Dansk Betonforening

50 års jubilæum

Dansk Betondag 1997

Øresundsregionen – det nye kraftcenter i Norden

Publikation nr. **46**

Dansk Betonforening

Dansk Betondag 1997

Publikation nr. 46

Publikation nr. 46:97

Denne publikation indeholder indlæggene fra

Dansk Betondag 1997

der blev afholdt den 12. september 1997
i Ingeniørhuset, København

Betondagen var samtidig markering af DBF´s 50 års jubilæum.

Forside-illustration:
tegnet af Birgitte Ahlmann

Publikationen er udgivet af:

Dansk Betonforening
c/o Ingeniørforeningen i Danmark
Vester Farimagsgade 29
1780 København V
Tlf.: 33 15 65 65 - Fax: 33 15 37 07

Indhold: Side

Forskningschef Uffe Palludan
Instituttet for Fremtidsforskning
Pilestræde 59
1112 København K
Tel: 33 11 71 76
Fax: 33 32 77 66
e-mail: uffe.palludan@cifs.dk

Øresundsregionen
- det nye kraftcenter i Nordeuropa

af

forskningschef Uffe Palludan,
Instituttet for Fremtidsforskning,
København-Malmø

August 1997

Øresundsregionen - det nye kraftcenter i Nordeuropa

-Forskningschef Uffe Palludan, Instituttet for Fremtidsforskning, København-Malmø

Vi oplever i disse år en række geografiske strukturændringer, hvis konsekvenser vil være meget mere omfattende end de færreste umiddelbart er klar over, Der er tale om anlæg af nye vej-og jernbaneanlæg, de faste forbindelser, deregulering i transportsektoren og jerntæppets fald, samt det svenske medlemskab af EU. Disse forhold vil samlet radikalt ændre Sydskandinaviens position i Nordeuropa.

Fraværet af faste forbindelser over Storebælt, Øresund og Femernbælt kan i trafikal forstand beskrives som udtryk for at der "kunstigt" er skabt transportbarrierer for de landværts transportmidler af størrelsesordenen 150 km. En rejse over Storebælt med færge tager således knap 1½ time, svarende til 150 km kørsel med bil eller tog.

Kortet over Sydskandinavien burde således egentligt rumme kunstige afstandsforøgelser over sund og bælter på hver 150 km. Før jerntæppets fald burde Østeuropa slet ikke medtages, grundet fraværet af reelle relationer mellem øst og vest.

Den geografiske position som Skandinavien havde for ti år siden var derfor meget marginal, men de mange strukturændringer betyder set under et en radikalt ændret situation. Tager man f.eks. udgangspunkt i København kan det konstateres at nærmeste større by (Malmø) lå 150 km væk, meget længere væk lå f.eks. Århus, Odense og Kiel, mens byer som Rostock og Szczecin lå udenfor horisonten. København lå på en ucentralt placeret ø mange hundrede km nord-øst fra de økonomiske centre i Vesteuropa. Malmø udgjorde tilsvarende en svensk provinsby trafikalt mindre centralt placeret i Europa end Stockholm. Forbindelserne gik enten via Kastrup, men forbindelserne hertil var ikke bedre end fra Stockholm, eller

via Arlanda.

Det nye kort, som tegnes ændrer ved dette billede. København, som i dag er en byregion med 1,8 mio indbyggere (HT-området) vil ligge 16 km fra Malmø-Lund, som skal opfattes som en byregion med ½ mio indbyggere. Man kan således let forestille sig som følge af den pro-aktive politik, der føres, at de to byregioner smelter funktionelt sammen. Samtidig vil en sammensmeltning naturligt komme til at omfatte, hvad man kan opfatte som den nord-østlige Øresundsregion, Ängelholm-Helsingborg-Landskrona, da der er gode forbindelser over Sundet ved Helsingborg. Hermed er grundlaget til stede for en samlet byregion med 2,6 mio. indbyggere ved Sundet, der vil kunne udgøre et samlet center i Sydskandinavien og danne naturlig modpol til Berlin. På en række centrale områder står en samlet Øresundsregion stærkere end Berlin, bl.a. på forskningsområdet.

Integrationen af befolkningscenteret omkring Øresund vil umiddelbart føre til tre effekter. Man vil få en stor region med store styrkepositioner. I nogen sammenhænge er det centralt. Det muliggør specialisering. I andre sammenhænge vil forskellene mellem Danmark og Sverige muliggøre nye aktiviteter. Endeligt ændres Malmøs geografisk position fra at ligge "bag" Stockholm, til at ligge mere centralt end Stockholm set fra Europa, samtidig med at Malmø har de københavnske faciliteter. Hermed styrkes Malmø markant i den indre svenske konkurrence.

Samtidigt knytter Storebæltsforbindelsen regionen til kontinentet. Det er et chok for mange at opdage at Danmarks trediestørste by reelt er blevet en "forstad" til Øresundsregionen. Samtidig betyder motorvejsbyggerierne af Sydskandinavien er at skrumpet voldsomt i transporttid. Reelt betyder motorvejsanlæggene Trelleborg-Gøteborg, Rødby-

Helsingør, Flensborg-Frederikshavn en halvering af transporttiden nord-syd. Samtidig halveres køretiden Lund-Esbjerg, hvortil kommer en "afstandsreduktion" på 150 km både i Sund og Bælt. Endeligt dukker Østeuropa op i horisonten og Rostock og Szczecin ligger nu ikke meget længere fra København end Malmø gjorde.

Set under et er der tale om en helt ny situation. Baggrunden for erhvervslokalisering er radikalt ændret. Både den danske og den svenske Øresundsregion ligger ikke længere perifert i Europa, og slet ikke i forhold til fremtidens udviklingsområder, f.eks. Polen, det tidligere DDR, Berlin mv.

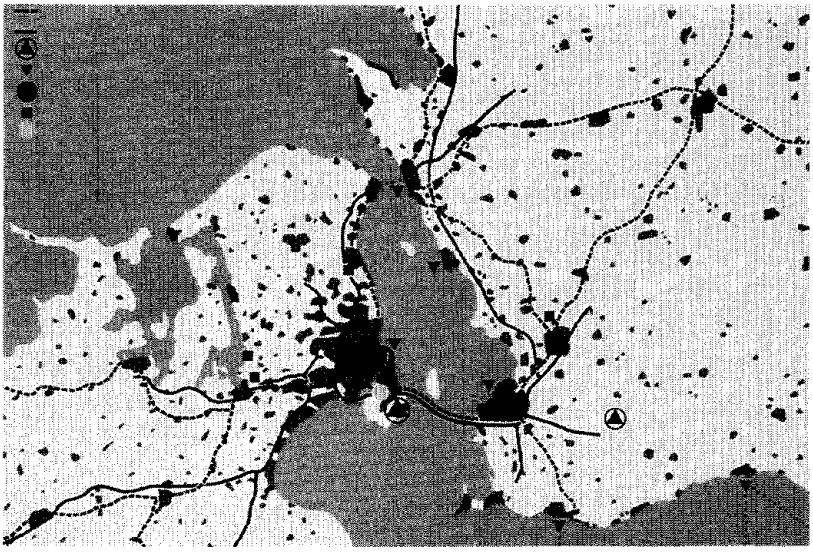
Dette er baggrunden for at man kan tale om et nyt kraftcenter i Nordeuropa. Integrationsprocessen og en ny geografi rummer store muligheder, som man bør satse aktivt på, hvis de skal udnyttes.

Adm. dir. Anne-Grethe Foss
Ørestadsselskabet
Holmens Kanal 7[4]
1060 København K.
Telefon: 33 11 17 00
Telefax: 33 11 23 01
e-mail: orestad@orestad.dk

Ørestad og Metro

af adm. dir. Anne-Grethe Foss

Ørestad og Metro



Øresundsregionen

En række byer rundt omkring i Europa har i de seneste årtier ændret udvikling. Det gælder Hamburg, Barcelona og Lille for blot at nævne nogle. Fra at være stagnerende og økonomisk svage byregioner med et erhvervsliv under afvikling, og høj arbejdsløshed og deraf følgende sociale problemer, er de blevet dynamiske, økonomisk stærke og socialt og kulturelt blomstrende byregioner med et erhvervsliv og arbejdsmarked i hastig udvikling.

For nogle årtier siden har der givetvis i disse byer været en debat, om det var muligt at komme ud af nedgangen, og om det kunne nytte at ændre kurs. Og der har sikkert været mange, som har ment, at i netop deres by kunne udviklingen ikke ændres. Retningen var lagt fast én gang for alle. Det kunne kun gå nedad. Men der har også været nogle, som troede på at det nyttede, at stagnation kunne ændres til dynamisk udvikling. I Hamburg satsede man på at ud-vikle en ny bydel og på at revitalisere det gamle centrum. I Barcelona lod man Olympiaden danne springbræt

til en satsning, hvor især kultur og kunst er katalysatorer for byens udvikling. Og i Lille satsede man med held på at blive knudepunkt for højhastighedsbanerne imellem Paris, London og Bruxelles.

For 10 år siden var København en stagnerende by, med erhvervsflugt og høj arbejdsløshed, dårlig økonomi og sociale problemer. I 1990 besluttede et bredt flertal i Folketinget, at udviklingen skulle ændres. Et år efter havde man indgået en aftale med den svenske regering om anlæg af en fast forbindelse over Øresund, og i løbet af kort tid besluttede man at gennemføre en kraftig udbygning af Københavns Lufthavn, udvikling af Københavns Havn og en massiv satsning på investeringer i uddannelsesinstitutioner og kulturinstitutioner. Med andre ord en satsning af dimensioner.

Folketingets beslutninger havde imidlertid ikke hjulpet meget, hvis ikke Københavns bystyre samtidig selv havde været parat til at vende udviklingen. København har i de forløbne år satset på at give byen en ny og dynamisk erhvervsudvikling, at nedbringe arbejdsløsheden og de sociale problemer, at give kulturen et betydeligt løft og samtidig at få styr på økonomien. Et af de konkrete projekter har været sammen med staten at udvikle en ny bydel - Ørestad - og anlægge en metro i det centrale København.

Det er denne satsning, som sammen med den økonomiske højkonjunktur nu begynder at give synlige resultater. Der er mange, der har haft travlt med at fortælle, at det ikke kunne lade sig gøre at vende udviklingen, at det ikke kunne nytte noget i København. Og der er stadig en del, som fremturer med disse hold-ninger. Men efterhånden må man vel sige, at det er vanskeligt "at bevare pessimismen". Der er kraner overalt i København. Der bygges på livet løs. Store infrastrukturprojekter og store offentlige og private byggerier er i gang og andre på tegnebrættet. Og ikke nok med at København er fuld af dy-namik. Også i Malmø satses der i disse år. Farlig konkurrence til København, vil nogen sige. Nej, et godt signal til verden omkring os om, at der er gang i hele Øresundsregionen. At det er her det sker i de kommende år. Samlet er der således for øjeblikket planlagt investeringer på omkring 70 mio. kr. i infrastruktur, undervisningssektor og kultursektor i regionen.

Det betyder ikke, at succesen nu er endegyldigt i hus, og at resten går af sig selv. Der skal arbejdes hårdt og satses meget for at fastholde og udvikle den nye kurs, men København og Øresundsregionen er i hvert fald sat i bevægelse. Nu gælder det om at holde både fart og kurs.

Ørestadsprojektet

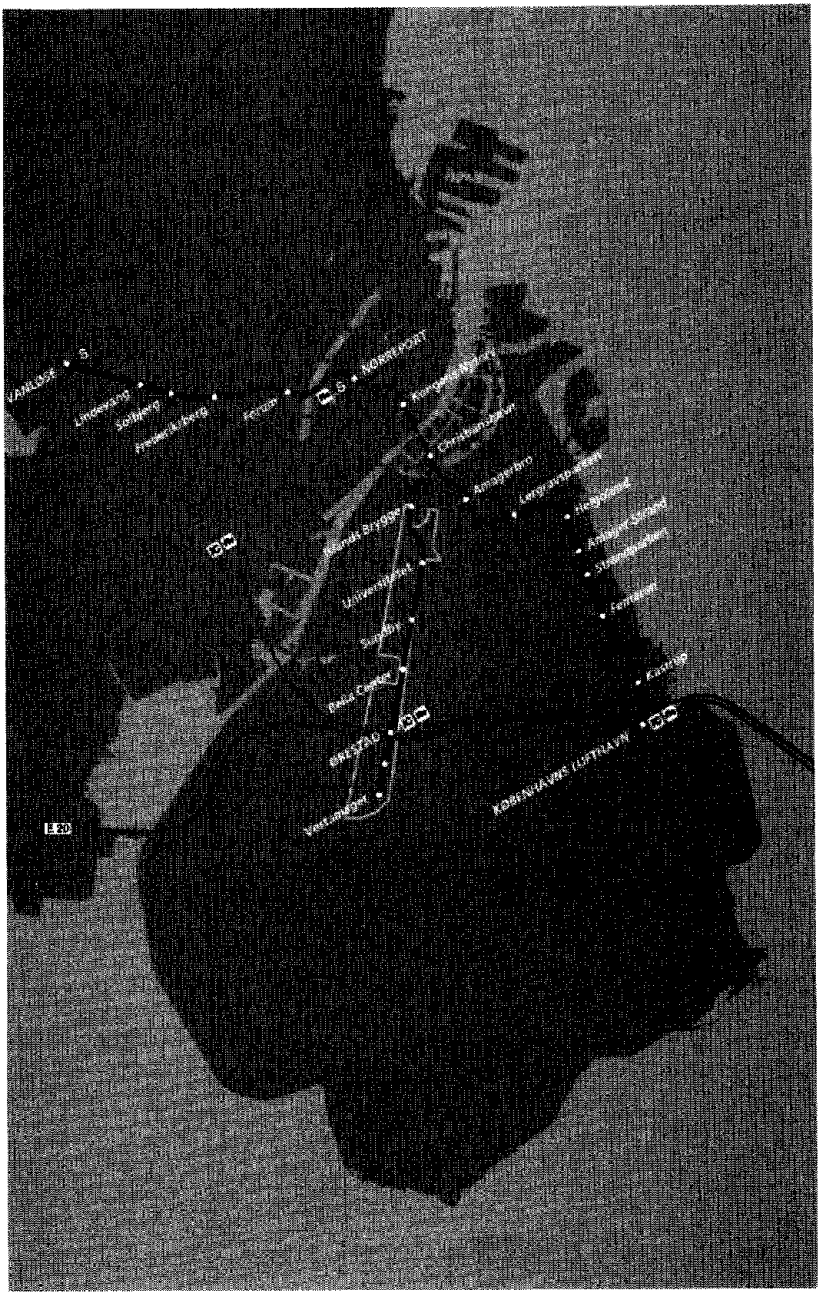
Ørestadsprojektet og metroen er kun ét element i denne satsning, men trods alt et betydeligt element. Ørestad, den nye bydel på Amager, og metroen er knyttet tæt sammen. De er så at sige hinandens forudsætninger. På den ene side skal metroen gøre Ørestad attraktiv og sikre, at en ny udvikling i København kommer til at ske på et miljømæssigt bæredygtigt grundlag. På den anden side skal salget af arealer i Ørestad medvirke til at finansiere metroen. Et godt gammelt princip kendt især fra de engelske New Towns.

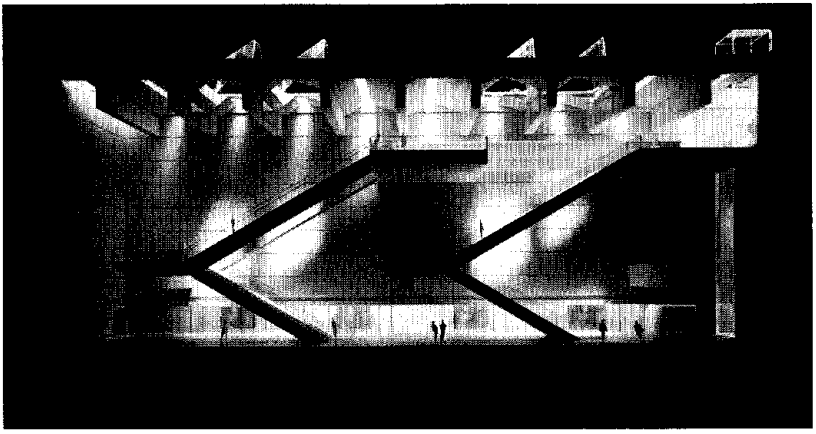
Metro

Metroen ændrer Københavns geografi. Den skal forbinde det centrale København med på den ene side Amager, hvor én gren betjener Ørestad og det vestlige Amager og en anden gren det østlige Amager og Lufthav-en. Og på den anden side Frederiksberg og Vanløse.

Metroen bliver en bane med små hurtige tog, der kører ofte, i myldretiden hvert 1 minut, hurtigt og sikkert. Togene er fuldautomatiske og førerløse, men bemandede med servicepersonale, som skal give passagererne tryghed og hjælp.

Metroen føres i en boret tunnel under det centrale København. Fra Frederiksberg til Vanløse kører metroen ad den nuværende S-banes linie. Igennem Ørestad bliver metroen højbane. Og fra Lergravsparken til Lufthavnen følger metroen den gamle Amagerbanes spor.


S
Lindevang
Solbjerg
Frederiksberg
Forum
S
NØRREPORT
Christianshavn
Amagerbro
Lergravsparken
Hedelundsvej
Amager Strand
Strandpavillon
Ferrieslund
Kastrup
KØBENHAVNS LUFTHAVN
Universitetet
Sydhavn
Bella Center
BRØNDBY
Vestamager
E 20



Der er satset meget på kvaliteten i metroen. Det gælder togvognene, der designes af en af Italiens dygtigste og mest berømte designere, Giugiaro. Og det gælder stationerne, som kommer til at stå som store enkle afklarede rum med dagslys helt ned på perronerne 18 m under gadeniveau.

Opgaven med at anlægge metroens centrale dele samt strækningerne i Ørestad har været ude i EU-licitation. Bygge- og anlægskontrakten blev vundet af det internationalt sammensatte konsortium Comet, jernbanekontrakten af det italienske Ansaldo. Kontrakterne blev indgået i oktober 1996, og anlægsarbejderne er nu synlige overalt i det centrale København.

Ved Islands Brygge forberedes starten af tunnelboringen. Boremaskinerne står allerede parate i Frankrig og vil ankomme til Danmark i oktober/november måned. Ved Stadsgraven og i Havnegade er Comet langt med arbejdet på to store skakter, hvor boremaskinerne skal henholdsvis tages op og sænkes ned igen. Dette sker for at opnå den miljømæssigt mest hensynsfulde transport af det udborede materiale og af betonelementerne med pramme til og fra Havnegade.

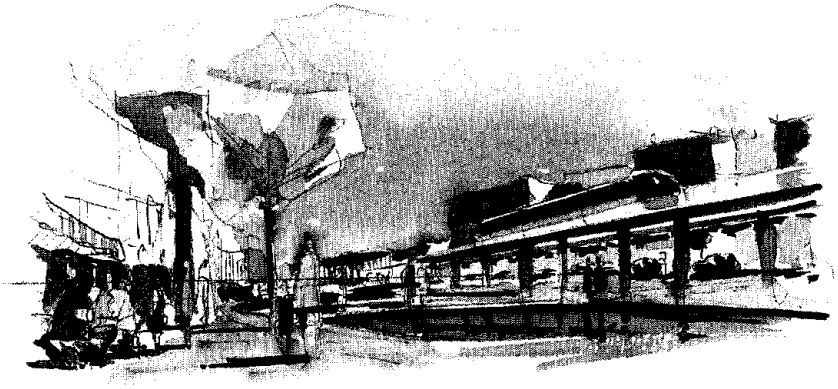
På Nørreport, Kgs. Nytorv, Christianshavn og ved Amagercentret er der gennemført arkæologiske undersøgelser og ledningsomlægninger, og stationsbyggeriet er enten ved at blive for-beredt eller i fuld gang.

Første etape af metroen - fra Nørreport til Ørestad og Lergravsparken - kan tages i brug i oktober år 2000. Den næste etape frem til Frederiksberg åbnes i maj 2001 og herefter går det videre frem til Vanløse formentlig i 2002 og til Lufthavnen i 2003.

Ørestad

Den nye bydel, Ørestad, er Københavns største og mest centrale udviklingsområde. Ørestad ligger i centrum af den kommende Øresundsregion med en station på Øresundsbanen og en tilkørsel til Øresundsmotorvejen, tæt ved Københavns Lufthavn og Københavns City. Området grænser mod vest og syd op til den fredede Kalvebod Kile.

Planlægningen af Ørestad er sket på grundlag af en international arkitektkonkurrence, som blev vundet af et hold finske arkitekter. Planlægningen er desuden gennemført i et nært samarbejde med Ørestadsrådet, hvori bl.a. de grønne organisationer er repræsenteret. Helhedsplanen for



Ørestad er derfor også blevet en grøn plan bygget op omkring vand og natur. Denne planlægning har dog først fået kød og blod i Københavns Kommunes kommuneplantillæg for Ørestad og Metro, som blev vedtaget sidste sommer.

Ørestad opdeles i mindre bydele omkring metrostationerne adskilt af grønne kiler og med hver sine karakteristika. Det gennemgående træk er et vandelement, som i forskellige udformnin-ger forløber igennem hele bydelen fra nord til syd.

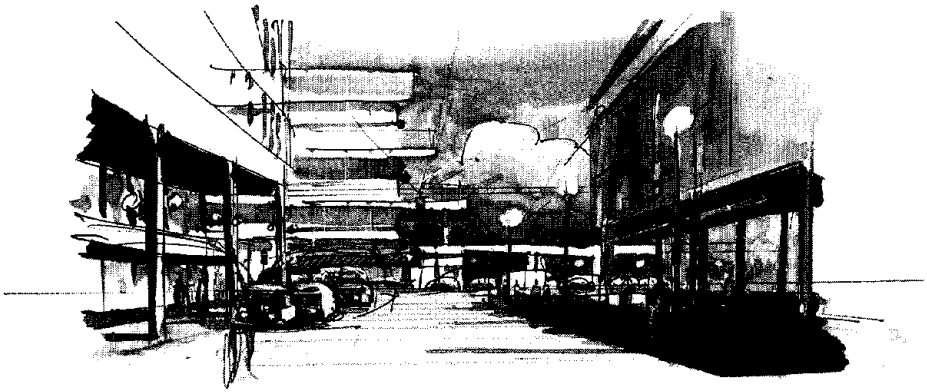
Et vigtigt element i idegrundlaget for Ørestad er ønsket om at skabe by - ikke forstad. Bebyggelsen skal være tæt, gadelivet intenst, og byen skal rumme en blanding af forskellige aktiviteter, boliger, kontorer, institutioner, butikker, underholdning, idræt etc., ligesom den skal karakteriseres af vekslende byrum og en mangfoldighed af arkitektur. Mangfoldigheden og variationen kræver stor frihed. En frihed som må afbalanceres med stramme krav til kvaliteten.

Ørestad vil blive udbygget i etaper med henblik på at sikre, at de enkelte bykvarterer gøres færdige inden for en rimelig periode. Byen må ikke komme til at opleves som en byggeplads i hele udviklingsperioden på 30-40 år.

De første byggerier i Ørestad er allerede under forberedelse, dels i den nordligste del, Universitetsområdet, dels i området imellem Øresundsforbindelsen og Bella Center, Ørestad City.

I Universitetsområdet er der gennemført en arkitektkonkurrence om et nyt Rigsarkiv på 85.000 m2, og Undervisningsministeriet er netop ved at afslutte en arkitektkonkurrence om udbygning og fornyelse af Københavns Universitet Amager (KUA). Bygningen af universitet og tilsvarende institutioner forventes på lidt længere sigt at omfatte knapt 300.000 m2 etageareal. Herudover skal der også bygges boliger og erhverv i området.

Også i Ørestad City er der forudsat en blandet bebyggelse med både boliger, kontorer, butikker, institutioner, kultur, idræt mv. Og allerede nu forberedes der større byggerier i området. Det private udviklingsselskab TK-FORAS har således købt 110.000 m2 etageareal og har option på



yderligere 110.000 m2. Forundersøgelserne er i fuld gang, således at der i slutningen af året kan udskrives en arkitektkonkurrence om første del.

Etableringen af den overordnede infrastruktur i Ørestad er også i fuld gang. Øresundsforbindelsens motorvej frem til lufthavnen åbner som bekendt meget snart, nemlig i slutningen af september i år. Nogle få måneder senere åbner vejforbindelsen imellem motorvejen og Bella Center. Dermed er der åbnet adgang til Ørestad City, således at udviklingen i marken kan komme i gang. I løbet af 1998 anlægges yderligere nogle veje samt de første dele af det gennemgående vandsystem i Ørestad.

Næste år tages også Øresundsbanen i brug frem til lufthavnen, og den første station i Ørestad åbnes på denne bane. Ørestad station er færdig og har faktisk allerede været åbnet her i sommer, da DSBs jubilæum fejredes med en udstilling af højhastighedstog fra hele Europa.

NCC Rasmussen & Schiøtz A/S
Datavej 24
3460 Birkerød
Tlf. 45 82 66 00
Fax 45 82 66 90
Mobil 40 13 79 13

Københavns Metro - Anlæg

af

Jørgen H. Spliid
NCC Rasmussen & Schiøtz A/S

Synopsis

COMET er Logoet for Copenhagen Metro Construction Group, som er det arbejdsfællesskab der den 3. oktober 1996 fik overdraget anlægsarbejderne i forbindelse med Københavns Metro.

Arbejdsfælleskabet COMET består af TARMAC - England, SAE - Frankrig, ASTALDI - Italien, BACHY - England, ILBAU - Østrig og det selskab jeg selv kommer fra NCC Rasmussen & Schiøtz.

For at kunne give tilbud på et så kompliceret arbejde som bygning af Københavns Metro, er det nødvendig, at beherske en række specialiteter indenfor anlægsområdet. Filosofien bag COMET-arbejdsfællesskabet er, at alle væsentlige anlægsmæssige færdigheder skulle beherskes af mindst en af Partnerne.

COMET-arbejdsfælleskabet er opbygget som et selvstændigt selskab, der har ansvaret for anlægsopgaven fra A-Z.

Ørestadsselskabet har valgt at udbyde entrepriserne til Metroen efter et EU-direktiv for "Design and Built" kontrakter.

Den 2. februar 1996 afgav seks konsortier deres første tilbud.

På basis af tilbudene førte Ørestadsselskabet sammen med deres rådgiver forhandlinger med de enkelte entreprenører. Forhandlingerne havde primært opklarende karakter, idet dog entreprenørerne fik oplyst deres "svage og stærke" sider.

Ud af de seks blev valgt fire, der gav et fornyet tilbud baseret på de førte forhandlinger.

Af de fire blev der udvalgt to, som blev inviteret til at afgive deres "*Final bid*" den 25. juni 1996.

På basis af det tilbud COMET afgav den 25. juni 1996, forhandlede Ørestadsselskabet og dets rådgiver COWI med COMET, således at den endelige kontrakt kunne underskrives den 3. oktober 1996.

Kontrakten er som før nævnt en "Design and Built" kontrakt, dvs. i princippet har bygherren blot defineret sine funktionskrav og bedt entreprenøren om et forslag.

Ørestadsselskabet havde dog i forbindelse med udbudsdokumenterne ladet COWI udarbejde et "Project Outline" som inspiration for de tilbudsgivende.

I det lange forhandlingsforløb var hovedemnerne valg af:

- opfyldelse af funktionskrav, arkitektonisk såvel som ingeniørmæssigt
- arbejdsmetoder for stationerne
- boremaskine og antallet af boremaskiner
- arbejdsmetoder til sikring af bygninger og miljø

Som det sikkert er alle bekendt skal stationerne - de omvendte katedraler - bygges i dele af København med meget lidt plads. Jeg tænker her især på Amagerbro Station, Chr. Havns Station, Kongens Nytorv og Forum.

Entreprenøren skal sikre, at han i forbindelse med udførelsen ikke foretager betydende grundvandssænkninger. Betydende defineres som grundvandssænkninger, der kan medføre risiko for de omliggende bygninger.

København har i princippet to adskilte vandmagasiner, et øvre og et nedre. De er teoretisk adskilte, men .....

For at undgå betydende grundvandssænkninger, besluttede COMET at injicere med en speciel cementmørtel i den øvre porøse del af kalken for, at nedsætte dennes permeabilitet. Gennem denne proces etableredes et slags "badeforhæng" omkring byggegruberne.
Byggegruberne for "katedralerne" etableres ved hjælp af sekantpæle.
En lignende teknik bruges ved nødudgangsskaktene.

Konstruktionen af cut and cover tunnelvæggene på Islands Brygge sker ved slidsvægge.

Boremaskinen som er bygget i Frankrig efter et Mitsubishi patent, er specialbygget til Københavns kalk. Den kan arbejde både i "closed mode" og "open mode" . Det vil sige, at når boring sker i porøse dele af kalken med stor vandtilstrømning, kan den arbejde under tryk.

COMET har i sin planlægning af arbejdet, bestræbt sig på, at formindske brugen af NATM - metoden, både af økonomiske men især af sikkerhedsmæssige grunde.

Hele miljøsiden med *forurenet jord, forurenet grundvand, støj, vibrationer og luftkvalitet* er et emne for sig, som kræver "sin mand".

Tunnellinieføringen går umiddelbart - syv meter - under Nationalbankens kælder, hvor seddelpressen står. Den tåler efter sigende ikke mange vibrationer.

Moe & Brødsgaard A/S
Rådgivende ingeniører
Tørringvej 7
2610 Rødovre

Beton til kulturbyggeri

Civilingeniør Christian Listov-Saabye

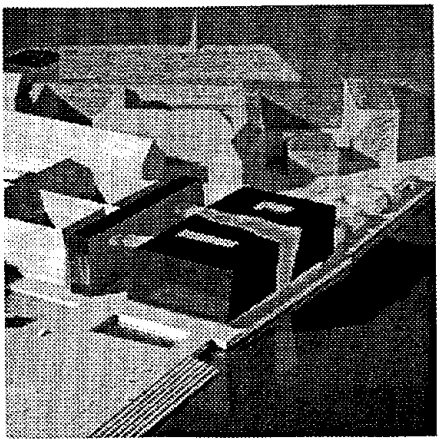
Juli 1997

Det kgl. Bibliotek, Havnefronten, København
Udbygning 1995-1998

KORT PROJEKTBESKRIVELSE

Indhold: **Side**

Civilingeniør Christian Listov-Saabye
MOE & BRØDSGAARD A/S Rådgivende Ingeniører



UDBYGNING AF
DET KGL. BIBLIOTEK,
HAVNEFRONTEN

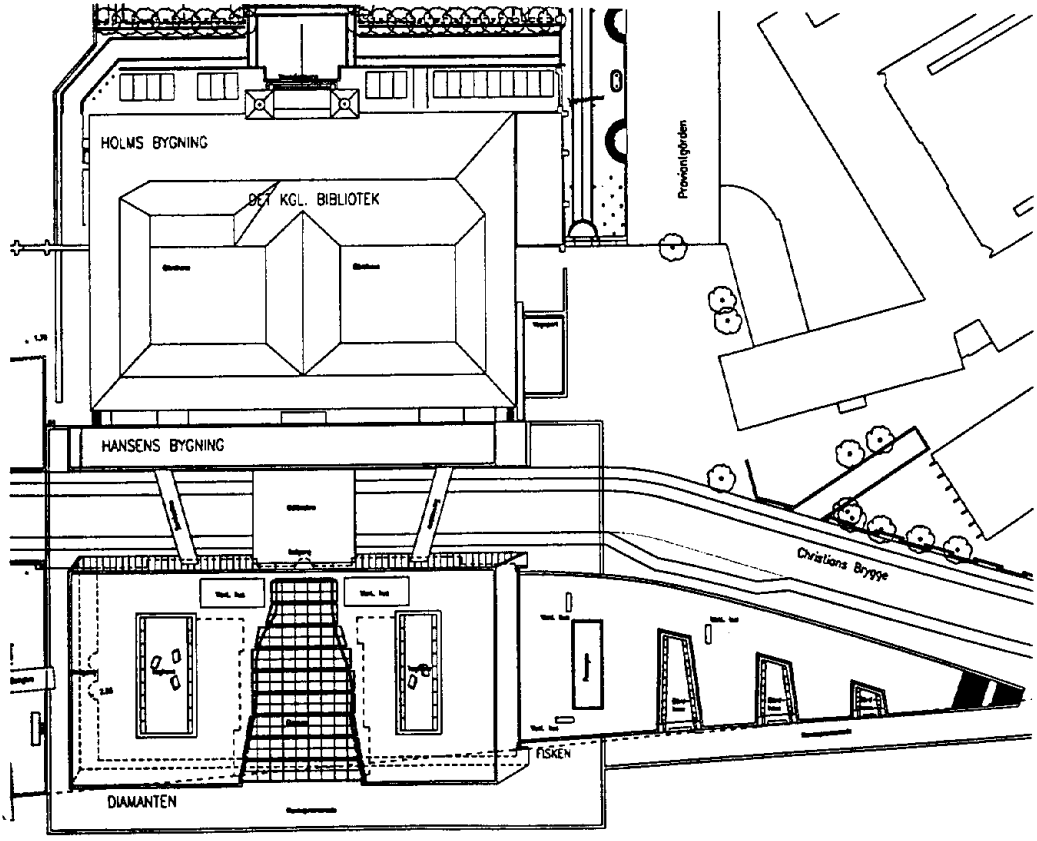
1 Byggepladsforhold

Byggepladsforholdene er overordnet set meget trange og vanskelige, med byggeri direkte op til en fordelingsgade og til havnen.

Byggepladsen er indhegnet, og forholdene ved ombygninger i Holm og delvist i Hansen-bygningen kræver særlig indhegning og adgangskontrol.

Hovedparten af den kommende plads mellem Christians Brygge og havnen inddrages som skurby, materiel- og premontageareal.

Montageforholdene er meget trænge, og det forventes, at Christians Brygge i kortere perioder helt skal spærres, og i lange perioder have et indskrænket færdselsareal.



2 Geoteknik

Funderingsforholdene på stedet kan generelt siges at være gode med kalkoverflade i kote ca. -8 à ca. -10 m overlejret af ca. 2-4 m moræneler eller grus og 7-8 m fyld. Bærende pæle og spunsvægge kan uden videre føres til moræneler eller kalkoverside, og morænelaget vil skabe en rimelig vandtæthed for udgravning og tørholdelse af byggegruberne, når der i anlægsfasen etableres en grundvandssænkning.

Tilstrømning gennem kalken med samtidig større udbredelse af den midlertidige grundvandssænkning er af Geoteknisk Institut vurderet til ikke at være kritisk, hverken for nybyggeriet eller for naboejendommene. Det har dog vist sig nødvendigt at etablere et midlertidigt infiltrationsanlæg omkring de ældste af naboejendommene (Tøjhuset, Chr. IV's Bryghus og Proviantgården).

Kalken påregnes at være meget fast og vil således være velegnet til forankring af jordankrene (fra byggegrubevæggene og til kældergulvenes forankring). Derimod kan kalkens fasthed i forbindelse med den relative høje beliggenhed af kajoverfladen give problemer for etablering af modhold forneden på kajspunsvæggen. Det kan ikke påregnes, at stålspunsjern kan rammes ned i kalken.

Fylden er af meget varierende karakter. På den øverste del (ned til kote ca. 0 à -1 m) består fylden dog af sand med moderat indhold af ler og silt, og det antages at fylden fra denne zone fra kælderudgravningerne er velegnet til opfyldning bag den nye kajspuns.

Fra udgravninger i fylden under dette niveau er der større indhold af tørv, gytje, silt, ler, tegl, træstykker m.m., og fylden regnes ikke anvendelig til ny opfyldning.

På havbunden er truffet et ca. 0,5 - 1 m tykt lag havneslam, som er forurenet.

3 Konstruktive forhold

3.1 Generelt

Opførelsen af Diamanten på den relativt lille byggeplads klemt inde mellem en hovedfærdselsåre og en kajstrækning, fordrer en gennemført planlægning af hele byggeriet, idet der ikke har være levnet mulighed for ændringer i byggetakten, hverken planmæssigt eller tidsmæssigt.

De forberedende arbejder med anlæg af byggegrube og ny kajvæg vil stort set beslaglægge hele det disponible byggepladsområde, og for de efterfølgende entrepriser må pladsforholdene fortsat betegnes som særdeles begrænsede. I nedenstående afsnit er foruden belysning af de tekniske forhold også berørt de udførelsesmæssige aspekter.

For de eksisterende kajstrækninger benævnt kaj 119-122 foreligger der for kaj 119 og 120 tegninger af kajens oprindelige tværsnit og den senere udlagte skråning af sten og brokker.

For kaj 121 og 122 er der ikke udlagt stenskråning. For disse kajstrækninger foreligger alene tegning af frontmuren.

De forberedende arbejder består af lednings- og vejomlægning, ramning af stål spunsvægge for byggegrube og nyt kajanlæg, hvorefter grundvandssænkning og udgravning kan foretages.

3.2 Nyt kajanlæg

Spunsvæggen udføres traditionelt med kraftige stålspunsjern rammet til kalkens overside og forankret med rundjernsankerbolte til ankerplader af jernbeton. Ud for byggegruben udnyttes denne dog som ankervæg. Forinden fjernes de udlagte sten foran bolværket i nødvendigt omfang. Resterende stenskråning afdækkes med ral og grus.

Den eksisterende granitfrontmur genanvendes.

For kajen ved Fisken påregnes anvendt granit fra bolværket ved pladsen.

Kajvæggen forberedes for katodisk beskyttelse, der formelt etableres efter 8-10 år og herefter kan forlænge spunsvæggens levetid til ca. 100 år.

3.3 Underbygning

Byggegruben for Diamanten og kælderen i Fisken indfattes på alle 4 sider af en kraftig stålspunsvæg med overside i kote ca. +2,0 rammet så vidt mulig til kalkens overside.

Byggegruben udgraves i 1. fase til kote -1,0 à 0,0 samtidig med etablering af en midlertidig grundvandssænkning.

Stålspunsvæggen omkring byggegruben kan i denne fase stå uden ekstra afstivning indspændt i bunden.

Inden den videre udgravning til kote ca. -4,0 ved kælderen under Diamanten og til ca. -2,3 ved Fisken skal væggene forankres. Dette sker for de 3 vægges vedkommende med skråt nedborede jordankre, mens sydvæggene forankres til kajvæggen, og der foretages opfyldning mellem kajvæg og byggegrubevæg.

Byggegrubespunsvæggene vil i den permanente situation fungere som en del af ydervæggene i kælderen. Kælderen skal udføres som en dobbelt konstruktion, hvor spunsvægge udgør den vandtættende del. Bag spunsen drænes.

Evt. skråpæle fra eksisterende kajkonstruktioner fjernes i rammeflugterne.

I den tørlagte byggegrube udføres nødvendigt piloteringsarbejde for vægge og søjler enten som rammede pæle. Der er gennemført prøveramning hvor støj og rystelser er registeret, og det er konstateret at der ikke forekommer skadelige påvirkninger af naboejendomme.

Byggegrubespunsvæggen gives ingen særlig korrosionsbeskyttelse, da fylden omkring denne vil yde tilstrækkelig sikring.

3.4 Konstruktion, Generelt

Ved en bygnings bærende konstruktioner forstås det system af dæk, vægge, bjælker, søjler, gitre og fundamenter, der understøtter og optager nyttelaste, egenvægte og naturlaste.

En del af de bærende konstruktioner er særdeles hårdt belastede, og vil derfor fremstå som et væsentligt og meget synligt element i det færdige bygværk.

Ved valg af konstruktionstyper, er der blevet lagt vægt på at optimere de bærende konstruktioner med hensyn til anlægspris, driftsomkostninger og krav til bygningsmål.

Af arkitektoniske grunde er konstruktionerne søgt gjort så små og lette som muligt. Dette er bl.a. opnået ved at benytte højstyrke-beton, stålkonstruktioner i form af lette gitterkonstruktioner og kompositkonstruktioner.

Udførelsen af bygningskonstruktioner beslaglægger en stor del af den samlede udførelsestid. Valg af konstruktive systemer og elementer er derfor blevet valgt, således at en del byggeprocesser kan udføres parallelt eller kan udføres præfabrikeret.

3.5 Konstruktioner, Fisken

Fisken består konstruktivt af bærende vægge og bærende dæk.

Bærende vægge udføres hovedsageligt af præfabrikerede jernbetonelementer. Dog udføres kerne af bygning som jernbetonvægge støbt på stedet.

Vægge i kælder er ligeledes støbt på stedet.

Bærende dæk udføres generelt som præfabrikerede huldækelementer.

Ved lette facader udføres i niveau A og B et søjle/bjælkesystem af præfabrikerede betonelementer.

Bygningens stabilitet sikres ved hjælp af de gennemgående dækkonstruktioner og de langsgående vægge.

3.6 Konstruktioner, Diamanten

Diamanten er kendetegnet ved tunge udkragede facader i forhold til bærende system af søjler og vægge.

Alle facader er skrå, således at der er varierende afstand til bærende konstruktioner.

Konstruktivt er Diamanten opdelt i 2 uafhængige bærende systemer, delt af det centrale rum (Skåret).

Det primære bærende system udføres som cirkulære søjler Ø550 mm, der generelt står i et modul på 6,6x6,6 m.

Bærende dæk udføres som paddehatdæk støbt insitu. Dæk udføres generelt som en 220 mm jernbetonplade.

Ved udkragede dæk mod Skåret og ved indskudte etager og gangbroer udføres der generelt forstærkninger af dækket ved hjælp af stålbjælker, der konstruktivt er sammenstøbt med betondækket (kompositkonstruktion). Ståldragere brandbeskyttes til BS60/BS120.

Ved dækkenes ydre begrænsning hviler dette af på bærende konstruktion til facaderne.

Som før omtalt er facaderne generelt udkragede i forhold til grundplan i niveau A. Dette betyder, at last fra ydre dækkanter og egenlast af facade skal føres ind til det bærende system af søjler og vægge. Overførsel af last fra facadeniveau etableres ved et system af gitterkonstruktioner og skråstag udført i svejste og boltede stålkonstruktioner. Ligeledes bæres de store vinduespartier af et system af gitterelementer udført i stål.

Bygningens stabilitet sikres ved hjælp af vægkonstruktionen omkring trappetårne. Fra niveau C og ned til fundamentsniveau sikres bygningens stabilitet tillige af gennemgående vægge omkring multisal og kældervægge. Stabiliserende og bærende vægge udføres generelt af jernbeton støbt in situ.

Brystninger mod Skåret og ved andre frie rande udføres i jernbeton støbt insitu.

Udlånsbroen, der spænder fra Diamanten til Hansen-bygningen, udføres af præfabrikerede betonelementer (TT-dæk). Der udføres et stålbjælkesystem til bæring af travalatoren og TT-plader. Tagkonstruktionen over udlånsbroen udføres som stålbjælkelag mellem Diamanten og Hansen-bygningen og stabiliseres vandret ved afgitring mellem bygningerne.

Den multifunktionelle sal er placeret midt i bygningen i kælderen i 3 etagers højde. Gulvet udføres med skrående gulv. Etagerne over salen er af arkitektoniske og etagehøjdemæssige grunde ønsket udført med søjler i modul 6.6 x 6.6 m (som de øvrige etager). Salen hvis indvendig bredde ca. er 18 m må ikke have søjler. Der er derfor udført meget kraftige kompositbjælker i salens loft til bæring af de ovenliggende 5 etager.

Sundlink Contractors HB
Box 50114
S 202 11 Malmö
Sverige

Betongteknologi för en beständig bro

av

Ulf Jönsson

Juni 1997

Betongteknologi för en beständig bro

Allmänt

Följande inlägg behandlar Sundlink's strategi för en beständig Öresundsbro - Ett modernt kvalitetsstyrningssystem med noggrann uppföljning kombinerat med väldokumenterade material och arbetsmetoder.

Arbetet med utformningen av Sundlink's betongteknologi började i Augusti 1994 - dvs. några månader innan anbudshandlingarna sändes ut för tunneln. En arbetsgrupp bildades med representanter från alla företag i konsortiet Sundlink Contractors (Skanska, Hochtief, Höjgaard&Schultz och Monberg&Thorsen) inkl. konsultgruppen CV (COWI + VBB/VIAK).

De erfarenheter som låg till grund för det inledande arbetet var för de olika entreprenörerna bl.a.:

Höga Kusten-bron	(Skanska)
Östbron, Storebaelt	(Hochtief)
Västbron, Storebaelt	(Skanska, Höjgaard&Schultz)
Tunneln, Storebaelt	(Monberg&Thorsen).

Under anbudsskedet satsades betydande resurser på att välja en säker betongteknologi. Bland de ämnen som studerades ingående är:

- Kvalitetsstyrningssystem
- Delmaterial till betong
- Betongrecept
- Härdningsstyrning (inkl. spricksäkerhet).

Dansk-Svensk betongteknologi

Varje land har, som bekant, sin egen betongkultur. Betongspecifikationen "Construction Requirements, Volume 2 Concrete" är en kompromiss mellan Dansk och Svensk betongteknologi. Sett från svensk utgångspunkt innehåller dokumentet ett antal nya företeelser. Däribland kan nämnas:

- väldefinierade acceptans- och kassationskriterier
- höga provningsfrekvenser för färsk betong
- projektspecifika detaljkrav på delmaterial som avviker från i Sverige tillämpad industristandard
- petrografisk analys som utvärderingskriterium för betong
- stark betoning på att förebygga risk för alkali-kiselreaktioner
- krav på att använda vattenreducerande ("plasticerande") tillsatsmedel.

Projektstyrning

I Sundlink's övergripande projektstyrningsdokument - "Operational manual" - definieras fem mål för byggandet av Öresundsbron:

- Väl inom budget
- Före utsatt tid
- Utan fel
- Med miljöhänsyn
- Utan olyckor.

Dessa fem övergripande projektmål delegeras ut i organisationen via avdelningsplaner, sektionsplaner och kvalitetsplaner för konkreta delprojekt.

På varje nivå konkretiseras hur man styr mot de fem projektmålen. Det innebär att för varje kvartal kvantifieras på sektionsnivå ett mätbart mål för vart och ett av de fem delmålen. Kvartalsvis följs målsättningarna upp och kvanitifieras. Förbättringsåtgärder definieras för nästa kvartals arbete.

ISO 9000

Kvalitetsstyrningssystemet är inbyggt i projektstyrningen. Sundlink's kvalitetsplaner är emellertid inte strukturerade enl. ISO-standarden utan följer ett upplägg som är mera ändamålsenligt för en entreprenörverksamhet. För att klara av kontraktkravet på ett ISO 9000 - system finns det en korsreferens till kapitelindelningen i ISO-standarden.

Principer för val av delmaterial och betongrecept

ÖSK's "Construction requirements" tillsammans med allmänt erkända principer för utförande av beständiga betongkonstruktioner ger begränsade möjligheter till val av delmaterial och betongrecept. Vid val av betongrecept för Öresundsbron har följande huvudprinciper gällt:

- Välkompakterad betong
- Minimerad tidig sprickbildning
- Frostbeständighet
- Motstånd mot kloridinträngning
- Uppfyllande av hållfasthetskrav

I det följande beskrivs de styrande faktorerna för val av delmaterial och betongrecept.

Välkompakterad betong

En god arbetbarhet är viktig och har uppnåtts genom:

- val av en lämplig vattenhalt
- optimering av siktkurva för ballasten
- val av lämpliga tillsatsmedel

Arbetbarheten, uttryckt som sättmått, bestäms av ett flertal faktorer:

- Transportavstånd
- Pumpning eller kran/bask
- Väder
- Krav på luftinnehåll
- Geometri och armering i konstruktionen.

Sättmått "efter pump" varierar för olika recept, och är mellan 110 och 240 mm, där det lägre vårdet gäller för luftinblandad betong och det högre värdet för ballastbetong utan luftinblandning.

Sättmått "efter blandning" varierar mellan 160 och 240 mm, för att ta hänsyn till sättmåttsförluster på grund av transporttid och väderomständigheter.

Power's omformingsmätare har använts för att optimera betongens arbetbarhet. De sättmåttsgränser som angivits ovan har bestämts genom att utgå från att betongen skall ha ett omformningstal på minst 30 slag vid den tidpunkt då den senast får vibreras i konstruktionen. Denna "livslängd" är mellan 2 och 5 mognadstimmar beroende på betongrecept och användningsområde. Normalvärdet för de betongrecept som används i huvudkonstruktionen är 2 mognadstimmar.

Minimerad tidig sprickbildning

Låg värmeutveckling är viktig och uppnås genom att:

- reducera cementinnehållet genom att använda microsilica
- reducera det totala bindemedelsinnehållet så mycket som möjligt genom en optimering av siktkurvan och tillsatsmedelsteknologin.

Minimeringen av bindemedelsinnehållet gjordes utan att ge avkall på arbetbarheten i den färska betongen. Microsilica används i slurry-form för att uppnå maximal dispergering med kortaste möjliga blandningstid.

Frostbeständighet

Följande faktorer är av stor betydelse för att producera en frostbeständig betongkonstruktion:

- kompaktering
- vattencementtal
- luftporsystem
- kvalitet på ballasten

Betongens kompakteringsförmåga är beroende av arbetbarheten (se ovan). Vattencementtalet skall vara max. 0.40, enl. specifikationerna. Kvaliteten på ballasten säkerställs genom krav på absorption < 1.0 % och petrografisk sammansättning.

Det största problemet vad gäller luftporsystemet är att åstadkomma ett stabilt sådant. För att bibehålla det luftporsystem som åstadkommits vid blandningen är det viktigt att hålla sättmåttet så lågt som möjligt, utan att äventyra arbetbarheten.

Delmaterial

Bindemedel

Lågalkaliskt portlandcement och microsilica används som bindemedel. Den snabba egenskapsutvecklingen hos de valda bindemedlen säkerställer en rationell produktionsprocess (speciellt viktigt vid klätterformsarbetena på pylonerna och pelarna till lågbron), och minskar risken för tidig sprickbildning. Den valda kombinationen är erkänd och välbeprövad, och har varit allmänt accepterad i Skandinavien för offshore-arbeten sedan 20 år.

Följande bindemedel används för Öresundsbron:

- Cement Std P Degerhamn, Cementa AB
- Elkem Microsilica slurry, Elkem Sverige AB

Ballast

Fyra fraktioner används: 0-2, 2-8, 8-16 and 16-25 mm. Maximal stenstorlek har valts till 25 mm för att säkerställa att betongen kan fylla ut även mycket hårt armerade zoner. Förutom de mycket högt ställda kvalitetskraven i specifikationerna har ytterligare krav på kubicitet ställts på makadamleverantören, för att säkerställa betongens arbetbarhet. För betongproduktionen används enbart ballast med normal densitet.

Följande material används:

Typ	Produkt	Tillverkare
Sand 0-2	Vestbirk sand	Superfos A/S
Makadam 2-25	Dalby granit	AB Sydsten

Superfos A/S har betydande erfarenhet av att leverera sand med höga kvalitetssäkringskrav för betongarbeten i södra Skandinavien. Företagets möjligheter att producera stora kvantiteter och uppfylla hårda kvalitetskrav är väldokumenterad. Sanden levereras med fartyg från Horsens hamn till arbetsplatsen i Malmö norra hamn, och lagras i upplag som rymmer sammanlagt ca 6000 ton.

AB Sydsten levererar makdam från Dalby, som är beläget ca 25 km öster om Malmö. Anläggningen är en av norra Europas största krossar för makadam till alla ändamål inom byggnadsindustrin. Sedan många år tillbaka har Dalby levererat makdam till bro- och hamnbyggen runt Öresundskusten. För Öresundsbron levereras makadam med lastbil från kontrollavsnitt som definieras, provas och godkänns i Dalby, till upplag i Malmö norra hamn vid Sundlinks betongfabriker.

Tillsatsmedel

En kombination av flyttillsatsmedel och vattenreducerare används. Luftporbildare tillsätts för betongrecept där en förhöjd lufthalt krävs. Följande tillsatsmedel har valts av Sundlink efter omfattande förprovningar med olika produkter:

Typ	Produkt	Tillverkare
Flyttillsatsmedel	Peramin F	Perstorp AB
Vattenreducerare	Conplast 212	Fosroc A/S
Luftporbildare	Peramin HPA	Perstorp AB

Perstorp AB och Fosroc A/S har valts av följande skäl:

- god erfarenhet av produkterna under tidigare genomförda projekt
- konkurrenskraftigt kvalitetet/pris förhållande
- hög tekniknivå på nära håll i avancerad betongteknologi
- dokumenterad kapacitet för att klara efterfrågad nivå på kvalitetsstyrning i stora projekt.

Tillverkning av betong

Sundlink's betongtillverkning äger rum på sammanlagt 6 betongstationer. Två stationer, med kapacitet 2x90 m^3/h är placerade i Malmö norra hamn, FIG.1.

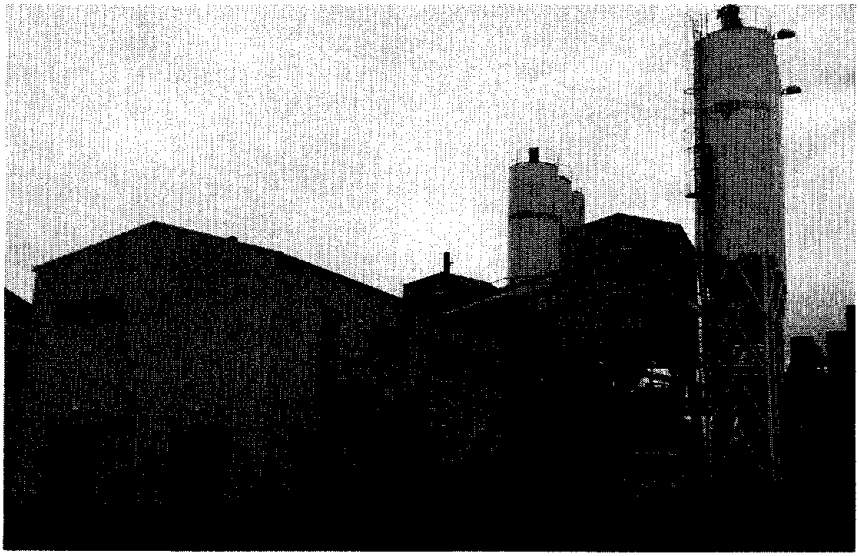


FIG.1. Sundlink's betongfabriker i Malmö norra hamn.

Dessa stationer försörjer huvudsakligen prefabriceringen av pelarskaft, kassuner och tråg med betong, samt landfästet på Lernacken. Fullskaleprov har genomförts med samtliga betongrecept, se FIG.2.

Betong till högbrons kassuner som tillverkades i Kockums-dockan levererades också härifrån. Utöver detta fungerar dessa stationer som back-up för offshore-stationerna.

Vid den östra pylonen i Öresund ligger två stationer grundlagda på en grusbädd. De är uppbyggda i princip som stationerna i Norra hamnen, men med något mindre kapacitet (2x60 m^3/h), och kompakt byggda på en pråm. En specialbyggd pråm förser offshore-stationerna med ballast och övriga delmaterial. Härifrån levereras betong till pylongjutningarna, landfästet på Pepparholmen samt alla gjutningar längs brolinjen av ballastbetong, undergjutningsbruk och betong för sammangjutning av fogar.

Brospannen till lågbron tillverkas av en underentreprenör till Sundlink i Cadiz i södra Spanien. Dragados är en av Spaniens största entreprenörer, och har byggt upp en avancerad anläggning för gjutning av betongdäcket ovanpå stålfackverket.

Dragados två betongfabriker har nominellt kapaciteten 2 x 60 m^3/h. Betongen transporteras i 2m^3-behållare via en traversbana till en isolerad och klimatiserad hall, där gjutning av brodäcket sker till full längd. Ca 1400 m^3 betong åtgår för ett spann. Produktionstakten vid full produktion kommer att vara ett spann var 14:e dag. Ett antal fullskaleprov har genomförts för att optimera gjuttekniken, FIG.3.

Samtliga fabriker har tillverkats och levererats av SKAKO A/S. De två fabrikerna i Malmö norra hamn köptes begagnade av GBC, och hade alltså tjänstgjort vid uppförandet av Östbron vid Storebaelt.

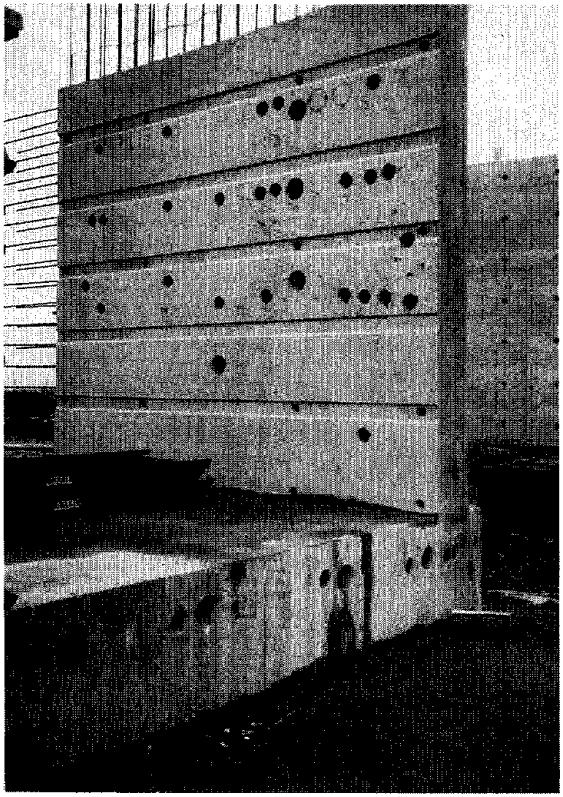


FIG.2. Fullskaleprov för landfästet på Lernacken.

Tidig sprickbildning

Förhindrandet av tidig sprickbildning i hårdnande betong är en viktig del av systemet för betonghärdning, som syftar till att säkra betongens funktionsegenskaper och beständighet. Att undvika temperatursprickor i tidigt skede kräver en god förståelse av hur betongens egenskaper, konstruktionens geometri, tvång och klimat påverkar sprickrisken.

Det måste påpekas att temperaturgradienter i sig själv inte i regel avspeglar de spänningsförhållande som genererar sprickor i tidigt skede.

Dessutom ska man komma ihåg den fundamentala betydelsen av tvång; utan tvång får man inga spänningar oavsett hur stora temperaturgradienterna är.

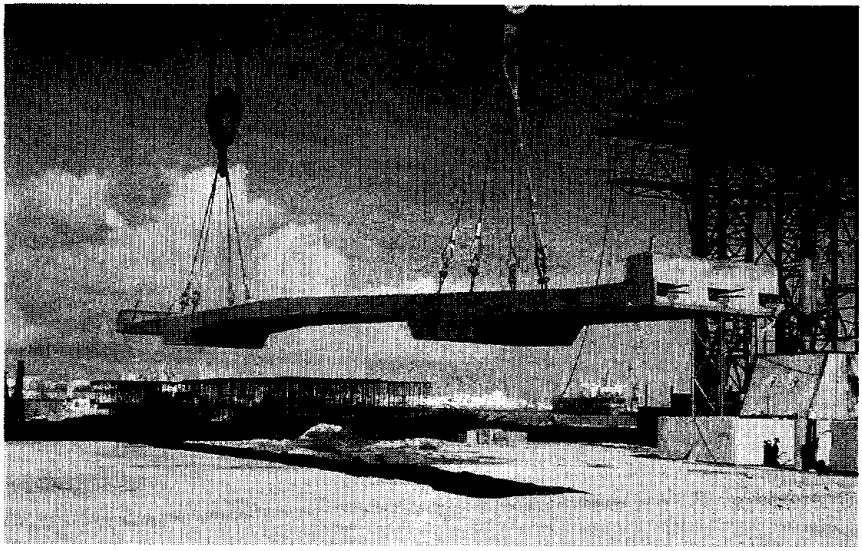


FIG.3. Ett av Dragados fullskaleprov i Cadiz.

Temperatur-differens krav mot ytsprickor

Specifikationerna föreskriver generellt en maximalt tillåten temperatur-differens på 15°C mellan yt-temperaturen och genomsnittstemperaturen i ett tvärsnitt. Detta tillämpas inte på gjutfogar, och enbart över en studerad sektion, inte mellan t.ex. ett hörn och konstruktionselementets genomsnittstemperatur.

Temperatur-differens krav mot genomgående sprickor

Som nämnts ovan uppstår temperatursprickor i ung betong vid volymändringar under tvång. Ett generellt krav på tillåten temperaturdifferens mellan nygjuten etapp och gammal betong måste därför justeras med hänsyn till graden av tvång.

Till exempel kan man, genom att modellera en konstruktionsdel i en FEM analys, uttrycka graden av tvång i varje punkt som en funktion av längd, längd/höjd förhållande och avstånd från gjutfog.

Program för simulering av temperatur- och spänningsförlopp

Simulering av tenmperaturfördelning i en betongmassa kräver oftast en 2D finita element analys t.ex. när kylrör eller värmekablar används.

För ytsprickor är spänningarna 2-dimensionella om längd-höjd förhållandet är omkring 5 eller mindre. De flesta konstruktionsdelarna i Öresunds-bron har, emellertid, ett längd/höjdförhållande som överstiger 5, vilket gör att spänningsfördelningen kan modelleras genom en 1D eller 1.5D-analys. Detta förfarande har tidigare använts t.ex. vid Storebälts Västbro.

Vad gäller genomgående sprickor, som orsakas av tvång i förhållande till gjutfogar, tenderar sprickor att uppstå i centrala delar av gjutetappen, d.v.s. i zonen med maximalt tvång. I sådana fall är huvudspänningen dominant och parallell till gjutfogen, vilket innebär att spänningstillståndet i huvudsak är en-dimensionellt.

Det innebär att för analys av spänningssituationer som i huvudsak är en-dimensionella kan man använda 1.5D eller 1D-program för spänningsanalys. Detta speciellt eftersom de materialegenskaper som man bestämmer i laboratoriemiljö idag baserar sig på en-dimensionella spänningstillstånd.

Ett antal program utvärderades. För temperaturanalys: CIMS-2D, HACON-T (2D) or HETT-2D och för spänningsanalys CIMS-2D, HACON-S (2D) and TEMPSTRE-N (1D, 1.5D). Till slut valdes CIMS 2-D av Sundlink pga att det var det enda program som klarade samtliga krav i specifikationerna , och som gav beräkningsresultat som enligt Sundlinks erfarenhet avspeglade den verkliga sprickrisken för de konstruktionselement som ingår i Öresundsbron.

Temperaturstyrning

Provningar och simuleringar

Laboratorieprovningar för att bestämma värmeutveckling, krypning och krympning, samt övriga egenskapsutvecklingar i tidig ålder har genomförts. Dessa indata används sedan i datorsimuleringar för att bestämma temperatur-, och spänningsutveckling i konstruktionen. Simuleringar görs för alla de randvillkor som kan uppträda i form av klimatdata och tvång. Resultatet av simuleringen ger hur konstruktionen skall efterbehandlas med hänsyn till ev. isolering eller användande av ingjutna kylrör/värmetrådar, för att förhindra sprickbildning.

Informationen omvandlas till en härdningsinstruktion med detaljerade anvisningar och checklistor för utförandet.

Kylning/uppvärmning

Kylsystemet baseras på stålrör med en diameter av 25 mm, tjocklek 1.5 mm, med böjar av armerad plastslang eller bockade stålrör. Längden mellan in- och utlopp begränsas för att minska temperaturstigningen i en slinga till 2-3°C.

Värmekablar placeras nära gjutfogar i vissa fall för att minska risken för ytsprickor.

Utförande

Yt- max.- och genomsnittstemperaturen i ett tvärsnitt mäts och beräknas utgående från 5 mätpunkter. I anslutning till gjutstället övervakas de temperaturskillnader som är kopplade till krav i härdningsinstruktionen.

Det är av största vikt att snabba ändringar i lufttemperatur de första dygnen efter gjutning inte leder till snabba och stora ändringar i den nygjutna betongens yttemperatur. Därför används formytematerialet, isolermattor och presenningar av olika slag för att skydda betongytorna, så länge det är nödvändigt. Det är dock praktiskt mycket svårt att alltid klara av detta arbetsmoment.

Systemet för övervakning av temperaturutvecklingen i den nygjutna betongen har levererats av Translog, där mjukvaran utvecklats av DTI. Utrustningen

med tillhörande mjukvara möjliggör en kontinuerlig övervakning on-line av just de temperaturskillnader som är kopplade till krav i härdnings-instruktionen. Förutom dessa mätpunkter övervakas också kontinerligt lufttemperaturen samt in- och utgående temperatur i kylvattnet.

Dataloggers placeras i anslutning till varje gjutställe. Termoelement placeras enligt härdningsinstruktionen och kopplas till dataloggern.

Dataloggern kopplas till en PC som är placerad på platskontoret, varifrån övervakningen av gjutningen kan ske.

Mognadsutveckling

Varje mätpunkt för temperaturen utgör också ett ingångsvärde till en beräkning av betongens mognadsutveckling och där tillhörande hållfasthets utveckling. Mognads-, och hållfasthetsutvecklingen övervakas på samma sätt som parametrarna som styr risken för tidig sprickbildning. Grafer som visar mognads-, och hållfasthetsutvecklingen visas också on-line, och utgör ett verktyg för bedömning av tidpunkt för avslutning av uttorkningsskydd, avformning, uppspänning m.m.

ØRESUND TUNNEL CONTRACTORS I/S
Kystvejen 23
2770 Kastrup

Øresundstunnelen - udførelse og betonkrav

af

Civilingeniør Lars Lundberg

juli, 1997

ØRESUND TUNNEL CONTRACTORS I/S
Kystvejen 23
2770 Kastrup

Udførelse

Kontrakten mellem Øresundskonsortiet - ØSK - og Øresund Tunnel Contractors I/S - ØTC - blev underskrevet i juli 1995.

ØTC er et konsortie bestående af NCC AB, Sverige, som er sponsor samt DUMEZ-GTM SA fra Frankrig, John Laing Construction Ltd. fra England, Boskalis Westminster Dredging bv fra Holland og E. Pihl & Søn A.S. fra Danmark.

Kontrakten er på DKK 3,765 mill. og skal udføres på 5 år - altså være færdig i sommeren år 2000 - og omfatter i alt udstøbningen af 700.000 m3 beton, som gør tunnelarbejdet enestående i størrelse. De 3,5 km længde af sænketunnelen kombineret med dens 42 m bredde gør den til verdens største sænketunnel. Det er denne unikke egenskab der har gjort det rentabelt for ØTC at bygge en vejrsikker produktionsenhed til støbning af tunnelsegmenterne.

Produktionsenheden fungerer ved brug af princippet om trinvis støbning, der blev udviklet for første gang for over 30 år siden til brug ved fri frembygnings brobygningsmetoden. Dette involverer støbning af adskilte segmenter på et permanent støbefundament og efter en hærdningsperiode bliver segmentet skubbet væk fra støbefundamentet, således at det næste segment kan støbes på samme fundament. Bilag 1 viser en skematisk plan af produktionsfaciliteten.

SEGMENTSTØBNING

Det første skridt efter bestemmelsen om at bruge den trinvise støbemetode var at definere en standardstørrelse på segmenterne. Efter vurdering af adskillige muligheder blev den totale tunnellængde opdelt i 20 elementer på hver 175,4 m og hvert element blev underopdelt i 8 segmenter på ca. 22 m længde. Der er således i alt 160 tunnelsegmenter der hver vejer ca. 7.000 tons.

Københavns Nordhavn blev valgt som det område hvor støbningen af elementerne skulle finde sted. Området blev valgt pga. dets tætte placering til tunnellinien i Drogden og fordi de tilstedeværende topografiske egenskaber passede nøje ind i de rammer der var afstukket for den planlagte udvikling af støbe- og søsætningsfaciliteterne.

Det første mål i planlægningen af støbeområdet var at udvikle en systematisk, gentagende støbecyklus for tunnelelementerne. De fire trin i støbecyklus definerede de påkrævede systemer:

1. Præfabrikation og flytning af armeringsbure
2. Automatisk formsystem
3. Betonblandestation, levering og placering
4. Flytning af tunnelsegmenter

Samlingen af armeringen foregår i en lukket bygning - 260 x 35 m - der betjenes af tre kraner. Hvert tunnel-segments armering præfabrikeres som en enhed.

Vægpanelerne blive som de første samlet og derefter monteres disse direkte på bundpladens armering. Når hele buret er færdigt bliver det skubbet ind i et område mellem monteringsområdet og støbeområdet.

Formsystemet består af tre hydraulisk betjente komponenter: 1. bundformen, der kan bevæges lodret, 2. den ydre tunnelform, som kan bevæges vandret, og 3. den indre tunnelform, som kan bevæges overlangs på et bjælkesystem inden i hvert af de fem tunnelrør.

Betonblandestationen og leveringssytemet er projekteret til at støbe typiske segmenter på 2.700 m3 i en uafbrudt støbeprocess på 24 timer. For at sikre fortløbende og uafbrudt udstøbning af betonen er der to blandestationer med en kapacitet på hver 150 m3/t placeret ved siden af støbehallen. Betonen pumpes direkte fra stationen ind til støbehallen og placeres i formene med fire fordelerarme.

Der er to produktionslinier til støbning af tunnelsegmenterne. Hver produktionslinie er placeret over seks bjælker der fungerer som skinner til horisontal flytning af tunnelsegmenterne fra støbefundamentet ud til det øvre slusebassin. Betonbjælkerne, der er placeret direkte under hvert af de seks vægge i tunnelens tværsnit, er funderet på betonpæle der er rammet ned i Københavnerkalken.

Under flytningen bliver tunnelsegmenterne støttet af 36 hydrauliske donkrafte placeret i 3,65 m intervaller langs glidebjælkerne. Donkraftene er projekteret således at niveauforskellen langs glideskinnerne ikke forårsager uacceptable påvirkninger af tunnelelementerne eller støttebjælkerne. Donkraftene er forbundet til tre separate hydrauliske kredsløb, der derved giver en tre-punkts understøtning af hvert tunnelelement. I hvert kredsløb er der en hydraulisk akkumulator der giver hver støttepunkt en veldefineret fjederkonstant og en jævn støtte til hele tunnelelementet.

Bunden af alle hydrauliske donkrafte er dækket af en polythelen plade (PEHD). Denne plade glider på en epoxybelægning der udlægges på toppen af bjælken. Overfladen mellem PEHD og epoxybe-lægningen er smurt med silikonefedt.

Segmenterne skubbes frem af seks donkrafte med en sammenlagt kapacitet på 3.000 tons. Hver donkraft skræver over en af de seks bjælker og er fastgjort til disse med en spændedonkraft, der presser på siden af bjælkerne. Alle seks donkrafte er forbundet til et hovedkontrolpanel for at sikre en jævn bevægelse af tunnelsegmenterne. Horisontal kontrol opnås ved et separat ledesystem, der med en horisontal kraft kan holde tunnel-elementet på den rette kurs.

SØSÆTNING AF TUNNELELEMENTER

Det andet hovedmål ved planlægningen af støbepladsen var at sikre at støbecyklus kunne foregå fortløbende. ØTC indså allerede tidligt i planlægningsfasen at den eneste måde til at opnå dette var at holde støbecyklus fuldstændigt adskilt og uafhængig af tilrigningen og søsætningen.

Denne adskillelse blev opnået ved at forlænge glidebjælkerne ind i sluseområdet og derved adskille det færdige element fra produktionen.

Forlængelsen af glideskinnerne til 285 m muliggør, at et færdiggjort 175,4 m langt tunnelelement kan skubbes ind i slusen, mens der stadig er mere end 100 m glideskinne til fortsat støbning af yderligere fire tunnelsegmenter på hver støbelinie.

Slusens primære funktion er at fungere som aflukke til søsætning af tunnelelementerne fra positionen oven på glidebjælkerne i kote +1.0 m ned til en flydedybde på -8,5 m ved havoverfladen.

Slusen er opdelt i et øvre og et nedre bassin. Det øvre bassin bruges til tilrigning og er i samme niveau som støbehallen. Det nedre bassin er på samme niveau som den uddybede sejlrende, der forbinder slusen med kranløbet, og er hele tiden fyldt med vand. Hele slusen er omgivet af jordvolde med toppen i kote 10.2 og med porte i hver ende der separerer slusen fra hhv. Øresund og støbeområdet.

KONSTRUKTIONSSEKVENS

Det første tunnelsegment bliver støbt på den permanente udstøbnings-plads, jvf. bilag 2, og derefter skubbet langs glidebjælkerne ind i hærdnings-området. Det næste segment bliver derefter støbt samme sted mod det første segment. Begge segmenter bliver derefter skubbet langs skinnerne og fritstiller således støbepladsen til støbning af det næste segment, osv.

Denne støbeprocess fortsættes indtil de otte segmenter der udgør et tunnelelement alle er blevet støbt. Det komplette tunnelelement skubbes derefter langs skinnerne ind i sluseområdet.

Tilrigningen består af installering af:

1. ballasttanke
2. Gina tætning
3. midlertidige skot
4. sammenspænding af segmenterne
5. udstøbning af en del ballastbetonen
6. forberedelse af det elektrisk-mekaniske arbejde

Efter tilrigningen lukkes både flyde- og glideport og bassinet bliver fyldt op til niveau 9,9 m over havoverfladen ved at pumpe havvand ind i bassinet.

De to flydende elementer bliver derpå trukket fremad indtil de er placeret over den dybe del af bassinet, hvorefter vandstanden sænkes derefter til samme niveau som havoverfladen.

De to elementer bliver derefter fortøjet i den dybe ende af bassinet til endelig tilrigning før transport og nedsænkning. Dette arbejde inkluderer trimning og installering af udstyret til brug ved nedsænkningen på tunnelens overside.

PRODUKTION

Et tunnelsegment støbes på hvert støbefundament hver uge og det vil tage otte uger at færdiggøre et tunnelelement på hver produktionslinie. Støbningen er baseret på en 5-dages arbejdscyklus inkl. ca. 52 timer til hærdning for at opnå den nødvendige styrke og kontrol af temperaturudviklingen før segmentet skubbes ud fra støbepladsen.

Efter færdiggørelse af de otte segmenter bliver tunnelelementerne skubbet 100 m ind i slusen til tilrigningsposition. Disse 100 m tillader at støbeaktiviteterne fortsættes i fire 1-uges støbecykluser mens de to færdiggjorte tunnelelementer bliver tilrigget og søsat.

UDFLÅDNING OG PLACERING AF ELEMENTERNE

Bugseringen af tunnelelementerne fra Nordhavnen til den endelige placering i tunnellinien sker via Drodgenrenden - en tur på ca. 10 km.

Der skal bruges et vejrvindue på 72 timer, og til dette formål har ØTC i samarbejde med DHI udviklet en edb-model, som dækker dette krav.

Kravet til vejrvinduet er

-	max. strømhastighed	1 m/sek.
-	max. vindhastighed	13 m/sek.
-	max. bølgehøjde	1 m
-	min. sigt på	1.500 m

Indenfor den angivne periode skal elementet slæbes til tunnelrenden med 4 slæbebåde - 2 foran og 2 bagved - drejes ind i tunnelrenden og forhales langs denne til den endelige placering.

For at holde operationen indenfor den snævre ramme har man valgt et system af ankerplatforme - ni i alt - som muliggør et hurtigt skift af position af ankrene og dermed reducere tiden til varpring af elementet til den endelige placering.

Elementets position bestemmes indenfor få centimeter ved hjælp af det internationale satelitsystem GPS. Via to tårne monteret på elementet bestemmes den korrekte position, og elementet sænkes på plads.

Under nedsænkningen hænger elementet i 2 pontoner - elementets vægt er ca. 900 tons - og affiringen dirigeres centralt så elementet kommer nøjagtigt ned i den ønskede position.

Den endelige tætning mellem elementerne sker med en såkalt GINA-fuge, som presses sammen af vandtrykket på enden af det sidste placerede element.

På indersiden af fugen monteres derefter yderligere en tætning af gummi, en såkaldt Omegafuge.

Betonkrav

De betoner der anvendes ved konstruktionen af Øresundstunnelen skal opfylde dels de krav der er formuleret i bygherren, ØSK's tekniske specifikation dels de krav der hidrører fra ØTC's egne udførelsesmetoder.

Den beton, type A, der benyttes ved fremstillingen af tunnelelementer i Københavns Nordhavn skal opfylde krav der er meget forskellige fra de krav der stilles til den beton, type B, der bruges ved støbningen af de to tunnelramper ved Kastrup og på den kunstige ø.

De vigtigste krav til de to betontyper er opstillet i skema 1. Der er udviklet visse varianter af de to hovedtyper men for overskuelighedens skyld behandles i det følgende alene disse to.

Betonkrav	**Type A** **Tunnelelementer**	**Type B** **Ramper**
Generelle egenskaber	- meget høj bearbejdelighed - justerbar afbindingstid - Præcis densitet - hurtig styrkeudvikling	- "normal" bearbejdelighed - frostbestandighed
Vand/cementforhold	< 0,40	< 0,45
Cementindhold	> 275 kg/m3	
Flyveaskeindhold	< 15% af pulver	
Mikrosilicaindhold	< 5% af pulver	
Pulverindhold	> 340 kg/m3	
Choridindhold	< 0,01% af pulver	
Alkaliindhold	< 3,0 kg/m3	
Trykstyrke, fck.	40 MPa	35 MPa
Luftindhold, hærdet beton	ingen krav	> 3,0%
Frostbestandighed, SS137244	ingen krav	< 1,0 kg/m2
Strukturanalyse, hærdet beton	Fuld skala forsøg er reference	

Ved beregning af vand/cementforholdet indgår flyveaskeindholdet med aktivitetsfaktoren 0,3 og mikrosilicaindholdet med aktivitetsfaktoren 2.

Kravene til frostbestandighed (kun type B beton) er formuleret sådan at afskalningen efter 56 cykler i det lange løb skal holdes under 0,5 kg/m².

Ved for-prøvningen af betonrecepter er grænsen 0,3 kg/m².

I det følgende beskrives udviklingen af og nogle af erfaringerne med de to betontyper separat.

Betontype A. støbning af tunnelelementer og generelle betonkrav

En helt speciel støbeteknik er valgt ved fremstillingen af tunnelelementer.

Et tunnelelement består af 8 segmenter på hver 22 meter. Et helt segment, ca. 2700 m³, støbes i løbet af ca. 30 timer.

Bundpladen støbes først, dernæst yder- og indervægge og tilsidst støbes dækpladen, det hele i en kontinuerlig arbejdsgang. Støbningerne foregår indendørs i en stor hal og på to produktions-linier. På hver linie støbes én gang om ugen og efter nødvendig hærdetid skubbes den færdige del af elementet 22 meter frem på produktionslinien. Der gøres dernæst klar til en ny støbning på samme sted.

Den udstøbte beton køles ikke.

Deformationerne, der er en følge af betonens varmeudvikling, forårsager ikke revnedannelse. Dette skyldes især to forhold.

Den næsten samtidige støbning af alle dele af et segment gør at deformationen forløber næsten samtidigt i hele segmentet. Dernæst kan segmentet i sin helhed deformere sig næsten frit da der stort set ikke er fastholdelse til andre konstruktioner.

Der støbes op imod det tidligere støbte segment men fugen, inkl. fugebånd og forskydningslås, er udformet så bevægelser segmenterne indbyrdes kan finde sted med kun lav friktion. Støbeskellet er helt glat og der er ingen gennemgående armering. De 8 segmenter der udgør et element holdes sammen af efterspændte kabler. Friktionen ved segmentets understøtninger er ligeledes meget lav. Dette er nødvendigt af hensyn til skubningen af den færdige del af elementet hen ad produktionslinien.

Den nødvendige sikkerhed mod revnedannelse er eftervist ved temperatursimuleringer og spændingsberegninger udført af det hollandske firma Intron.

Et af resultaterne af spændingsberegningerne var kravet om en vis mulighed for at kunne justere betonens afbindingstid i de forskellige konstruktionsdele.

Støbemetoden, med den meget komplicerede støbeform, stillede krav om en meget høj bearbejdelighed. I visse områder f.eks. under service-galleriet er adgangen til placering og vibrering af betonen stærkt begrænset.

Den hurtige produktionscyklus, et segment pr. uge på hver produktions-linie, krævede en relativ hurtig styrkeudvikling i betonen.

En forudsætning for udsejling og nedsænkning af elementerne var relativt små tolerancer for variationer på densiteten.

Beton type A, udvikling

Det var oprindeligt meningen at anvende højovnsslaggecement ved fremstillingen af tunnelelementerne.

Den langsomme varmeudvikling under hærdningen er gunstig og holdbarheden af en slaggecementbeton i marint miljø er velkendt.

Et problem var imidlertid den langsomme styrkeudvikling der gjorde det svært at opfylde målet om et segment pr. uge pr. produktionslinie. ØTC blev på et relativt tidligt tidspunkt gjort bekendt med visse undersøgelser foretaget på Det tekniske Universitet i Luleå, Sverige. Man havde undersøgt risikoen for revnedannelse i ØTC's tunnelelementer dels ved anvendelse af slaggecement og dels ved anvendelse af Portland cement i betonblandingen.

Formålet var alene en sammenligning af de to forskellige cementtyper ved den specielle støbemetode der var valgt af ØTC. Undersøgelsen konkluderede at brug af Portland cement gav mindre risiko for revnedannelse end brug af slaggecement. Resultatet overraskede ØTC og det blev besluttet omgående at undersøge sagen til bunds.

Seks forskellige betonblandinger blev testet i laboratoriet. Testningen omfattede alle de egenskaber der har betydning for en beregning af risikoen for revnedannelse under hærdeforløbet. De seks, iøvrigt ligeværdige betonblandinger, kan kort beskrives som følger:

1a: Slaggecement + tilslag type 1
1b: Slaggecement + mikrosilica + tilslag type 1
1c: Slaggecement + tilslag type 2
2a: Portland cement type 1 + flyveaske + tilslag type 1
2b: Portland cement type 2 + flyveaske + tilslag type 1
2c: Portland cement type 1 + flyveaske + tilslag type 2

Alle betonblandingerne på nær 1b opfyldte kravene til beton type A. Bygherrens tekniske specifikation tillader ikke mikrosilica sammen med slaggecement.

To forskellige typer tilslag blev inkluderet i testningen idet det blev antaget at de to typer ville give betonerne forskellige tøjningskapaciteter. Som forventet var såvel varmeudvikling som styrkeudvikling relativ langsom når betonen indeholdt slaggecement.

Fig. 1 viser de seks trykstyrkeudviklinger.
De fuldt optrukne linier repræsenterer de tre blandinger med slaggecement. Især i starten er slaggecementen langt efter Portland cementen.

Trækstyrkeudviklingerne udviste den samme tendens. Se Fig. 2.

Fig. 3 viser udviklingen af E modulet.
Her er de fire blandinger med tilslag type 1 vist med fuldt optrukne linier. Tilslag type 2 giver klart den laveste E modul uanset pulvertype.

Intron blev nu bedt om at gentage temperatur og spændingsberegninger for ØTC's tunnelelementer med input data fra hver af de seks betonblandinger.

Resultatet af disse forsøg og beregninger kan sammenfattes som følger:

- Risikoen for revnedannelse var ganske lidt højere ved brug af Portland cement/flyveaske sammenlignet med slaggecement (alt andet lige).

- Risikoen for revnedannelse var markant lavere ved brug af tilslag type 2 sammenlignet med tilslag type 1 (alt andet lige).

- Trykstyrkeudviklingen ved brug af slaggecement var for langsom til at ØTC's produktionscyklus, et segment pr. linie pr. uge, kunne overholdes.

Det blev, baseret på ovenstående, besluttet at anvende Portland cement, flyveaske og tilslag som type 2. ØTC's produktionsanlæg i Nordhavnen blev udbygget til flyveaske-dosering.

Da forprøvningen af betonrecepter på byggepladsen kom igang blev også recepter med mikrosilica undersøgt. Det blev hurtigt klart at et vist indhold af mikrosilica var nødvendigt i den meget flydende beton. Mikrosilica forbedrede også betonens evne til at modstå chloridindtrængning markant. Produktionsanlægget blev igen udbygget, denne gang til mikrosilica-dosering.

Betonen til tunnelsegmenterne skulle pumpes direkte fra fabrik til støbehal.

To stk 3m³ betonblandere skulle føde to stk. 9 m³ friskbeton-siloer. Herfra skulle ialt 4 stk. pumper gennem op til ca. 300 meter lange

pumpeledninger føre betonen til fordelermasterne i støbehallen. Dette transportsystem gjorde styring og kontrol af den friske beton iht. reglerne i bygherrens tekniske specifikation umulig. På grund af dette forhold, samt af hensyn til en præcis kontrol med den udstøbte betons densitet, blev det besluttet ikke at anvende luftiblanding i type A betonen. Uden luftiblanding blev kontrol af luftindhold uinteressant. (Målinger foretages dog løbende).

Styring og kontrol af den friske betons bearbejdelighed blev klaret ved blandemaskinernes wattmetre. Relationen mellem Wattmetervisning og sætmål/udbredelsesmål blev etableret i løbet af forprøvningsperioden.

Bearbejdeligheden beskrives i det følgende ved sætmålet selvom det er klart at sætmålet ikke er egnet til egentlige flydebetoner som den af ØTC udviklede type A. Det er imidlertid det mål for bearbejdelighed som de fleste kan relatere sig til. Iøvrigt viste det sig muligt at etablere en fin relation mellem sætmål og udbredelsesmål.

ØTC valgte til plastificering af betonen et produkt kaldet MEL/STAB 21. Produktet er sammensat af 2 dele ren melamin og 1 del stabilisator, et etyhlen-derivat som tilfører betonen tixotrope egenskaber.

Til justering af afbindingstiden blev valgt en retarder, et natrium glykonat.

Sætmålet, umiddelbart efter blanding, er typisk 220 - 250 mm. Efter pumpning er denne bearbejdelighed typisk reduceret til 170 - 200 mm. Betonen kan let udstøbes med kun beskeden brug af vibratorerne.

Den endelige recept som den bruges idag i produktionen er vist som Fig. 4. Da hver retarderdosering har sit eget "mix design" findes flere tilsvarende med andre retardermængder anført.

Det har vist sig at være svært præcist at kontrollere afbindingstiden. Gentagne målinger med dages mellemrum, med samme retardermængde, kan variere relativt meget.

Revnedannelse under hærdeforløbet er generelt helt undgået på trods af den manglende køling af den udstøbte beton.

I sommerperioden afkøles blandevand og tilslag på blandestationerne for at holde den friske betons temperatur under 22°C. Denne lette afkøling (uden ville betonen måske nå 27°C på en varm sommerdag) har intet med risikoen for revnedannelse at gøre. Formålet er udelukkende at holde den maksimale temperatur under afhærdningen under 65°C.

Betontype B, støbning af tunnelramper og generelle betonkrav

Tunnelramperne består af relativt traditionelle in situ-støbninger af bundplader, vægge og vægge/dæk-afsnit.

De største støbninger er på ca. 1700 m^3. Betonen transporteres i rotervogne og udstøbes med pumper.

En dobbelt betonfabrik er etableret både ved Kastrup-rampen og på den kunstige ø. Der er ingen lang transport fra fabrik til støbested.

Forholdene for udstøbning og vibrering af betonen er generelt gode.

Revnedannelse undgås ved køling i nødvendigt omfang af den udstøbte beton med indstøbte kølerør.

I ramperne er betonen udsat for frost og luftiblanding er derfor obligatorisk. Slaggecement må, iflg. bygherrens tekniske specifikation, ikke anvendes i en betontype B udsat for frost.

Betontype B, udvikling

Det var fra starten meningen at komponere betontype B som en 3-pulver-blanding med Portland cement, flyveaske og mikrosilica. Dette var oplagt bl. a. fordi næsten hele betonproduktionsanlægget blev overtaget direkte fra Østbroen, Storebælt. Flyveaske og mikrosilica kunne doseres uden videre foranstaltninger.

Forprøvningen kom til at fokusere meget på luftporestrukturen i den hærdnede beton og dennes frostbestandighed. Ved valget af tilslag blev erfaringerne fra betontype A udnyttet. Det tilslag der anvendes i betontype B er ikke det samme som i type A men E-modulet er også relativt lav for denne beton.

Kravet til bearbejdelighed var "normalt". Sætmålsgrænser lige efter blanding endte med at blive 100 - 160 mm og efter pumpning 80 - 140 mm.

En lang række additiv kombinationer foruden 3 forskellige typer tilslag indgik i forprøvningen. For ialt 7 recepter blev hele det af bygherren foreskrevne forprøvningsprogram gennemført. For hver recept blev både et relativt lavt og et relativt højt luftindhold forprøvet. Ved udstøbning af testblokke blev benyttet både kort og lang vibreringstid.

Luftindhold og porestruktur blev testet i både frisk og hærdet beton. Frostbestandighed blev testet i h.t. SS 137244 både på terninger udstøbt i laboratoriet og på udborede kerner fra de udstøbte testblokke. Fig. 5 og fig. 6 viser resultatet af frostprøvningen indtil 112 cykler på to betonblandinger betegnet "Mix 22" og "Mix 21". Den eneste forskel på de to betoner er de anvendte tilsætningsstoffer. "Mix 22" blev ikke valgt til produktionen. "Mix 21" er grundlaget for den recept der idag anvendes ved støbningen af tunnelramperne. Der kan på de udborede kerner ses en klar tendens til, at højt luftindhold giver mindre afskalning end lavt luftindhold. Dette kan konstateres både for den dårlige og den gode beton og er som forventet.

Hvad der imidlertid er overraskende er at de i laboratoriet udstøbte terninger for begge betonblandinger og for både lavt og højt luftindhold alle udviser meget fine resultater. Der er i praksis ingen afskalning efter de 112 cykler.

Det er altså først når betonen udstøbes, d.v.s. udsættes for stavvibrering, at forskellen mellem en god stabil luftporestruktur og en ustabil samt forskellen mellem et lavt og et højt luftindhold ses. Kontrol af frostbestandighed på terninger udstøbt i laboratoriet har tilsyneladende ingen værdi overhovedet.

Lederen af ØTC's betonlaboratorier, Hanne Henriksen, tog initiativ til en undersøgelse af stavvibreringens indvirkning på luftindholdet i den hærdnede beton. I en stor bjælke blev betonen udstøbt og vibreret med en 63 mm stavvibrator på en helt systematisk måde. Der blev anvendt vibreringstider fra 5 til 60 sek. Efter hærdning af bjælken blev et større antal borekerner undersøgt for luftindhold og luftporestrukturer.

Fig. 7 viser resultatet af analysen af de ialt 11 stk. borekerner.
En række kerner blev udtaget hvor vibratorstaven var blevet nedført præcis 10 cm. fra formsiden. En anden række blev taget hvor vibratorstaven havde været 20 cm. fra formen. Luftindholdet testes altid i de 10 cm. af betonen der er nærmest formsiden. 3,0 % luft er minimum i h.t. bygherrens tekniske specifikation. Det fremgår tydeligt af det gennemførte forsøg at selv kortvarig vibrering, f.eks. 15 sek., tæt på formsiden ødelægger muligheden for akceptable resultater.

Nedføres vibratoren derimod ca. 20 cm. svarende til ca. 3 x diameteren, fra formsiden bevares det nødvendige luftindhold selv efter relativt lang vibreringstid.

Det skal for en ordens skyld nævnes at alle dele af forsøgsbjælken efter afformning fremstod uden støbefejl og med pæne overflader med kun få luftblærer. Det synes klart at stavvibratoren altid skal holdes mindst 3 x diameteren fra formsiden og at konstruktioner, armering m.v. aldrig bør designes så vibrering i dæklaget er en nødvendighed for et godt resultat d.v.s. et resultat uden synlige støbefejl.

Når vibratoren holdes væk fra formsiden kan antallet af luftblærer i overfladerne stige lidt. Det er uden betydning i de fleste anlægskonstruktioner og bør akcepteres som noget uundgåeligt. Hvis luftblærer ikke må forefindes kan problemet løses f.eks. med en permeabel formdug.

Den endelige recept som den bruges idag i produktionen er vist som Fig. 8.

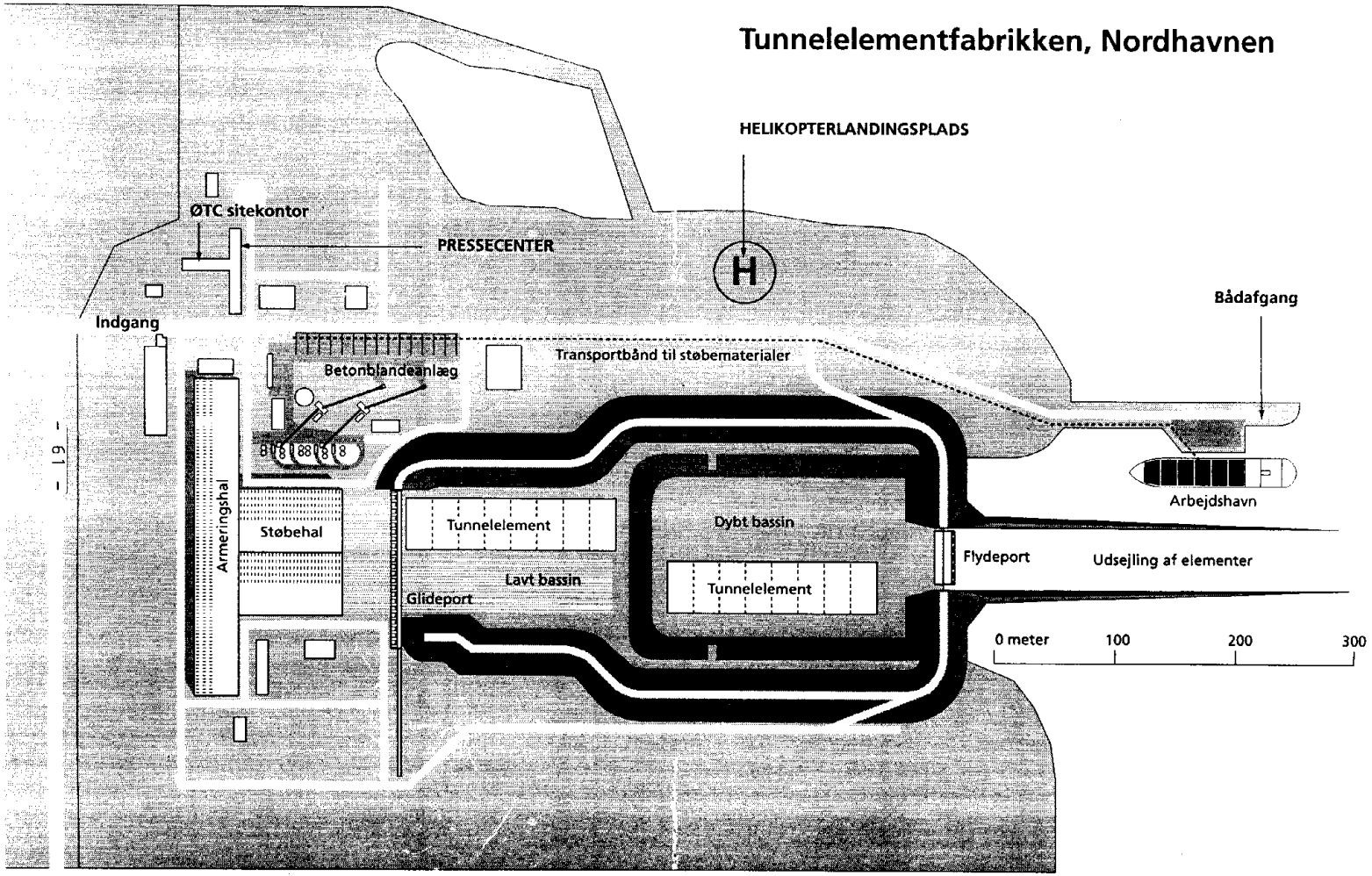
Grænsen for luftindhold i den hærdnede beton målt på udborede kerner (3,0 %) kan overholdes hvis stavvibreringen udføres efter de retningslinier der er anført ovenfor.

juli, 1997

Omfattende testning af luftindhold i den friske beton før og efter pumpe har vist at den gamle antagelse om at pumpen stjæler 1-2 % af den iblandede luft måske ikke er rigtig. ØTC's målinger har vist at hvis prøverne efter pumpe udtages korrekt er det gennemsnitlige luftindhold før og efter det samme. Der er altså generelt ikke noget lufttab i pumpen.

Korrekt prøveudtagning efter pumpe er prøveudtagning uden afbrydelser i pumpningen eller prøveudtagning fra en pumpeslange med ventil ved udmundingen. Det er vigtigt at prøven ikke udsættes for stødvis pumpning eller et fald igennem en tom pumpeledning.

Tunnelelementfabrikken, Nordhavnen

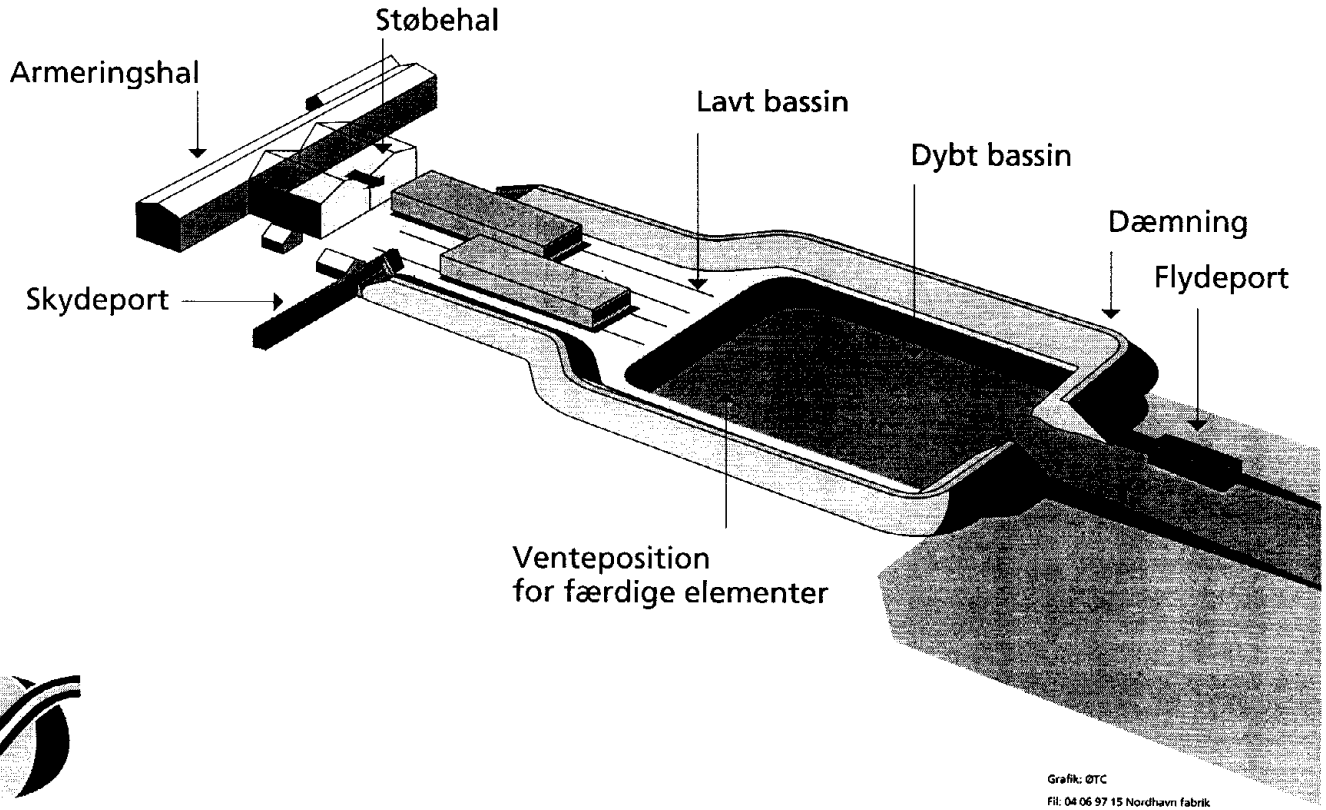


Grafik: Øresundskontoret

FR: 06 tunnelfabrik grundplan

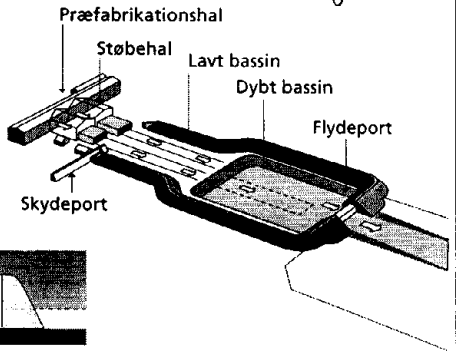
Bilag 1

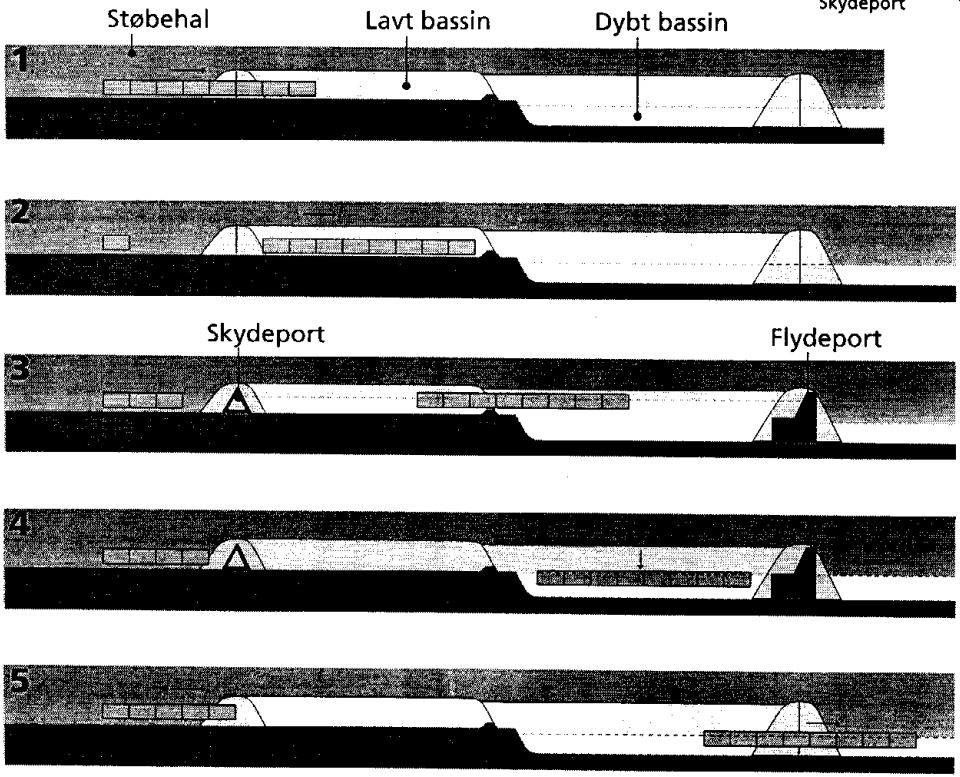
Elementfremstilling



Bilag 2

Tunnelelement fabrikation sekvens





Grafik: ØTC

Fil: 04 06 97 14 udsejling

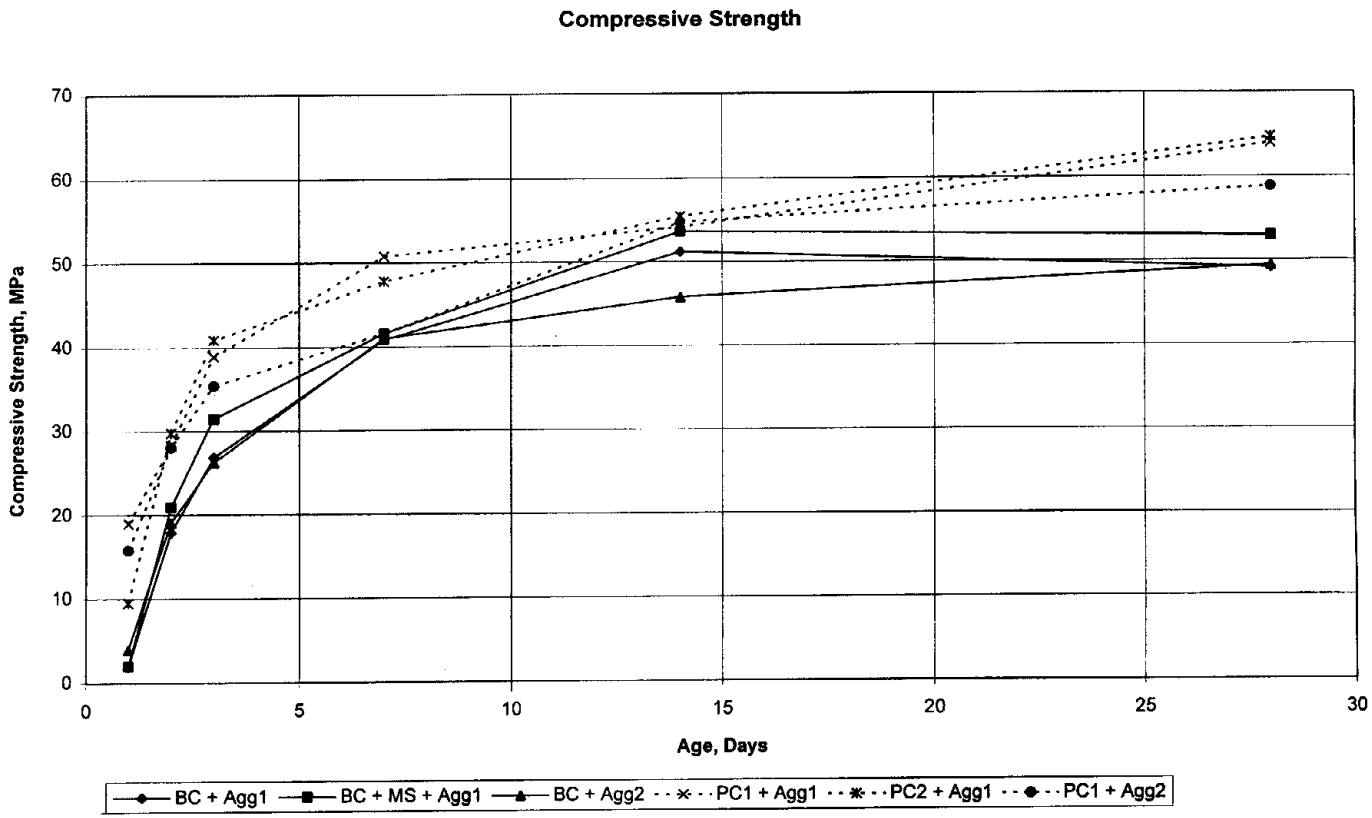

Compressive Strength
Compressive Strength, MPa
0
10
20
30
40
50
60
70
0
5
10
15
20
25
30
Age, Days
BC + Agg1
BC + MS + Agg1
BC + Agg2
PC1 + Agg1
PC2 + Agg1
PC1 + Agg2

Fig. 1.

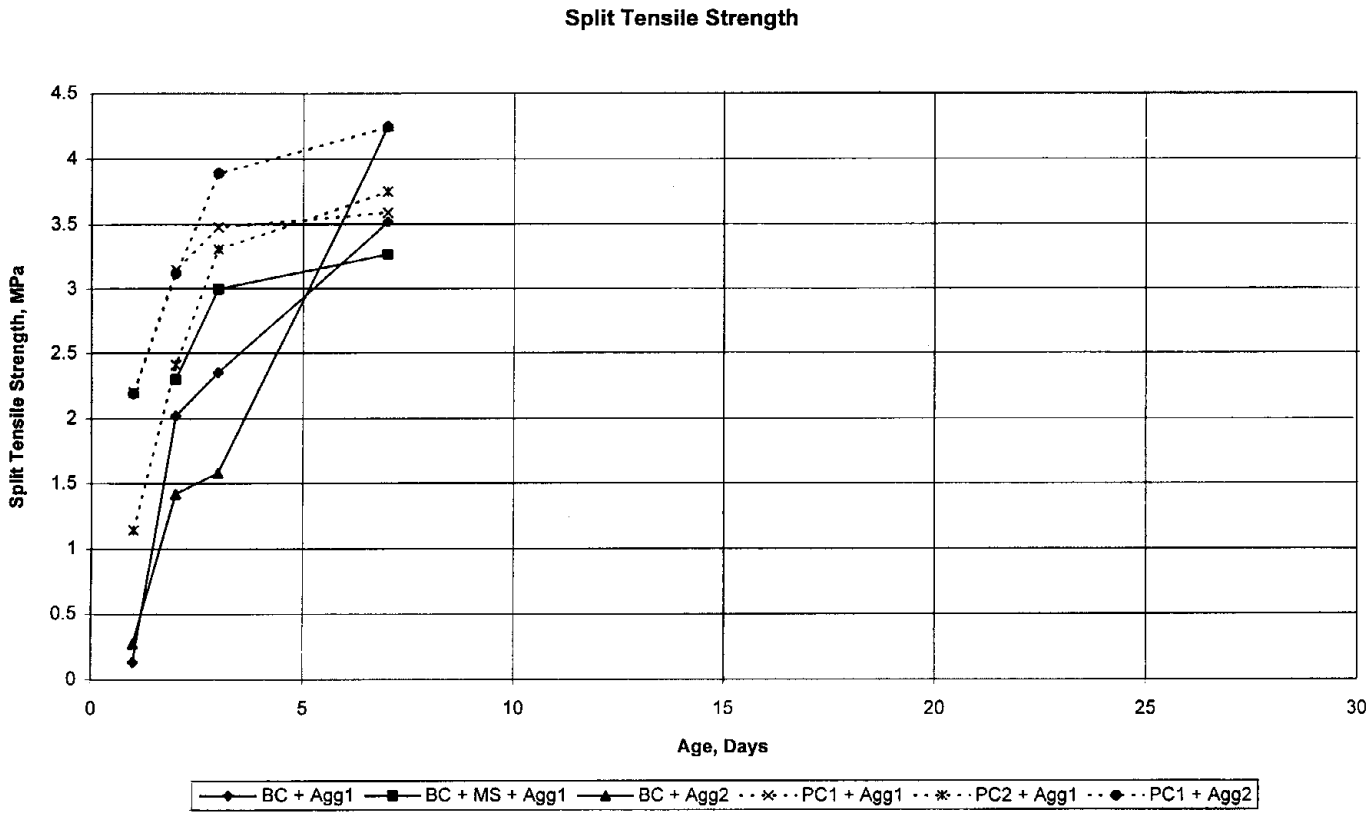

Split Tensile Strength
Split Tensile Strength, MPa
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
5
10
15
20
25
30
Age, Days
BC + Agg1
BC + MS + Agg1
BC + Agg2
PC1 + Agg1
PC2 + Agg1
PC1 + Agg2

Fig. 2

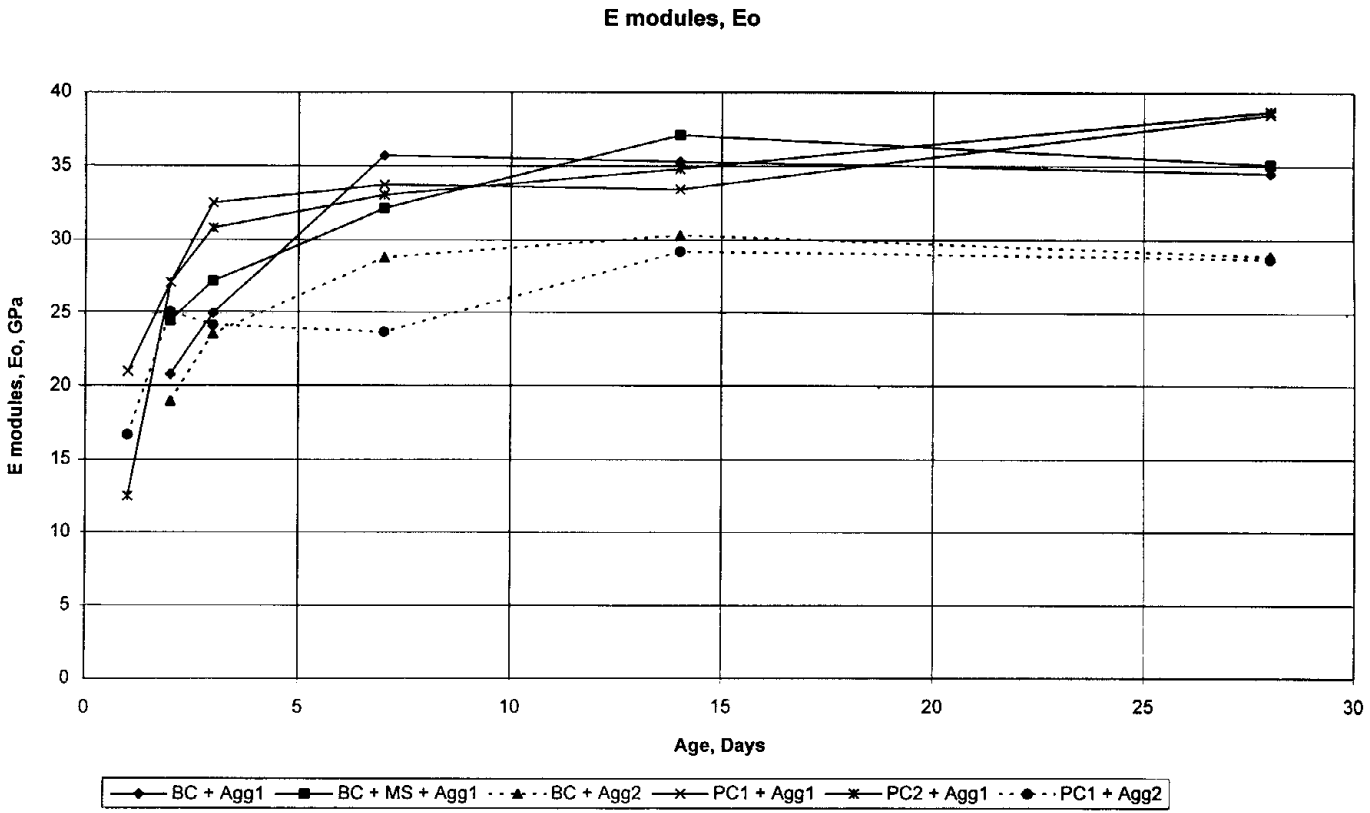

E modules, Eo
E modules, Eo, GPa
Age, Days
0
5
10
15
20
25
30
35
40
BC + Agg1
BC + MS + Agg1
BC + Agg2
PC1 + Agg1
PC2 + Agg1
PC1 + Agg2

Fig. 3.

MIX DESIGN

Fig. 4

Copy to : LLU/ARS/DHH/HWE
Original : HVH

Data		Use	
Mix no.	240.3R	Description :	0,4kg/m³ retarder
Type	A		
Strength class	40 MPa	Production :	Casting Yard
Max aggregate	25 mm		

Materials	Type/Origin/Class	Water %	Density kg/m3	Mix design kg/m3	Mix design l/m3	Water l/m3
Cement	PC (A/HS/EA/G)		3.22	324.0	100.6	
Flyash	Danaske		2.33	52.0	22.3	
Micro silica	Elkem slurry	50	1.38	24.0	17.4	12.0
Water	Public supply	100	1.00	123.1	123.1	123.1
Air			1.00	0.00	20.0	0.0
Retarder	GNR 20	80	1.10	0.40	0.4	0.3
Plasticizer	Melstab 21	72	1.17	10.50	9.0	7.6
Fine aggregate	Aker 0/2		2.65	633.0	238.9	
Coarse agg.	Aker 2/8		2.66	404.0	151.9	
Coarse agg.	Aker 8/16		2.68	476.0	177.6	
Coarse agg.	Aker 16/25		2.69	374.0	139.0	
Air Content	2.0	Total		2421.0	1000.2	143.0

Target values/Limits		Before pump, just after mixing		
Property	Target	Lower	Upper	Unit
Wattmeter	85	60	110	W
Air content	2.0			%
Slump	220	190	250	mm
Target values/Limits		**After pump**		
Property	Target	Lower	Upper	Unit
Slump	170			mm
Target values/Limits		**Admixtures, when mixing**		
Property	Target	Lower	Upper	Unit
GNR 20	0.4	0.3	0.5	kg/m3
Melstab 21	10.5	7.9	13.1	kg/m3

Control Points	Unit	Quantity	Requirements	
Cement	kg/m3	324	> 275	323 +/- 20 kg/m3
Flyash	%	13.4	< 15 %	52 +/- 10 kg/m3
Micro silica	%	3.1	< 5,0 %	19 +/- 10 kg/m3 slurry
Powder content	kg/m3	388.0	> 340 kg	384.5 +/- 20 kg/m3
Equiv. cement content	kg/m3	363.6		
Eff. water content	kg/m3	143.0	*	136 +/- 5 kg/m3
Equiv. w/c-ratio	-	0.393	< 0,40	
Mortar content (incl. air)	l/m3	531.6		
Cement paste cont. (incl. air)	l/m3	292.8		
Paste (Air void meter)	vol-%	27.3		
Mortar (Air void meter)	vol-%	62.5		
Max Alkali content	kg/m3	2.83	< 3,0	
Max chloride content	% of powder	0.068	< 0,10	
Mixing time	s	90		

Prepared	Date	Approved	To be used from	Approved ØSK / Date
DHH	17-apr-97		21-apr-97	

*) Ref. trial 17.04.97

Note: The R in the mix design no. refers to the correction in connection with NCR No. ØTC-C 006

Fig. 4

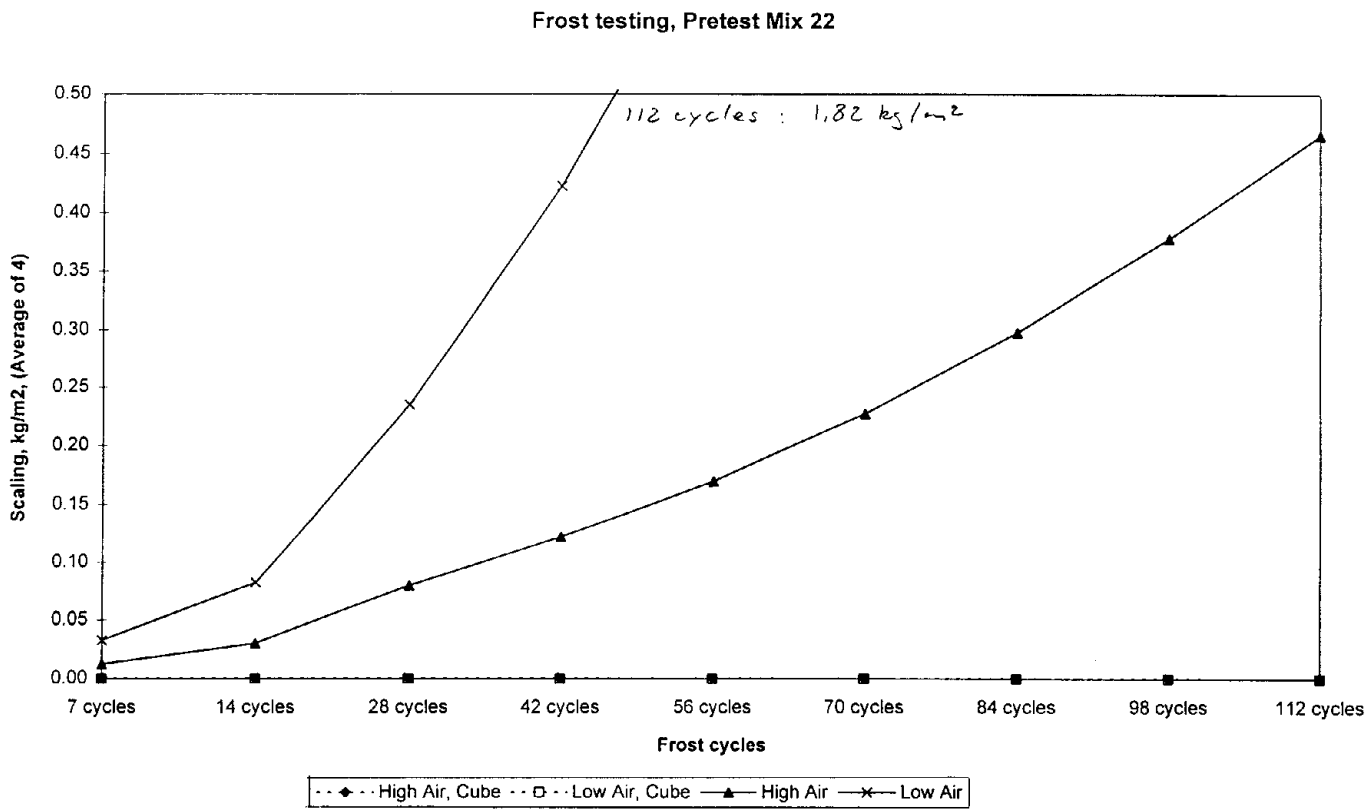

Frost testing, Pretest Mix 22
112 cycles : 1,82 kg/m2
Scaling, kg/m2, (Average of 4)
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
7 cycles
14 cycles
28 cycles
42 cycles
56 cycles
70 cycles
84 cycles
98 cycles
112 cycles
Frost cycles
High Air, Cube
Low Air, Cube
High Air
Low Air

Fig. 5

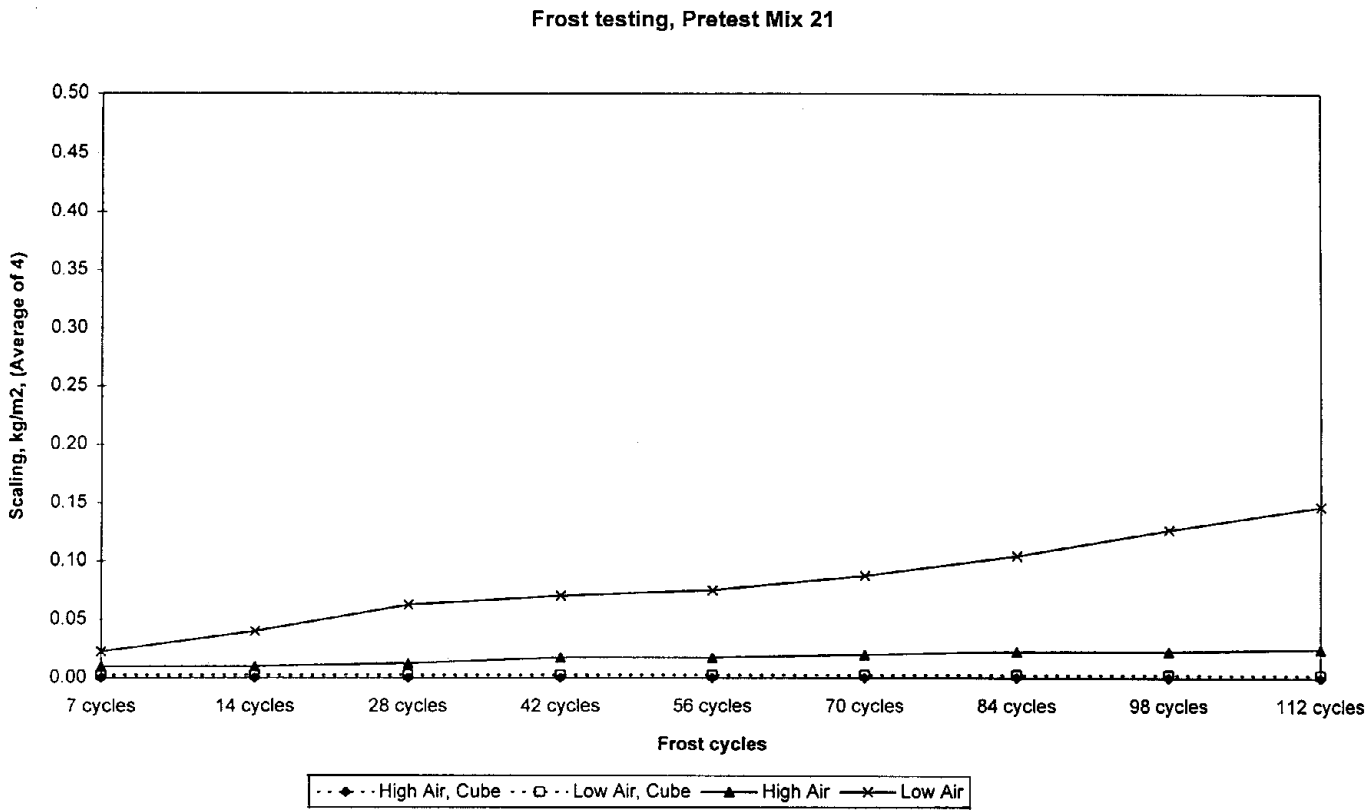

Frost testing, Pretest Mix 21
Scaling, kg/m2, (Average of 4)
0.50
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
7 cycles
14 cycles
28 cycles
42 cycles
56 cycles
70 cycles
84 cycles
98 cycles
112 cycles
Frost cycles
High Air, Cube
Low Air, Cube
High Air
Low Air

Fig. 6

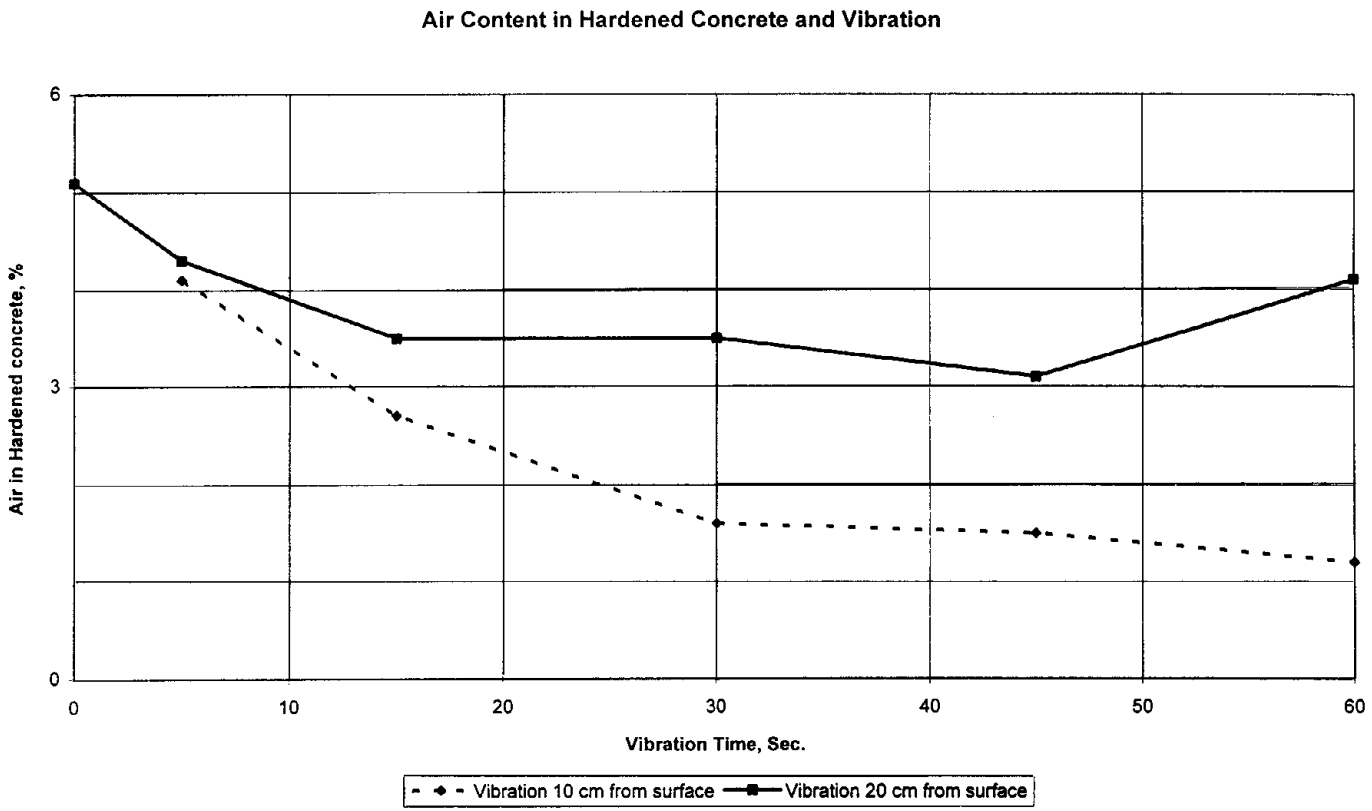

Air Content in Hardened Concrete and Vibration
Air in Hardened concrete, %
6
3
0
0
10
20
30
40
50
60
Vibration Time, Sec.
Vibration 10 cm from surface
Vibration 20 cm from surface

Fig. 7.

MIX DESIGN

Fig. 8

Copy to : LLU / FDA / PEM
Original : HVH

Data		Use
Mix no.	100.3	Description :
Type	B	
Strength class	35 MPa	Production : Peninsula & West Island
Max aggregate	25 mm	

Materials	Type/Origin/Class	Water %	Density kg/m3	Mix design kg/m3	Mix design l/m3	Water l/m3
Cement	PC (A/HS/EA/G)		3.22	295.0	91.6	
Flyash	Danaske		2.33	50.0	21.5	
Micro silica	Elkem slurry	50	1.38	30.0	21.7	15.0
Water	Public supply, Kastrup	100	1.00	126.1	126.1	126.1
Air entrainm.	NBK Amex SB	95	1.01	1.00	56.0	1.0
Plasticizer	NBK Additon P	68	1.17	0.90	0.8	0.6
Super Plasticizer	NBK Melment L1504x	67	1.22	5.40	4.4	3.6
Fine aggregate	Ballast 0/2		2.62	578.0	220.6	
Coarse agg.	Bagger. 2/8		2.63	398.0	151.3	
Coarse agg.	Bagger. 8/16		2.64	472.0	178.8	
Coarse agg.	Bagger. 16/25		2.65	337.0	127.2	
Air Content	5.5	Total		2293.4	1000.0	146.3

Target values/Limits		Before pump, just after mixing		
Proporty	Target	Lower	Upper	Unit
Air content	7.5	6.0	8.5	%
Slump	130	100	160	mm
Target values/Limits		**After pump**		
Proporty	Target	Lower	Upper	Unit
Air Content	N.a.	4.5	8.5	%
Slump	N.a.	80	140	mm
Target values/Limits		**Admixtures, when mixing**		
Proporty	Target	Lower	Upper	Unit
Amex SB	1.0	0.3	3.0	kg/m3
Additon P	0.9	0.7	1.1	kg/m3
Melment L1504x	5.4	4.05	6.75	kg/m3

Control Points	Unit	Quantit	Requirements	
Cement	kg/m3	295	> 275	290 +/- 20 kg/m3
Flyash	%	13.9	< 15 %	40 +/- 10 kg/m3
Micro silica	%	4.2	< 5,0 %	30 +/- 10 kg/m3 slurr
Powder content	kg/m3	360.0	> 340 kg	345 +/- 20 kg/m3
Equiv. cement content	kg/m3	340.0		
Eff. water content	kg/m3	146.3		143 +/- 5 kg/m3
Equiv. w/c-ratio	-	0.430	< 0,45	
Mortar content (incl. air)	l/m3	542.7		
Cement paste cont. (incl. air)	l/m3	322.1		
Paste (Air void meter)	vol-%	26.7		
Mortar (Air void meter)	vol-%	60.1		
Max Alkali content	kg/m3	2.17	< 3,0	
Max chloride content	% of powder	0.070	< 0,10	
Mixing time	s	60		

Prepared	Date	Approved	To be used from
HVH	20-jan-97	[illegible]	27.01.97

Fig. 8.

Københavns Lufthavne A/S
Boks 74, Flyvervej 11
DK-2770 Kastrup

Tlf +45 32 31 32 31
Telefax +45 32 31 31 32

Københavns Lufthavn

- Nordens Lufthavn

v/Kjeld Binger
Chef for Projektorganisationen

Indlæg på
Dansk Betondag 1997

September 1997

1. Nordeuropas foretrukne transferlufthavn.

Ved udgangen af 1996 havde ca. 16 mil. passagerer passeret gennem Københavns Lufthavn i Kastrup. I forhold til indbyggerantallet i det naturlige opland til lufthavnen, er tallet overordentlig stort. Det forholder sig da også således, at op mod halvdelen af det samlede passagerantal enten skifter fly, eller mellemlander i lufthavnen.

Skandinavien er et forholdsvis tyndt befolket område sammenlignet med Centraleuropa, men området omkring København/Malmø (Øresundsregionen) er i Skandinavisk sammenhæng tæt befolket. Herved bliver København en naturlig hoveddør til og fra Skandinavien, hvilket bl.a. SAS udnytter i sin strategi for etablering af trafiksystem.

Københavns Lufthavn er således knudepunkt i SAS's "hub and spoke" system. Systemet går i al sin enkelthed ud på, at man samler passagerer fra skandinaviske destinationer i København, for herfra at viderebefordre passagererne til deres endelige destination. Der er f.eks. ikke tilstrækkelig mange passagerer til at drive en rentabel rute mellem Kristiansstad og Paris - men ved at samle passagererne til Paris, Stockholm, Oslo, Kristiansstad osv. i København, skabes der mulighed for forbindelse til Paris via København.

Ud fra disse principper er Københavns Lufthavne blevet et attraktivt trafikknudepunkt for SAS. Også for andre luftfartsselskaber er Københavns Lufthavn attraktiv, idet man ved, at man ved at flyve til København kan få sine passagerer videre til andre skandinaviske destinationer.

Som transferlufthavn overgås Københavns Lufthavn kun af Frankfurt, der har en lidt højere andel af transferpassagerer.

En status som transferlufthavn på kort- og mellemdistanceflyvninger medfører en speciel trafikstruktur med en voldsom spidsbelastning, hvilket indebærer at antallet af passagerer og flyoperationer varierer stærkt i løbet af et døgn. Om formiddagen samles passagererne til og fra Skandinavien i København, for hurtigt at flyve videre, ligesom passagererne samles i København om eftermiddagen for at fortsætte til og fra Skandinavien. Dette stiller meget store krav til kapacitetstilpasning, idet en stor del af kapaciteten vil ligge ubrugt hen mellem spidsbelastningsperioderne. Det er selvsagt vigtigt, at denne ubrugte kapacitet bliver så lille som muligt, hvilket overvåges og

planlægges på strategisk niveau i KLH, således at udbygningstakten tilpassen bedst muligt.

Et væsentligt element i fastholdelsen af Københavns Lufthavns status som knudepunkt er naturligvis, at vi konstant er i stand til at byde luftfartsselskaberne attraktive vilkår, både for så vidt angår fysiske faciliteter som økonomiske vilkår i form af bl.a. lufthavnsafgifter mv.

Som et led i sin strategi, ønsker SAS sammen med sine partnere i fremtiden at operere fra en separat terminalbygning. Dette ønske kan Københavns Lufthavn - i forbindelse med den fortsatte udbygning - imødekomme.

Et vigtigt værktøj i forbindelse med fastholdelsen af Københavns Lufthavn som knudepunkt er således styringen af udbygningsplanerne.

2. Udbygningsplan.

Kapaciteten i Københavns Lufthavn kan kort angives som følger:

- Passagerkapacitet ca. 17 mil. pr. år.
- 10 indenrigsstandpladser.
- 35 brobetjente internationale standpladser.
- 36 busbetjente standpladser.
- Banekapacitet svarende til ca. 76 blandede operationer pr. time.
- Sortering af ca. 6.600 stk. bagage pr. time.

1996 viste en stigning på ca. 7,5 % i passagertallet, hvilket er større end forventet. Antallet af operationer steg i 1996 med ca. 11%.

Generelt er der en tendens til, at væksten i passagerer og operationer er større end antaget for få år siden. Dette skyldes bl.a. deregulering indenfor luftfarten, hvorved statslig beskyttelse af specielle ruter ophæves. Konsekvensen er større konkurrence mellem luftfartsselskaberne med deraf faldende billetpriser, hvilket bringer flere mennesker ud at flyve.

Vore prognoser for de kommende år viser således, at vi omkring år 2000 kan forvente et passagertal på ca. 20 mil. pr. år.

Baseret på prognosen, er det således nødvendigt at udvide kapaciteten svarende til ca. 3 mil. passagerer pr. år frem til år 2000.

Den samlede udbygningsplan for lufthavnen indebærer samlede investeringer i den kommende 10 års periode på mellem 6 og 7 mia. kr. i kapacitetsudvidelser og renoveringer af eksisterende kapacitet.

De største af projekterne er følgende:

- **Finger Vest.**
  Under udførelse, forventes afsluttet primo 1998.
- **Stationsterminal.**
  Under udførelse, forventes afsluttet medio 1998.
- **Bagagesorteringsanlæg.**
  Under udførelse, forventes afsluttet primo 1998.
- **SAS Cargo Terminal.**
  Under udførelse, forventes afsluttet primo 1998.
- **Finger D Nordvest.**
  Under udførelse, forventes afsluttet primo 1998.
- **Terminal 2.**
  Under planlægning, forventes afsluttet 2006.
- **Bane 22 R, nye frakørsler.**
  Under planlægning, forventes afsluttet 2000.

Hertil kommer en række andre projekter, der hver for sig er mindre, men i øvrigt af væsentlig betydning for den samlede basale kapacitetsudbygning. En stor del af udbygningen finder således sted i områder, hvor en række funktioner p.t. er placeret. I konsekvens heraf skal de pågældende funktioner genhuses på andre lokaliteter i nye bygningskomplekser.

Omkring år 2000 vil kapaciteten i Københavns Lufthavn være følgende:

- Passagerkapacitet ca. 20 mil. pr. år.
- 9 indenrigsstandpladser.
- 2 fleksible standpladser indenrigs/udenrigs.
- 55 brobetjente internationale standpladser.
- 31 busbetjente standpladser.
- Banekapacitet svarende til ca. 81 blandede operationer pr. time.
- Sortering af ca. 8.200 stk. bagage pr. time.

Vurderet ud fra prognoserne vil man kunne konstatere, at der er tale om en balanceret udbygning i takt med passagerudviklingen.

3. Lufthavnshotel.

Ud over investeringer i de direkte lufthavnsrelaterede kerneområder, er det af afgørende betydning for fastholdelsen af Københavns Lufthavn som Nordeuropas foretrukne transferlufthavn, at beslægtede faciliteter er i top. Hertil hører bl.a. mulighederne for overnatning.

I erkendelse af, at mulighederne p.t. ikke er til stede, iværksatte Københavns Lufthavne A/S i 1995 undersøgelser med henblik

på at konstatere de faktiske behov for etablering af et hotel i forbindelse med lufthavnen.

Der blev udarbejdet et egentligt feasibility study, der viste et stort behov for hotelfaciliteter i størrelsesordenen 3 - 400 værelser i 4 - stjernet kvalitet.

Det stod samtidig klart, at en væsentlig forudsætning for hoteldriften ville være en direkte sammenhæng med lufthavnens terminalfaciliteter.

Muligheden herfor vil være etableret i forbindelse med etableringen af landanlæggene til Øresundsforbindelsen, idet et areal nord for Stationsterminalen vil kunne anvendes til formålet.

Med baggrund heri har Københavns Lufthavne A/S iværksat forhandlinger med en række hotelkæder, der alle har vist stor interesse for at forhandle vilkårene for drift af hotel nærmere.

Københavns Lufthavne A/S har endnu ikke besluttet hvilken rolle vi skal spille i forbindelse med gennemførelse af projektet, men det står klart, at vi ønsker stor indflydelse på konceptet, såvel driftsmæssigt som arkitektonisk. Årsagen hertil skal findes i, at passagerernes oplevelse ved et ophold i Københavns Lufthavn vil blive opfattet som en helhed bestående af de lufthavnsrelaterede faciliteter i sammenhæng med øvrige faciliteter.

Investeringerne i hotelprojektet vil andrage i størrelsesordenen 400 mil. kr. Finansieringsmodellen vil først blive fastlagt når der er indgået aftale med en hoteloperatør.

4. Udbygningsvisioner.

Københavns Lufthavn opleves blandt passagererne som et rart sted at være. Det viser bl.a. de spørgeundersøgelser, der fra tid til anden gennemføres blandt passagererne såvel lokalt som internationalt. Det er vores klare vision at fastholde denne position som en af verdens bedste lufthavne.

Dette opnås bl.a. ved at respektere, at det er menneskelig trivsel der skal i højsædet i forbindelse med udbygningen.

Et væsentligt led i denne strategi er, at vi fastholder vort høje kvalitetsniveau i udbygningsplanerne. Det afgørende er at tilføre projekterne merværdi, uden nødvendigvis at tilføje meromkostninger, ved at sætte fokus på de områder, hvor oplevelsen er størst.

Københavns Lufthavne A/S har som målsætning, at vi vil satse på bygninger af høj arkitektonisk værdi. Sammenhæng mellem de enkelte bygningsafsnit er af afgørende betydning for det endelige resultat, i særdeleshed når udbygningen sker ved knopskydning.

Det er derfor nødvendigt at vurdere hvilke tiltag, der er nødvendige for at tilsikre den ønskede sammenhæng.

Det er således en vision, at vi efter færdiggørelsen af Stationsterminalen vil kunne arbejde med facaderne i den eksisterende ankomstbygning, med henblik på skabelse af et homogent byrum i området omkring de eksisterende terminalbygninger og P1 (Parkeringshuset).

Sammenhængen i lufthavne vil yderligere blive forbedret ved gennemførelse af et boulevardprojekt, der strækker sig fra Amager Landevej i vest til den nye Terminal 2 i øst. Det er hensigten at give lufthavnsboulevarden et grønt præg ved plantning af store træer.

Man vil ikke nødvendigvis i fremtiden opleve Københavns Lufthavne A/S som den store eksperimenterende bygherre med nye dristige konstruktioner. Vi vil sætte fokus på værdiananlyse i forbindelse med gennemførelse af projekterne, således at vi opnår den bedste kombination mellem funktion, økonomi og æstetik. Såfremt værdianalysen peger på stålkonstruktioner, vil vi naturligvis drage konsekvensen heraf.

5. Københavns Lufthavne år 2005.

Afslutningsvis skal her kort redegøres for de forventninger vi p.t. har til Københavns Lufthavn i år 2005.

Vi erkender, at vi lever i en foranderlig verden, hvor planlægningsgrundlaget kan ændre sig med kort varsel, herunder i særdeleshed trafikprognoser. Imidlertid kan vi ud fra vore visioner og strategiske tiltag udmærket give et bud :

Københavns Lufthavne A/S opleves stadig som Nordeuropas foretrukne transferlufthavn.
Den teknologiske udvikling medfører større kapacitet på eksisterende baner, ligesom udviklingen i flymix medfører flere passagerer pr. operation.

Der vil være overvejelser omkring en yderligere udvidelse af terminalområderne mod øst.

Københavns Lufthavn er fortsat blandt eliten af lufthavne.

Kvantitativt vil Københavns Lufthavn være karakteriseret ved følgende hovedstørrelser:

- Passagerantal ca. 28 mil. pr. år.
- Ca. 75 brobetjente standpladser.

Kvalitativt vil Københavns Lufthavn blive betragtet som hørende til blandt verdens bedste.

DTI Betoncentret
Gregersensvej
Postboks 141
2630 Taastrup

Et hav af beton

af

Christian Munch-Petersen
Civilingeniør, centerchef

Juni 1996

Et hav af beton

Visioner udtænkt ved bredden af Øresund
i venten på årtusindets og Broens komme

Visionen

Vi husker alle historien, hvor Danmark engang var truet på livet af svenskerne, fordi vinteren i 1658 var så kold, at Karl Gustav kunne føre sine tropper over isen og frem til Københavns volde. Svenskerne kunne dog heldigvis ikke klare de sidste 200 meter frem til slottet og én gang for alle udslette Danmark, men de beholdt alt gammelt dansk kerneland på østsiden af Øresund - kun Bornholm gik fri.

Det spændende i den historie set i vores perspektiv i dag er betydningen af en fast forbindelse. I dette tilfælde isen, der i nogle måneder satte alle velordnede forhold ud af kraft og udhulede det danske samfunds modstandskraft, beskyttet som det var af flåden og de mange vandområder. Læg vel mærke til, at den permanente landadgang fra Stockholm gennem Småland til Skåne ikke var så afgørende som det ulykkelige, at et farvand frøs til i nogle få uger.

Hvordan bliver det så ikke, når broen og tunnelen om føje år permanent forbinder Danmark og Sverige? Ingen af de to lande vil selvfølgelig gå under, men hvad med århundreders manglende kontakt mellem to landsdele, hvad med sproget, arbejdskraften, sommerhusene, elgjagten, skisporten på Hallandsåsen, fulde svenskere i København, Tivolis økonomi, billige svenske tandlæger og automekanikere - vil Skåne blive dansk kulturområde igen?

Min vision om disse forandringer er formentlig begrænset og indskrænket i forhold til, hvad der vil ske i de kommende 100 år. Ingen af os her i dag vil opleve alle de voldsomme ændringer, men ved Betonforeningens 150 års jubilæum vil vores oldebørn forhåbentlig sige (men på hvilket sprog?): *De var nu fremsynede de*

gamle brobyggere - og så vil de tale om, at den gamle Øresundsbro nu kun har få års levetid tilbage.

Hvis jeg alligevel skal forsøge et langt skud ud i det blå, må visionen med relevans for beton alligevel trods alle forbehold blive på det generelle plan:

* Samarbejde omkring **indsøen** Øresund

og på det tekniske område

* Beton som et **højteknologisk** og **økologisk** materiale

Disse to visioner kan vi prøve at vende og dreje lidt og måske se, om vi kan skubbe udviklingen fremad i en retning, vi allerede i de kommende år kan have glæde af.

Samarbejde omkring Øresund

Danmark er netop i disse år præget af et øget samarbejde omkring udviklingen af beton som et materiale med et godt image bakket op af teknologisk udvikling. I Dansk Betonråd, som DBF har taget initiativ til, sidder der nu repræsentanter for universiteter, erhvervslivet og de teknologiske serviceinstitutter og prøver at få samarbejde og styring inden for forskning, kandidatuddannelse, efteruddannelse og implementering af alt det nye i produktion og erhvervsliv.

Det er klart, at dette burde have fundet sted for mange år siden, men det viste sig, at tiden først er moden nu. Modne tider er noget mærkeligt noget, men det er praktisk, at samarbejdet kommer nu, hvor svenskerne står og banker på vores døre og er klar til at køre entreprenørmaskinerne over broen, så snart de er færdige med at bygge den.

Store svenske entreprenører er allerede inde på det danske marked, og flere vil måske følge efter. På Øresund arbejder danske og svenske entreprenører sammen for at bygge bro og tunnel, og de store danske rådgivere er konsulenter for skiftevis bygherren og entreprenørerne.

For selve vort smertensbarn - betonen - blev betonbeskrivelsen til Øresunds bro og tunnel udarbejdet af et dansk-svensk samarbejde, hvor en dansk rådgiver, et dansk teknologisk serviceinstitut og et svensk universitet sammen udarbejdede de nødvendige kompromisser, der gjorde en fælles betonbeskrivelse mulig.

Herved blev dels tydeliggjort den strukturforskel, der er mellem Danmark og Sverige, dels skabt et samarbejde, der bør kunne bygges videre på.

Undervejs i projektet, hvor vi nu er næsten gennem forprøvninger og prøvestøbninger og er startet på det egentlige arbejde, er der opstået mange nye relationer og brudlinier. De svenske entreprenører er imponeret af danske rådgivere og serviceinstitutters viden og praktiske dygtighed, og de danske rådgivere og institutfolk sukker efter den handlekraft og faglige kunnen, som de svenske entreprenører besidder.

Den skinbarlige sandhed er, at Danmarks og Sveriges strukturer på betonområdet supplerer hinanden perfekt - tør vi samarbejde og derefter i fællig besejre hele verden - eller skal vi lade Janteloven og den svenske parallel hertil fejre dødens triumf. Jeg tror selvfølgelig på det første. Det er muligt, hvis vi vil, og hvis vi tør.

Problemet er at få nok beslutningstagere til at løfte blikket fra kvartalsregnskabet og se - og turde se - ud i den spændende fremtid. Fremtiden kommer alligevel, hvorfor så ikke prøve at præge den.

Jeg skal give nogle eksempler på, hvad vi kan gøre:

* Etablere et formaliseret og struktureret samarbejde mellem Lunds Tekniske Högskola, DTU og DTI. DTI er en nødvendig samarbejdspartner, for at den danske side kan matche LTHs delvist meget erhvervsrettede projekter.

* Etablere et internationalt undervisningsinstitut inden for beton gerne med eksamen. Øresundskonsortiet, Vejdirektoratet, Dansk Betonråd og det ovenfor nævnte samarbejde kunne være blandt partnerne.

* Etablere et regionalt samarbejde med det formål at sikre personudveksling og planlagte karriereforløb for unge betonforskere, -udviklere, -entreprenører og -producenter.

* Skabe en tradition for en dansk-skånsk betondag.

Tiltag af denne type vil give et bredt samarbejde, der vil skabe mulighed for dannelse af konsortier til for eksempel EU-projekter og egentlige entrepriseopgaver.

Indsøen Øresund

Et langt mere konkret tiltag, som vi må slå til lyd for, er en fast forbindelse - dvs. en tunnel mellem Helsingør og Helsingborg. Formålet med dette projekt er selvfølgelig, at gøre Øresund til en slags regional indsø. Hvis tunnelen ikke etableres, vil Øresundsregionen ikke blive en rigtig region, men snarere blot to byer forbundet med en omkostning.

Prøv at forestille jer en togtunnel i HH-linien, og med S-tog, der kører hvert tyvende minut fra København til Helsingør, til Helsingbog, til Malmø og videre til København knap to timer senere - og et andet tog, der lige så ofte kører den modsatte vej rundt. Koblet med et godt busnet vil det betyde, at der altid er under én time fra et sted i Øresundsregionen til et andet.

Det kan godt være, at en trafikteoretiker kan beregne, at det ikke har den store betydning, men i praksis vil situationen være en anden. Det kan undgås, at Helsingør bliver en by på et hjørne i stedet for en by centralt placeret på bredden af indsøen. De kulturelle bånd mellem Danmark og Sverige vil desuden blive styrket betydeligt ved denne dobbeltforbindelse.

Hvad standser os - intet - politikerne kan styres af befolkningen, lad os blot lave det. Et sådant projekt er langt mere betydningsfuldt for alle os her i dag end den ligegyldige Fermern-forbindelse. Broer og tunneler er til nærtrafik - ikke til fjerntrafik.

Beton som højteknologi

Det vil kræve højteknologi at skabe en sådan indsø omkring Øresund, højteknologi til tunneler, broer, veje, havneanlæg og energianlæg til afløsning for Barsebäck. Beton er et materiale, der med en passende udvikling kan klare disse udfordringer.

Fiberbeton, hvor bitte-små stænger af stål, glas eller plast holder sammen på et ellers skørt materiale, vinder frem og vil snart foreligge i en så dokumenteret form, at den almindelige bruger kan finde kravene til fiberbeton i en almindelig standard og regne på fibre, som man regner på almindelig armering.

Højstyrkebeton er også et nyt materiale, som desværre er blevet misbrugt til blot at lave almindelige konstruktioner en smule smallere eller lettere, hvad der i praksis slet ikke er interesse for.

Der skal gås en helt anden vej. Vi skal i stedet finde nye anvendelsesmuligheder for de nye materialer. Vi skal bygge skibe i beton, lave lette rør i beton, lave skulpturer og møbler i

beton, og vi skal genindføre beton som et attraktivt byggemateriale til veje og privatboliger.

Specielt til privatboliger dvs. til énfamilieshuse, rækkehuse og etageboliger ligger der store udfordringer for betonen, thi netop her startede betonens defensiv ovenpå 60- og 70ernes elendige betonbyggeri. Et udviklingsprojekt om fremtidens betonhus - en villa beton - må kunne stables på benene, og virkeliggøres med moderne fiberbetonteknologi og en automatiseret udførelsesproces. Det er måske specielt vigtigt, at vi som betonteknikere allerede fra starten lærer at inddrage arkitekter og byplanlæggere i vores udviklingsplaner. Det vil både gøre planerne bedre og mere forståelige for en u-teknologisk omverden.

Vi skal også lære at bruge den moderne informationsteknologi, ikke fordi IT i sig selv løser noget, men fordi der kan spares tid ved, at de rigtige - dvs. de nødvendige og tilstrækkelige - informationer er til stede på det rette tidspunkt.

Som en IT-chef fra en af vores store entreprenører udtrykte det ved en IT-konference sidste år i Betonforeningen: *Vi skal have bedre styr på vores IT - for så kan vores folk bedre passe deres arbejde ude på byggepladsen.*

Den grønne beton

Det vil ligge i kortene, at Øresundregionen bliver det økologiske kraftcenter i Europa. Her tænker jeg ikke bare på EUs Miljøagentur, Danmarks Miljø Undersøgelser og lignende, men snarere på hele den folkelige og politiske opbakning i netop dette område til en grøn politik.

Det er herfrà tankerne om at gøre Danmark til et økologisk drevet landbrugsområde vil fremmes og blive besluttet, og det er fra netop denne region, hvor der er en enestående kombination af skandinavisk tankegang og den nødvendige "overbefolkning", at miljøtankerne vil få den nødvendige politiske opbakning.

Betonen må derfor også gøre sit til at få et grønt image, hvis betonen skal være det materiale, der bygges med i det vækstcenter, som Øresundsregionen kan blive.

Beton har som udgangspunkt en grøn profil. *Af grus er du kommet, til grus skal du blive*, siger et gammelt betonord, og selv om denne proces ofte er gået lidt for hurtigt, er den alligevel sand og rigtig. Det kan ses overalt langs danske kyster, hvor beton bruges til kystsikring, som så med tiden bliver til almindeligt strandgrus.

Der kan i de kommende år sættes tryk på denne udvikling ved at lave nye og endnu mere miljørigtige betoner, hvor genbrug, lavt

cementforbrug og mere grøn cement er nogle af de haner, der kan drejes på. Det kræver en stor teknologiudvikling, men den præsterer vi gerne.

Produktivitet

Vi må også samarbejde om at udvikle produktiviteten. Det betyder ikke, at der blot skal laves en hurtigere byggeproces, men at der sker en ændring af de strukturer, som medfører, at et projekt er under planlægning i 12 år, hvorefter det skal udføres på 12 uger af den entreprenør, som afgav det billigste tilbud, dvs. regnede forkert ved licitationen.

På en eller anden måde må der nedbrydes så mange grænser, at der bliver tid til den planlægning - og for betonens vedkommende den forprøvning og de prøvestøbninger - der er nødvendig for at undgå fejl og svigt. Hvorfor har man altid tid til at lave tingene om, men aldrig tid til at planlægge arbejdet.

I den forbindelse er de danskes entreprenørers fornyede interesse for teknologiudvikling - f.eks. i Dansk Betonråd - af den største betydning. Vi skal udvikle en slags samlet produktivitetsanalyse, ligesom vi har erstattet en simpel anlægsøkonomi med en totaløkonomisk analyse.

Vil vi samarbejde?

Det er klart, at satsninger som de ovenfor beskrevne vil kræve både ressourcer og en stor samarbejdsvilje. Er disse forhold til stede?

Jeg tror ihvertfald ressourcerne er det, hvis vi fra betonbranchen blot kan samarbejde. Allerede nu viser det sig, at samarbejdet i Dansk Betonråd i sig selv udløser ekstra kræfter og ressourcer. Vores omverden vil gerne støtte os, blot vi ikke spilder det hele i intern kævl.

Det er desuden således, at der allerede nu er for få aktører på markedet. For eksempel er Øresundsprojektet underbemandet med dygtige betoningeniører, og entreprenørerne ville have kunnet tjene mange penge ved at have flere dygtige folk.

De sidste års store HETEK projekt var også underbemandet - så alt i alt er der ingen grund til at bevare pessimismen.

Krybben er ikke tom, og selv i samarbejde får vi travlt med at tømme den.

Dansk Betonforening's publikationer:

Publ. nr.	Titel	Løssalgspris
34:89	Anvisning for genanvendelsesmaterialer i beton til passiv miljøklasse	kr. 45
Uden nr.	Tillæg til nr. 34:89 (udg. 1995)	kr. 45
35:90	Anvisning for efterbehandling af beton	kr. 30
36:90	Dansk Betondag 1990	kr. 55
37:91	Dansk Betondag 1991	kr. 70
38:92	Anvisning i katodisk beskyttelse	kr. 45
39:92	Dansk Betondag 1992	kr. 70
40:93	Dansk Betondag 1993	kr. 60
41:94	Dansk Betondag 1994	kr. 60
42:95	Dansk Betondag 1995	kr. 70
43:95	Praktisk anvendelse af fiberbeton incl. diskette	kr. 45
44:95	Armeringskorrosion i chloridpåvirket beton	kr. 45
45:96	Dansk Betondag 1996	kr. 85
Uden nr.	Kontroljournaler 1988 - Blanketter m/vejl.	kr. 75
" "	Concrete Across Borders 1994	kr. 250
" "	Nordic Concrete Development 1995	kr. 50
" "	Abonnement "Nordic Concrete Research"	NKr. 100
" "	Tidl. udgivelser "Nordic Concrete Research"	NKr. 150
" "	Abonnement på DBF's publikationer	25% rabat

Ovenstående kan rekvireres ved skriftlig henvendelse til:

Ingeniørforeningen i Danmark
Møderegistreringen
Vester Farimagsgade 29
1780 København V

ISSN nr. 0106-0406
ISBN nr. 87-87823-49-7
Partas Grafik A/S