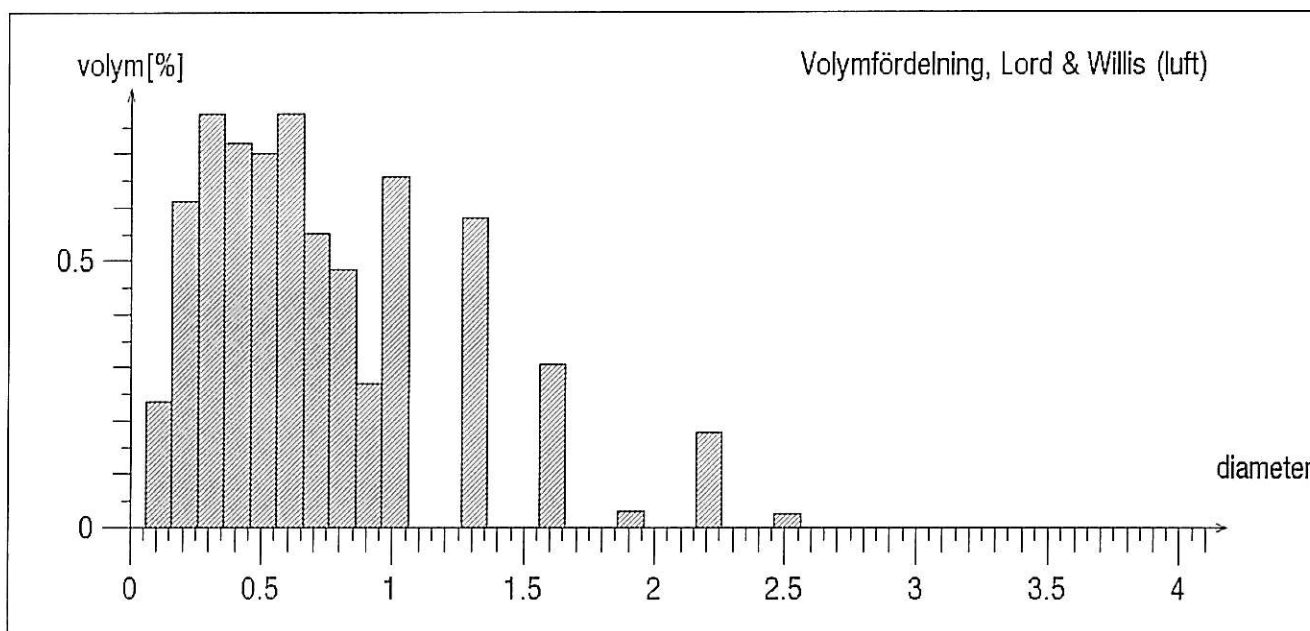
Powers avståndsfaktor	0.254
Specifik area	16.742

CBI Luftporanalys

Lars Melin
Laboratoriegruppen

106-11-08 12.2

360018-C5



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	252.91 mm ² (9.4%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

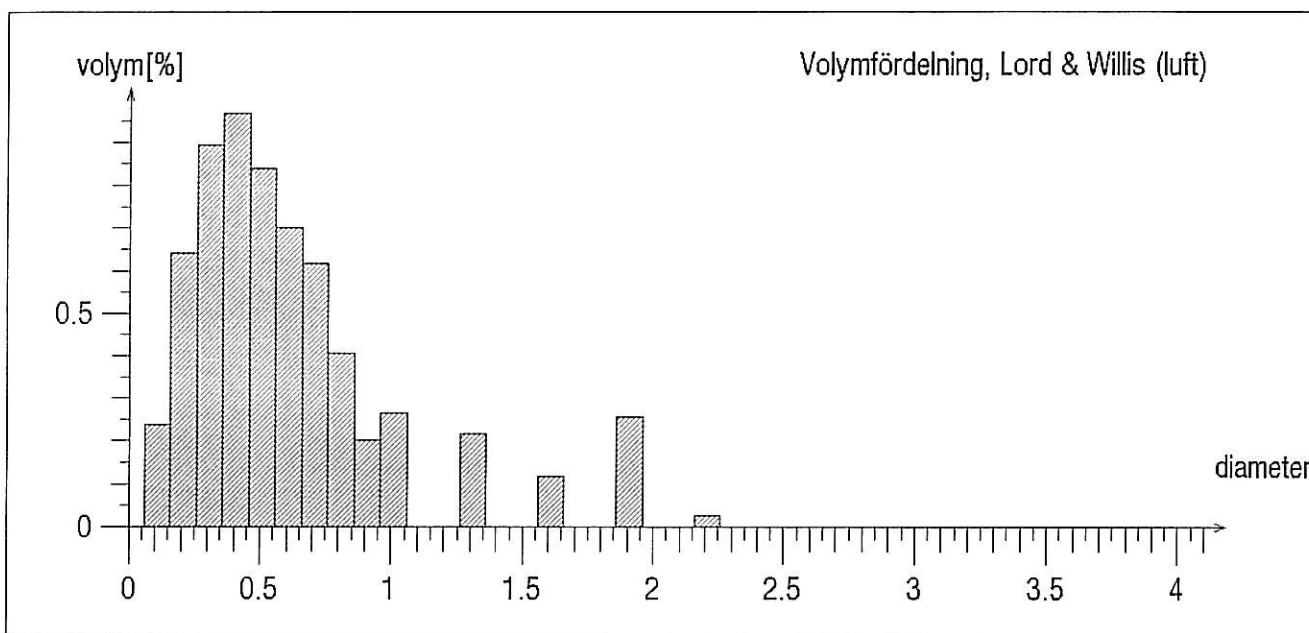
Powers avståndsfaktor	0.228
Specifik area	16.367

CBI Luftporanalys

Lars Melin
Laboratorieguppen

106-11-08 13.0

360018-C6



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	237.07 mm ² (8.8%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

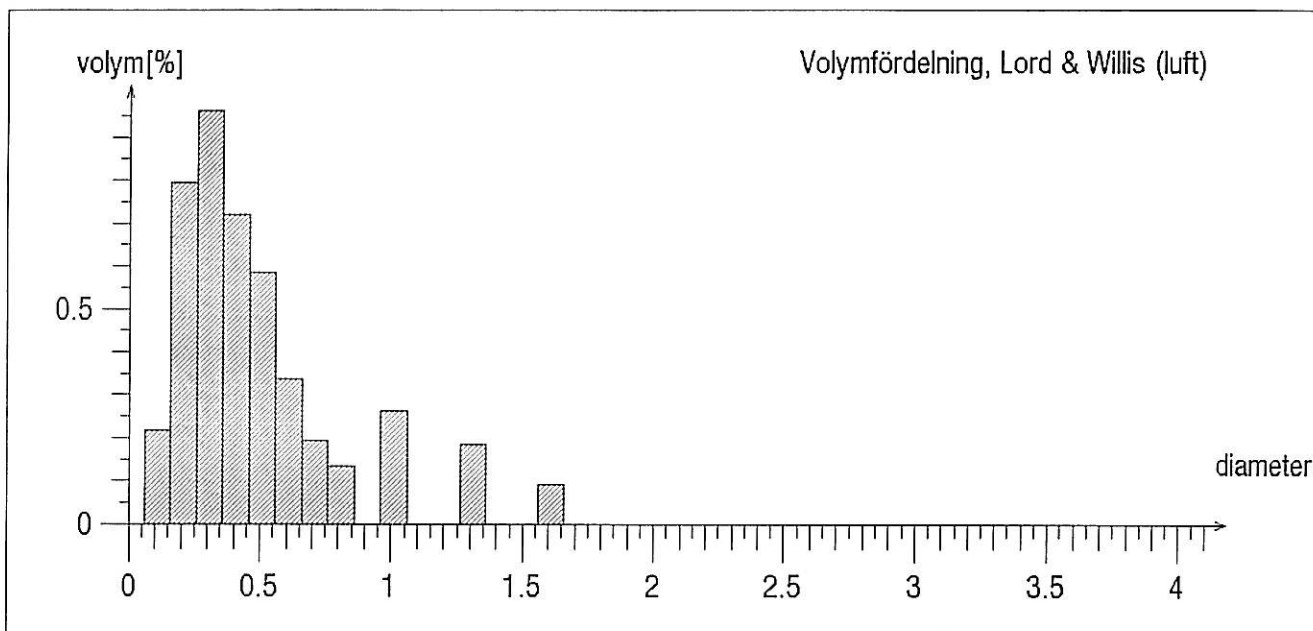
Powers auståndsfaktor	0.223
Specifik area	17.839

CBI Luftporanalys

Lars Melin
Laboratorigruppen

106-11-08 13.5

360018-C8



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	178.65 mm ² (6.6%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

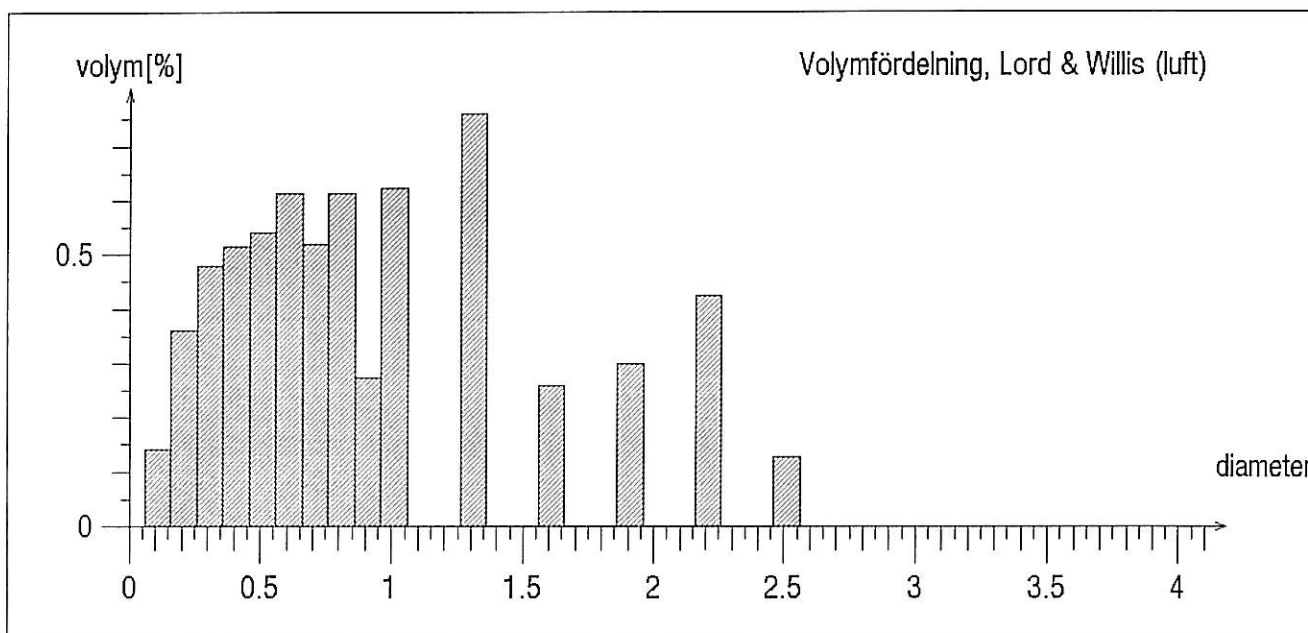
Powers auståndsfaktor	0.154
Specifik area	23.120

CBI Luftporanalys

Lars Melin
Laboratoriegruppen

106-11-09 07.0

360018-S4



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	231.45 mm ² (8.6%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

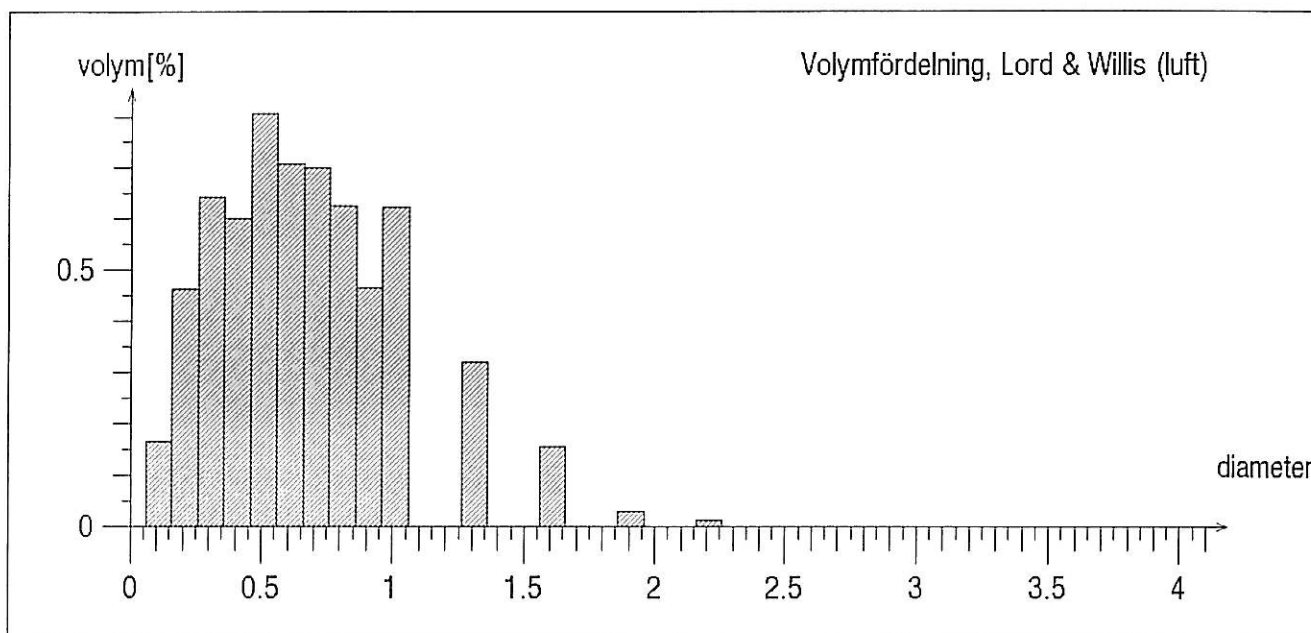
Powers avståndsfaktor	0.312
Specifik area	13.067

CBI Luftporanalys

Lars Melin
Laboratoriegruppen

106-11-09 07.4

360018-S5



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	225.42 mm ² (8.3%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

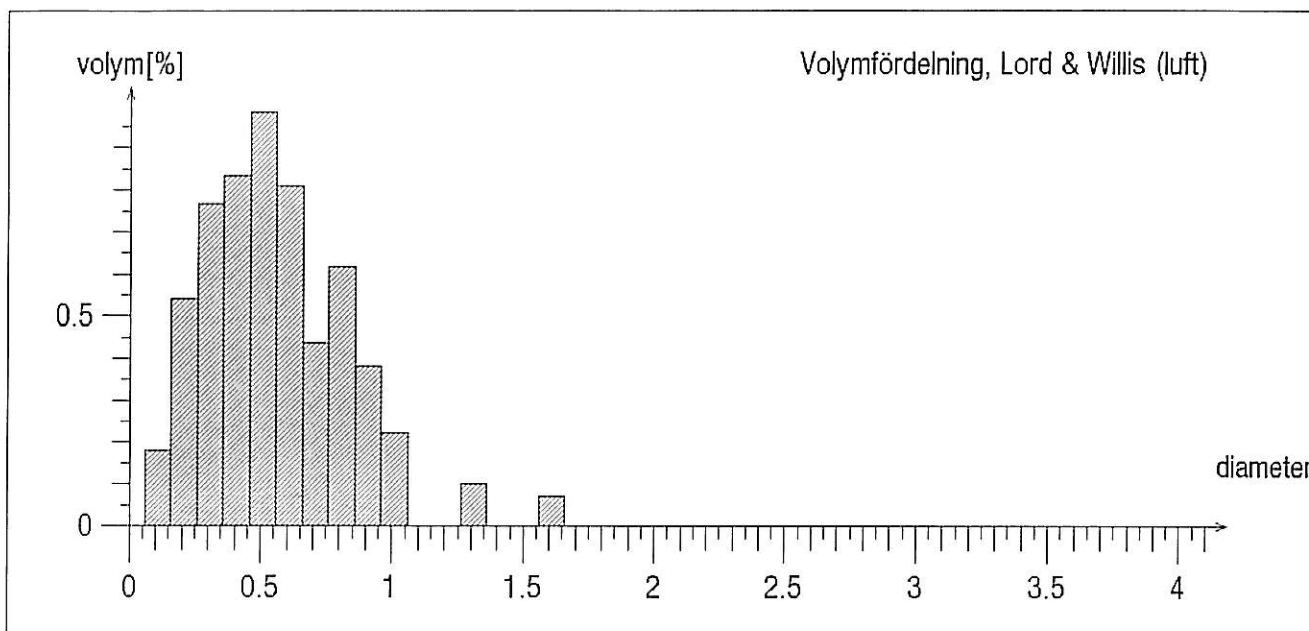
Powers avståndsfaktor	0.264
Specifik area	15.868

CBI Luftporanalys

Lars Melin
Laboratoriegruppen

106-11-09 08.2

360018-S6



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	217.32 mm ² (8.0%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

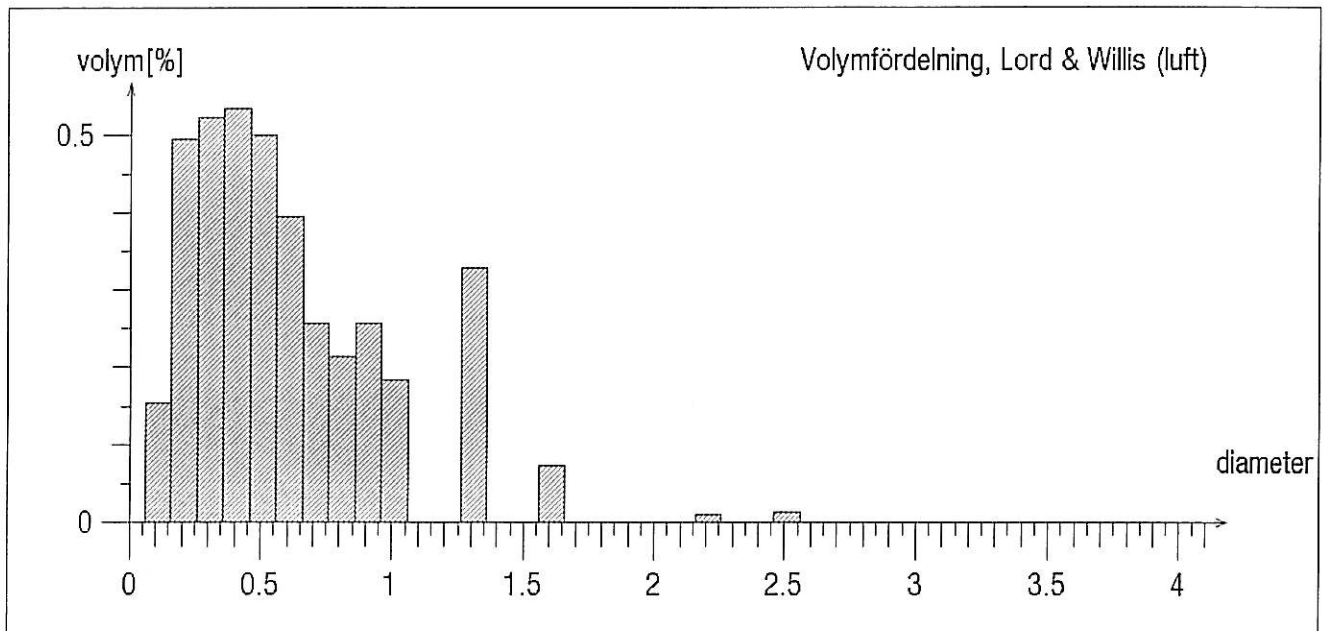
Powers avståndsfaktor	0.175
Specifik area	17.925

CBI Luftporanalys

Lars Melin
Laboratorigruppen

106-11-09 08.5

360018-S8



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	148.78 mm ² (5.5%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

Powers avståndsfaktor	0.201
Specifik area	19.758

Resultat från testblandningen med tillägsdosering

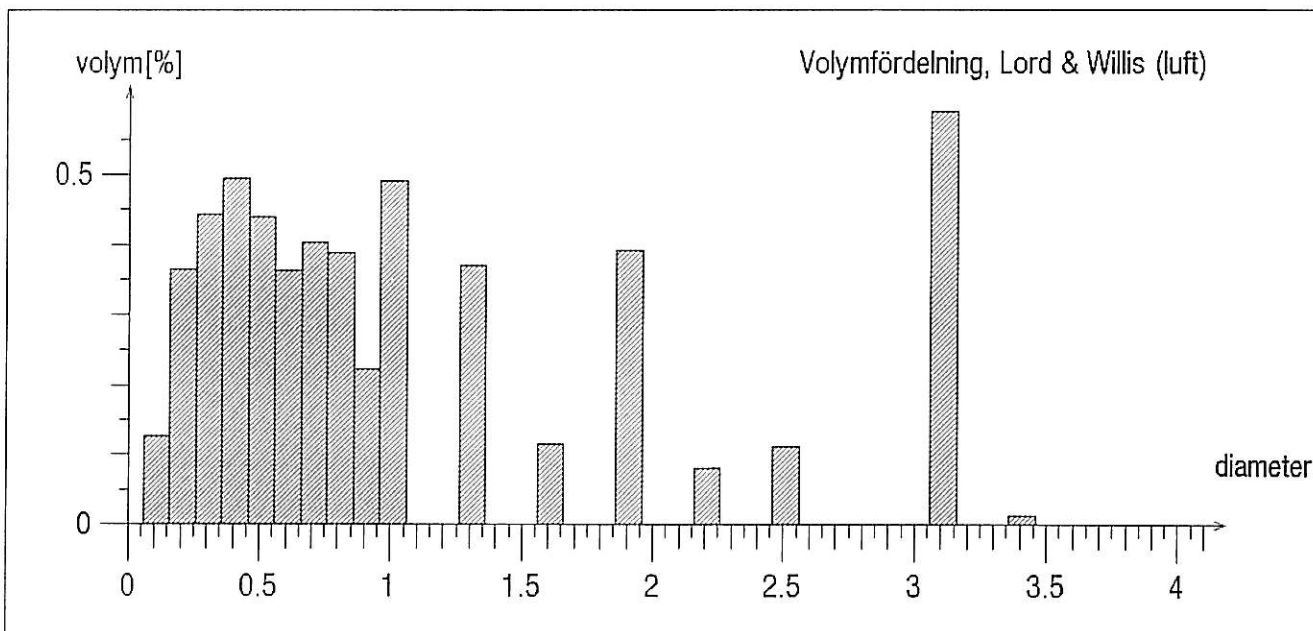
CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

106-12-20 13.2

360018

t0 (r)



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	188.88 mm ² (7.0%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

Powers avståndsfaktor	0.244
Specifik area	14.070

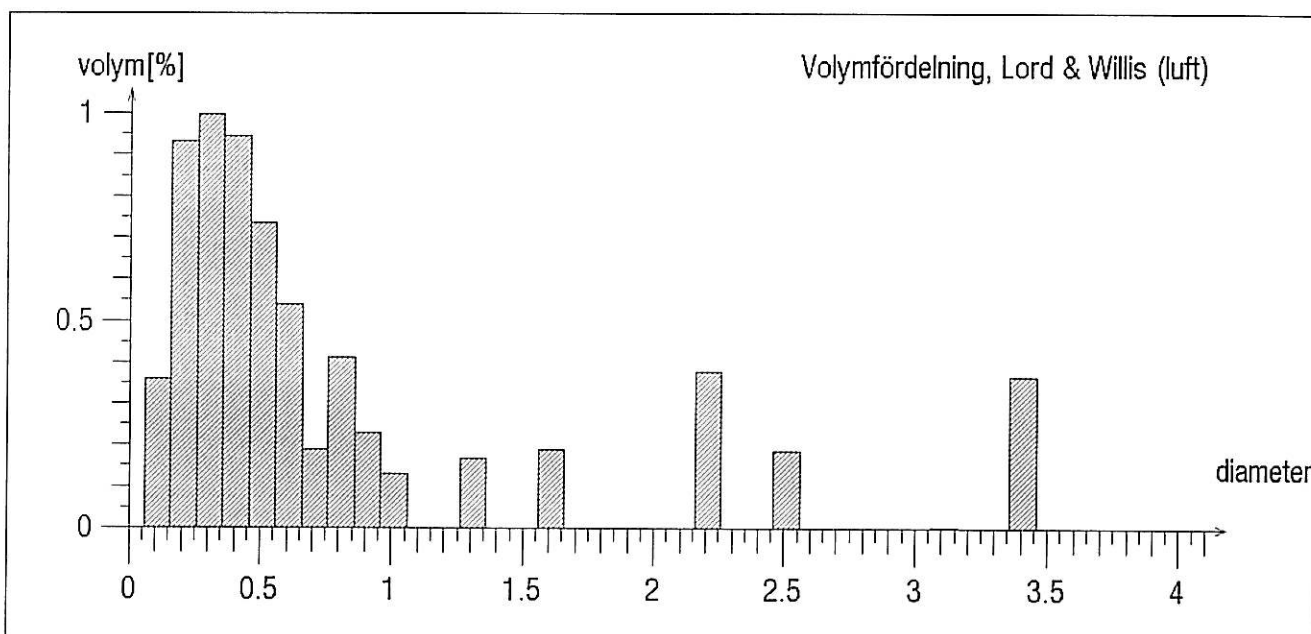
CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

106-12-20 14.0

360018

t 30



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	251.36 mm ² (9.3%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

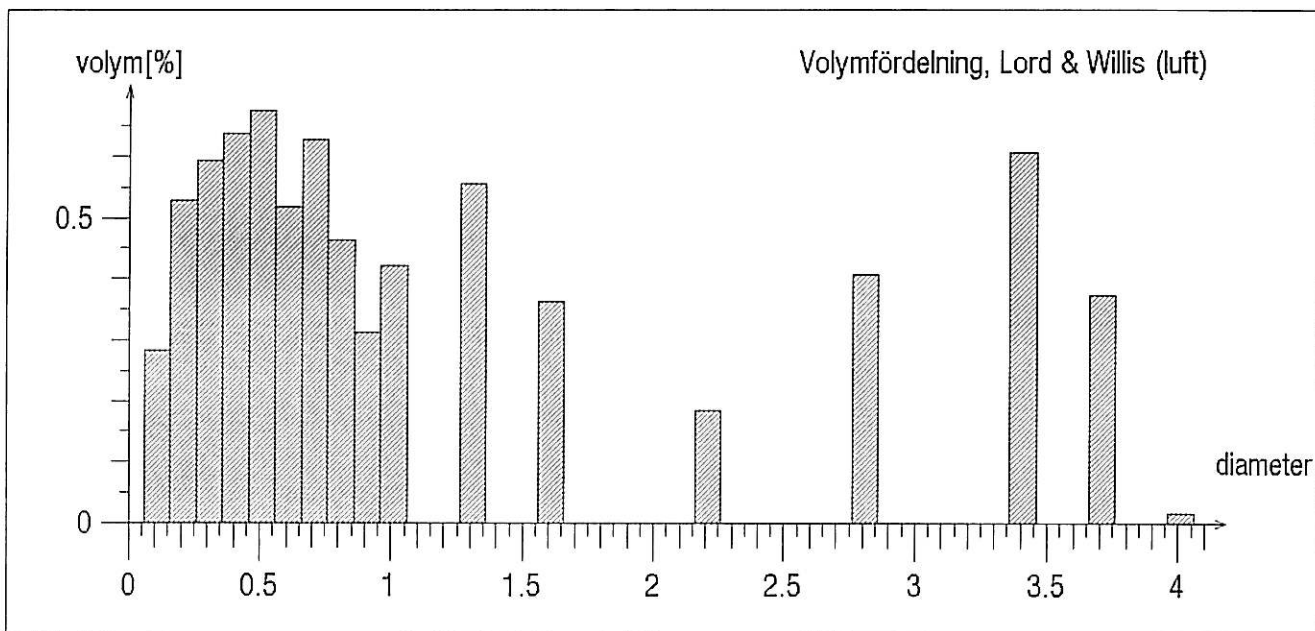
Powers avståndsfaktor	0.184
Specifik area	20.404

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

106-12-21 07.5

360018
t 40 (r)



Måtlängd	195840 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	963.9 mm ² (35.0%)
Luft	275.73 mm ² (10.0%)
Totalt	2754 mm ² (51 bilder)

Powers auståndsfaktor	0.246
Specifik area	14.191

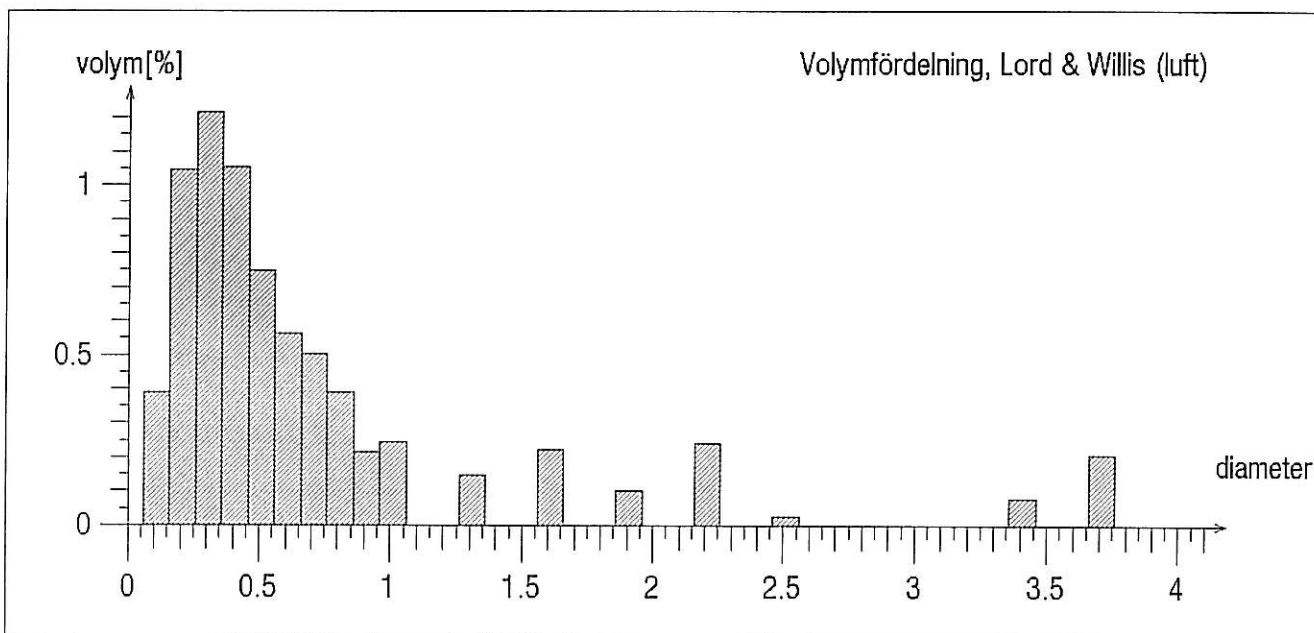
CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

106-12-22 07.1

360018

t 60 f



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	282.46 mm ² (10.5%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

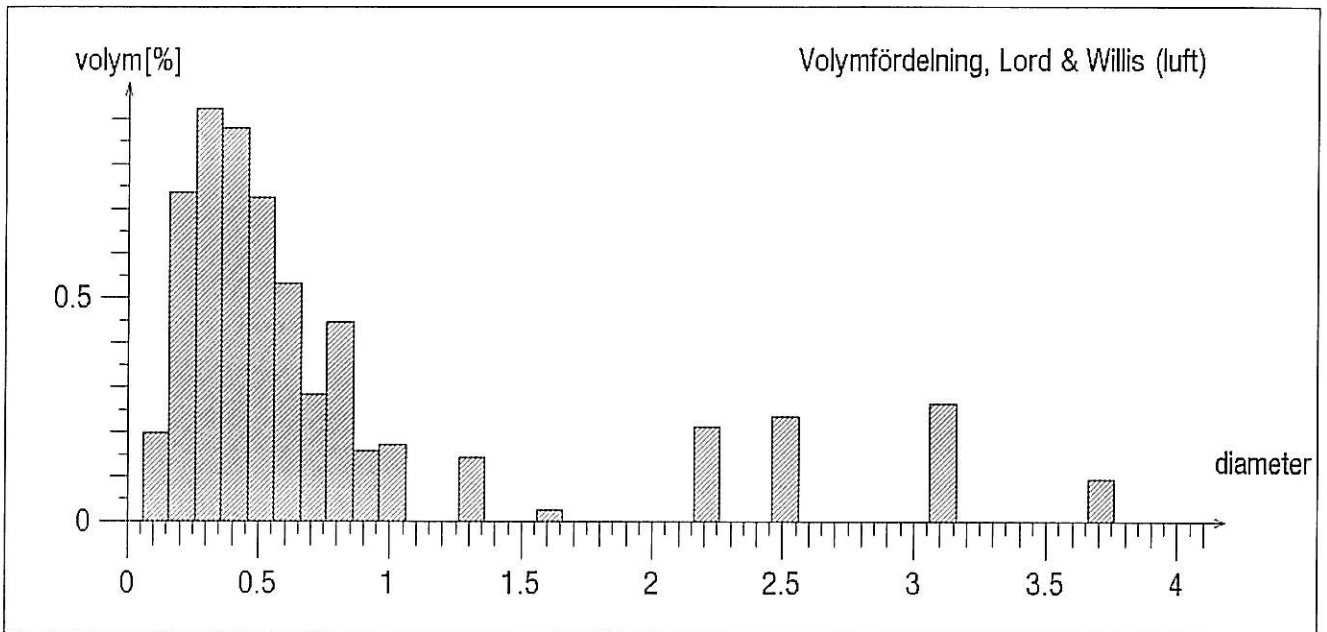
Powers auståndsfaktor	0.163
Specifik area	20.548

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

106-12-22 08.0

360018
t 60 f (r)



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	216.73 mm ² (8.0%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

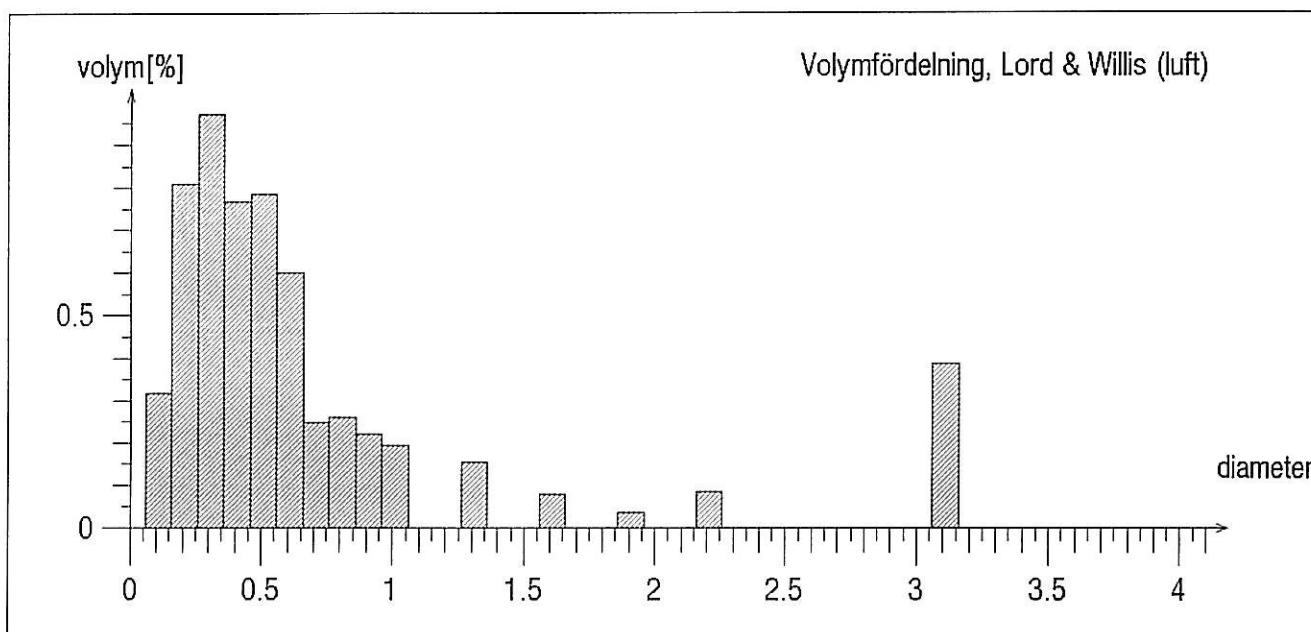
Powers auståndsfaktor	0.161
Specifik area	19.517

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

106-12-29 08.1

360018
t 40 (2)



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	223.76 mm ² (8.3%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

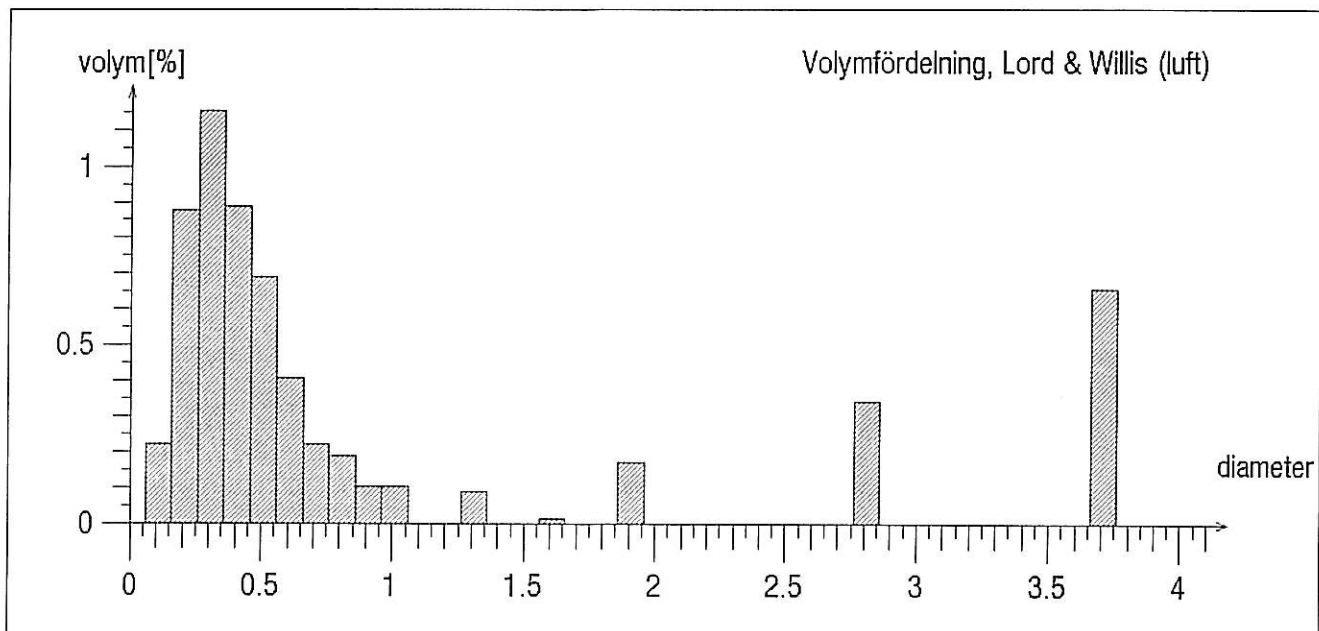
Powers auståndsfaktor	0.204
Specifik area	20.696

Resultat från fullskaletest i vattenfylld container

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium
107-03-12 07.1

360018 Krönbalk
"Lass 2 070209"



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	219.59 mm ² (8.1%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

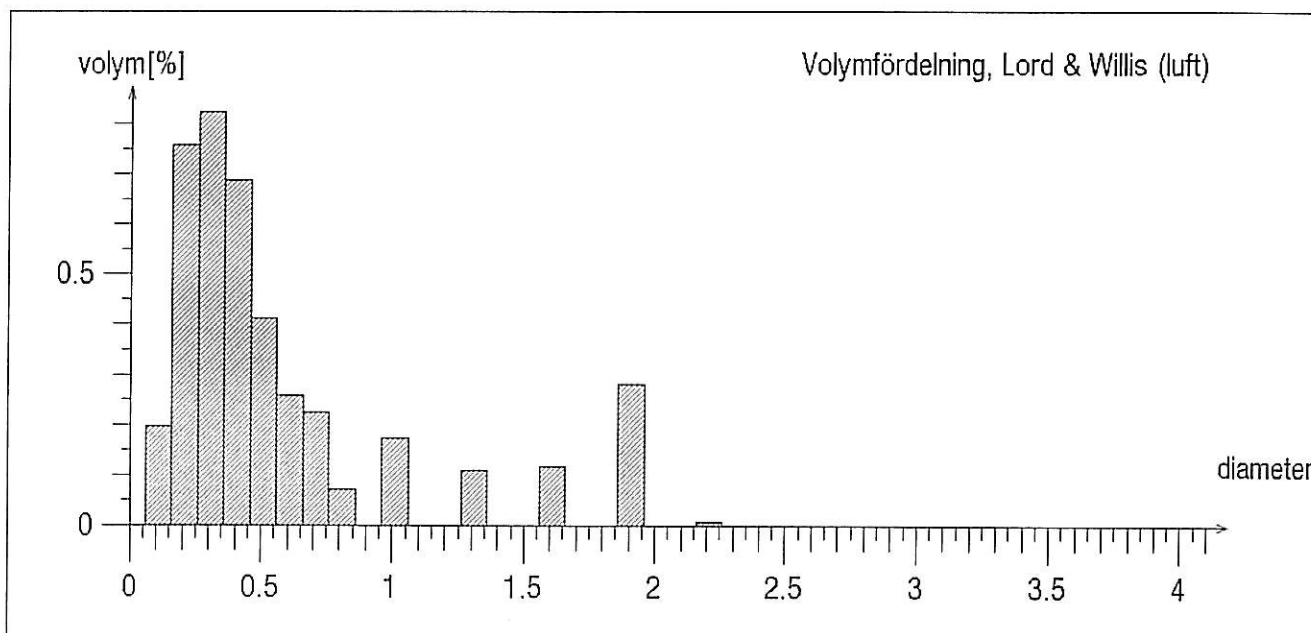
Powers auståndsfaktor	0.204
Specifik area	21.080

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

107-03-12 07.5

360018 Krönbalk
"Lass 3 070209"



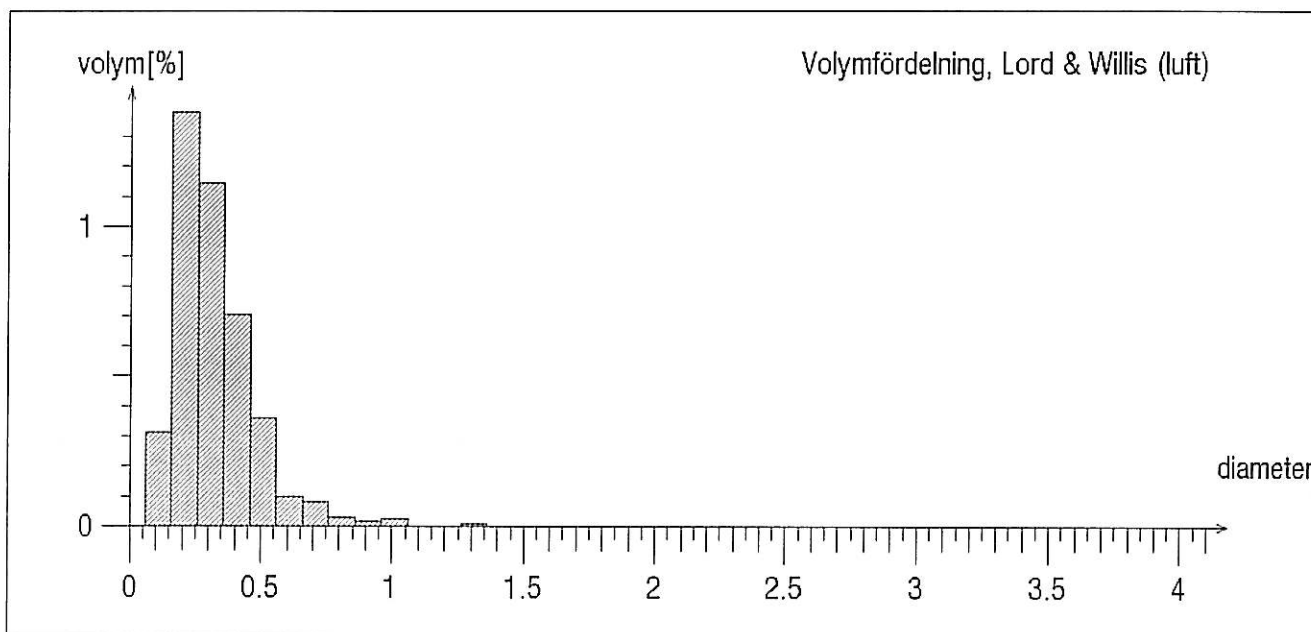
Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	162.79 mm ² (6.0%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

Powers avståndsfaktor	0.165
Specifik area	22.790

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium
107-03-12 08.5

360018 Krönbalk
"Cyl.1 070209"



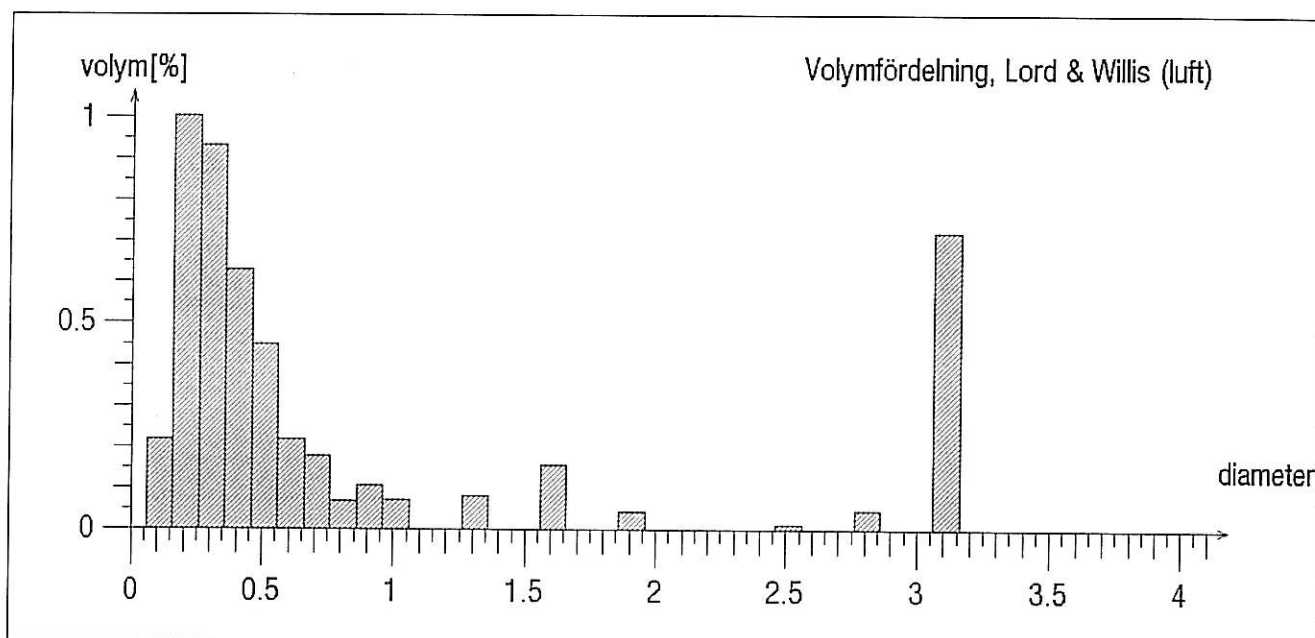
Mätlängd	195840 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	963.9 mm ² (35.0%)
Luft	189.16 mm ² (6.9%)
Totalt	2754 mm ² (51 bilder)
Powers avståndsfaktor	0.110
Specifik area	31.474

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

107-03-12 12.0

360018 Krönbalk
"Cyl.4 070209"



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	193.76 mm ² (7.2%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

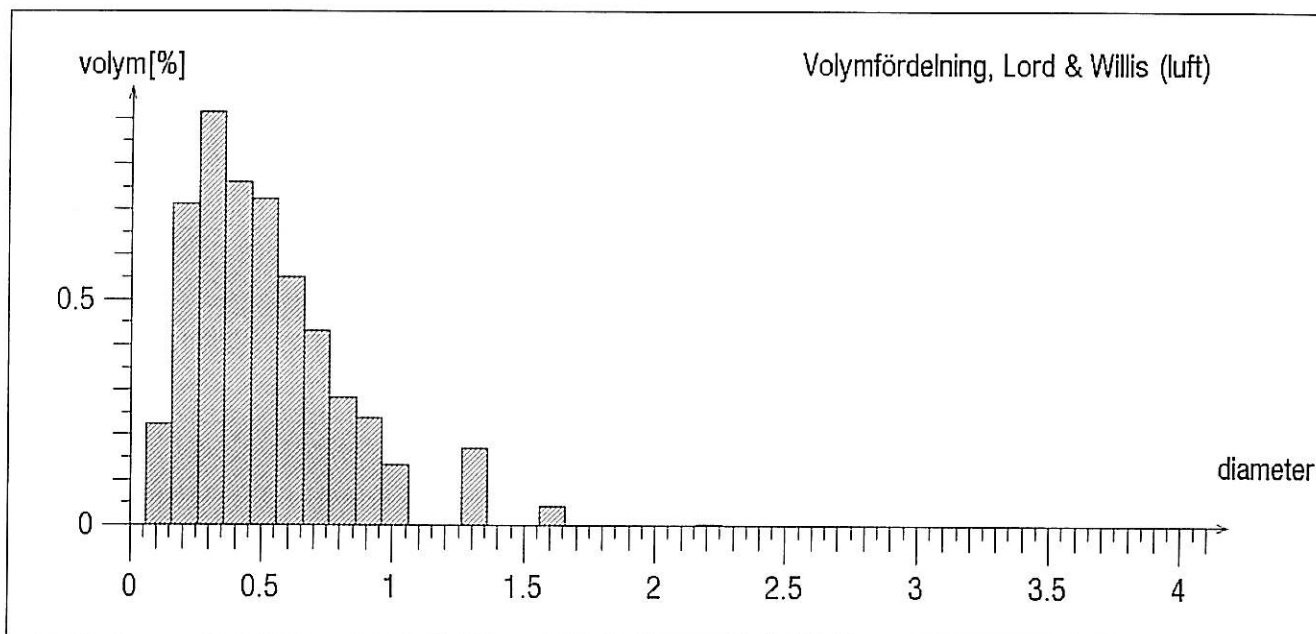
Powers auståndsfaktor	0.145
Specifik area	23.231

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

107-03-12 12.4

360018 Krönbalk
"Cyl.5 070209"



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	199.33 mm ² (7.4%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

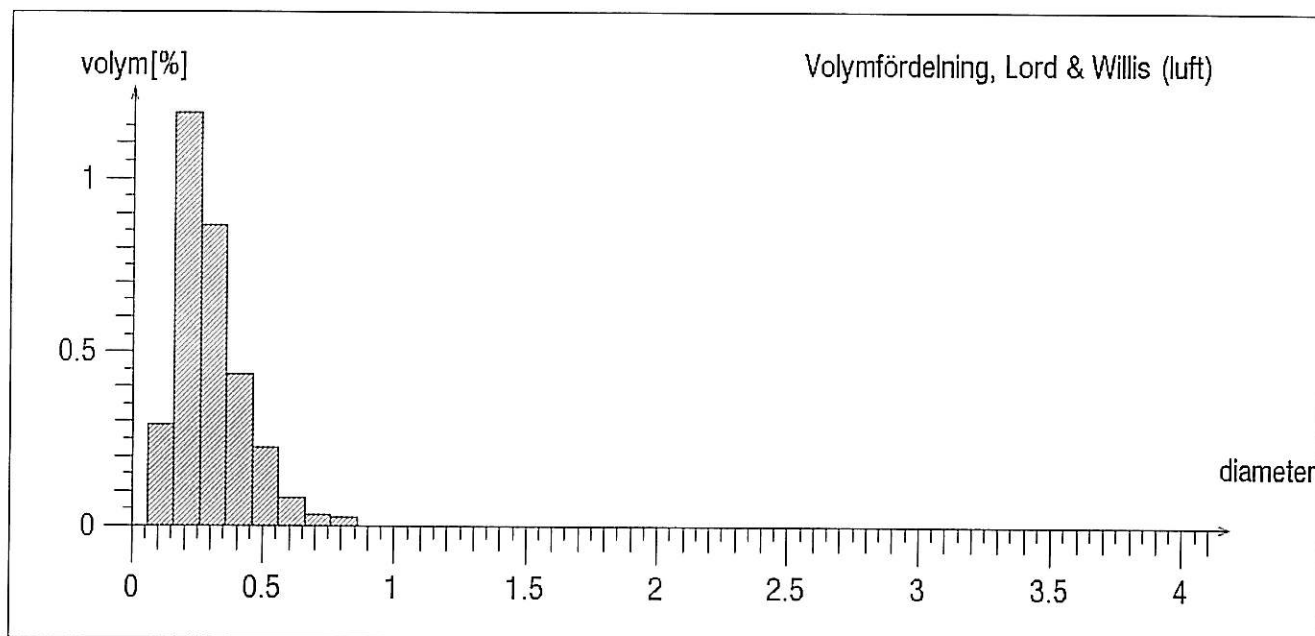
Powers avståndsfaktor	0.157
Specifik area	21.180

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

107-03-12 14.0

360018 Krönbalk
"Cyl.7 070209"



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	144.72 mm ² (5.4%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

Powers austandsfaktor	0.120
Specifik area	33.627

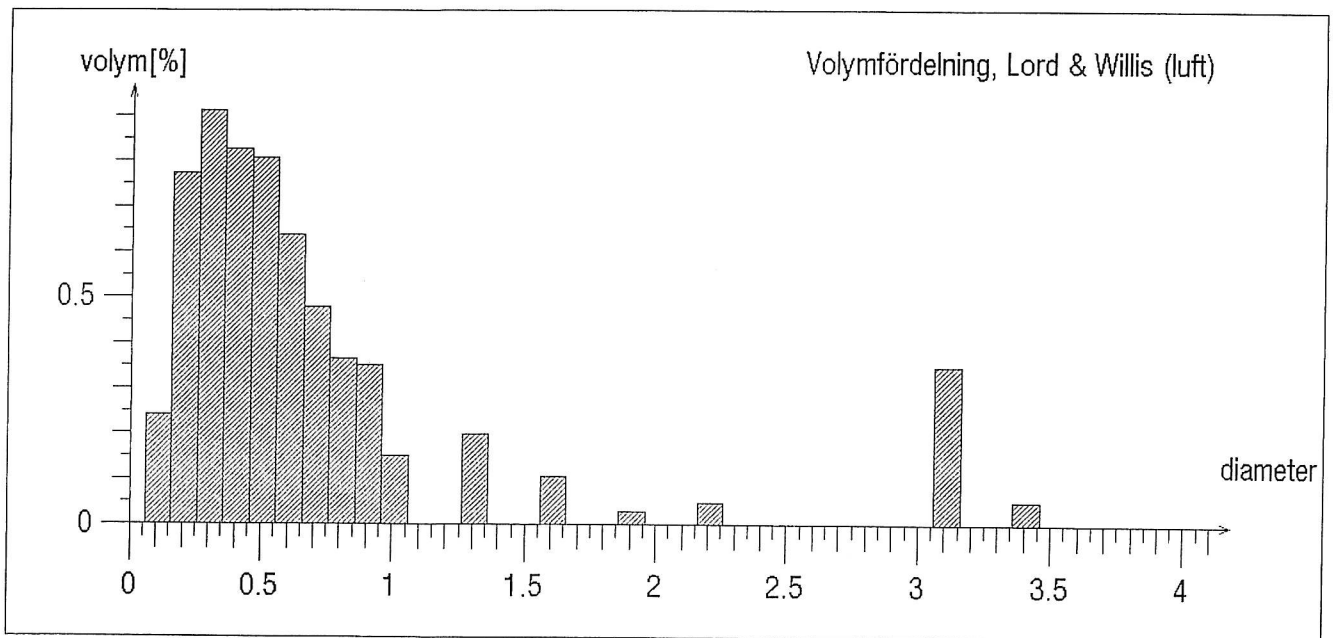
Resultat från löpande produktion etapp 1- 6

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

107-08-17 07.5

360018 Krönbalk
KB Et.1 "070809"



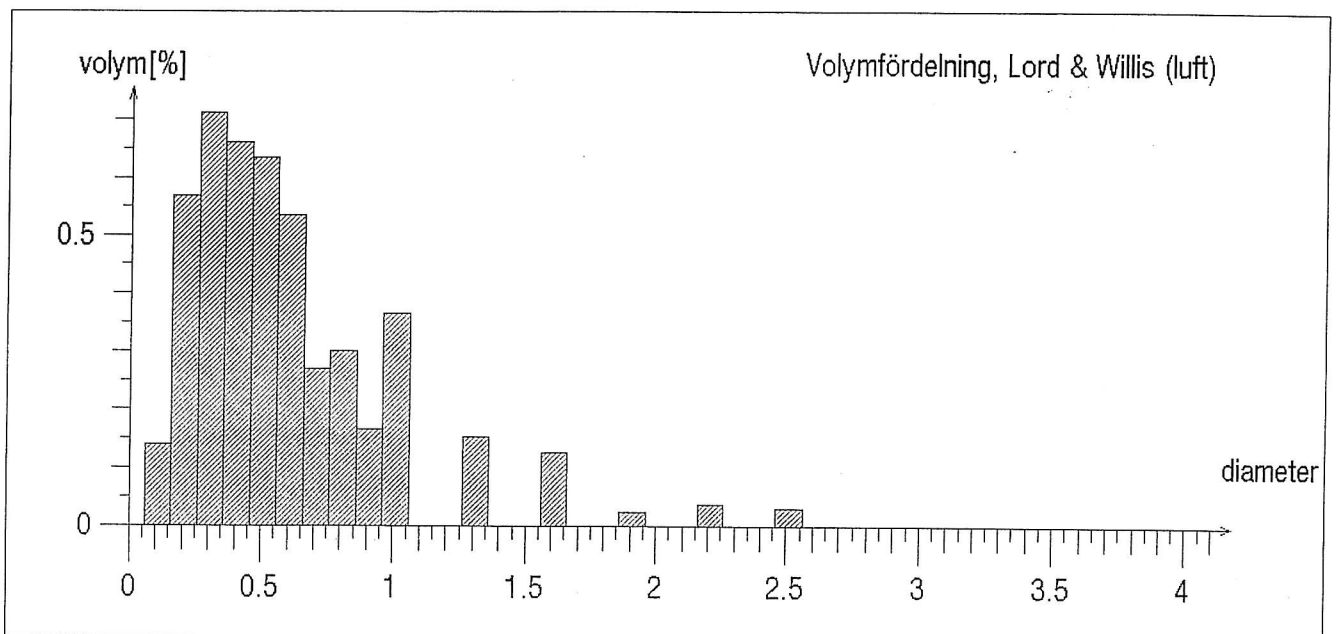
Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	232.85 mm ² (8.6%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

Powers avståndsfaktor	0.210
Specifik area	19.324

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium
107-08-24 06.0

360018
Krönbalk
KB Et.2 "070816"



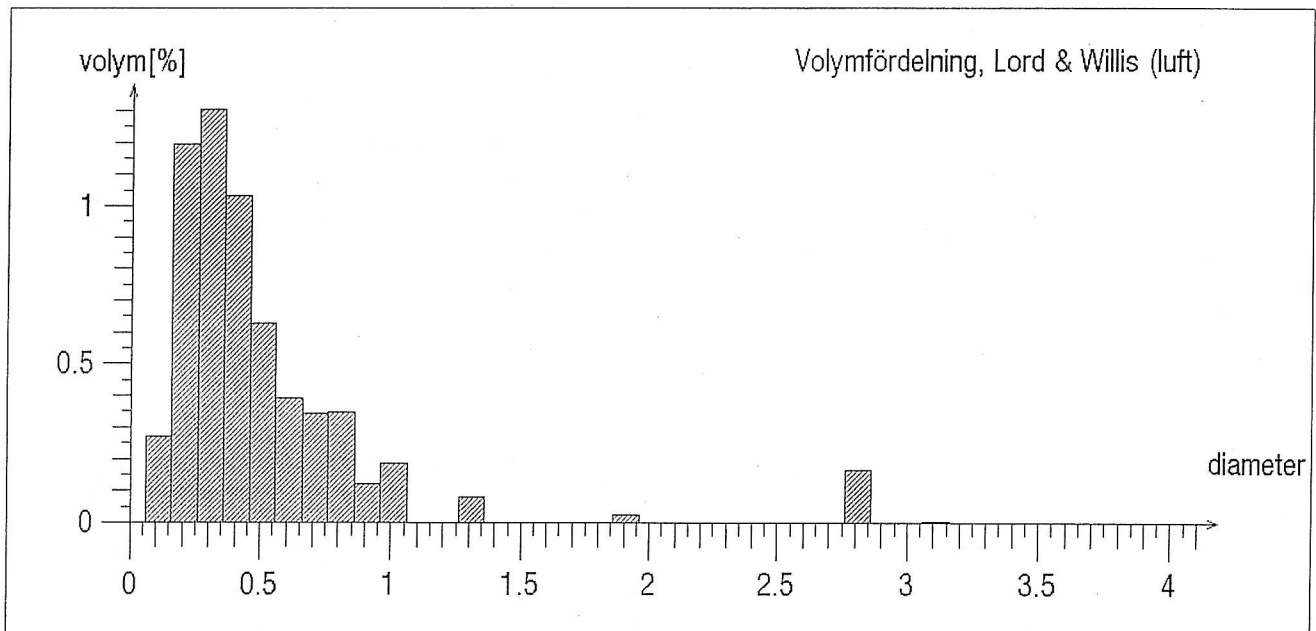
Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	177.07 mm ² (6.6%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

Powers auståndsfaaktor	0.189
Specifik area	18.936

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium
107-08-30 08.0

360018
Krönbalk
KB Et.3 "070823"



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	242.78 mm ² (9.0%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

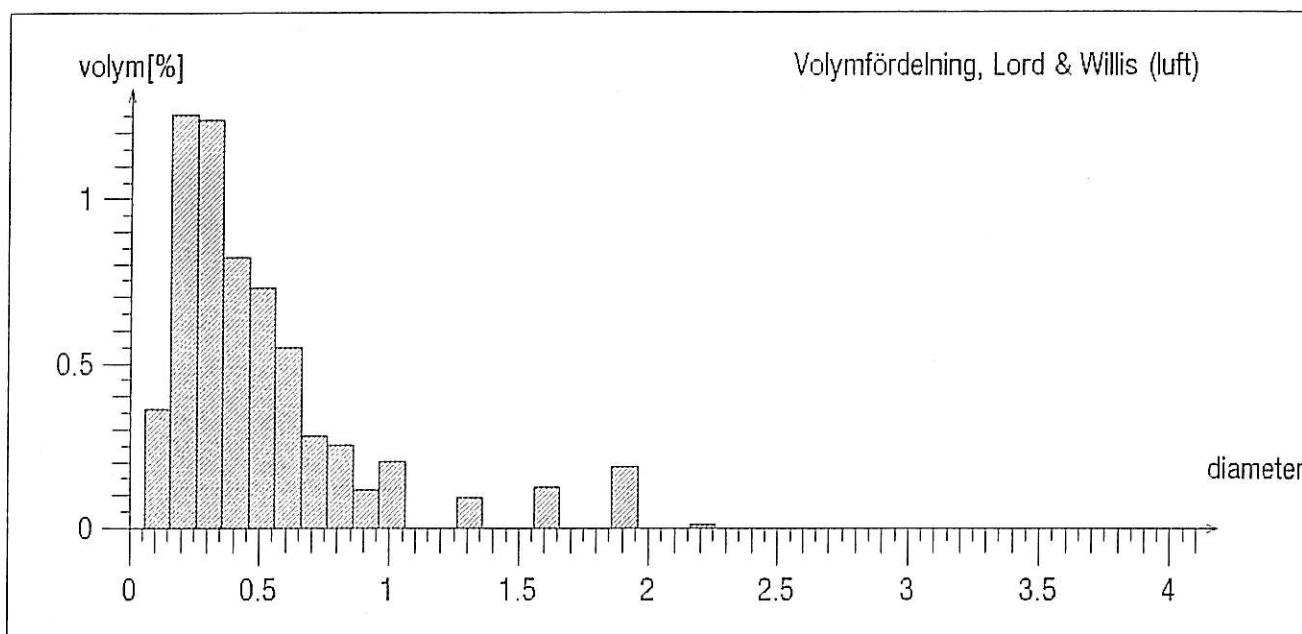
Powers auståndsfaktor	0.166
Specifik area	23.511

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

107-09-18 12.3

360018
Krönbalk
KB et.4 "070903"



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	252.95 mm ² (9.4%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

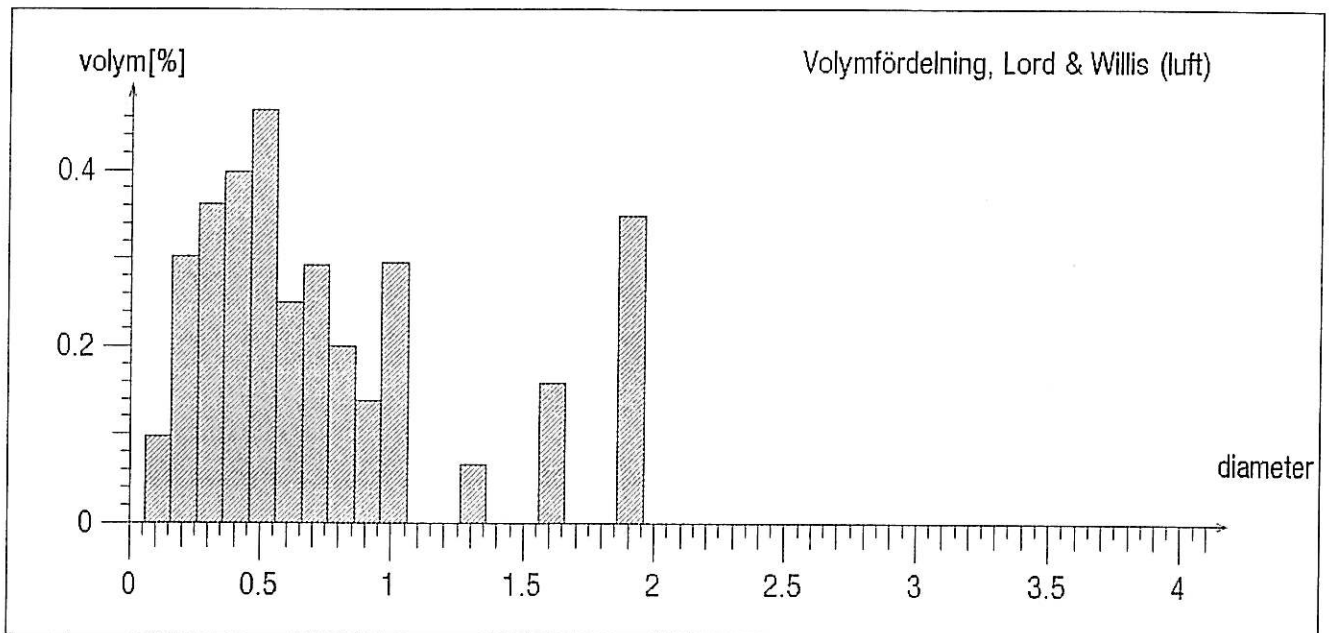
Powers avståndsfaktor	0.154
Specifik area	24.231

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

107-09-28 12.1

360018
Krönbalk
KB Et.5 "070910"



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	122.95 mm ² (4.6%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

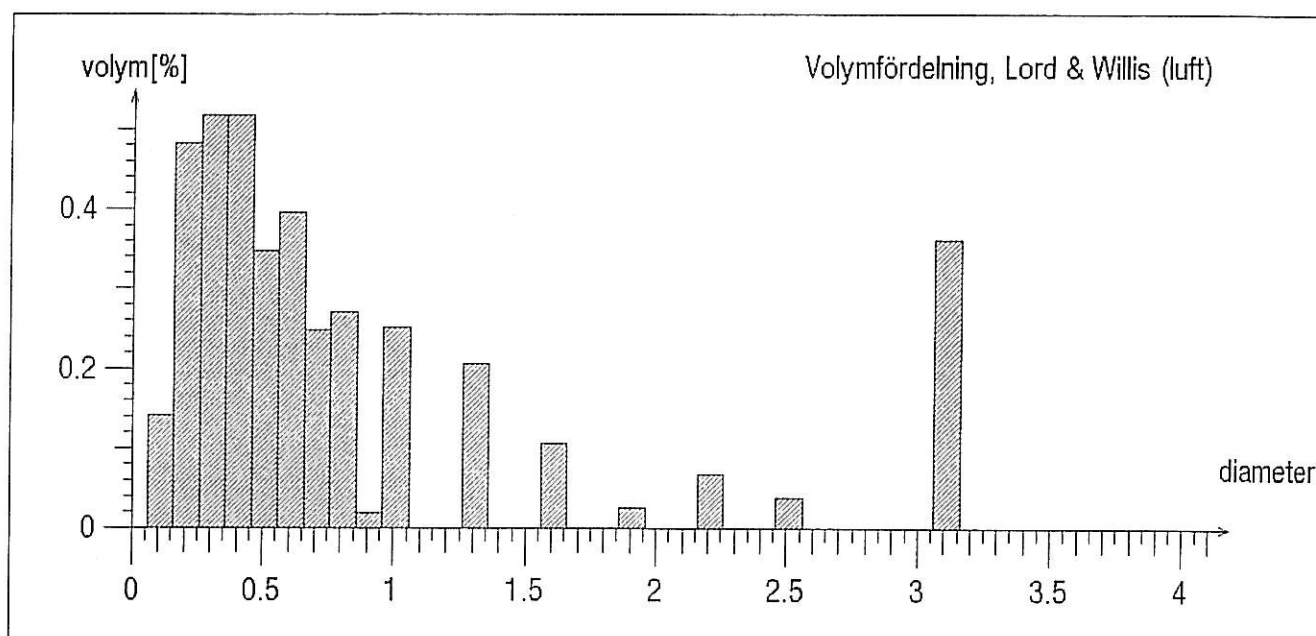
Powers avståndsfaktor	0.261
Specifik area	17.012

CBI Luftporanalys

Lars Melin
FoU Laboratorium

107-10-01 10.0

360018
Krönbalk
KB Et.6 "070917"



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	145.55 mm ² (5.4%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

Powers avståndsfaktor	0.209
Specifik area	19.256