

## Affugtning af broer, kraner, sluser og andre stålkonstruktioner

Danmark er et land, der trods sin beskedne størrelse er blevet verdenskendt for sin brobygningskunst.

I 30'erne byggedes den første Lillebæltsbro og Storestrømsbroen, der med sin længde på 3,2 km havde den europæiske rekord i mange år. Disse danske broer var konventionelle gitterfagsbroer med begrænset spændvidde.

### Brotyper

I samme periode byggedes i USA en række hængebroer f.eks. George Washington-Broen i New York og den berømte Golden Gate Bro i San Francisco.



Lillebæltsbroen

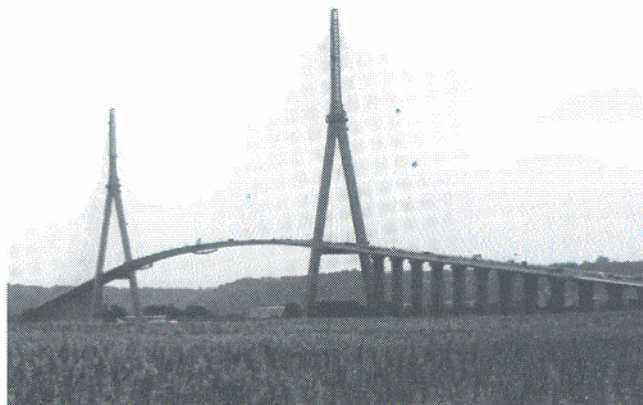
Fælles for alle disse amerikanske broer er, at de er udført med gitterspær.

Også efter 2. verdenskrig byggedes hængebroer med denne konstruktion: Verrazano Narrows i New York og Tagris Broen i Lissabon.

I tresserne og halvfjerdserne skete der imidlertid en ændring i den hidtidige byggepraksis, hvor der nu blev bygget hængebroer med lukkede kassedragere, der medførte besparelser i byggeomkostningerne.

Disse lukkede konstruktioner beskyttes af affugtningsanlæg, der sørger for, at det indre af broen holdes på et fugtniveau, der forhindrer korrosion. Derved kan overfladebehandling undværes, hvilket er en betydelig besparelse. Dette gjaldt Humber Broen i England, Bosperus Bro nr. 1 samt den nye Lillebæltsbro i Danmark.

Sidstnævnte bro, der blev indviet i 1970 er verdens første bro med affugtningsanlæg. Entreprenøren af staldelen var Monberg & Thorsen, der siden har deltaget i mange byggerier af stålbroer med affugtningsanlæg, hvoraf kan nævnes Farø-Broerne (1985), Pont de Normandie i Frankrig (1994), Askøy-Broen i Norge (1993), Høga Kusten i Sverige (1998) og Øresundsbroen (2000).



Pont de Normandie

Det rådgivende firma på Lillebæltsbroen var COWI-Consult, som med projekteringsarbejdet for denne bro for alvor kom på verdenskortet med store moderne hængebroer.

Fælles for alle de broer, hvor COWI-Consult har arbejdet sammen med M&T finder man Munters affugtningsanlæg. Vi har udviklet et speciale, der er blevet anvendt på en række broer, både i Danmark og resten af Europa, der spænder fra en lille fodgængerbro i Herlev ved København til Østbroen på Storebælt. Også svingbroer, som f.eks. over Næstved Kanal anvender affugtning som korrosionsbeskyttelse af broens indre.

### Lillebælt

På den nye Lillebæltsbro anvendes 4 affugtere i drageren, der er 1060 m lang, 33 meter bred og 3 meter høj, i alt ca. 105.000 m<sup>3</sup> luft, der holdes på en passende lav relativ fugtighed for at undgå korrosion, se særskilt faktablad om korrosion.

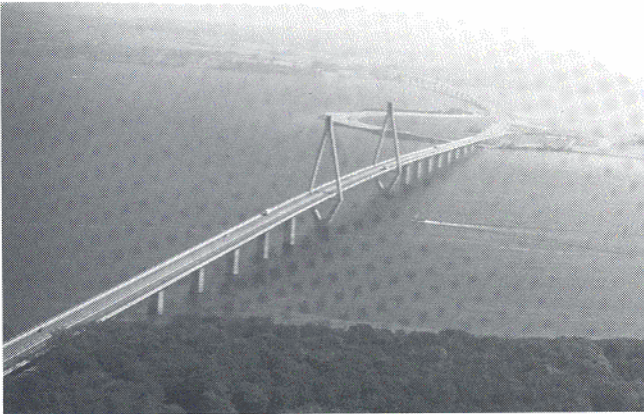
Ankerblokkene på Lillebælt, der er hule og nedgravede for ikke at skæmme broens lette linier er også affugtede med 4 stk. mindre Munters affugtere for at hindre, at de bærende stålkablers fastgørelse til ankerblokkene korroderer.

Til kontrol af affugtningsanlæggenes effektivitet anvendes en række sandblæste stålplader, der ophænges inde i drageren. Efter mere end 25 års drift er der stadig ingen tegn på rustdannelse på pladerne, hvilket viser, at de 8 Munters affugtere har fungeret effektivt både sommer og vinter, og medført betydelige besparelser på vedligeholdelseskontoen.

## Farø-Broerne

De gode erfaringer fra Lillebæltsbroen medførte at Farø-Broerne, der er en såkaldt skråstagsbro, slet ikke blev overfladebehandlet på de ca. 300.000 m<sup>2</sup>, der udgør den indvendige overflade i brodragerne. Den udvendige malede overflade er 80.000 m<sup>2</sup>.

Investeringen i de i alt 12 Munters affugtningsanlæg medførte en reduktion af omkostningerne svarende til 8-10% af overbygningens anlægssum, hvilket svarer til ca. 80 mio. kr. i 1995-priser. (50 mio. kr. i 1979-priser).



Farø-Broerne

De to broer på henholdsvis 1596 m og 1726 m er opdelt i 6 afsnit med hvert sit Munters affugtningsanlæg. I toppen af de to elegante pyloner mellem Farø og Falster er der ligeledes placeret en affugter for at beskytte stagene med deres fastgørelse. Endelig er der et år efter broens åbning blevet monteret et anlæg i hver af de 4 landfæster for at beskytte dilatationsfugerne mod korrosion. Som ekstra gevinst opnåedes også en beskyttelse af de eltavler, der er placeret i landfæsterne med både elektronisk og elektrisk udstyr.

På Farø-Broerne holdes ialt 162.000 m<sup>3</sup> luft på 40% RF. Den installerede effekt er kun på i alt 42 KW.

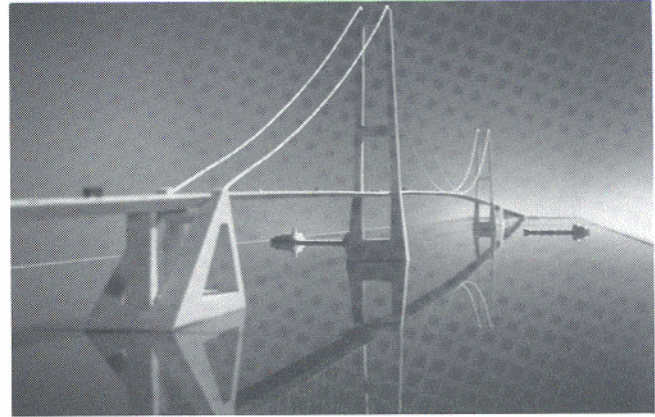
## Østbroen, Storebælt

Da det blev besluttet at bygge forbindelsen over Storebælt blev det politiske kompromis, at bilerne skulle føres over Østrenden på en 6790 m lang højbro.

Østbroen består af 2 sidebroer på henholdsvis 2544 m og 1552 m, samt en hængebro på 2694 m med et frit spænd på 1624 m og en gennemsejlingshøjde på 65 m. Pylonerne har en højde på 254 meter og er således Danmarks højeste punkter.

I broens dragere findes ca. 840.000 m<sup>3</sup> luft, der ved hjælp af 9 Munters-affugtere holdes på et passende lavt fugtniveau, der holder stålfaderne korrosionsfrie efter samme princip som på Lillebælt og Farø.

Broen, der engang imellem benævnes Rekordernes Bro, kommer også til at have Danmarks højest placerede affugtere, idet 4 stk. M120 beskytter de 4 sadler af stål, der bærer kablerne for selve hængebroen.



Østbroen, Storebælt

## Øresundsbroen

Alle ovennævnte hænge- og skråstagsbroer har haft kassedragere, med Østbroen og Høga Kusten som 3. generation. De er forholdsvis enkle at affugte.

Med beslutningen om at bygge en fast forbindelse over Øresund fik man også en bro i 2 etager med jernbanetrafikken på underste etage og bilerne foroven. Broen er en såkaldt kompositbro, idet underste etage udføres som en gitterkonstruktion af stål, der er hul. Ovenpå denne stålkonstruktion lægges betonelementer til motortrafikken. Broen får en samlet længde på 7,5 km hvor gennemsejlingsfaget mellem de to 204 meter høje pyloner har et frit spænd på 490 m. Denne type bro er også forsynet med affugtningsanlæg, der placeres i bunden af stålkonstruktionen. Typen har stillet store krav til at opnå en optimal løsning på fordelingen af tørluft i den komplicerede brokonstruktion.

## Reduktion af omkostninger

Erfaringer viser, at energiforbruget og vedligeholdelsen af affugtningsanlæg i broer er under 1% af de anslåede traditionelle vedligeholdelsesomkostninger.

På broer som Storestrømsbroen og den gamle Lillebæltsbro er det næsten fast arbejde at male broerne, da denne type konstruktioner har en meget stor overflade, der påvirkes af den atmosfæriske luft.

## Anden anvendelse af tørluft

Imidlertid er affugtning ikke kun korrosionsbeskyttelse af broer, men historien om kontrolpladerne i Lillebæltsbroen er et af de bedste eksempler på tørluftteknikkens enkelhed og effektivitet.

Tørluft kan på helt samme måde benyttes til korrosionsbeskyttelse på andre stålkonstruktioner som f.eks. kraner, herunder containerkraner, boreplatforme, skibe, både oplagte og i drift, kedler i alle størrelser, beholdere, turbiner, tunneller, sluser samt forsvarets panserkøretøjer.

Affugtning har således indenfor bestemte områder fået en meget stor udbredelse på grund af tørluftteknikkens enkelhed og effektivitet. Udviklingen vil uden tvivl fortsætte, da mange produktionsprocesser indenfor levnedsmiddel-, medicinalvare og kemisk industri helt enkelt ikke kan finde sted i alle årets 8760 timer uden sorptionsaffugtning.