

Projekt 4.3 Tunnellen under Storebælt

Den faste forbindelse over Storebælt tager vi i dag som en selvfølge. Den har afkortet rejsetider og bundet landet sammen, så det fx er blevet normalt at pendle mellem Odense og København.

Tidligere planer for en fast forbindelse.

(Det følgende er en kort fremstilling af den historie, der er fortalt i afsnit 1 i kapitel 3)

Drømmen om en fast forbindelse levede i mange år, før det blev muligt at realisere den. I 1855 kom krigsminister Tscherning med det første egentlige forslag om at bygge tunneler både under Storebælt og Lillebælt. Det var før krigen og nederlaget i 1864, på et tidspunkt af Danmarkshistorien, hvor forestillingen om Danmark som en betydelig militær magt i Europa stadig herskede i nogle kredse. Krigsministeren ville sikre, at militæret kunne komme frem på alle tider af året, også når bælteerne frøs til. Han vandt dog ikke tilslutning til det - i datiden betegnede man projektet som temmelig urealistisk.

Ideen blev taget op igen først i 1900 tallet. Hovedformålet var nu at sikre eksporten af landbrudsvarer til England, også i de kolde isvintre. Det var især smøreksexporten, der gav problemer, fordi smørret ikke kunne lagres ret længe, før det blev harskt. Det var muligt at sætte isbrydere ind i Kattegat og Skagerrak for at bane søvejen for skibene til England, men tanken opstod om at bygge en tunnel under Storebælt, så smørret kunne transporteres med tog gennem tunnelen under Storebælt, videre gennem en tunnel under Lillebælt og udskibes i Esbjerg. Som sidegevinster blev inddraget, at tunnelen også ville forkorte folks rejsetid og ikke mindst være til gavn for militærets troppetransporter.

Planerne blev udarbejdet i mange detaljer af en landinspektør Ohrt: Tunnelbunden skulle bygges 20 meter under havbunden og gå fra Halskov til Knudshoved med tunnelskakter på Sprogø. Fra kyst til kyst ville dens længde være på 17 ½ km, og landstykkerne ville være på 1 km - så hele tunnelen blev 18 ½ km lang. Der skulle bygges ét eller to tunnelrør fra fire arbejdssteder; to på Sprogø og ét i Halskov og ét på Knudshoved.

Til at mure tunnelen skulle der bruges 250 millioner hårdt brændte mursten. Det vil svare til 15 gange så mange sten, som der blev brugt til at bygge Københavns rådhus. Murstenene skulle produceres på danske teglværker, så landets betalingsbalance også fik gavn af projektet. Granit eller armeret beton kunne også bruges, men granitten og jernet til betonen skulle købes i udlandet og så ville pengene jo gå ud af landet.

Ikke mindre end 1500 arbejdere ville der være brug for til det store tunnelprojekt. De skulle arbejde i treholds skift á 8 timer, så der blev arbejdet i alle døgnets 24 timer. Hr. Ohrt regnede med at det ville tage ca. 4-5 år at bygge tunnelen. Til sammenligning tog det syv år og fire måneder at bore den otte kilometer lange Storebæltstunnel som vi har i dag. Arbejderne skulle grave de løse jordmasser ud og sætte afstivningstømmer op og mure mursten ind i tunnelen. Der skulle etableres midlertidig maskinkraft til at producere el til lys og luft til ventilation, når de arbejdede inde i tunnelen.

Projekter: Kapitel 4. Projekt 4.3 Tunnellen under Storebælt.

Først efter krigens afslutning og den hårde isvinter i 1947 kom ønsket om en bro igen på dagsordenen. I 1950-60'erne barslede flere kommissioner med betænkninger om en broforbindelse. I juni 1973 vedtog et flertal i Folketinget en kombineret broløsning. Statsstyrelsen "Statsbroen Store Bælt" blev oprettet og påbegyndte projekteringsarbejdet i 1977. Men allerede i 1978 blev broprojektet udskudt. I 1986 var der igen politisk flertal for at indgå en ny aftale om anlæg af en fast forbindelse over Storebælt og året efter blev A/S Storebælt dannet. Trafikminister H. P. Clausen tog det første spadestik i 1988. I juni 1997 åbnede togforbindelsen gennem tunnelen og over Vestbroen, og i samme måned året efter kunne biler køre fra Sjælland til Fyn over Østbroen og Vestbroen.

Tekniske data

Den samlede længde over Storebælt er ca. 18 km. Broforbindelsen består af:

- *Vestbroen* på ca. 6,6 km, der er en fælles bro for både tog og motorvej,
- *Østbroen* på ca. 6,8 km, heraf det lange frie spænd på 1624 meter mellem de gigantiske pyloner der med deres 254 meter er blevet et vartegn for hele storebæltsforbindelsen. Midt på denne motorvejsbro er man 65 meter over havet,
- *Tunnelen* på ca. 8 km, heraf 7412 meter boret tunnel.

Jernbanetunnelen går under Østerrenden mellem Halsskov på Sjælland og Sprogø. Den består af to parallelt løbende tunnelrør hvert med ét jernbanespor. Rørene har en indvendig diameter på 7,7 m og en indbyrdes afstand på 25 m. For hver ca. 250 m er de to rør forbundet med tværtunneler, der har en indvendig diameter på 4,5 m. Tværtunnelerne tjener dels til installation af elektrisk udstyr, dels som nødudgange i tilfælde af togheld.

Boringen af de to tunnelrør blev foretaget med fire tunnelboremaskiner, hvoraf to arbejdede fra Sprogøsiden og to fra Halsskovsiden. Forrest i tunnelboremaskinerne sad ca. 1000 t tunge borehoveder, der bestod af et stålskjold med en diameter på 8,5 m og en længde på 10 m. De borede tunneller har således en diameter på 8,5 m.

De dybeste sted midt inde i tunnelen er 75 meter under havoverfladen. Tunnellen ligger hele vejen mellem 10 og 40 meter under havbunden. Der blev anvendt 200.000 m³ beton og 19 000 ton armeringsstål til foring og sikring af tunnelen.

Geologiske forhold ved boringen

Danmark er skabt i kridttiden og tertiærtiden for 70-50 millioner år siden af rester af små dyr der levede i havet dengang. Landhævninger har siden fået Danmark til at dukke frem, og gennem de forskellige istider er enorme gletsjere gledet hen over landet, har skabt det bakkede landskab vi kender og har fx skuret de dybe render ud i Storebælt, så meget store skibe og olieplatforme kan gå gennem bæltet og ind i Østersøen. Istidernes gletsjere rodede voldsomt rundt i undergrunden og førte en masse materiale med sig. De geologiske lag, man skulle bore igennem, havde man ikke et præcis billede af, men man vidste fra andre boringer, at der øverst ligger et lag moræneler, der kan være fyldt af store sten og klippeblokke, som gletsjerne har ført med sig fra Skandinavien fjeld. Under det ligger en kalkart fra tertiærtiden, der kaldes Kertemindemergel, og som er forholdsvis blød og ensartet. Det er igennem moræneleret og denne kalk, at tunnelen skulle bores. Derunder igen ligger den hårde kalk fra kridttiden, som gør de geologiske forhold meget stabile.

Sten i moræneleret under Storebælt

En af de store bekymringer, som entreprenørerne havde forud for boringen var, om man ville støde på mange meget store granit sten, de såkaldte vandreblokke. Nogle af disse kan veje 1000 tons. Hvis en boremaskine støder på en sådan sten, så kan det forsinke borearbejdet betydeligt. For at bore igennem de store granit sten skal man først fryse jorden omkring stenen, så det fremstår som en massiv blok, som man derefter borer igennem, ligesom når man borer igennem et bjerg. Men også sten af mere almindelig størrelse - fx med diameter på 0,5 - 2 meter - kan skabe problemer og forsinkelser. Entreprenørerne vidst godt, at moræneleret indeholder mange store sten, men de havde ikke noget særlig præcist billede af det.

For at danne sig et skøn over hvor mange og hvor stor sten, man kunne forvente at støde på under boringen, undersøgte man på forhånd nogle klinger langs Storebælt. Inden man lavede disse undersøgelser, hvor man blandt andet talte sten, havde *Geoteknisk Institut* lavet et skøn over hvor mange og hvor store sten, man måtte forvente at støde på ved boringen. Dette skøn fremgår af følgende skema:

Stenens diameter målt i meter (x).	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
Antal sten i 100.000 m ³ moræneler, der har en diameter over x	1000	500	170	55	24	10	4

Herefter gik entreprenørerne i gang med at undersøge forskellige lokaliteter.

Resultaterne fra undersøgelserne ved Digerbanke:

Stenens diameter målt i meter (x).	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
Antal sten i 100.000 m ³ moræneler, der har en diameter over x	250	100	60	22	9	4	1

Resultaterne fra undersøgelserne ved Kruseminde:

Stenens diameter målt i meter (x).	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
Antal sten i 100.000 m ³ moræneler, der har en diameter over x	700	280	160	60	25	10	3

Resultaterne fra undersøgelserne ved Reersø:

Stenens diameter målt i meter (x).	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
Antal sten i 100.000 m ³ moræneler, der har en diameter over x	900	600	250	100	40	10	1

Opgaver

1. Lav en grafisk fremstilling af hvert af de fire datamaterialer. Undersøg om de forskellige resultater kan beskrives ved eksponentielle udviklinger.
2. I de tilfælde, hvor grafen med rimelighed kan beskrives ved en eksponentiel udvikling, skal regneforskrifterne bestemmes.
3. Hvor mange sten med en diameter over 0,4 m kan man forvente at finde, hvis man benytter resultaterne fra Digerbanke?
4. Hvor mange sten med en diameter over 0,4 m kan man forvente at finde, hvis man benytter resultaterne fra Reersø?
5. Benyt oplysningerne i det indledende materiale om tunnellers dimensioner til at bestemme, hvor mange kubikmeter materiale, der skal bortgraves.
6. Man har udregnet, at 52% af det materiale, der skal bortgraves er moræneler. Hvor mange kubikmeter moræneler skal bortskaffes?
7. Efter prøvegravningerne besluttede man at planlægge efter resultaterne fra Digerbanke og Reersø, da man mente, den geologiske struktur her er tæt på den geologiske struktur hvor man skulle grave. Det betød at man antog, at den forskrift, der beskriver antal sten i 100.000 m³ moræneler med en diameter over x havde et grundtal (a -tal), der stort set svarer til de to man kendte. Samtidig skønnede Geoteknisk Institut, at der i 100.000 moræneleret under Storebælt findes 40 sten med en diameter over 1 meter. Bestem på dette grundlag den søgte regneforskrift.
8. Hvor mange sten med en diameter over 0,4 m kunne man forvente at støde på under boringen af tunnelen?
9. Beskriv de problemer, der opstår, når boremaskinerne møder meget store sten og hvordan man løste disse problemer.