



**AALBORG UNIVERSITY**  
DENMARK

**Aalborg Universitet**

## **Store infrastruktur-projekter**

Pedersen, Lars

*Publication date:*  
2012

*Document Version*  
Tidlig version også kaldet pre-print

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Pedersen, L. (2012). *Store infrastruktur-projekter*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Latest News Nr. 34

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- ? Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- ? You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- ? You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Store infrastruktur-projekter

**Redaktør  
Lars Pedersen**

Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Ved Det Ingeniør-, Natur- og Sundhedsvidenskabelige Fakultet

**DCE Latest News No. 34**

## **Store infrastruktur-projekter**

Lars Pedersen

Sept 2012

© Aalborg Universitet

Udgivet 2012 af  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sohngårdsholmsvej 57,  
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-7308 DCE Latest News No. 34

# Faggruppen Byggeri og Anlæg

## Første Studieår

### Velkommen til Faggruppen: Byggeri og Anlæg

Du har valgt et spændende studium, hvor hele verden ligger åben for dit virke. Ikke blot en omfattende faglig verden, men også den geografiske verden. Byggeri og Anlæg er universelt, og mange store projekter over hele kloden er planlagt, projekteret og udført af danske ingeniørfirmaer.

Det betyder dog også, at du kommer ud for konkurrence fra ingeniører fra andre lande, når du bliver færdig med din uddannelse. Projekteringsopgaver kan flyttes hen, hvor omkostningsydelsesforholdet er anderledes end her i Danmark. Men den konkurrence kan du klare, hvis dit faglige niveau er i top. Yderligere vil du gennem den særlige studieform, vi anvender her på universitetet, blive ekspert i at samarbejde med andre. Det vil blive naturligt at tage ledelsen, når opgaver skal formuleres, afgrænses og defineres. Du vil bedre end de fleste kunne kommunikere og forklare resultaterne af dit arbejde.

Første studieår er en del af et samlet studieforløb for diplomingeniøruddannelserne og civilingeniøruddannelserne m.fl.. Året er det første led i den proces, der fører til opfyldelsen af de mål, der er beskrevet i gældende bekendtgørelser for uddannelserne ved Aalborg Universitets Ingeniør, Natur- og Sundhedsvidenskabelige Fakultet.

Om end det ikke står eksplicit i studieordningen er basisårets overordnede formål:

- At opøve de studerendes evne til, på et videnskabeligt og kontekstuel orienteret grundlag, at gennemføre og formidle et projektarbejde af relevans for et teknisk-naturvidenskabeligt studium, samt at opøve de studerendes evne til at reflektere over læreprocessen.
- At bibringe de studerende grundfaglig viden og forståelse af relevans for et teknisk-naturvidenskabeligt studium.
- Gennem pkt. 1 og pkt. 2 at virke som del af et samlet studieforløb inden for de uddannelser, der henhører under Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet ved Aalborg Universitet.

Formålene med basisåret søges opnået gennem projektenhederne og kursusmoduler. Projektenhederne består primært af projektarbejde på gruppeniveau. Her er det gruppen af studerende, som i fællesskab søger at nå et resultat. Projektarbejdet støttes af selvstudier, men også af den eller de vejledere, der tilknyttes den enkelte projektgruppe.

Kursusmodellerne ligger ved siden af projektarbejdet og bedømmes særskilt.

Uddannelsen fører frem til en række erhvervsspecialer, som hver for sig er beskæftiget med en eller flere faser i ændringen af vore fysiske omgivelser. På Aalborg Universitet har man valgt at organisere ingeniøruddannelserne inden for byggeri og anlæg i form af en grunduddannelse over 2 år efterfulgt af nogle specialiseringsmuligheder til diplomingeniør eller civilingeniør:

- Bygge- og anlægskonstruktion
- Byggeledelse
- Indeklima og energiforbrug
- Vand og Miljø
- Vej og Trafik

Især 3 institutter leverer undervisning til disse ingeniøruddannelser:

- Institut for Byggeri og Anlæg
- Institut for Samfundsudvikling og Planlægning
- Institut for Produktion

Vejlederne til faggruppen for Byggeri og Anlæg kommer fra disse institutter. Som vejledere på første studieår vil vi give jer nogle faglige udfordringer og føre jer gennem et projektarbejde, som dels vil give jer et solidt fagligt grundlag for det efterfølgende studium, og dels vil lære jer den særlige projektorganiserede studieform, som anvendes på det teknisk-naturvidenskabelige område.

For det første projekt: P0 har vi tænkt os at lade jer arbejde inden for et tema, som vi kalder:

### "De tre store"

Det drejer sig om de faste forbindelser over Storebælt, Øresund og Femern Bælt. Her er virkelig tale om ingeniøropgaver i stor skala spændende over hele det felt, som en ingeniør inden for Byggeri og Anlæg beskæftiger sig med. De fagområder, som indgår i en sådan opgave, omfatter bl.a.: Planlægning, konstruktion, fundering, miljøforhold, ventilation og anlægsteknik, men meget andet indgår også f.eks. økonomi, politik, arbejdsmarkedsforhold og regional udvikling, som er nogle af de konsekvenser, et stort projekt medfører.

P0 projektenhedens overskrift er: **Introduktion til teknologisk projektarbejde**

Målsætningen for P0-projektenheden er formuleret i studieordningen.

Der stilles altså ikke krav om at skulle kunne projektere en Storebæltsbro, men derimod at der sker et første forsøg med den problemorienterede og projektorgerede studieform. Flere har sikkert allerede i gymnasiet eller HTX arbejdet med projekter, hvorfor dette første projekt egentlig blot er en fortsættelse af denne studieform.

Projektgruppen skal under P0-projektenheden udarbejde en *P0-rapport* og en *P0-procesanalyse*, deltage i en *P0-erfaringsopsamling* samt deltage i en *P0-eksamen*, hvor projektgruppens fremlagte dokumenter diskuteres men den enkelte studerende.

Nærmere retningslinjer for P0-rapportens og P0-procesanalysens indhold gives under projektførelsen.

Inden for **det tekniske område**, skal I lære noget om de tekniske begreber, der er indeholdt i det projekt, I beskæftiger jer med – altså en af de tre store forbindelser. Nu skal I ikke på den korte tid, der er afsat i P0 perioden, beskrive projekterne i alle detaljer – der er gået i 1000-vis af ingeniørtimer til hvert projekt – men prøv at lægge vægten på en eller to fagligheder.

Inden for det vi kalder **kontekstuel faglighed**, skal I beskæftige jer med den sammenhæng, den valgte forbindelse indgår i. Hvorfor er forbindelsen etableret? Hvad var argumenterne – politisk, tekniske eller økonomiske? Prøv at stille nogle hvorfor eller hvordan spørgsmål.

I skal afprøve **projektarbejdsformen**. Prøv at opstille en arbejdsplan for jeres arbejde: hvem skal gøre hvad til hvornår. Prøv at finde ud af, hvor I kan søge information: på biblioteket, på nettet eller gennem andre kanaler. Stil jer selv nogle spørgsmål undervejs gennem opgaven, om I opnår ny viden, og om I lærer noget nyt gennem projektarbejdet.

Find ud af hvordan projektarbejdet virker i gruppen. Hvordan er I som samarbejdspartnere om løsningen af den fælles opgave. Yder I alle et bidrag? Hvordan går samarbejdet med vejlederne? Er I forberedte, når vejlederen kommer i gruppen.

Og så skal P0 projektet skrives sammen til en rapport. Den skal være på max. 20 sider, og fokus skal være på projektets helhed og demonstration af, at problemstilling, analyse og resultat udgør en sammenhæng. Endelig skal I ved et fremlæggelsesseminar efter P0 perioden afprøve jeres evne til at formidle projektet til en større kreds ved anvendelse af AV-hjælpemidler og forklaring. I skal træne jer i at stå frem og forklare projektets indhold, som en ingeniør forklarer et projekt.

## Storebælt

Forbindelsen består af to broer og en tunnel og udgør den 18 km lange, faste forbindelse over Storebælt. Anlægsarbejdet på Storebælt fandt sted fra 1988-1998. Motorvejen over Storebælt blev åbnet i 1998 og banen i 1997. De samlede anlægsomkostninger for hele Storebæltprojektet beløb sig til 21,4 mia. i 1988-priser. Omkostningerne blev anvendt stort set ligeligt på vej- og baneforbindelsen. Til dækning af anlægsudgifterne har A/S Storebælt optaget lån på danske og internationale kapitalmarkeder.



### Østbro

Byggeriet af Østbroen fandt sted fra 1991 - 1998. Forud gik næsten tre år med forundersøgelser og projektering. Østbroen mellem Sjælland og Sprogø er 6.790 m lang. Storebæltets Østerrende, som Østbroen spænder over, er internationalt farvand. Gennemsejlingshøjden er på 65 m.

Den består af en underbygning og en overbygning. Underbygningen i beton omfatter pyloner, ankerblokke, bropiller og landfæster. Overbygningen i stål omfatter brofag og kabler.

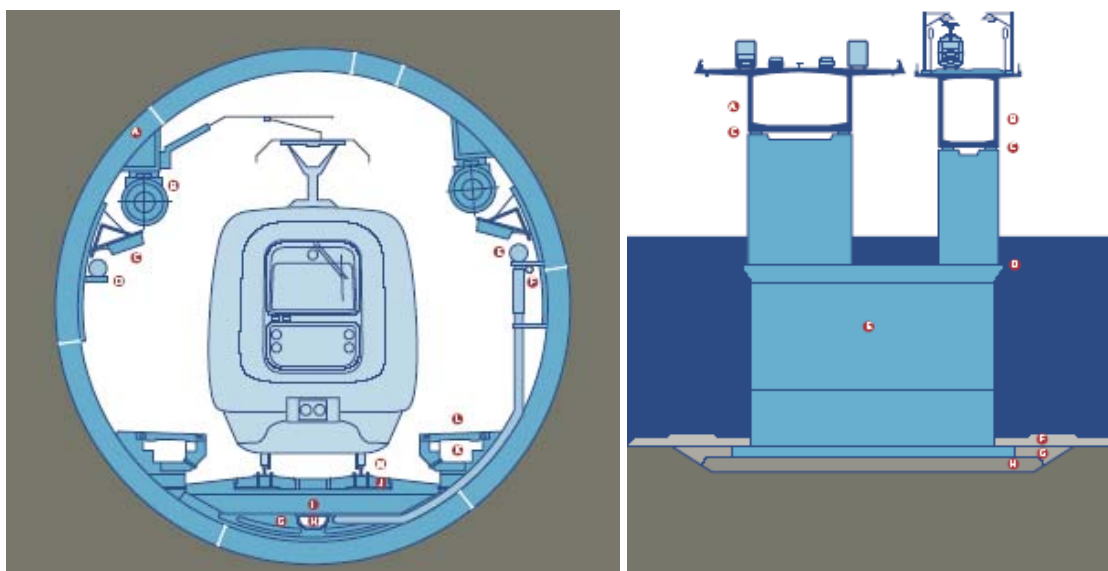
Selve hængebroen mellem de to ankerblokke er ca. 2.700 m lang. Hængebroen består af det frie spænd mellem de to pyloner på 1.624 m plus de to sidespænd mellem pyloner og ankerblokke på hver især 535 m. Hængebroen er forbundet med 23 tilslutningsfag (14 fra Sjælland og 9 fra Sprogø).



## Østtunnel

Østtunnelen blev bygget 1988-1996. Østtunnelen for togtrafik er 8.024 m lang og består af to adskilte tunnelrør med et spor i hver. De to tunnelrør er forbundet af 31 tværtunneler, som dels fungerer som flugtvej dels rummer vigtige installationer.

Østtunnelen er en boret tunnel. Fire boremaskiner, en i hver retning i hvert tunnelrør, blev specialfremstillet til denne opgave. Den 40 cm tykke tunnelvæg består af i alt 62.500 sammenboltede betonelementer. Elementerne blev fremstillet på en midlertidig fabrik i Halskov. Fra havets bund til oversiden af tunnelen er der mellem 12 og 40 meter. Tunnelen er på sit dybeste punkt 75 m under havoverfladen.



## Vestbro

Vestbroen blev bygget 1989-1994. Vestbroen, der er en kombineret vej- og jernbanebro, er 6.611 km lang. Vestbroen er egentlig to parallelle broer, en til vej og en til jernbane. Broens gennemsejlingshøjde er 18 m.

Både broens over- og underbygning blev fremstillet i beton på en fabrik ved Lindholm på Fyn. Elementerne til Vestbroen blev fragtet ud til brostedet af flydekranen Svanen. På de 62 bropiller ligger 63 brofag. 51 fag a 110 m. og 12 fag a 82 m. Hvert brofag består af en vej- og jernbanedrager.

## Eksempler på spørgsmål til P0 projektet

Hvordan finder man ud af, om der er behov for en bro?

Hvorfor valgte man den bro/tunnel løsning, der blev valgt?

Hvordan kan kablerne bære hængebroen?

Hvorledes virker en tunnelboremaskine?

Hvordan ventilerer man en tunnel?

Hvordan kan "Svanen" bære de tunge broelementer?

Hvordan kan det være, at der løb vand ind i tunnelrørerne?

Hvordan påvirkes havmiljøet af en Storebæltsforbindelse?

Hvordan sikrer man en bro mod påsejling?

Hvordan er det gået med Storebæltsforbindelsen siden den blev færdig?

## Øresundsbroen

Øresundsbroen er verdens længste skråstagsbro for både motorvej og jernbane. Den består af højbroen og to tilslutningsbroer. Broens overbygning er konstrueret i to etager og bygget i stål og beton. Et gitterværk i stål bærer det øvre betondæk til motorvejen og det nedre dæk til jernbanen. Jernbanen løber i et betontrug på tilslutningsbroerne og på et ståldæk på højbroen.



### Højbroen

Broen over sejlrenden Flintrännan er en skråstagsbro, som bæres af fire pyloner (204 m over havoverfladen), der står parvis på samme fundament, forbundet med en tværbjælke under brobanen.

Brobanen hænger i 80 kabelstag, som er fastgjort parvis i pylonerne med tolv meters afstand. Højbroens totale længde er 1.092 meter, og det fire spænd mellem pylonerne er 490 m langt og 57 meter højt. For at begrænse hovedspændets nedbøjning blev en ekstra bropille (ankerpille) placeret i hvert sidespænd på begge sider af Flintrännan.

Fundamentet for pyloner og ankerpiller består af betonsænkekasser, som er sænket ned på bunden, 13-18 meter under havoverfladen. Hver sænkekasse er omgivet af beskyttelsesøer under vandoverfladen, der har til opgave at forhindre påsejling.

### Tilslutningsbroerne

Den østlige tilslutningsbro er 3.739 meter lang og inddelt i 27 brofag. 24 af brofagene er 140 meter lange og tre er 120 meter lange. Den vestlige tilslutningsbro er 3.014 meter lang og består af 18 brofag, der er 140 meter lange og fire brofag, der er 120 meter lange.

Tilslutningsbroerne står på i alt 51 bropiller, som er placeret i udgravninger på havbunden, ned til ca. 15 meter under havoverfladen. De to første bropiller på begge sider af højbroen er omgivet af beskyttelsesøer.

En viadukt på den kunstige ø leder motorvejstrafikken fra tilslutningsbroens øvre dæk til den nye linjeføring ved siden af jernbanen. Viadukten er en 560 meter lang betonkonstruktion, opdelt i sektioner på 30 meter hver.

### Den kunstige ø

Den kunstige ø Peberholm syd for Saltholm er bygget som forbindelse mellem broen og tunnelen. Fra broen, hvor motorvej og jernbane løber i to plan, bliver trafikken på Peberholm via en rampe og en viadukt skilt ad, og fortsætter frem til tunnelportalen, hvor trafikken løber parallelt.

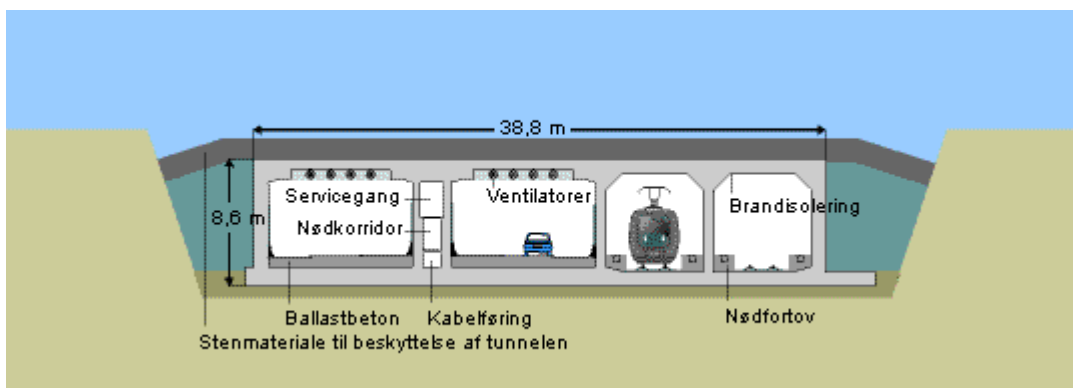


Peberholm er ca. 4 kilometer lang og har et areal på 1,3 kvadratkilometer. Den er bygget hovedsagelig af materiale fra gravearbejderne på Øresund bund. Totalt gik der 1,6 millioner tons sten og 6 millioner kubikmeter sand og materiale til bygning af øen.

Konturerne til den kunstige ø blev bygget af stendiger. På indersiden blev stendigerne tætnet med filterdug og ler. Inden for digerne er området delt op i en række bassiner, såkaldte sedimentationsbassiner, som er fyldt med afgravet materiale, bassin for bassin.

### Tunnelen

Den vestlige del af Øresundsforbindelsen er en ca. 4 kilometer lang tunnel mellem den kunstige ø og den kunstige halvø ved Kastrup. Sænketunnelen består af 20 elementer der hver er 176 meter lange.



I tunnelen løber motorvej og jernbane side om side i fire tunnelrør. Desuden findes en servicetunnel til installationer og flugtvej. Der er belysning i hele tunnelen med overgangszoner i begge ender for at give trafikanterne en gradvis overgang mellem dagslys og tunnelbelysning. Tunnelrørenes vægge og tag er dækket indvendigt med brandhæmmende beklædning.

### Eksempler på spørgsmål til P0 projektet

- Hvordan finder man ud af, om der er behov for en bro?
- Hvorfor valgte man den bro/tunnel løsning, der blev valgt?
- Hvordan kan skråtagene bære broen?
- Hvorledes bygger man en sænketunnel?
- Hvordan kan "Svanen" bære de tunge broelementer?
- Hvordan påvirkes havmiljøet af Øresundsforbindelsen?
- Hvordan sikrer man en bro mod islast?
- Hvordan er det gået med Øresundsforbindelsen siden den blev færdig?

## Femern Bælt

Femern Bælt divisionen i Sund & Bælt Holding har siden 2001 assisteret trafikministeriet i spørgsmålet om etablering af en fast forbindelse over Femern Bælt. Divisionen har således været direkte involveret i det fælles dansk-tyske arbejde med at forberede grundlaget for en politisk stillingtagen til en fast forbindelse.

På et møde i Berlin den 23. juni 2004 underskrev den danske og den tyske trafikminister en fælles erklæring, der angiver de nærmere rammer for den videre udvikling af forbindelsen. Ministrene var bl.a. enige om, at en finansieringsmodel med statsgaranterede lån skal være grundlag for det videre arbejde med Femern Bælt forbindelsen. I det videre arbejde skal det undersøges, om det private element i en statsgarantimodel kan forstærkes yderligere, f. eks. ved at overdrage en passende del af den økonomiske risiko til den private sektor.

En skråstagsbro med en firesporet motorvej og to jernbanespor kan være en god, teknisk løsning. En sænketunnel kan være et alternativ. De to ministre har besluttet, at der skal gennemføres uddybende undersøgelser vedrørende de miljømæssige påvirkninger såvel som forhold vedrørende sikkerhed og søfart, før der foretages et endegyldigt valg af teknisk løsning.

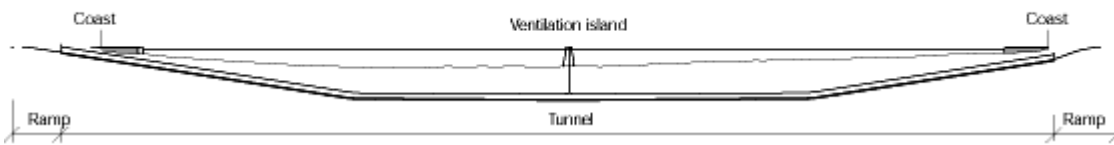


En fast forbindelse over Femern Bælt for vej- og jernbanetrafikken anses for at være en integreret del af udviklingen af det transeuropæiske transportnetværk (TEN-T). Den faste forbindelse skal forbinde Puttgarden på Femern i Nordtyskland med Rødby på Lolland i Syddanmark. I forbindelse med den faste Øresundsforbindelse mellem Sverige og Danmark, som har været i drift siden juli 2000, vil en fast forbindelse over Femern Bælt medføre en betydelig forbedring af én af de vigtigste landbaserede transportkorridorer, der forbinder Skandinavien med Centraleuropa.

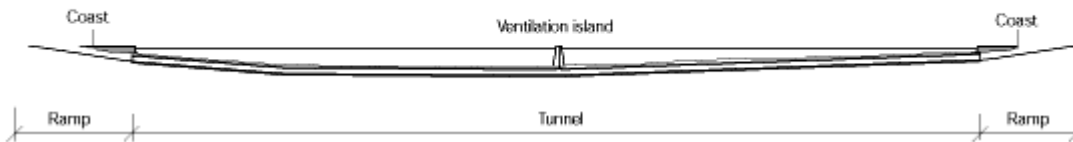
Afstanden mellem Puttgarden og Rødby er ca. 20 km. I dag dækker en hyppig færgeforbindelse transportbehovet over Femern Bælt. En fast forbindelse over Femern Bælt vil styrke de sociale og økonomiske relationer mellem de to lande og forbedre internationale handelsbetingelser.

Der findes flere tekniske løsningsmuligheder for en forbindelse over Østersøen. Der er dog mange forhold som der skal tages hensyn til ved valg af løsning herunder geotekniske forhold, besejlingsforhold og miljømæssige forhold.

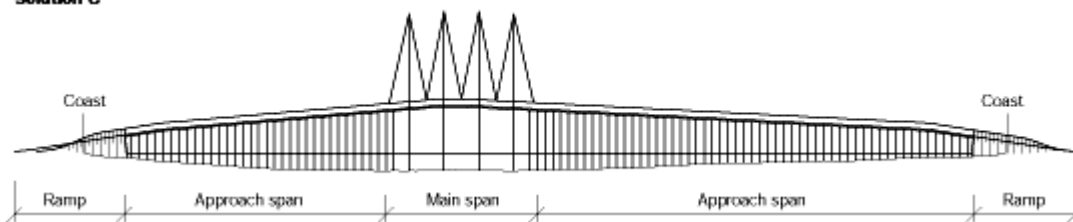
### Solution A and E



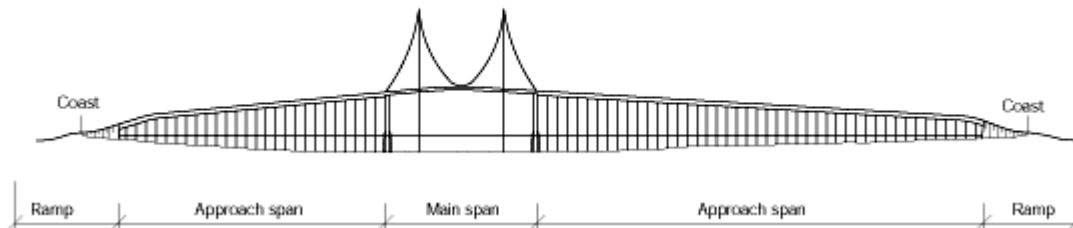
### Solution B and F



### Solution C



### Solution D



## Eksempler på spørgsmål til P0 projektet

Hvordan finder man ud af, om der er behov for en forbindelse?

Hvilken løsning skal man vælge?

Hvorledes bygger man de forskellige løsninger?

Hvordan påvirkes havmiljøet, besejling mv.?

Prøv at finde information i følgende databaser:

[www.trm.dk](http://www.trm.dk)

[www.sundogbaelt.dk](http://www.sundogbaelt.dk)

[www.femern.info](http://www.femern.info)

[www.storebaelt.dk](http://www.storebaelt.dk)

[www.oeresundsbron.dk](http://www.oeresundsbron.dk)

[www.ing.dk](http://www.ing.dk)

God fornøjelse/Vejledergruppen

