

ET IDÉ- OG VEILEDNINGSHEFTE I

TEKNOLOGI & design



BÆRENDE KONSTRUKSJONER

Om bygg og bygningskonstruksjoner

Jens Jacob Jensen

Heftet er utarbeidet med støtte av
RENATEsenteret

Om forfatteren

Jens Jacob Jensen

(f. 1938) har sin bakgrunn som sivilingeniør bygg fra ETH, Zürich, Sveits, dr.techn. fra NTH, Trondheim, og har konstruksjonspraksis fra entreprenør- og rådgivende ingeniørfirma i inn- og utland. Han har virket en årrekke innen undervisnings- og forskningsmiljøet ved NTNU og SINTEF. Han driver nå sin egen konsulentvirksomhet innen konstruksjonsteknikk, teknologi- formidling og læring (JJJ Consult AS). Han har blant annet på oppdrag fra Næringslivsringen vært med på å bygge opp "Teknologiverkstedet" ved institutt for konstruksjonsteknikk NTNU som er etablert for rekruttering av barn og unge til tekniske yrker.

”DESIGN det som skal lages - lag det som er designet!”

Serie: Idé- og veiledningshefter i Teknologi og Design
Redaktør: Svein Briså, programkoordinator for *Teknologi i Skolen*, Nasjonalt Senter for kontakt med arbeidslivet om rekruttering til realfag -RENATE
For ytterligere info: www.renatesenteret.no/teknologi og www.teknologiforum.no
Kontaktperson: Svein Briså, tlf. 23 35 30 90
Idé forside: Elisabeth Killie Kanebog, Langnes skole, Tromsø
Kopiering er tillatt for bruk i grunnskolen når kilde oppgis: Teknologi i Skolen + forfatter.
1 utgave. 1 opplag 2004

INNHold

Om forfatter	2
Innhold	3
Forord	5
Allmenndannelse og samfunn	5
Likestilling	5
Samspill med lokalsamfunnet	5
1 TEKNOLOGI OG DESIGN	6
Fagområdet Teknologi og Design (For lærer)	6
Målområder	6
Flerfaglighet	6
Arbeidsmåter	6
Tema vs. Produkt	7
Innfallsvinkler	7
Prosessen fra idé til produkt	7
Produktmappe dokumentasjon	9
Differensiering	9
Organisering	9
Valg av prosjekter	9
2 BÆRENDE KONSTRUKSJONER	10
Generell del (For lærer)	10
Område innen teknologi	10
Tilknytning til læreplanen	10
Områder til problemløsning	10
Områder til undring og utforskning	11
Forkunnskaper – Konstruksjonslære (For elev og lærer)	11
Definisjoner, begreper	11
Tegning som språk	12
Statiske systemer	13
Krefter	13
Laster	15
Dimensjonering	17
Konstruksjonselementer	17
Forprosjekter (For elev og lærer)	20
Lær å se	20
Lær om bygningsmaterialene tre, stål og betong	21
Lær å se naturens og hverdagens konstruksjoner	24
Lær bruken av modeller i materialene tre papp, ståltråd, leire, gips, tøy og strikk	24
Tilknytning til andre fag	26

3 PROSJEKTER	27
Prosjekt 1. Brokonstruksjoner (For elev og lærer)	27
Teori	27
Beskrivelse av prosjektet ”buebroer”	29
Beskrivelse av prosjektet ”fagverksbroer”	31
Beskrivelse av prosjektet ”flytebroer”	33
Beskrivelse av prosjektet ”Broer, teknologi og samfunn”	33
Prosjekt 2. Tårn, master og vindmøller	35
Teori	35
Beskrivelse av prosjektet ”Tårn, master og vindmøller”	36
Prosjekt 3. Telt, membraner og skall	38
Teori	38
Beskrivelse av prosjektet ”Telt- og duk-konstruksjoner”	39
Beskrivelse av prosjektet ”Skallkonstruksjoner”	40
Prosjekt 4. Sjø og havkonstruksjoner	41
Teori	41
Beskrivelse av prosjektet ”Oljeplattformer”	43
VEDLEGG:	45
Referanser	
Litteratur	
Nettadresser	
Foto	
Materialer og utstyr	
Byggesett konstruksjoner	
Nyttig materiell og utstyrsliste	
Nyttig verktøy	
Ordlister faguttrykk	

Forord

Dette heftet er ett av en serie veiledningshefter til faget *Teknologi og Design*. Disse heftene utdyper ulike temaer innen fagområdet, og hovedhensikten er å gi noen konkrete opplegg for tema- og prosjektarbeid i ulike teknologiske emner, og for forskjellige klassetrinn i grunnskolen. Vi prøver også å se på arbeidsmåter og problemstillinger og gi et bilde av hvordan en prosess fra idé til produkt kan gjennomføres.

Vi tror derfor at det vil være nyttig å sette seg inn i ulike prosjekter fra dette og andre tilsvarende veiledningshefter og håper at denne serien med hefter vil gjøre det lettere for hver enkelt skole å komme i gang selv, og at det blir enklere å utvikle egne og lokale prosjekter.

Utspringet for heftet "Bærende konstruksjoner" kommer fra etableringen og erfaringer høstet fra "Teknologiverkstedet" ved *Institutt for konstruksjonsteknikk, fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi* ved NTNU. Det ble etablert som et samarbeide mellom *Institutt for konstruksjonsteknikk NTNU, Næringslivsringen ved NTNU*, og "Teknologi i skolen" representert ved Rosenborg skole, Trondheim. Forfatteren har på oppdrag av *Næringslivsringen NTNU* vært med på oppbyggingen av "Teknologiverkstedet". Innholdet i dette heftet kan kanskje synes å ligge noe høyt for et grunnskolenivå, blant annet når det gjelder bruk av faguttrykk. Hensikten er imidlertid at elevene skal få mulighet til å strekke seg noe hvis det er interesse for det. De praktiske prosjektene er ment å gi læreren en rekke tips, og de kan tilpasses det ønskede nivå.

Allmenndannelse og samfunn

En overordnet målsetting for dette fagområdet er å styrke elevenes allmenndannelse. Samtidig er teknologikunnskap også viktig for å kunne gjøre kvalifiserte vurderinger, både av enkeltprodukter rundt oss og av allmenne trekk ved vårt høyteknologiske samfunn.

Ved å arbeide med teknologiske problemstillinger, kan elevene forstå hvorledes ulike teknologiske innretninger virker og hvilke anvendelsesmuligheter disse har. Vi tror det vil stimulere elevenes evne til nyskaping og kreativitet, og øke interessen for realfagene ved at de trekkes inn i en praktisk sammenheng. Slik blir det lettere å se den praktiske nytten av teoretiske fag.

Likestilling

I dag er det slik at "teknologi" i utgangspunktet assosieres mest med "gutta". Men gjennom menneskets historie har teknologi i vid forstand spilt en sentral rolle i hverdagen både for kvinner og menn. Derfor er fagområdet godt egnet for begge kjønn. Likevel er det spesielt viktig å velge prosjekter som gir jentene anledning til å hevde seg på lik linje med guttene, - problemstillingene må gjenspeile begge kjønnenes interesseområder. Erfaring viser at i så fall er dette fagområdet svært attraktivt også for jenter.

Samspill med lokalsamfunnet

Det er også en intensjon at programmet Teknologi og Design med fordel kan ha tilknytning til lokalt næringsliv, kommunale etater og interessefelter. I planleggingen og gjennomføringen av tema- og prosjektarbeid ved hver enkelt skole, bør mulighetene for slikt samspill utnyttes.

1 TEKNOLOGI OG DESIGN

Fagområdet Teknologi og Design

(For lærer)

Teknologi og Design er et fagområde som vektlegger flerfaglig arbeid og kreativitet, og det skal være et fag der:

- Alle elevene kan finne sitt eget nivå med utfordringer, kreativitet og skaperglede
- Teoretiske kunnskap kombineres med praktisk arbeid
- Alle elever ender opp med et produkt som de selv har formgitt og konstruert.
- ”Eleven designer det som lages og lager det som er designet”

Målområder

Fagområdet har fem målområder, som er utgangspunkt for veiledningsheftene:

- Design
- Teknologiske virkemåter og anvendelser
- Teknologiske ferdigheter
- Materialkunnskap
- Teknologi og samfunn

Flerfaglighet

Det er ønskelig og nødvendig at fagområdet Teknologi og Design (T&D) knyttes til et vidt spekter av fagområder. Eksempelvis er det naturlig å knytte prosjekter opp mot fag som engelsk og norsk; de kan ha vinklinger mot historie og samfunnskunnskap, og selvsagt bør det gjøres bruk av realfagene. Ulike anvendelser av de matematiske og naturvitenskapelige fagene gjør at elevene kan se hvor sentrale disse fagene er i praktiske sammenhenger og hvordan de anvendes i de ulike deler i arbeidsprosessen med T&D. Teknikker fra kunst og håndverk er velegnet innen fagfeltet og IKT kan benyttes på mange vis, både ved tegning og ved utarbeidelse av dokumentasjoner og presentasjoner. *NB: Stortinget bestemte i juni 2004 at Teknologi og Design skulle innarbeides i relevante fag, for eksempel i Naturfag og Kunst og Håndverk. Høsten 2004 er det startet en revisjon av læreplanene.*

Arbeidsmåter

Uansett hvordan de nye læreplanene for Teknologi og Design blir, er det greit å ha i tankene at arbeidet kan foregå som praktisk orienterte tema- og prosjektarbeid, der flere fag er involvert. Undring, utforskning, problemløsning, kreativitet og praktisk arbeid er vesentlig når det gjelder T&D. Elevene skal i stor grad lage noe – gjøre noe med hendene.

Det er også viktig å gjøre elevene kjent med produktmåter og prosesser som brukes i ”virkeligheten”. Samarbeid med bedrifter og offentlige etater vil derfor ha stor betydning.

Tema vs. Prosjekt

Man bør gjøre seg noen tanker om arbeidet skal legges opp som prosjekt eller tema inntil vi får nye rammebetingelser. I en del tilfelle vil det sikkert være naturlig å velge en kombinasjon av disse arbeidsformene.

Vi vil gjerne kunne gi elever, for eksempel i 9 klasse, denne prosjektoppgaven: Konstruer og bygg en bro.

Men for at de skal kunne løse en slik prosjektoppgave, må de først tilegne seg nødvendige kunnskaper, ferdigheter og teknikker. Det kan skje ved at de starter med å studere hvordan forskjellige brokonstruksjoner ser ut, gjerne med eksempler fra eget nærmiljø. Med det kan de danne seg oppfatninger om beliggenhet, funksjon (hva slags trafikk), utseende, materialvalg og virkemåte (hvordan og hvorfor den står og tåler belastning). De kan også gjøre seg tanker om hvordan den ble bygget (byggeprosessen).

En annen variant kan være å lære elevene om ulike bygningskonstruksjoner, og la dem oppdage byggenes/konstruksjonenes plass og betydning i dagens samfunnsutvikling. Lære dem om arkitektur, formgivning, byggematerialer og konstruksjoners virkemåte med mer, for deretter å la dem være kreative og forme og konstruere egendefinerte konstruksjoner på egen hånd. Dette arbeidet kan skje ved at vi gir elevene enkle problemstillinger med få momenter som bygger opp selve prosjektet. Slike mindre, fokuserte oppgaver er velegnet som temaarbeid.

Innfallsvinkler

Avsnittet foran kan oppsummeres i noen ulike innfallsvinkler. Elevene skal:

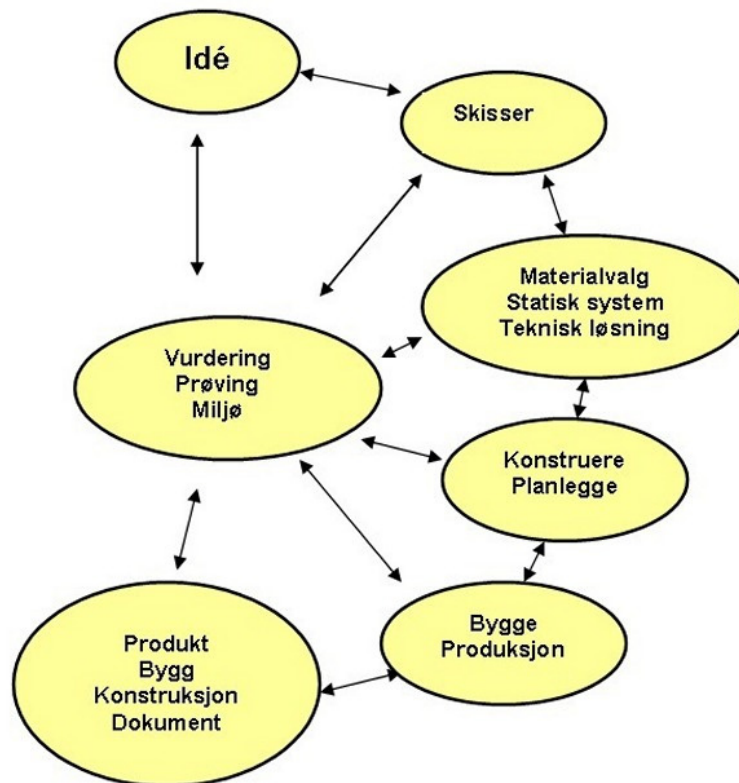
- Studere produkter (her konstruksjoner) fra sin hverdag og finne ut hvordan de virker
- Utforske et teknologisk prinsipp (her statiske systemer, dvs. bærevirking, hvordan krefter fra belastning virker og hvordan stabilitet sikres). De skal selv være kreative og finne bæresystemer for ulike ”produkter”, dvs. her ulike konstruksjoner.
- Lære seg det vesentligste om et materiale, samt lære seg teknikker for bearbeiding/utførelse av ”konstruksjoner” i materialet.

Konkrete tema- eller prosjektarbeid kan på ett eller flere av disse tre punktene peke frem mot og forberede elevene på ”svenneprøven”: Å lage et produkt, der de fra idé til ferdig produkt på egen hånd må designe, lage og bruke ulike teknologiske innretninger/teknikker for å komme frem til et akseptabelt produkt.

Proessen fra idé til produkt

For å vise gangen i denne siste store prosessen tar vi for oss en åpen problemstilling, der vi skal lage et produkt (her en konstruksjon), som løser et problem (oppfyller et behov eller en funksjon). Det kan for eksempel være å bygge en bro, som nevnt foran. I en oppgave med åpen problemstilling vet vi til å begynne med ikke helt hva som skal lages, og vi vet slettes ikke hvordan den skal lages.

Vi starter da kanskje med å se hva andre har laget, får en idé, for deretter å lage noen skisser for å arbeide med og konkretisere ideen. Det gir oss et første grunnlag for å vurdere den: Er det noen vits i å lage noe sånt, - og er det mulig med de midler (materialer, verktøy, utstyr, tid) vi rår over?



Figur 1.1 Designprosessen

Etter hvert som designprosessen skrider frem, blir vi mer og mer klar over hva vi egentlig skal lage, hvordan produktet (her konstruksjonen) skal se ut, og hvordan den skal virke helt konkret. Dette må sees i lys av og kobles til materialvalg og tekniske løsninger (for konstruksjoner: statiske systemer). Da har vi også begynt å tenke på hvordan vi skal gripe tingene an og hvilke teknikker (byggeprinsipper) vil vi bruke.

Materialvalg og tekniske løsninger (også i forhold til miljø) må vurderes og testes: Vil det fungere slik vi ønsker? Hvis ikke, må vi tilbake og gjøre ting litt annerledes enn vi først hadde tenkt, teste på nytt osv. – helt til vi er sikre på hvordan vi vil gjøre ting.

Da går vi over i planleggingsfasen, der vi må gjøre beregninger og lage detaljerte arbeidstegninger og finne ut i hvilken rekkefølge ting skal gjøres (tenke igjennom byggeprosessen). Men stadig vil det vise seg at vi må tilbake ett eller flere trinn i prosessen for å justere noe av forarbeidet. På et hvert punkt i prosessen kan det vise seg nødvendig å gå ett eller flere trinn tilbake før man har funnet en god løsning. Se for øvrig heftet "Designprosessen som arbeidsmetode" av Elisabeth Killie Kanebog. Finnes under www.teknologiforum.no.

Prosedyren foran er omfattende og kan virke avskrekkende. Så la det være klart: Dette vil ikke være regelen i arbeidet med Teknologi og Design. Den største aktiviteten vil ligge i temaarbeid og småprosjekter basert på punktene 1-3 foran, og her kan problemstillingene være nokså faste og oversiktlige, ikke helt ulik mer tradisjonelle elevøvelser og sløydoppgaver.

Produktmappe - dokumentasjon

Alle idéforslag, skisser og tegninger, utredninger og forklaringer, beskrivelser av virkemåter, tilknytning til historie og samfunnskunnskap, bruk av ulikt verktøy, elementer i designprosessen fra kunst / håndverk /industri /kulturtradisjoner etc. kan dokumenteres i en egen produkt /presentasjonsmappe.

Kommentar: Ikke legg for stor vekt på pene produktmapper og omfattende dokumentasjon. Det vil svekke fagområdets karakter som beskrevet ved de fem målområdene foran, og kan lett gi det en uheldig teoretisk slagside.

Differensiering

Gruppearbeid som dette gir gode muligheter for differensiering, - de må benyttes! Det gjelder ambisjonsnivået generelt, men særlig i vektingen mellom praktisk arbeid og dokumentasjon av prosessen er det viktig å ta hensyn til hva som er den enkelte elevs interesser, styrke og svakheter.

Organisering

Arbeidet med fagområdet kan gjerne foregå i ulike prosjektperioder, og må knyttes til time-ressurser fra flere fag. Arbeidet kan gjerne foregå i grupper med 2 elever.

Valg av prosjekter

Det er viktig å merke seg at alle målområdene innen Teknologi og Design skal dekkes av de ulike prosjektene som skolene velger å gjennomføre. Imidlertid, hvilke prosjekter skolene velger å bruke, bør være avhengig av lokale muligheter og interessefelt. Det er således ikke nødvendig å bruke eksemplene i dette veiledningsheftet, men arbeidsmåten og prosessen som eksemplene viser, tror vi det lurt å ta seg ad notam.

2 BÆRENDE KONSTRUKSJONER

Generell del

(For lærer)

Område innen teknologi

”Bærende konstruksjoner” er en del av vår hverdag. Vi bor i et hus og får utdanning i skolebygningen. Kontoret, verkstedet, fabrikkene, forretningene huser våre arbeidsplasser. Bygninger for sport, teater, film benyttes av mange mennesker. Broer for vei og jernbane, flyplassbygninger, havner, dammer, oljeinstallasjoner, master og tårn er konstruksjoner som tjener transport, kommunikasjon og energiproduksjon. Eksemplene er mange.

Med ”Bærende konstruksjoner” mener vi her bygningskonstruksjoner som har en bærende funksjon dvs. har evnen til å bære eller overføre belastninger og lede krefter til grunnen. Vi tenker kanskje ikke så ofte på hvorfor konstruksjonene ser ut som de gjør, men hvis vi gjør det, kan vi kanskje undres hvorfor de står og ikke faller ned og hvordan bygges de? Hvorfor er noen pene og andre mindre pene? Hva gjør disse byggene, konstruksjonene med miljøet, med våre ressurser, eller med menneskene? Noen av spørsmålene skal vi prøve å svare på.

Grunnlaget for å forme, konstruere og dimensjonere bærende konstruksjoner er konstruksjonslæren. Ser vi på betydningen, så betyr konstruksjon å konstruere (konstruksjon, latin: constructio) å sette sammen, bygge opp, tegne opp.

For bærende konstruksjoner omfatter konstruksjonslæren formgivning, beregning og dimensjonering. Formgivningen dannes av geometriske, kraftmessige og estetiske betingelser. Bærende konstruksjonselementer settes sammen til bærende og stabile konstruksjoner. Klassiske fagdisipliner som statikk eller konstruksjonsmekanikk, geoteknikk og dimensjonering (se s. 17) i betong, stål- og tre og andre materialer inngår i konstruksjonsprosessen. Mangfoldet av fagdisipliner gjør at bærende konstruksjoner berører mange områder innen teknologi.

Tilknytning til læreplanen

T&D inneholder viktige elementer som er uttrykt i læreplanen (L97) og som har aktualitet i forhold til bærende konstruksjoner. Her nevnes stikkord som: formgivning, tekniske virkemåter og anvendelser, teknologiske ferdigheter, materialkunnskaper og teknologi og samfunn. Videre har T&D sterk tilknytning til fag som matematikk og naturfagene, kunst og håndverk, ja til og med fagene samfunnsfag, norsk og engelsk.

Områder til problemløsning

De nevnte punkter i forhold til læreplanen er ivaretatt ved prosjektoppgaver i det foreliggende veiledningsheftet for T&D. For eksempel aktiveres designprosessen gjennom prosjektarbeid innen ett av temaene brobygging, tårn og vindmøller, membraner og skall eller sjø- og havkonstruksjoner. For å forstå de bærende konstruksjoners virkemåte og anvendelser må en kjenne til laster, krefter og bevegelse, dvs. grunnleggende fysiske prinsipper. Ved egenaktivitet med konstruksjon og bygging av modeller, illustreres statiske krefter, likevekt, deformasjoner og stabilitet. Anvendelse av matematikken flettes inn i de praktiske problemstillinger på en naturlig

måte og med vanskelighetsgrad som kan tilpasses klassetrinn. Teknologiske ferdigheter og materialkunnskaper oppnås gjennom prosjektoppgaver hvor papir, tre, metaller og plast benyttes.

Forholdet til teknologi og samfunn gjenspeiles i teknologihistorie hvor teknologiske nyvinninger og deres betydning for samfunnsutviklingen belyses spesielt for bygningskonstruksjoner. Tema som miljø, ressursutnyttelse og gjenbruk i byggeprosessen kan knyttes til de enkelte prosjektoppgaver. Tema som også viser naturens konstruksjoner, skal åpne øynene for konstruktive prinsipper i naturen. Det er her en naturlig kobling til Naturfag. Derved er det et indirekte bidrag til å skape respekt for natur og miljø.

Områder for undring og utforskning

Som prosjektoppgaver er konstruksjonstyper fra virkeligheten benyttet. (Eksempel: broer, master, tårn, skall, havkonstruksjoner m.fl.). Mange av disse konstruksjonene har felles problemstillinger, men også sine spesialiteter. Med praktisk modellbygging av de utvalgte konstruksjonstyper vil problemstillinger og spørsmål dukke opp og elevene vil måtte utforske problemene og finne sine egne løsninger. Et lite innblikk i forskningens problemverden og de metoder som benyttes vil gi elevene nye måter å tenke eller handle på.

Forkunnskaper – Konstruksjonslære (For elev og lærer)

Definisjoner, begreper

En byggeprosess er som regel en omfattende operasjon som krever planleggingsarbeid. Mange mennesker og ulike profesjoner kan være involvert. For et bygg eller en konstruksjon må det være avklart hvilken funksjon bygget skal tjene (bolighus, industribygg, lager, idrettanlegg bro, m.fl.). Spesifikasjoner må gis og belastninger må defineres, standardiserte regler og forskrifter må følges. Beliggenhet, disponibelt byggeareal og samt grunnforhold og klima må være kjent. Konstruksjon, arkitektur og økonomi og utførelse setter normalt sine rammer.

Konstruksjonsdelen er bare en del av en byggeprosess, men den er en viktig del i planprosessen. Vi begrenser oss her i ”Bærende konstruksjoner” til konstruksjonsdelen i en byggeprosess, men vi skal allikevel ha byggeprosessen som helhet i minne.

For konstruksjoner danner konstruksjonslæren grunnlaget for forståelsen for å forme, konstruere og dimensjonere bærende konstruksjoner. I den forbindelse er det nyttig å kjenne til betydningen eller hva vi legger i enkelte begreper:

Formgivning: Formgivningen er et av de viktigste elementer i konstruksjonsprosessen. Arkitekten skaper byggets form med byggets funksjonskrav, areal, estetikk og økonomi som rammebetingelser. Formgivningen av den bærende konstruksjon står ingeniøren for. Geometriske mål, virkende laster, statiske systemer med beregning av indre krefter samt tilgjengelige materialer gir muligheter.

Statikk: Statikk er læren om likevekt. Prinsippet om likevekt er grunnlaget for all beregning og dimensjonering av bærende konstruksjoner. Med dimensjoneringen bestemmes konstruksjonens tverrsnittsmål.

Konstruksjonselementer: En bærende konstruksjon kan settes sammen av mange forskjellige konstruksjonselementer (staver, bjelker, plater, skall). Disse utsettes for krefter som trykk og strekk, bøyning og skjær. Innbyrdes må konstruksjonselementene bindes sammen til et system og et systemkrav til stabilitet må sikres.

Laster: En konstruksjon utsettes for laster og det stilles krav om at konstruksjonen med nødvendig sikkerhet skal tåle de laster som den utsettes for. Vi skiller mellom laster av typen egenvekt, nyttelast, naturlaster og ulykkeslast. Eksempel på nyttelast kan være trafikklaster på en bro, lagerlast på gulv. Naturlaster kan være snø, vind, bølger, temperatur. Ulykkeslast kan være brann, eksplosjoner med mer.

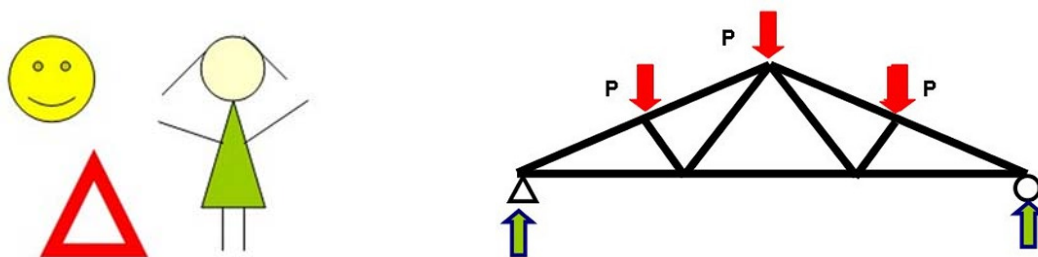
Krefter spenninger: Som en følge av at ytre laster virker på en konstruksjon oppstår indre krefter i konstruksjonen. Kraft pr. flateenhet kalles spenninger. Ethvert materiale har sine material-egenskaper knyttet til fasthet (spenninger) og relativ forlengelse (tøyning)

Sikkerhet: Konstruksjoner skal utformes, dimensjoneres og utføres på en slik måte at det er en definerbar sikkerhet mot sammenbrudd. Sikkerhetskravene er definert i våre konstruksjonsstandarder. I en sikkerhetsvurdering ligger også valg av materialer og bruddform (seig, sprø) som influerer dimensjoneringen.

Geoteknikk: Geoteknikk behandler jord- og bergarters egenskaper i byggeteknisk henseende. Bygningskonstruksjoner skal fundamenteres og derfor er grunnens beskaffenhet viktig for valg av konstruksjonstype.

Tegning som språk

Vi benytter tegninger og symboler til å forklare hvordan en gjenstand skal se ut, hvordan den virker og hvordan den skal lages. En arbeidstegning eller en perspektivskisse viser hvordan konstruksjonen ser ut. For å forklare virkemåten tegnes konstruksjonen på en stilisert måte (strektegning) og for laster og reaksjonskrefter benyttes symboler. Se figur 2.1, fagverk.



Figur 2.1 Strektegning som symboler og som konstruksjonsbeskrivelse

Vi benytter arbeidstegninger for å vise hvordan en konstruksjon skal utføres. Den skal inneholde mål og dimensjoner dvs. lengde, bredde, høyde; opplysninger om materialer og spesiell utførelse. En arbeidstegning er forbundet med ansvar, dvs. utførelsen må gjøres nøyaktig som foreskrevet. Konstruktøren (den som former, tegner og beregner) er ansvarlig for at konstruksjonen er riktig beregnet og dimensjonert, entreprenøren (den som utfører, bygger) er ansvarlig for at konstruksjonen er utført som foreskrevet.

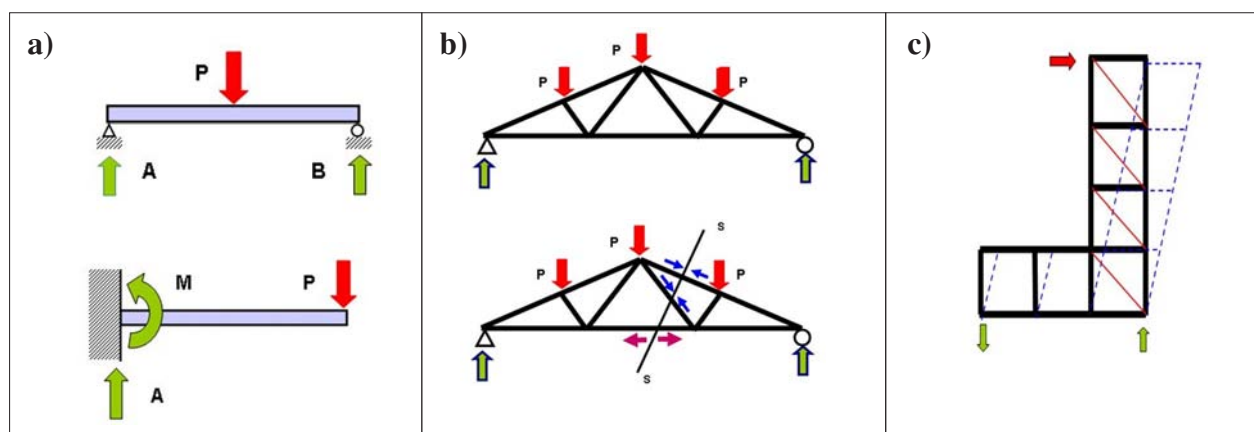
Statiske systemer

Bæresystemet til en konstruksjon har som oppgave å føre ned i grunnen de aktuelle laster (egenlast, nyttelast, snø, vind etc.) som virker på konstruksjonen. I grunnen under konstruksjonen tas disse lastene opp.

For å synliggjøre hvordan en konstruksjon virker med hensyn til å fange opp laster og lede krefter gjennom konstruksjonen til fundamentene, benyttes gjerne teoretiske modeller som utformes som strektegninger. En slik modell kalles konstruksjonens *statiske system* (s.27), og benyttes som modell for beregninger. For å beskrive en konstruksjonsdels lagringsforhold (hva et byggelement hviler på), benyttes spesielle symboler.

Av det statiske system skal en også kunne se om konstruksjonen er stabil, dvs. at den ikke velter, skjevstilles, eller "klapper sammen".

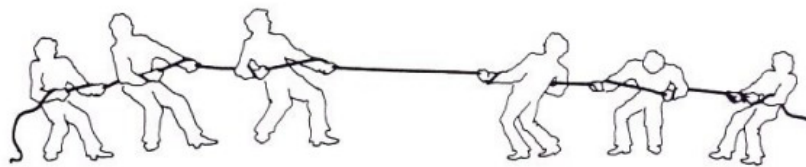
Figur 2.2 viser statiske systemer for bjelker, fagverk (takstol) og rammer (høyhus). For bjelkene og fagverk er last og reaksjonskrefter tegnet inn. Fagverket er i tillegg snittet opp for å illustrere indre og ytre krefter. Det statiske system til høybygget illustrerer nødvendigheten av avstivning (diagonaler). Dersom avstivning mangler, kan en få en skjevstilling og bygget kan klappe sammen (ikke stabilt).



Figur 2.2 Eksempler på statiske systemer. **a)** Fritt opplagt og innspent bjelke. **b)** Fagverk med ytre og indre krefter påtegnet. **c)** Systemstabilitet.

Krefter

Vi har alle vår erfaring med krefter. Eksempel: Fra kappleik med to lag i tautrekking kjenner vi kraften direkte (figur 2.3). Tauet utsettes for en strekkraft. Bindes tauet fast i et tre yter treet en motkraft som vi kaller reaksjonskraft. "Actio et reactio". Vi måler kraft i N (Newton).



Figur 2.3 Tautrekking. Strekk-krefter. Kraften går langs "tau-aksen" – en aksialkraft (Kilde (1))

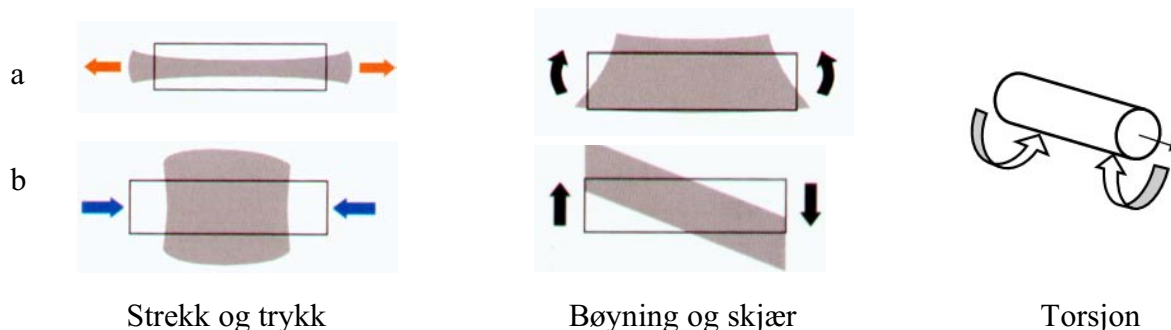
Noen definisjoner:

Strekk og trykk. Strekk og trykk er rene aksialkrefter. I konstruksjoner som for eksempel fagverk har vi rene strekk- og trykkstaver. Hovedkabelen i en hengebro utsettes for strekk-krefter. Pilarene på broen utsettes for trykk-krefter. Strekkstaver får ved påkjenning en forlengelse og innsnevring i tverretningen, mens trykkstaven får en stukning, dvs. en forkortelse og en utvidelse i tverretningen (figur 2.4).

Bøyning – skjær. En bjelke som utsettes for belastning vil bli utsatt for kraftstørrelsene som kalles moment og skjær. Momentet har størrelsen kraft x arm og måles i (Nm). Skjærkraften har størrelsen som en kraft (N).

Torsjon. Påkjenningen som en stav eller bjelke utsettes for ved vridning, kalles torsjon.

Spenning. Spenning defineres som kraft pr areal. Normalt benyttes enheten (N/mm²).



Figur 2.4 Krefter: strekk og trykk, bøyning og skjær, torsjon (Kilde (1)).

Ytre og indre krefter. Kan enklest forklares ved å vise et eksempel som takstolen (fagverk) vist i figur 2.2. De ytre lastene P og opplagerkreftene (hva et materiale hviler på) er i likevekt. Lastene og reaksjonskreftene kalles systemets ytre krefter. Tenker vi oss at vi skjærer over fagverks-bjelken og vil holde fagverket sammen, får vi krefter som også er vist i figur 2.2. Disse betegnes som indre krefter i konstruksjonen og er med seg selv i likevekt. For belastningen som vist får overgurt (staver i overkant) og diagonal i fagverket fører til trykkrefter, mens undergurt (staver i under-kant) får strekkrefter.

Laster

Et byggverk skal oppfylle visse funksjonskrav. Viktig i denne sammenheng er evnen til å bære eller overføre belastninger. De konstruksjoner eller de konstruksjonsdeler som har en bærende oppgave, kalles for bærende konstruksjoner. En veibro skal for eksempel bære trafikklaster, en takbjelke skal bære snøbelastning, et bjelkelag i et bolighus eller kontorbygg skal bære vekten av mennesker, møbler og utstyr. Industribygg og lager skal bære maskiner og varer, idrettsbygg mennesker i bevegelse, en kraftledningsmast vekt av liner. En støttemur eller dam skal stå imot jordtrykk og vanntrykk. Selvfølgelig må konstruksjonene også tåle sin egen vekt. For broen, huset og masten vil vinden være av betydning. Det vil være et stort antall av forskjellige belastninger (lasttyper) og kombinasjoner av disse.

Vi kan skille mellom permanent last, variabel last, utmattingslast og ulykkeslast. Permanent last er uavhengig av tid, variabel last varierer med tiden. Utmattingslast er gjentatte dynamiske laster. Ulykkeslaster kan oppstå ved ulykkestilfeller. (eks. eksplosjon). Vi har statiske laster, som ikke forårsaker bevegelser, og dynamiske laster som kan føre til svingninger. Vi benevner laster som har sin årsak i naturhendelser (vind, bølger, snø, temperatur) som naturlaster.

Egenlast. Vil naturlig bli å definere som permanent last. Karakteristisk verdi for permanent last vil være lastens middelvei. Egenlasten bestemmes av materialets tyngdetetthet (tyngdedensitet) og beregnet volum.

Nyttelast i bygninger. Nyttelast defineres som variabel last, dvs. last som varierer med tiden. Basert på erfaring er det mulig å foreta en vurdering av nyttelastene i en bygning ut fra det bruk. Det er naturlig å skille mellom lokaler som er vanskelig tilgjengelige og lokaler hvor det skal være større publikumsforsamlinger. Nyttelastene i bygninger som bolighus, kontorer, forsamlingslokaler er derfor foreskrevet i regler (Norsk standard, europeiske standarder). Nyttelast i industribygg, verksteder, lagerbygg m.fl. spesifiseres som regel av byggherren (den som eier nybygget, eller det skal bygges for).

Nyttelast spesielle konstruksjoner. For spesielle konstruksjoner gjelder egne lastbestemmelser. Det gjelder veg- og jernbanebroer, fergeleier, konstruksjoner på kontinentalsokkelen, dammer, kraner, taubaner og kraftledningsmaster.

Snølast. En naturlast og definert som en variabel last, dvs. en last som varierer med tiden. Snølasten er avhengig av klima, høyde over havet og terrengets form. Når vi skal bestemme den



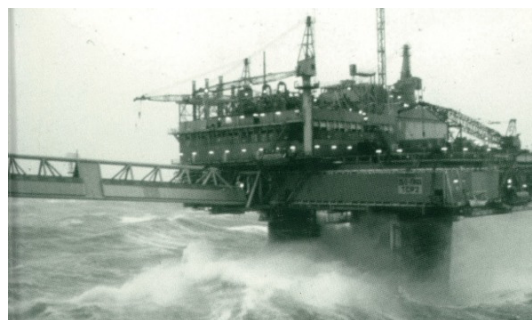
Figur 2.5 Snølast på tak (Foto JJJ)

snølasten vi må beregne en bygning for, for eksempel byggets takkonstruksjon, er bygningens beliggenhet, bygningens form, byggets plassering i forhold til andre bygninger og ikke minst takets form av betydning.

Vindlast. Vinden er også en naturlast, dvs. den er også variabel. (endrer seg med tiden). Av de meteorologiske forhold som har betydning for vinden er atmosfærens trykk og temperaturforskjeller, både i horisontal og vertikal retning. Dette forårsaker sirkulasjon av luftmasser i atmosfæren og nær jorden og det oppstår vind. Vindhastighetene varierer med høyden over bakken, og er også avhengig av terrenget på bakken. Når vinden virvler sier vi den har turbulens. Med vindens turbulens får vi ofte raske endringer i hastighet og retning. For dimensjonering av konstruksjoner har både middelvinden og vindens turbulens (dvs. kastevinden) betydning. Dette gjelder særlig spesielle konstruksjoner som broer, tårn og master og marine konstruksjoner.

Last på broer. Broer må foruten å bære sin egen last, bære trafikklast. For store spenn er egenlastens betydelig og stor i forhold til trafikklasten. De forskjellige brotyper og statiske systemer har hver sine spesielle anvendelser ved forskjellige spennvidder. Trafikklasten er normert, dvs. det er krav til broene at kjøretøy av en viss størrelse skal kunne passere broen. Det settes derfor krav til akseltrykk som broen skal beregnes og dimensjoneres for.

Bølgelast, strømlast, istrykk. Konstruksjoner til havs, (offshorekonstruksjoner) utsettes for store bølgelaster. Bølgelastene og deres virkning på konstruksjoner er vesentlig for utformingen og dimensjoneringen av slike konstruksjoner. Bølgelastene er dynamiske, dvs. lastene varierer med tiden. Vår egen erfaring med bølgelaster er når vi ser med hvilken kraft bølger slår inn mot fjell og brygger. Bropilarer utsettes også for bølgekrefter, strømkrefter og også laster fra isgang bla. i vassdrag eller i fjorder.



Figur 2.6 Eksempler på laster: Trafikklast på bro og bølgekrefter på plattformkonstruksjon (Foto JJJ og kilde (2))

Jord og vanntrykk. Støttemurer finner vi mange steder som for eksempel hvis vi ferdes langs en vei. En støttemur skal holde jordmassene borte og frigjør areal til andre formål. Jorden som ligger bak muren øver et visst trykk på støttemurveggen. Trykket er avhengig av jordsmonnet bak muren og murens høyde. De viktigste ting foruten selve beregningen og dimensjoneringen som må kontrolleres, er kontroll av veggens stabilitet, dvs. kontroll av at støttemuren ikke velter. På samme måte øver vannet i en dam et trykk på damkonstruksjonen.

Temperatur At temperatur er en last tenker en kanskje ikke så ofte over. Med temperaturøkning utvider de fleste materialer seg. Blir de på en eller annen måte forhindret i en utvidelse når temperaturen endres, oppstår det såkalte tvangskrefter. Hindres sammentrekning ved avkjøling, kan vi få strekkrefter.

Ulykkeslaster er ekstraordinære tilfeller. Brann og eksplosjoner nevnes som eksempler på ulykkeslaster. Til disse tilfeller skal en konstruksjon sikres på en slik måte at skadeomfanget, dvs. skade på personer eller materiell blir minst mulig. Valg av konstruksjonstype, dimensjonering, osv. kan ta hensyn til dette.

Dimensjonering

Å dimensjonere en konstruksjon betyr å bestemme dimensjonene på de enkelte konstruksjonsdelene slik at konstruksjonen oppfyller krav med hensyn til sikkerhet, funksjonsdyktighet og kostnad.

Med hensyn til sikkerhet skal en konstruksjon ikke bryte sammen. For å sikre dette kravet utfører konstruktøren beregninger, basert på teoretiske modeller, belastningsantagelser, ofte regulert i standarder (regler). Konstruktøren er forpliktet til å føre beregninger som "bevis" for at reglene er fulgt. Konstruktøren er ansvarlig for at beregningene er utført riktig. Dimensjoneringen overlates derfor til fagfolk.

Dimensjoneringsoppgaven går også videre slik at den også innbefatter en kontroll eller garanti at konstruksjonen fungerer som den skal, dvs. at den oppfyller et funksjonskrav. Et eksempel kan illustrere dette: En konstruksjon må ikke være så myk at nedbøyningene blir så store at de vil være til sjenanse for både utseende og praktisk bruk. Videre må konstruksjonene ikke svinge (vibrere) slik at mennesker føler ubehag ved å være i bygget, eller at maskiner ikke kan kjøres.

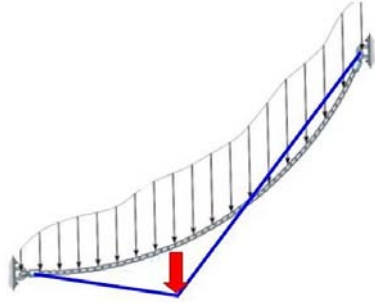
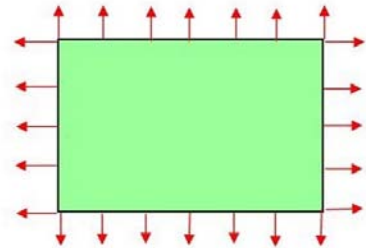

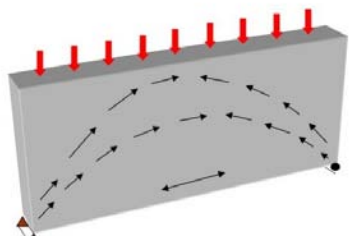
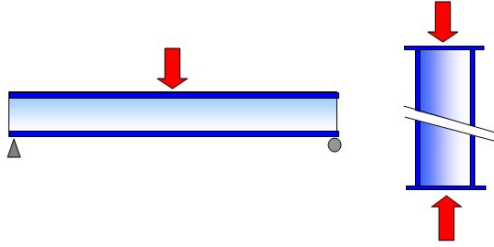
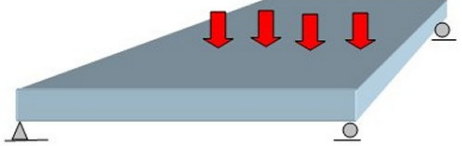
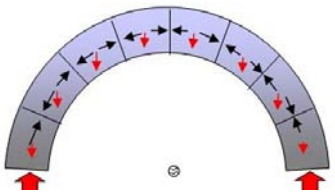
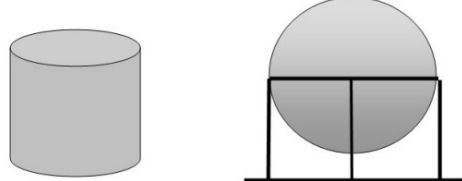
Dimensjoneringen skal også sørge for at kostnadene for bygget blir lave. Valg av materialer og dimensjoner er viktige deler i en optimaliseringsprosess (nå det beste resultat). Økonomi må aldri gå på bekostning av normert sikkerhet. Dimensjoneringen kan også influere selve byggeprosessen som igjen influerer kostnader.

Det er egne regler for dimensjonering av konstruksjoner i tre, stål, betong, aluminium.

Konstruksjonselementer

En konstruksjon er som regel bygget opp av forskjellige konstruksjonselementer. Eksempler på slike konstruksjonselementer er tau (kabel), staver, søyler, bjelker, buer, rammer, plater, skiver skall og membraner. Vi skal se på de enkelte konstruksjonselementene, hvilke egenskaper de har og hvordan de brukes. De forskjellige konstruksjonselementer og eksempler på anvendelse er vist i figur 2.7.

Tau (kabel) Tauet (kabelen) er et endimensjonalt konstruksjonselement som kun kan ta strekk. Det har teoretisk ingen bøyestivhet. Formen er avhengig av belastning (se figur 2.7a). Kabelen anvendes som konstruksjonselement i hengebroer, skråstagsbroer, bardunerte master og hengekonstruksjoner som kabeltak, taufagverk med mer. Taubaner og kraftledninger er også tau (kabel) konstruksjoner.

Konstruksjonselementer i planet	To- og tredimensjonale konstruksjonselementer
<p>a) Tau (kabel)</p> 	<p>e) Membraner</p> 
<p>b) Staver</p> 	<p>f) Skiver</p> 
<p>c) Bjelker, søyler</p> 	<p>g) Plater</p> 
<p>d) Buer, hvelv</p> 	<p>h) Skall</p> 

Figur 2.7 Konstruksjonsbæreelementer

Staver Staven er et endimensjonalt konstruksjonselement som kan ta både trykk og strekkrefter. Det har liten bøyestivhet, og blir sett på som et element som kun kan ta opp aksialkrefter, dvs. ta opp krefter i stavens lengderetning. (figur 2.7b). Staver benyttes for eksempel i fagverk, og vi finner dem blant annet i takstoler, broer og master. Slanke staver som utsettes for trykk, kan knekke. Dimensjonering av konstruksjoner med trykkstaver, må kontrolleres mot knekking.

Bjelker En bjelke er et konstruksjonselement som kan ta opp bøyemomenter og skjærkrefter. Beregningsmessig betraktes bjelken som endimensjonal, dvs. en dimensjon, der lengden, er vesentlig større enn bredde og høyde. Bjelken, sammen med søyler kjenner vi kanskje som de mest anvendte konstruksjonselementer i dagens konstruksjonspraksis (figur 2.7c). Vi har eksempler på bjelker fra den enkle trestamme som tjener som bro, til stål og betongbjelker anvendt i bygg som hus, industribygg med mer. Store broer utføres som bjelker over ett eller flere spenn. Bjelker kan settes sammen til bjelkerister, og sammen med søyler kan de danne rammesystemer.

Søyler En søyle er et konstruksjonselement som primært skal ta opp aksialkrefter, men som normalt kan ta opp bøyemomenter og skjærkrefter. Slanke søyler kan utsettes for knekking. Søyler finner vi i de fleste bygg og konstruksjoner som bærende element for dekker (figur 2.7c). Utformingen kan være av konstruktiv, styrkemessige krav, men utseende (arkitektur) og nyttiggjøring av areal har betydning. Tverrsnittsformer kan være fra stålprofiler, rektangulære, sirkulære eller valgte former i betong. Søyler av todimensjonal karakter (lengde og bredde, store i forhold til dybde) betegnes som skiver. Søyler sammen med bjelker kan danne rammesystemer.

Buer Buen som konstruksjonselement utnytter kraftoverføring ved trykk. Ved riktig formgivning kan snittkreftene* i buen ved egenvekt være rene aksialkrefter (figur 2.7d). Dette utnyttes i bue- og hvelv-konstruksjoner, spesielt i stein og betong, materialer uten eller med begrenset strekkkapasitet. Buen som konstruksjonselement finner vi langt tilbake i tiden hvor stein var hovedmaterialet for store byggverk. Romerske broer bygget for 2000 år siden er fremdeles i bruk. Buer og hvelv i stein ble lenge benyttet i brobyggingen, og vi finner vakre steinbuebroer fra 1920-30 årene på jernbanenettet i Norge. Buer og hvelv i kirkebygg er videre eksempler på buens anvendelse. Buer i armert betong og stål setter spennvidderekorder for den type konstruksjoner frem til våre dager. *(snittkrefter: se svarte piler i Figur 2.7, Buer,hvelv).

Plater En plate er et todimensjonalt konstruksjonselement, som spenner over en flate. To dimensjoner, her lengde og bredde, er betydelig større enn den tredje, platetykkelsen (figur 2.7g). Vanligvis virker lastene normalt på flaten. For at platevirkning skal opptre, må forholdet mellom platen lengde og bredde være av en viss størrelse. Hvis lengden er betydelig større enn bredden ($L > 2b$) nærmer bærevirkningen seg en bjelkes bærevirkning (grensetilfelle). En plate kan ha forskjellige lagrings- og innspenningsforhold og også spenne over flere felt. Plater har en betydelig større stivhet enn bjelker. Plater som konstruksjonselement finner vi daglig som gulv og dekker og også som hovedbæreprinsipp for platebroer. Plater kan bæres av enkeltsøyler eller vegger eller skiver.

Skiver En skive er et todimensjonalt konstruksjonselement med hoveddimensjoner i lengde og høyde. Bredden/tykkelsen er i forhold til lengde/høyde, begrenset. Vanligvis virker lastene i skiveplanet. (figur 2.7f). Skiver kan betraktes som høye bjelker. Skiver som konstruksjons-

element finner vi hyppig som vegger, ofte både som bærende element og som avstivning av hele bygg.

Skall Et skall er et krumt todimensjonalt konstruksjonselement hvor to dimensjoner er større enn den tredje (tykkelsen), som vanligvis er liten. Vanligvis virker lastene på tvers av skallets flate, men kan også virke i skallplanet. Vi har skall med enkelkrumming (eks sylinderskall) eller dobbeltkrumme skall (eksempel kuleskall). (figur 2.7h).

Membraner Membranen er et todimensjonalt konstruksjonselement som ideelt kun kan ta opp strekk. Den har ingen trykk eller bøyestivhet. (figur 2.7e). Den kan oppnå stivhet ved forspenning og eller spesiell formgivning. Beslektet med membranen er tauet som er endimensjonalt, og skallet som har trykk og bøyestivhet. Vi kjenner alle membrankonstruksjoner som det enkle turteltet, det store sirkusteltet og til store overdekninger av sportsarenaer. Lufthaller (pneumatiske konstruksjoner) er andre eksempler. Plastposen og hengekøya er også en membrankonstruksjon.

Forprosjekter

(For elev og lærer)

Forprosjektene kan legges opp som introduksjon av prinsipper og innlæring av ferdigheter som kan benyttes i de senere prosjekter (se kapittel 3).

En type av forprosjekter i forbindelse med ”Bærende konstruksjoner” er å lære å se, observere, for derved å trene opp forståelsen for konstruksjoners form og bærevirkning samt utførelse. Videre ønsker vi på denne måten at elevene kan gjøre seg kjent med de mest vanlige materialer som anvendes i bygningskonstruksjoner. Det kan gjerne tas utgangspunkt i lokale forhold i ens eget nærmiljø hvor kontakt med byggebransjen eller offentlige instanser kan bidra med opplysninger, tilgang til ekskursjonsmål etc.

En annen type forprosjekter kan være å lære å forme ideer fra skisser og tegninger til modeller av konstruksjoner. Ved modellbygging kan statiske systemer, konstruksjonsprinsipper kontrolleres og en vil kunne oppnå en visuell forståelse både av estetiske krav og konstruktive prinsipper. Før modellbygging tar til, er der derfor nyttig å gjøre seg kjent med noen materialer som kan benyttes til modellbygging. Dette bør gjøres i et forprosjekt.

Lær å se

En viktig forutsetning for å få et glimt inn i ”konstruksjonenes verden” er å lære å se. Med godt ”syn”, nysgjerrighet, undring og estetisk sans, vil forståelsen for konstruksjoners form og virkemåte komme og det vil være et spennende felt til utforskning.

Som forprosjekter for arbeider innen ”Bærende konstruksjoner” anbefales derfor å studere både vanlige og spesielle konstruksjoner, gjerne i ditt eget nærmiljø, og også tenke over hvilke ”konstruksjoner” vi møter i hverdagen. Av ”naturens konstruksjoner” kan vi også lære mye og vi vil oppdage at vi finner mange konstruksjonsprinsipper i skaperverket,

Du vil da oppdage at utforming av dine egne konstruksjoner vil gi deg ”skaperglede”.

Lær om bygningsmaterialene tre, stål og betong

Trekonstruksjoner

Tre er blant de eldste konstruksjonsmaterialer som er kjent og har tidlig spilt en betydelig rolle i byggevirksomhet fra bolig, driftsbygninger og kirker, til forsvarsanlegg og broer. Trevirke har vært lett tilgjengelig, det er lett å bearbeide, det har høy styrke i forhold til vekt og det har liten varmeledningsevne. Trevirke er imidlertid forgjengelig. Det er brennbart, og det har liten motstandsevne mot sopp, råte og insektsangrep. Det er derfor få etterlevninger etter de aller eldste trekonstruksjoner, men av de eldre bygg som er bevart, finner vi eksempler på god byggekunst og godt håndverk. Våre stavkirker er eksempler på dette.

Fra norske barskoger er det gran som er vårt viktigste treslag med hensyn til materialer for trekonstruksjoner. Det finnes egne regler for sortering av trevirke, og vår første trestandard med hensyn til dimensjoneringsregler for tre kom ut i 1957. Vi betegner trematerialer som trelast, plater og limtre.



Figur 2.8 Trekonstruksjoner, representert ved gammelt og nytt, stavkirke og nyere trebro. (Uvdal stavkirke (1200 tallet, Elvestad bru 1996, Foto JJJ)

Stålkonstruksjoner

De gamle egyptere hadde kjennskap til fremstilling av stål fra jernerts, men utvinning og fremstilling var vanskelig og kostbar. I Norge ble det første jernet utvunnet av myrmalmen og ble da brukt til fremstilling av redskaper og våpen. Først med den industrielle utvikling og masseproduksjon av jern i England, fikk jernet og stålet betydning som konstruksjonsmateriale.

Vi kan illustrere utviklingen av stål som konstruksjonsmateriale med eksempler fra brobyggingen. Første store stålbro (L=30m) utført i støpejern var buebroen Coalbrookdale (England 1777/79). Stålets anvendelse i hengebroer kom i bruk tidlig på 1800 tallet (broen over Menaistredet 1823). Med introduksjon av fagverksstatikken på midten av 1800-tallet kom fagverksbroene og et kvantesprang mht spennvidder ble gjort med bygging av broen over Firth of Forth i 1889 med største spenn på 521m. I dag har Akshi Kaikyo broen, hengebro i Japan, bygget 1998, verdens lengste brospenn med sine 1990 m.

Stålet ble også benyttet i industribygg. Først som støpejernssøyler, men senere som tak og kupler. Eiffeltårnet til verdensutstillingen i Paris i 1889 står som et markant symbol på datidens revolusjon med stål som konstruksjonsmateriale.



Figur 2.9 Fagverksbro i stål og stål og glass i moderne arkitektur Åsår bru over Sjøa (1937) og vernebygg Domkirkeodden Hamar (1998) (Foto JJJ).

Stålkonstruksjoner finner vi i broer, høyhus, fabrikk og industribygg, store takkonstruksjoner, oljeplattformer, beholdere med mer.

Fordelene med stålkonstruksjoner ligger først og fremst i materialegenskapene med homogene (dvs. like, ensartede) forhold med hensyn til fasthet, elastisitet og seighet. Stål har en høy fasthet i forhold til vekt og det har en stivhet som kan begrense nedbøyninger og svingninger med relativt lite materialforbruk. En videre fordel med stålkonstruksjoner er at produksjon skjer i verksted og montasje på byggeplass. En kan med det oppnå en rasjonell og tidssparende byggeprosess. Tidligere var sammenføyningsteknikken nagler, men med utvikling av de første sveisemetoder fra siste del av 1800-tallet oppstod forbedrede konstruksjonsprinsipper. En ulempe med stål er at stålet mister sin fasthet ved høye temperaturer. Bjelker og søyler i bygg må derfor ofte brannsikres ved forskjellige former for brannbeskyttelse.

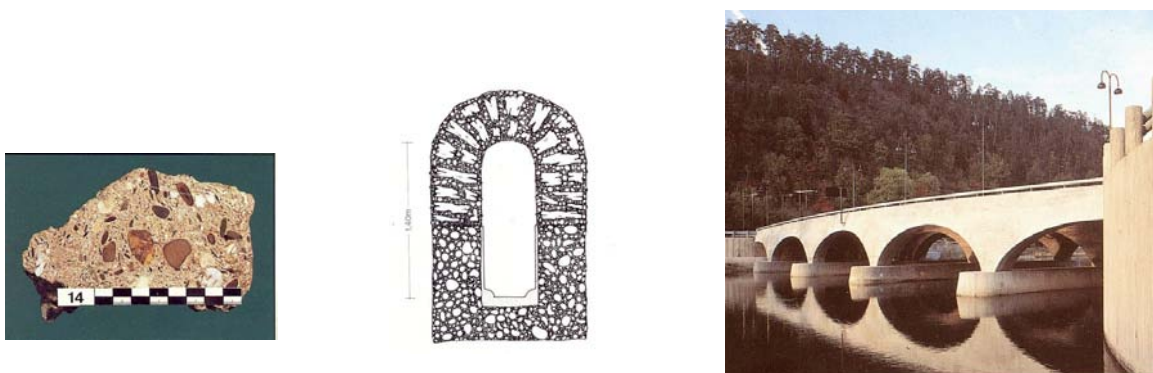
Betongkonstruksjoner

Betong er et av våre viktigste byggematerialer. Den består av følgende delmaterialer: Sement, vann, tilslag og eventuelle tilsetningsstoffer. Sement er et hydraulisk bindemiddel, dvs. det binder og herdner under opptagelse av vann. Tilslag er en fellesbetegnelse på steinmaterialer. Betongens viktigste egenskaper er høy trykkstyrke, bestandighet, brannmotstand og formbarhet.

Betong, eller betonglignende materialer har vært kjent som byggemateriale helt fra oldtiden. De første spor av sementlignende bindemiddel kan føres tilbake til mer enn 5000 år f. Kr. Romerne brukte blandinger av brent kalk og knust tegl som bindemiddel. Panteontemplet i Roma ble bygget ca år 100 e. Kr. Romerske broer står den dag i dag og benyttes også for dagens trafikk.

Den betongen vi har i dag har en relativt kort historie. Først i det 19. århundre fikk vi fremstilt det som kalles portlandsement (Aspdin 1824). Franskmannen Lambot laget i 1855 en liten robåt av betongmørtel forsterket med stålstenger og i 1867 tok landsmannen Monier ut patent på betong armert med jernstenger. Forståelsen for armert betongs virkemåte kom først på 1890 tallet. Sementproduksjon i Norge kom først i gang tidlig på 1880 tallet, og de første armerte betongkonstruksjonene i Norge ble bygget i perioden 1910-1920.

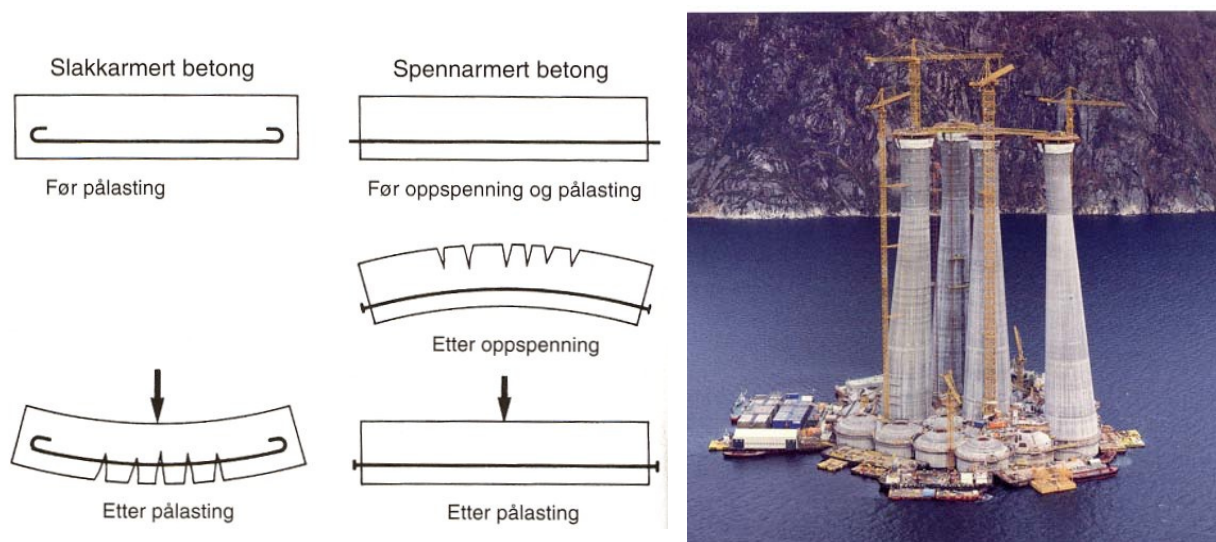
Armert betong betyr forsterket betong. Betong har høy trykkstyrke, men liten strekkfasthet. Armeringens oppgave er å forsterke konstruksjonen ved ta opp strekkrefter som kan oppstå, mens betongen selv er i stand til å ta opp trykkrefter. Armeringen må derfor formes og legges der det



Figur 2.10 Betongkonstruksjoner

Betong og snitt av romersk vannledning, betongbro over Egervannet (Kilde 3 og 4)

opptrer strekkrefter i en konstruksjon. Vi skiller mellom vanlig armert betong, såkalt slakkarmert betong, (med innlagte stålstenger) og spennarmert betong (armeringen er strammet til). Spennbetong er en videreutvikling av vanlig armert betong. I spennarmert betong spennes armeringen med spesielle hydrauliske presser før konstruksjonen blir belastet. I vanlig armerte konstruksjoner er armeringen slakk. Prinsippene for slakkarmert og spennarmert betong er vist i figuren. I slakkarmerte konstruksjoner er en rissutvikling (dannelse av små sprekker) et naturlig fenomen, mens ved forspente konstruksjoner vil en prøve å oppnå tilnærmet rissefrihet.



Figur 2.11 Betongkonstruksjoner. Armert betong, prinsippskisser. Plattform i betong (Condeep) (Kilde 5 og 6).

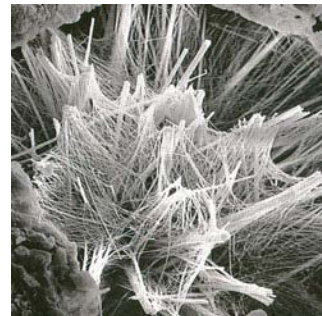
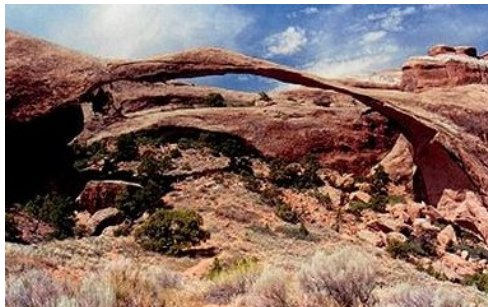
Råvarene til betong finnes over store deler av verden. Betong brukes både i liten og stor skala. I Norge er betongforbruket ca 1m^3 pr person pr år. Utførelse av store og kompliserte betongarbeider krever god kunnskap og erfaring. Bruksområde fra mindre grunnmurer, betongvareproduksjon til større konstruksjoner som broer, høyhus, tunneler, dammer og kaier. Den norske betongkunnskapen kom spesielt til nytte ved bygging av de store betongplattformene. (1980-2000). Betong er et miljøvennlig byggemateriale. Betong har lang levetid. (det prosjekteres og

dimensjoneres i dag for levetider på over 100 år), og består kun av naturlige materialer, er energi-effektivt i bruksfasen og er resirkulerbart.

Lær å se naturens og hverdagens konstruksjoner

Som forprosjekt og som trening i å se, ”oppdage”, nye konstruksjoner, kan det være spennende å ta et titt på naturens konstruksjoner og også på konstruksjoner i vår hverdag.

Det er utrolig mange fine konstruksjoner i naturen. Det gjelder bare å ha øynene åpne for å se dem. Vi finner ”konstruksjoner” i alle målestokker fra makro med fjellformasjoner som danner ”naturlige broer” med spennvidder opp mot 100m til mikromålestokk med ”stavkonstruksjoner” sett i mikroskop som ettringitt i betong (figur 2.11). En blomsterstengels rørtverrsnitt og fuglevingens fjær, kombinerer styrke, stivhet, liten vekt, Et vepsebol er en lett skallkonstruksjon av ”papirmasse” (figur 2.12).



Figur 2.12 Naturens konstruksjoner i stor og liten målestokk (makro: Naturbro Utah USA; mikro: Ettringittkrystaller i betong. Kilde 6 og 7)



Figur 2.13 Naturens konstruksjoner (blomsterstilk som rørkonstruksjon, og vepsebol som skallkonstruksjon, Foto JJJ)

Lær bruken av modeller i materialene tre, papp, ståltråd, leire, gips, tøy og strikk

Å bygge modeller kan ha flere viktige funksjoner. For det første får en et visuelt bilde av det som skal bygges. Vi kan kontrollere oss selv at det vi har konstruert blir slik vi har planlagt og at estetiske og miljømessige krav er ivarettatt. Bygget kan da lettere settes inn i en større sammenheng.

Konstruksjonsprinsipper kan også kontrolleres. En annen viktig funksjon en modell kan ha, er formidlingsfunksjonen, dvs. den kan tjene som illustrasjon til utenforstående som enten blir berørt av bygget, eller som skal ta beslutninger av planmessig eller økonomisk karakter.

Nyttige og hyppig anvendte materialer i modellsammenheng er tre, papp, ståltråd, leire, gips, tøy og strikk. Disse materialer vil bli brukt i prosjektoppgavene (kapittel 3)

Tre

Tre er godt egnet til modellbygging. Det benyttes også i stor grad i virkelige konstruksjoner. Det er formbart, kan sages, bores og pusses. I tillegg er tre et materiale de fleste har erfaring med fra tidlig alder (utseende, følelse, (ved berøring), lukt). Med planker, trelister, finerplater kan modeller formes og bygges. Ferdigprodukter som blomsterpinner, ispinner benyttes hyppig i modeller med staver som bærende konstruksjonselementer. Bruk av lim, treskruer og skruer m/muttere kan benyttes til sammenføyninger. Tremodeller kan også benyttes til å illustrere statiske prinsipper til å forklare krefter og lasters virkning på konstruksjonsdeler som staver, bjelker, plater og skiver. Modellbyggesett kan lages i tre.

Papir og papp

Papir og papp er et rimelig og lett tilgjengelig materiale. Det kan formes idet det kan rives, skjæres eller klippes. Det benyttes normalt ikke til virkelige bærende konstruksjoner. Papir kan ruller til staver, papp kan skjæres i striper og plater. Av papp kan "Stålprofiler" lages, papprør kan benyttes som rørprofiler. Bæreelementer som skiver (last i planet) og plater (last på tvers av planet), kan lages og benyttes i modellbygging. Sammenføyninger kan utføres med lim, klips, stifter (stiftemaskin).

Ståltråd, tau, lenke (kjetting)

Kjennskap til stål som konstruksjonsmateriale kan oppnås ved å bruke ståltråd. Ståltrådstykker kan illustrere staver i en konstruksjon, som for eksempel, plane eller rommelige fagverk til broer, kupler etc. Sammenføyning kan gjøres for eksempel ved lodding. Tynn blomstertråd kan også benyttes til å binde stavelementer, både i stål og tre sammen. Tau og kjetting kan benyttes til å lage modeller av taukonstruksjoner (hengetak, hengebroer) samtidig som de på en enkel måte illustrerer tauets bærevirking med "foranderlig" geometri, dvs. geometriske deformasjoner.

Betong, leire, gips

Betong, leire og gips illustrerer et formbart materiale. De fleste kjenner betong som byggemateriale, men ikke alle har erfaring med hvordan den lages og hvordan den skal armeres. Der hvor det er mulighet for det bør betongfremstilling demonstreres slik at en oppnår fortrolighet med materialet, dvs. dets komponenter, blanding (luft), herding, fasthet, og eventuell armerings funksjon. Leire og gips kan tjene i modellsammenheng til formgivning. At grensene mellom kunst og konstruksjon ikke er store kan illustreres ved disse materialer. Gipsbind på ruller (til å gipse en brukket arm) er her et nyttig materiale. Modellerleire er også egnet til å lage figurer (brukere) av en konstruksjon, bygg.

Tøy

Duk-konstruksjoner som telt, utstillingshaller lages i dag av ulike typer PVC duk. I modellsammenheng kan en derfor benytte, gjerne elastisk tøy (stoff fra strømpebukse). Med dette kan de fineste former skapes.

Strikk, makaroni

Gummistrikk, makaroni og leire illustrerer karakteristiske materialegenskaper som har betydning i konstruksjonspraksis. Med gummistrikk illustreres elastisitet. En kraft forårsaker en forlengelse av strikken og forlengelsen er lenge proporsjonal (ved dobling av kraft, dobles forlengelsen) med kraften. Ved avlastning går strikken tilbake til sin opprinnelige lengde. Med makaroni illustreres et sprøtt materiale, dvs. ved å bøye et knippe makaronistaver, brekker stavene plutselig! Vi har et sprøtt brudd, dvs., makaronien brekker plutselig uten varsel. Slike brudd er ikke ønsket i konstruksjonspraksis. Ved konstruksjon må valg av materiale og konstruktiv utforming gjøres slik at plutselige brudd ikke inntreffer. Leire illustrerer et plastisk materiale. Ved påvirkning av en kraft deformeres leiren, men deformasjonen går ikke tilbake ved avlastning. En ståltråd forholder seg elastisk opp til et visst last- (spennings) nivå, for deretter å forholde seg tilnærmet plastisk (formbart) opp mot et brudd. De ulike materialer har sine egne karakteristiske materialegenskaper som konstruktøren må kjenne til.

Tilknytning til andre fag

Teknologi og design har tilknytning til en rekke fag. Her oppsummeres noen punkter: De aller fleste punkter kan ivaretas ved prosjektoppgavene (Kapittel 3).

Natur-miljøfag

I denne sammenheng kan natur og miljøfag knyttes direkte til prosjektoppgaven og man kan drøfte den påvirkning bygg og konstruksjoner har på vår samfunnsutvikling. Et byggekompleks, en vei, bro, dam har ringvirkninger på natur og miljø og på mennesket i dets omgivelser. Øvingsoppgaver med tittel ”teknologi og samfunn” vil kunne bevisstgjøre denne problemstillingen og det ansvar utbygger, og den som utfører byggeprosjektet har. Et videre punkt i denne sammenheng er at det er viktig å bevisstgjøre arbeidsmiljø og betydningen av samarbeid mellom mennesker og mellom forskjellige profesjoner og ikke minst helse og sikkerhet under en byggeprosess.

Matematikk

Generelt sett vil matematikken være et helt nødvendig verktøy i forbindelse med bygg og konstruksjoner. I øvingsoppgavene i kapittel 3 gjøres det henvisninger for ”kobling til matematikk”. Vanskelighetsgraden kan settes etter klassesertrin.

Kunst og håndverk

K&H er nødvendig i gjennomføringen av et prosjekt, særlig med tanke på verktøybruk og design.

Norsk

Bruke språket til samtaler, til teknologiformidling, og til å presentere teknisk materiale i rapporter i forbindelse med prosjektarbeid.

Engelsk

Det å lese, og tolke tekster som handler om teknologi (bruksanvisninger, artikler, biografier, osv.) og også å skrive tekster som ”tekniske rapporter”, kan være aktuell anvendelse av et språk.

3 PROSJEKTER

3.1 Prosjekt 1. Brokonstruksjoner (For elev og lærer)

Teori

Definisjoner, begreper og klassifisering.

En bro (engelsk: the bridge, tysk: die Brücke, fransk: le pont) er en bygningskonstruksjon som fører en ferdselåre (f.eks. gang eller kjøreveg, jernbane eller kanal) over en forsenkning i terrenget som dal, elv, fjord, eller over en annen ferdselåre.

Broer kan klassifiseres på forskjellige måter. Ingeniørmessig er det vanlig å klassifisere dem etter *funksjon, materiale og statisk system*. I tillegg kan geometri, utførelse av enkelte bygningsdeler, byggemåte samt spesielle betingelser være med i en beskrivende klassifikasjon.

Med en klassifisering av broene kan vi lettere beskrive broene på en oversiktlig og klar måte.

Klassifisering etter funksjon, dvs. bruk

Broens betegnelse knyttes som regel til den oppgave eller funksjon broen har, m.h.t. hva den skal "transportere". Vi kan nevne transport av mennesker til fots, pr. kjøretøy, eller bane, transport av gods pr. kjøretøy, bane, bånd eller kran, eller transport av vann pr. kanal, renne eller rør. Betegnelser som blant annet benyttes er: gangbro, veibro (viadukt), jernbanebro, akvedukt ("vannbro"), kanallbro, transportbåndbro.

Klassifisering etter bygningsmateriale

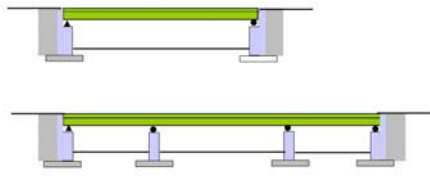
Det bygningsmateriale som benyttes i en bro kommer til uttrykk i betegnelsen av den. Primitive broer benytter naturlige materialer som tre og stein. Ny teknikk muliggjorde broer i stål og betong. En klassifikasjon etter materiale kan f.eks. se slik ut: steinbroer, trebroer, stål- og aluminiumbroer, betongbroer. I tillegg kan en regne samvirkebroer eller hybridbroer, dvs. broer hvor stål og betong kombineres i bærende konstruksjon. Videre kan en regne kunststoffbroer som f.eks. glassfiberarmert plast i en materialklassifisering.

Klassifisering etter statisk system

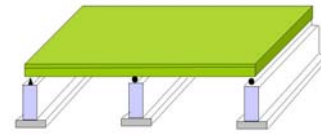
Broens virkemåte og bærevirkning kommer til uttrykk i broens statiske system. Det er derfor naturlig å karakterisere en bro ved dens statiske system, dvs. den modell som benyttes i beregningsmessig sammenheng. Betegnelser på broer ordnet etter system kan f.eks. være: bjelke- og platebroer, buebroer og hvelv, ramme- og sprengverksbroer, fagverksbroer, henge- og strekkstagbroer, spennbåndbroer, flytebroer og dykkede rørbroer. De ulike typer broer, karakterisert etter statisk system er avbildet i figurene 3.1 til 3.7

Videre klassifisering

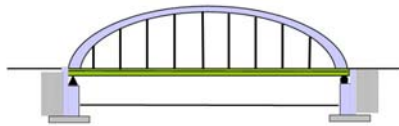
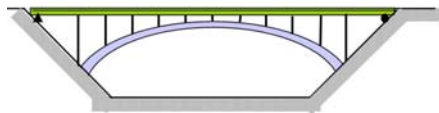
I tillegg til klassifisering av broene etter funksjon, materiale og statisk system, kan geometri, utførelse (byggemetode), og spesielle betingelser være aktuelle tilleggsopplysninger i beskrivelsen av en bro.



Figur 3.1 Bjelkebroer



Figur 3.2 Platebro



Figur 3.3 Buebroer



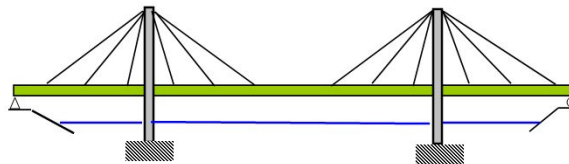
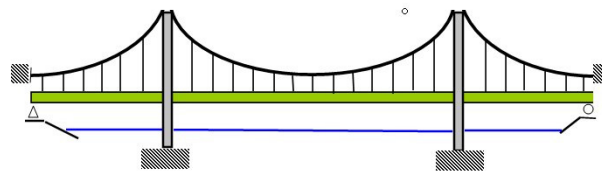
Figur 3.4 Ramme og sprengverksbroer



Figur 3.5 Fagverksbro



Figur 3.6 Flytebro



Figur 3.7 Hengebro og skråstagsbro

Beskrivelse av prosjekt ”Buebroer”

Den uekte bue



Figur 3.8 Uekte bue av treklosser (Foto JJJ)

Materialer og utstyr: 12 treklosser med dimensjon $l \times b \times h = 75 \times 50 \times 20$ mm, eller med andre dimensjoner. Murstein kan også benyttes. (De er tunge, så pass på at ingen skades).

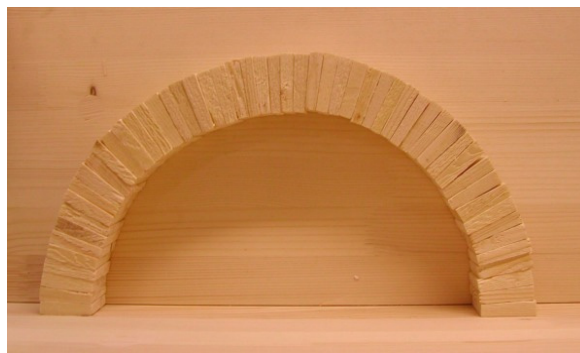
Slik gjør du: a) Samtlige treklosser legges over hverandre i to stabler á 6 stk og med langsiden frem. b) Den øverste klossen skyves så langt ut at den ikke tipper ($1/2$). Den nest øverste skyves med den øverste klossen på, frem til vippepunktet ($1/4$), osv.

Forklaring: Tyngdepunktet til øverste kloss ligger på midten. Tyngdepunktet til de to øverste til sammen ligger i fjerdedelspunktet osv.

Kobling til matematikk: Lovmessigheten kan uttrykkes som $1/2 + 1/4 + 1/6 + 1/8 + 1/10$ osv. Matematisk kalles dette en ”Harmonisk rekke”.

Når du nå kjenner ”nøkkelen” til den uekte buen kan du selv ”konstruere” en bro som uekte bue. Tenk at du skal bygge en bro over en bekk på 2,0 m. Som statisk system skal en ”uekte bue” benyttes. Tegn opp i målestokk hvordan vil broen se ut hvis du har steinheller med lengde $L=1,0$ m, høyde 20 cm og bredde 50 cm.

Buer og hvelv



Figur 3.9 ”Ekte” buer bygget av 8 hhv 50 ”byggstein” (Foto JJJ)

Materialer og utstyr. Treklosser skjæres ut av en lekete med dimensjon 45x35 mm. Lag byggesett med 4 hhv. 8 klosser. Passer, linjal, gjerdesag. Ca 50 treklosser ("steiner") lages av "dørkiler" som kappes i ca 40mm lengde. Treplate som underlag.

Slik gjør vi: a) Finn eksempler på buebroer i nærheten der du bor, eller let i en "brobok". Lag en tegning av en buebro. b) Sett sammen klossene til en bue. Buen står av seg selv. For å illustrere byggemåten kan det også lages et lite stillas som klossene legges på, og stillaset senkes. Belast buen og observer om fundamentene glir ut.

Forklaring: Buebroenes bærevirkning er kraftoverføring ved trykk. Buens form er avhengig av de krefter som virker og kan beregnes både med grafiske og analytiske/numeriske metoder

Kobling til matematikk: Buens geometriske form er en halvsirkel. Konstruer buen med passer og linjal. Del havsirkelen i 4 hhv 8 deler. Beregn vinkelen som klossene må ha når de skjæres til.

Buebro med overliggende kjørebane



Figur 3.10 Modell av buebro med overliggende kjørebane (Foto JJJ)

Materialer og utstyr: Treplate, (basis), plastslange Ø 30, blomsterpinner, grillpinner, ispinner, gipsgas (For brukne ben og armer, fås på apotek), maling, varmpistol, hånddrill. Lekebiler.

Slik gjør vi: a) Finn eksempler på buebroer i nærheten der du bor, eller let i en "brobok". Lag en tegning av en buebro med overliggende kjørebane. Konstruer og bygg en modell av en halvsirkelformet buebro med overliggende kjørebane. Plastslange kappes til, stiftes, limes på basisplate. Plastrøret bandasjeres med fuktet gipsgas som skjæres i korte biter og festes (legges på). Søylar på bue limes og "bandasjeres". Kjørebane kan settes sammen av doble blomsterpinner, og ispinner (kan også bandasjeres).

Forklaring: Buebroenes bærevirkning er kraftoverføring ved trykk. Den viste "betongbroen" med overliggende kjørebane kan virke som en ramme. Lasten fra trafikk overføres fra kjørebane gjennom søylar til buen og til fundament.

Kobling til matematikk: Geometri: Buens form utformes som en halvsirkel. Konstruer buen med passer og linjal.

Kommentar til buebroprosjekt

Buebrooppgaven er delt i tre faser med en progresjon fra terminologi og forståelse for buens bærevirkning til konstruktiv utforming av en modell som skal illustrere en betongbuebro. Matematikk kan praktiseres ved geometri, enkle beregninger og begrepet om rekker.

Beskrivelse av prosjekt “Fagverksbroer”

Fagverksbro i papir



Figur 3.11 Fagverksbro i papir (Foto JJJ)

Materialer og utstyr: Skrivepapir A4 format. Alternativt avispapir. Papp, Splittklips. Hulltang /skomakertang. Saks. Tape.

Slik gjør vi: a) Finn eksempler på fagverksbroer i nærheten der du bor, eller let i en ”brobok”. Lag en tegning av en fagverksbro og skisser den broen du vil lage. b) Har du tilgang til en PC, knyttet til internett, kan du bruke konstruksjonsprogrammet ”Bridge Designer”. Du finner den på: <http://bridgecontest.usma.edu/download.htm> c) Staver lages av papir A4 som rulles sammen. Endene ”tapes” og hules. NB. Papiret har ulik styrke i de to hoved-retninger. Den ferdige bro belastes med vekter (eventuelt. mel- eller sukkerposer) som legges på eller henges opp i kjørebane.

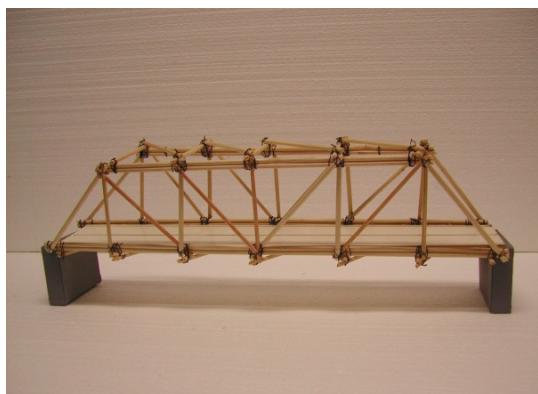
Forklaring: Konstruksjonen består av staver som kan ta trykk og strekk. Diagonaler er nødvendige for stabilitet. Broen er tredimensjonal, bygget opp av endimensjonale elementer. Enkeltstaver utsatt for trykk må dimensjoneres mot knekking.



Figur 3.12 Klipp fra programmet ”Bridge Designer” (Kilde 9)

Kobling til matematikk: Diagonalenes lengde bestemmes med Pythagoras. Beregn hvor mye materialer (lengde på alle stavnene) du har brukt. Hvor mye veier broen din?

Fagverksbro i tre (trelister, blomsterpinner)

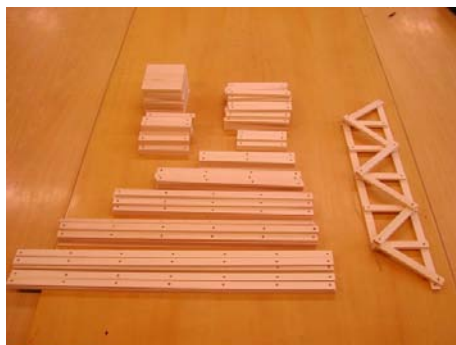


Figur 3.13 Fagverksbro i tre (lister, blomsterpinner) (Foto JJJ)

Materialer og utstyr. Blomsterpinner Ø 4mm L=60 cm, Ø 2mm L=30 cm. Grillpinner L=15 cm, Myk blomster-binde-tråd, papp.

Slik gjør vi. Forklaring, Kobling til matematikk: Se over (fagverksbro i papir).

Fagverksbro i tre (modellbyggesett)



Figur 3.14 Fagverksbro i tre (Modellbyggesett) (Foto JJJ)

Materialer og utstyr. Modellbyggesett i tre med arbeidstegninger. (se vedlegg), alternativt lage eget byggesett i tre eller papp ut fra tegninger til det viste modellbyggesett.

Slik gjør vi: Følge arbeidstegninger og beskrivelse. Alternativt: Følge egen tegning.

Forklaring, Kobling til matematikk: Se over (fagverksbro i papir).

Kommentar til fagverksbroprosjekt

Fagverksbrooppgaven gir muligheter for konstruksjonsøvelse ved enkle hjelpemidler. Ulike fagverksystemer og avstivningsvarianter kan kontrolleres og eget ”design” kan testes. Kobling til IKT ved designprogrammet ”Bridge Designer” er nyttig. Matematikk kan praktiseres ved beregning av stavlengder. Praktisk arbeid med utførelse. ”Vitenskapelig” prøving med last og nedbøyningskontroll.

Beskrivelse av prosjekt ”Flytebroer”

Flytebroer



Figur 3.15 Modell av flytebro (foto JJJ)

Materialer og utstyr: Pappruller med lokk. (Postrør for tegninger eller kalendere, eventuelt doruller), alternativt melkekartonger, skumgummisylindre, isoporklosser. Blomsterpinner, ispinner, myk ståltråd, papp, tape, strikk, lim, modellerleire. Vannkar. Lekebil.

Slik gjør vi: a) Finn eksempler på flytebroer i bøker. Lag en skisse over den flytebroen dere vil lage. Forbered vannkar som fylles med vann. b) Papprørene Ø 50 mm kappes (med sag) i passende lengder i forhold til vannkaret. Kjørebane bygges av blomsterpinner som bjelker og ispinner danner brodekket. Fest kjørebane til pongtongene. c) Belast broen og mål nedsenkingen av rørene i vannet.

Forklaring: Arkhimedes (ca 287-212 f. Kr.) fant ut at oppdriften er lik vekten av den fortrenkte væskemengde. Oppdriften og stabiliteten er viktig å kontrollere.

Kobling til matematikk: Beregn volum, tyngdepunkt av de sylindriske pongtongene samt oppdrift, last- og flytekapasitet.

Beskrivelse av prosjekt ”broer, teknologi og samfunn”

”Bro-guide”

Materialer og utstyr: Kart over byen, eller det lokale stedet hvor beliggenheten til de viktigste broer er inntegnet.



Figur 3.16 Bybrua og Skansen bro i Trondheim sammen med mange andre broer er elementer i Trondheims lokalhistorie. (Foto JJJ)

Slik gjør vi: a) Lag en oversikt over byens eller det lokale steds broer. Velg ekskursjonsmål. Søk opplysninger i lokalhistorie, i aviser, eventuelt søk hjelp hos kommunen ved teknisk etat eller Statens vegvesen. b) Velg ut et eller flere ekskursjonsmål til broer i nærheten av der du bor og besøk broen(e). Studer broene, tegn eller fotografer dem og finn ut hvilken type bro det er og hvilken funksjon den har. Tegn også litt av Landskapet rundt broen og dann deg et inntrykk av om den er pen eller ikke. c) Lag en liten brosjyre over ”broer som severdigheter” og skriv om de broene du har sett. Lim inn tegninger eller bilder og fortell litt historie om broen(e). d) Gjennomfør en ”bro-guiding” for interesserte. Gjennomfør dette på brostedet eller i klasserommet.

Kobling til matematikk: Hvis du er på broen over en time kan du telle trafikken dvs. antall biler, busser og lastebiler, syklistene og fotgjengere). Lag et diagram over antallet. Noter dag og klokkeslett.

Kommentarer til broprosjektene

Proessen fra idé til produkt (jfr. figur 1.1) når det gjelder broer, kan forløpe som følgende:

En bro blir som regel til ut fra behovet om å krysse en hindring, (vann, elv, dal, vei etc.) dvs. komme fra ett sted til et annet og benytte en konstruksjon for å klare denne hindring. Den første ideen må derfor være å lage en **brokonstruksjon** til å krysse hindringen (ikke gå utenom). Dernest må ideen til konstruksjonen (broen) skisseres. Skissene må ha grunnlag i teori fra konstruksjonslæren og praksis fra brobygging, og den skisserte ideen må vurderes for å treffe et valg mht materialer, statisk system og tekniske løsninger (bruk forprosjektene). Deretter gjenstår å konstruere, planlegge før bygging og produksjon kan ta til. Den korte teoretiske innføringen om brokonstruksjoner som er gitt innledningsvis, gir muligheter for ideer til løsninger. De viste prosjektoppgaver, her begrenset til buebroer, fagverksbroer og flytebroer, har til hensikt å vise at en med enkle midler kan lage en modell av en bro som et ”produkt”. Prosjektoppgaver kan også knyttes til andre brotyper som bjelke og platebroer, hengebroer, skråstagsbroer. Prosessen frem til produktet kan skape nye problemstillinger og nye løsninger.

3.2 Prosjekt 2. Tårn, master og vindmøller

Teori

Definisjoner, begreper og klassifisering.

Tårn, master og vindmøller bygger i høyden. (eng: Towers, masts and wind-mills, tysk Türme, Maste und Windmühlen). Vi benevner dem oftest etter bruk, men kan også klassifisere dem etter statisk system og byggemateriale.

Klassifisering etter bruk

Som eksempler på konstruksjoner bygget i høyden kan nevnes: Høyhus, utsiktstårn, klokketårn, fyrtårn, vanntårn, radio- og TV-tårn/master, master for kraftledninger, taubaner og skitrek, master for vindkraftverk, flammestårn (plattformer, raffineringindustri), skorsteiner, lysmaster.

Historien om Babels tårn kjenner vi fra bibelhistorien. Enkelte høyhus (skyskrapere) for kontor og bolig kan karakteriseres som tårn når de viser ekstrem slankhet. Eiffeltårnet er i dag et av varemerkene til Paris. Det ble bygget til verdensutstillingen i 1889. Fyrtårnene langs kysten hadde som hensikt å gi langdistanselys for navigasjon. Vanntårn ble bygget for å sikre vannforsyning gjennom et trykkledningsnett. Moderne kommunikasjon med telefoni, radio og TV krevde et nettverk med en rekke sendestasjoner med master og tårn plassert på strategiske punkter. I senere tid er satellittkommunikasjon kommet til. Elektrisk kraftforsyning krever master for ledningsnettet. Likeså er master nødvendig for taubaner og skitrek. Vindkraftverk krever mastekonstruksjoner. Skorsteiner kan benevnes som master for avledning av gass.



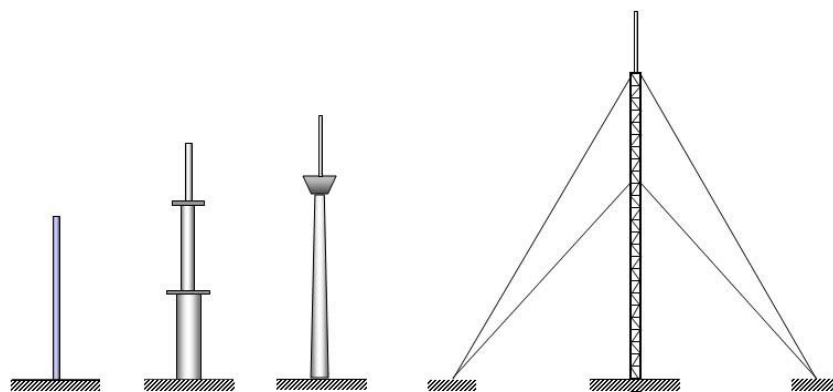
Figur 3.17 Tårnkonstruksjoner: Babels tårn (fra Dorés billedbibel). Fyrtårn. Vindmøllmast. (Kilde 10, 11, Foto JJJ)

Klassifisering etter statisk system

Det kan også foretas en klassifisering etter det statiske system. Eksempler vises ved systemskisser vist i figur 3.18: Utkragende massiv mast med innspenning i fot (lyktestolpe), ulike typer

utkragende hulmast (rør, skall, skive) med innspenning (festet) i fot, og fagverksmast med barduner. (Utkragende = fastholdt i ett punkt).

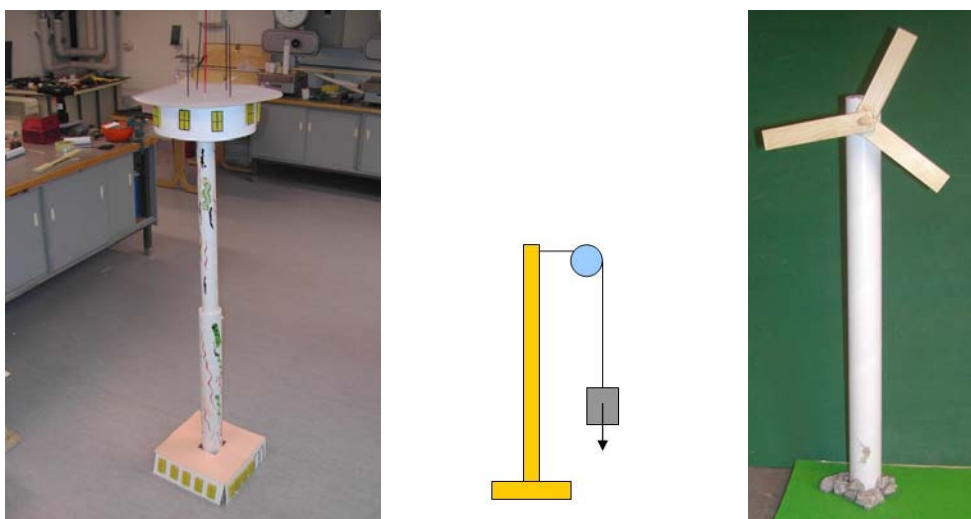
Kraftledningsmaster, master for taubaner, tv-tårn og vindkraftverk skal ta opp betydelige laster fra ledninger, kabler, antennespeil og vindpropeller, foruten sin egen vekt. Master og tårn er også spesielt utsatt for naturlaster som vind og is. Vindbelastningen er av dynamisk karakter og kan forårsake svingninger. Konstruksjonene må derfor beregnes for dynamiske laster (vind- og værpåvirkning).



Figur 3.18 Eksempler på innspente master og tårn samt avstaget mast.

Beskrivelse av prosjekt "Tårn, master og vindmøller"

Idé: Lag en mast eller et tårn for radio- og TV-sendinger eller et tårn for en vindmøller i en vindmøllepark. Skisser mulige former og vurderer tekniske løsninger. Benytt designprosessen vist i figur 1.1



Figur 3.19 Modell av Tv-tårn og vindmølle. (Foto JJJ)

Materialer og utstyr: Papprør (postrør), blomsterpinner papp/finér, lim, ispinner, ståltråd, fargestifter. Plate som fundament. Snor, trinse, lodd.

Slik gjør vi: a) Finn eksempler på master og tårn i nærheten der du bor. (fjernsynsmaster, kraftledningsmaster). Lag en tegning av et kjent tårn eller mast og fortell hvilken funksjon den har. b) Fjernsynstårnet bygges etter egen tegning eller bilder. Tårnet festes på en treplate. (fundamentplate). Vindmøllen bygges etter egen tegning eller bilder. Tårnet festes på en treplate. (fundamentplate). Vindmøllens rotorblader bør kunne gå rundt.

Eksperiment: a) Fest en tråd om toppen på tårnet, la den gå over en trinse. Ved hvilken belastning vipper tårnet om kanten på fundamentplaten? b) Dra tårnet litt til side og slipp det. Svinger tårnet?

Kobling til matematikk, fysikk: Beregn vippemoment, Tell svingninger og beregn frekvens. Legg masser på tårnet. Endrer frekvensen seg? Beskriv forsøket:

3.3 Prosjekt 3. Telt, membraner og skall

Teori

Definisjoner, begreper og klassifisering.

Telt- og duk-konstruksjoner

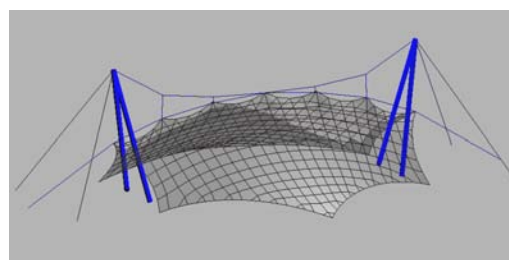
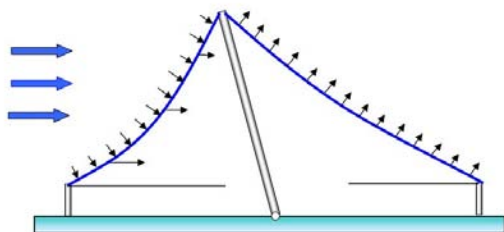
Teltet har tjent som et enkelt og praktisk husvære gjennom tusener av år. Det er enda i praktisk bruk som permanent eller kortidsbolig, og vi finner det igjen ved sirkus, og i moderne form ved utstillinger og sportsarenaer. Det enkleste telts bæresystem er i prinsipp en stav og en duk. Konstruksjonene kalles også for duk-konstruksjoner. Staven (teltstangen) tar trykk-krefter mens duken er en membran som praktisk ingen bøyestivhet har og duken kan kun ta opp strekk. Duken betegnes også som et todimensjonalt strekkelement. Geometrien er avhengig av belastning. Vi finner analogier til det endimensjonale tauet. Tidligere var teltduken laget av stoff ikke ulikt våre klesplagg. Nå er materialutviklingen også her gjort betydelige fremskritt. **Vi skiller mellom de vevde dukmaterialer og foliemembraner.**

De vevde dukmaterialer kan bestå av tråd av ikke-metallisk materiale, belagt med et vanntett belegg, alternativt ikke-metalliske materialer med eventuelle forsterkninger av metallisk tråd og belegg. Trådene i den vevde duk er det bærende element mens belegget beskytter trådene og sørger for at vann ikke trenger gjennom duken.

Foliemembraner er hovedsakelig av ikke-metallisk materiale, men også metalliske folier kan inkluderes i denne sammenheng. Folie-membranene har både bærefunksjon og væsketettende funksjon.

Kabelnett og membraner

Membrankonstruksjoner er todimensjonale, normalt krumme strekk-konstruksjoner. Foruten duk som membran kan også bærende kabler, som kabelnett være med i membranbegrepet. Konstruksjonen består da av kabler og duk, søyler og forankringer.



Figur 3.20 Telt og kabelnett som overdekning over større arealer (kilde 12).

Skallkonstruksjoner

Skallkonstruksjoner er krumme flatekonstruksjoner (tykkelsen er liten i forhold til lengde/bredde). Skallkonstruksjoner kan ta opp trykk-krefter som hovedsakelig virker i skallplanet,

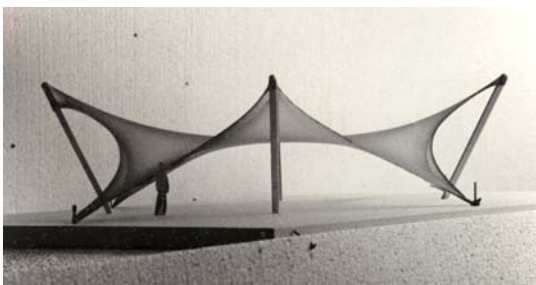
men skallet kan også til en viss ta opp bøyemomenter. Vi har flere skallformer og skiller mellom enkelt krumme skall (sylinderskall) og dobbeltkrumme skall. Arkitektonisk har skallet funnet mange former.

Skallkonstruksjoner finner vi igjen i beholdere som væsketanker, siloer og kupler. Skallkonstruksjoner utføres i metall, som stål, aluminium, da gjerne som beholdere. Lagertanker, takkonstruksjoner, kupler og oljepattformer i betong er fremragende skallkonstruksjoner.

Beskrivelse av prosjekt ”Telt- og duk-konstruksjoner”

Lette takkonstruksjoner som overdekning

Idé: Lag en lett takkonstruksjon som kan tjene som overdekning for en uterestaurant, konsertscene, idrettshall eller sportsarena. Skisser mulige former og vurder tekniske løsninger. Benytt designprosessen vist i figur 1.1.



Figur 3.21 Modell av tak til overdekning av uterestaurant og idrettshall (Foto JJJ)

Materialer og utstyr: Isoporplate, trepinner, ståltråd (eventuelt sveisetråd), elastisk gardinstoff (gas eller strømpebukse, eller tett bærnett), nåler, eventuelt filt, limpistol, saks.

Slik gjør vi: a) Forme og konstruer en modell av en overdekket uterestaurant, idrettshall, som skal være på hjemstedet ditt. Overdekningen skal være lett og bygges av duk. Tegn idéskisser med form og utseende, og dens plassering i de lokale omgivelsene. b) Takkonstruksjonen bygges etter egen tegning. Trepinner kan benyttes som søyler. Ståltråd (sveisetråd) kan benyttes som buer. Duken spennes stram over bærekonstruksjonen (forspenning).

Eksperiment: Takkonstruksjonen utsettes for vindlast (benytt en hårtørrer). Observer takets oppførsel under vind.

Kobling til matematikk: Taket er en dobbeltkrum membran. Takflatens geometri skal beregnes. Hvordan sette sammen krumme flater? Målsøm! Hvor mye materialer skal brukes?

Beskrivelse av prosjekt ”Skallkonstruksjoner”

Kuppel over konsertsal.

Idé: Lag en lett takkonstruksjon over et forsamlingslokale (konsertsal, kino, teater) hvor skallets bærevirkning benyttes. Skisser mulige former og vurder tekniske løsninger. Benytt designprosessen vist i figur 1.1.



Figur 3.22 Skall laget på ”ballongstillas” (Foto JJJ)

Materialer og utstyr: Isoporplate, ballong, gipsgasbind. Farger, saks, hyssing.

Slik gjør du: a) Finn eksempler på skallkonstruksjoner i naturen, og som bygninger. Deler av betongplattformer er utformet som skall (Condeep). b) Å bygge skallkonstruksjoner i betong krever normalt et stillas og forbestemt forskaling. I dette forsøket benytter vi en ballong som forskaling og kler den med gipsgasbind (kjøpes på apotek) som skjæres opp i biter, vetes og legges på ballongens overflate. Etter en kort herdetid, punkteres ballongen, og vi har skallkonstruksjonen. c) Sett kuppelen på plass på en bygning som skal være en modell av en konsertsal.

Kobling til matematikk: Vi sier takflaten kan tilnærmes som en halvkuleflate. Mål dimensjonene og beregn overflaten på taket (kuleflate).

3.4 Prosjekt 4. Sjø- og havkonstruksjoner

Teori

Definisjoner, begreper og klassifisering.

Norge er et land nær havet hvor vi lenge på en eller annen måte har hentet vårt levebrød. For våre båter og skip har vi trengt havner med brygger, kaier og moloer. Dette er konstruksjoner i alle størrelsesordner, fra de enkleste brygger til store anlegg. Felles for disse anlegg er at de er kryssningspunktet mellom landveis- og sjøtransport. Videre er disse konstruksjoner utsatt for miljølaster som bølger strøm og is.

I nyere tid i forbindelse med oljevirksomheten, har vi fått konstruksjoner til havs, såkalte havkonstruksjoner. Ofte kalles de "offshorekonstruksjoner" idet vi har overtatt deler av det engelske ordet med betydningen at de ligger langt fra kysten. Disse konstruksjonene kan være plattformer av forskjellig type, faste, dvs. stående eller festet til bunnen, eller flytende. Rør til transport av olje og gass er også en form for konstruksjoner.

Klassifisering etter beliggenhet

Vi har begrepene "Kystkonstruksjoner" (Innenskjærs) og "Havkonstruksjoner" (til havs). Betydningen ligger i ordene (figur 3.23).



*Figur 3.23 Kyst- og havkonstruksjoner.
Fyrlykt og Trollplattformen (tegning)
(Foto JJJ, Kilde 13)*

Klassifisering etter konstruksjonsprinsipp

Vi skiller mellom forskjellige konstruksjonsprinsipper: Gravitasjon, peler og fagverk samt flytende. For "kystkonstruksjoner" finner vi eksempler på alle typene. Gravitasjonsprinsippet brukes mye ved kaianlegg og brygger. Der benyttes konstruksjonens egen masse og ballast som en del av bæresystemet og for sikring av stabilitet. Andre kaianlegg og brygger benytter peler.

Med peler, fagverk består bæresystemet av konstruksjonselementene peler, søyler og staver. Flytende konstruksjoner finner vi blant annet i flytebrygger. Noen av dem er forankret i bunnen.

For havkonstruksjoner som plattformer, benyttes de samme konstruksjonsprinsippene. De store betongplattformene som vi har på norsk sokkel er gravitasjonsplattformer. I den senere tid er undersjøiske konstruksjoner kommet i stedet for de gigantiske plattformkonstruksjoner. Store stålplattformer til havs lages også som fagverk og rammer. På engelsk betegnes de som "Jackets". Det rammes peler på havbunnen og stålplattformen monteres oppå.

De faste plattformene, både i stål og betong er store fabrikanlegg hvor det produseres olje/gass som skal transporteres videre til land. Betongplattformene har i tillegg lagerkapasitet, hvor olje lagres før den transporteres til land.

Kort historikk om betongplattformer

Den første betongplattformen på norsk sokkel var Ekkofisktanken (1970) som står på et vanddypp på 70m. Denne plattformen ble bygget som et stort oljelager og med en perforert bølgebryter. Den neste generasjon av plattformer var Condeep-typen, som det ble bygget en hel serie av og hvor stadig større dyp ble nådd. Trollplattformen (1995) som står på et dyp større enn 300 m var en milepell i norsk plattformbyggingshistorie. Å bygge disse plattformene og fløte dem inn og plassere dem på riktig sted har vært en stor bragd. Å beregne og dimensjonere dem for de miljølastene de utsettes for, samtidig som materialer er utviklet til å tåle de miljøpåkjenninger konstruksjonene utsettes for er oppgavene som er løst i denne sammenheng.

Tabell 7.1 Oversikt betongplattformer av typen Condeep.

Sted	År	Vanndybde [m]	Sted	År	Vanndybde [m]
Condeep					
Brent A	1975	118	Gullfaks A	1986	135
Brent B	1975	140	Gullfaks B	1987	141
Brent D	1976	140	Oseberg A	1988	109
Frigg TPC-2	1977	104	Gullfaks C	1989	216
Statfjord A	1977	145	Sleipner	1993	82
Statfjord B	1981	145	Draugen	1993	251
Statfjord C	1984	145	Troll	1995	303
Flytere					
Heidrunn	1995	345	Troll olje	1995	325

Beskrivelse av prosjekt ”oljeplattformer”

Oljeplattform i betong (gravitasjonsplattform)

En gravitasjonsplattform står på havbunnen og dens stabilitet er sikret ved konstruksjonens egen vekt og ballast. Gravitasjonsplattformene er gjerne laget i betong og typen kalles ”Condeep”. Den største betongplattformen som er bygget er Trollplattformen som står på over 300 m dyp. Les om oljeplattformer.



Figur 3.24 Olje-gravitasjonsplattform a) modell. b) innfløting (Foto JJJ)

Materiale og utstyr: Papproller med lokk Ø50mm (”Postrør”, rør for tegninger, kalendere etc.), papp, trelister, blomsterpinner, store pakkestrikk, eventuelt ståltråd, tape, lim. Vannkar, vann, småstein (singel som ballast), sag, saks, limpistol.

Slik gjør vi: a) Gjør klar vannkar med vann. Papprørene Ø 50 mm kappes (sag) i lengder på 120 mm. Antall 6 alternativt 12. Et langt rør (L=360mm) danner ”skaftet”. Dette limes, tapes, eller festes med strikk. Plattformdekket kan lages av papp (eller benytt en isboks). b) Bygg plattformen. Prøv stabiliteten av modellen i vannkaret. Gi plattformen ballast. Nå blir den stabil (velter ikke)

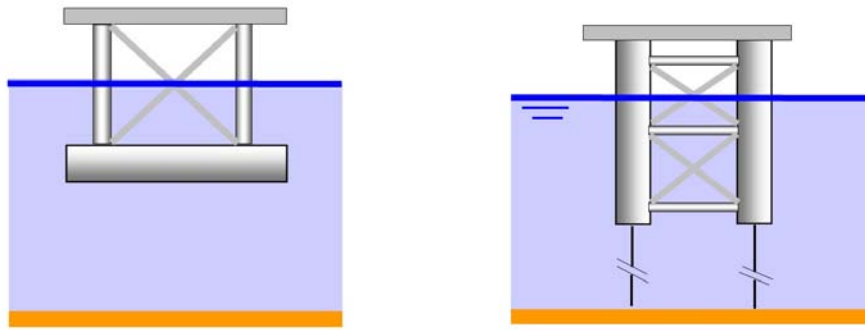
Forklaring: Arkhimedes fant ut at oppdriften er lik vekten av den fortrengte væskemengde. Oppdriften og stabiliteten er viktig å kontrollere.

Kobling til matematikk: Beregn volum, tyngdepunkt og vekt av den viste betongplattformen.

Flytende oljeplattform

En flytende plattform flyter. Den kan ha pongtonger som bærende elementer. De flytende pongtongene kan enten være forankret i bunnen med stag eller ”fritt svømmende” med automatisk posisjonering. De flytende plattformene lages mest i stål, er også lages i betong. (Heidrunplattformen).

Materiale og utstyr: Papproller, (eventuelt plastrør) med lokk Ø50mm (”Postrør”, rør for tegninger, kalendere etc.), papp, trelister, blomsterpinner, ståltråd, tape, lim. Vannkar, vann, småstein (singel som ballast), sag, saks, limpistol.



Figur 3.25 a,b Flytende plattform uforankret og forankret.

Slik gjør vi. Sag til flottørene av papp/plastrørene. Lukk rørene med lokk eller plast. Lag plattformdekk av trelister/blomsterpinner. Kryssavstivninger lages av blomsterpinner. Bind konstruksjonen sammen. Legg i ballast slik at den oppnår stabilitet. Fløt den ut og plasser den på plass i karet.

Kobling til matematikk: Beregn volum, tyngdepunkt og vekt av plattformen. Beregn hvilken last plattformdekket kan ta.

VEDLEGG:

Referanser

Litteratur

- [1] Jensen, Jens Jacob.
”Glimt fra brobyggingens historie. Broer og frimerker”. Tapir Akademisk forlag 2001.
- [2] Aune, Petter; Larsen, Per Kristian.
Konstruksjonslære for bygningsingeniører. Tapir 1994.
- [3] Stephens, John,H.
The Guinness Book of Structures. London 1976.
- [4] Gunnarsjaa, Arne.
Arkitekturhistorie, Abstrakt forlag 2001.
- [5] Andre Veiledningshefter i serien ”Teknologi og Design” finnes på nettstedet til Teknologiforum, Se under.

Nettadresser

- Teknologiforum: <http://www.teknologiforum.no/forum.html>
- RENATE: http://www.renatesenteret.no/index_main.html
- NTNU: <http://www.ntnu.no/>
- Database konstruksjoner (eng): <http://www.structurae.net/en/structures/stype/index.cfm>
- Database broer (tysk): <http://www.brueckenweb.de/>
- Bridge Designer : <http://bridgecontest.usma.edu/download.htm>

Fotografier-Figurer

Fotografier og tegninger er med få unntak utført av forfatteren (Foto JJJ). Kilde til andre bilder og figurer er merket med (Kilde nr:)

(1) Brücken, Deutsches Museum, München, (2) Proceedings ”Concrete under severe conditions” 1998, (3) Bautechnik der Römer, Betonverlag 1985, (4) Norsk Betongforening, betongtavlen: (5) Armeringsboka, Universitetsforlaget 1997; (6), Norwegian Contractors, På dypt vann 1993, (7) <http://www.cyberseek.com/nabs/gallery.htm>, (8) The world of Obayashi 1990, (9) Bridge Designer, se nettadresser), (10) Dorés billedbibel , Dover publications 1974), (11) Teknisk ukeblad. (12) Leicht und Weit, Weitgespannter Flächentragwerke , VCH 1990, (13) Norwegian Contractors, På dypt vann 1993

Materialer og utstyr

Byggesett konstruksjoner

- Bolig ABC (hus): www.boligabc.no
- Percolo, byggeklosser (konstruksjoner): www.percolo.no
- Lafto lekeklosser: www.lafto.no
- Lego Byggesett (Broer tårn): www.mikrov.no
- Modellbyggesett (broer): <http://konstruksjon.jjjcon.no/>

Nyttige Materialer

Nr	Materiell	Prosjekt- oppgave	Ca pris kr.	Leverandør
1	Ballonger Runde pakke 15 stk	3	29,-	P
2	Blomsterbindertråd	1	-	G
3	Blomsterpinner (Ø4mm x400) 100 stk	1	49,-	P, G
	Blomsterpinner (Ø5mm x500) 100 stk		59,-	
4	Gipsbånd (pakker á 2 ruller a 3 m)	1,3	43,-	P; A
5	Ispinner (18x145mm) pakke 100 stk	1,2,4	29,-	P
	Ispinner (10x110mm) eske 1000 stk		79,-	
6	Modellerleire pakke 150g	Alle	21,-	P
7	Papp-plate 73x105 cm stk	1,2,4	20,-	PK, PE
8	Papprør Ø 50x750 med mer med lokk stk	1,2,4	10,-	PK, PE
9	Trelister pr m	1,	7,-	TL,
10	Isoporplate	-	-	BF.
11	Elastisk stoff, tøy	-	-	S,K

A: Apotek, G: Gartnerier, BF: Byggforretninger, TL: Trelastforretninger. PK: Papir-kontor
SK: Stoff-klær

P: Panduro Hobby: www.panduro.no

H: Hobbymarkedet:

www.poppyfield.net/catalog/product_info.php?cPath=38&products_id=418

PE Postemallasje: www.postemallasje.no

Nyttig verktøy

Nyttig verktøy er verktøy utstyr som benyttes i formingsfagene, og snekkerutstyr. Jernvarehandler, verktøybutikker, Hobbybutikker (se over). Andre referanser som for eksempel:

CO Clas Ohlson: www.clasohlson.no

BT Biltema: www.biltema.no

Ordliste

Faguttrykk er så langt mulig forklart i teksten. Noen uttrykk er forklart i tabellen under:

Ord/uttrykk	Forklaring	Se side
Armering	Stålstenger som forsterkning av betong	22
Betong	Byggemateriale av sement, vann og steinmaterialer	22
Bue	Konstruksjon med krum akse i vertikalplanet	19
Bærende konstruksjoner	Konstruksjon med lastbærende funksjon	1
Bøyning	Kraft (kraftpar) som dannes i bjelker ved belastning	14
Dimensjonere	Bestemme nødvendige mål på en konstruksjonsdel	17
Dukkonstruksjoner	Konstruksjoner av duk som telt, membraner etc.	38
Egenlast	Last pga egen vekt	15
Fagverk	Bærekonstruksjon sammensatt av staver	12
Fasthet	Materialegenskap styrke, spenning ved brudd	17
Fritt opplagt bjelke	Bjelke med ett spenn, fastholdt og bevegelig lagret	13
Indre krefter	Krefter inne i en konstruksjon (er i likevekt)	14
Jordtrykk	Last som er forårsaket av jord (støttemur)	16
Konstruere	(fra lat.) Bygge opp, lage utkast, til	11
Kontinuerlig bjelke	Bjelke over flere spenn.	13
Nyttelast	Laster for det konstruksjon er laget for	15
Opplager	Konstruksjonsdel hvor en konstruksjon ligger.	13
Plate	Todim. bæreelement hvor $L, B \gg D$, Last på tvers	19
Riss	Liten sprekk (i betong)	22
Sement	Hydraulisk bindemiddel	22
Skall	Krumb bæreelement. Liten tykkelse	20
Skive	Todim. bæreelement hvor $L, B \gg t$, Last i plan	19
Skjær	Kraftkomponent (på tvers av en bjelke)	14
Slakkarmering	Forsterkning av betong med stålstenger	22
Snølast	Last pga snø	15
Spennbetong	Betong med oppstrammet (spent) armering	22
Spenning	Kraft pr flateenhet. Måles i N/mm^2	14
Statikk	Læren om likevekt	11
Statisk system	Teoretisk modell som benyttes for beregning	11
Stav	Konstruksjonselement for trykk og strekk	19
Stivhet	Evne til å motstå deformasjon	14
Strekk	Kraft som forårsaker forlengelse i et element	14
Søyle	Aksialbelastet (trykk) bæreelement	19
Tau, kabel	Bæreelement som kun kan ta strekk	17
Temperaturlast	Last forårsaket av temperaturvariasjoner	17
Tilslag	Steinmaterialer i betong	22
Torsjon	Krefter som forårsaker vridning	14
Trykk	Krefter som forårsaker forkortelse	14

Trykkstyrke	Spenning (kraft pr flateenhet) ved bruddlast	22
Tøyninger	Forlengelse eller forkortelse pr lengdeenhet	14
Ulykkeslast	Last forårsaket av ulykke som brann, eksplosjon	17
Utkrager	Bjelke som er fastholdt og spenner ut i luften	13
Vanntrykk	Last forårsaket av vann (dammer)	16
Vindlast	Last forårsaket av vind	
Ytre krefter	Krefter som virker og oppstår pga. ytre laster	14

TEKNOLOGI & DESIGN

Programmet Teknologi i Skolen er RENATEsenterets satsing på teknologi i grunnskolen

Programmet har følgende målsetning:

- å spre forsøk med teknologi og design til så mange grunnskoler som mulig, slik at erfaringene kan danne grunnlaget for et teknologitema i norske læreplaner.
- å bidra til at teknologi blir et tilbud i lærerutdanningen
- å utvikle idéhefter og undervisningsmateriell



Elever fra Kråkstad skole, Ski

Det satses på å:

- Gi elevene i grunnskolen økt kunnskap om teknologi i hverdagen
- Skape bedre forståelse for sammenheng mellom teknologi og naturvitenskap
- Sette teknologi og teknologiutvikling i historisk og samfunnmessig sammenheng
- Utvikle praktiske og estetiske ferdigheter ved å utforme produkter
- Utvikle ferdigheter i å anvende IKT, for eksempel i designprosessen
- Støtte opp under matematikk og naturfagene
- Bidra til at teknologi blir en del av allmenn-dannelsen



Datastøttet design og konstruksjon

Skoler i programmet:

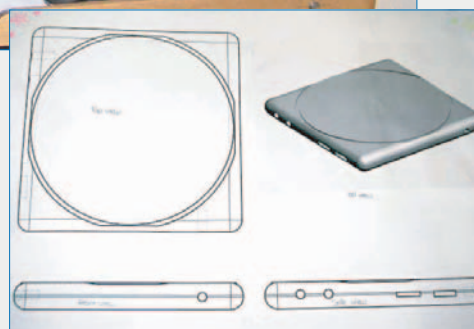
Alle fylker har skoler med i teknologinettverket

Om programmet:

- Fagområdet kalles *Teknologi og Design* (T&D)
- T&D er en tverrfaglig møteplass mellom teori og praksis. - Kunnskap fra Naturfag og Kunst og håndverk blir anvendt.
- Det estetiske (design/formgiving) er viktige elementer
- L-97 gir store muligheter for faget som prosjektarbeid
- Stortingsmelding nr. 30, Kultur for læring, foreslår teknologi og design som et tverrfaglig emne

Litt om faglig innhold:

- *mekanikk, strukturer, konstruksjoner
- *utveksling, kraftoverføring
- *lage produkt av plastmateriale/metall
- *elektrisitet i forskjellige sammenheng



Forankring i det offentlige skoleverk:

Det er en klar målsetning at det fulle ansvar for *Teknologi og Design*, økonomisk og faglig, skal forankres i det offentlige skoleverk.

Støttespillere:

Norges Ingeniørorganisasjon - NITO, Tekna – Teknisk – naturvitenskapelig forening, Norges Forskningsråd, NHO, bransjeforeningene TELFO og TBL, Læringscenteret/-Utdanningsdirektoratet