

Dansk Brodag, 2015

Kost-effektiv sammenligning af præfab og in situ støbte broer

Poul Linneberg, COWI

1 | 24 MARTS 2015
DANSK BRODAG, 2015



COWI

Agenda

1. Præfab vs. in situ støbte broer
2. Værktøjer til levetidsomkostninger (LCC) og livscyklusanalyser (LCA)
3. Eksempel på sammenligning
4. Opsummering

Præfab vs. in situ støbte broer

Udvalgte faktorer som styrer valget (i tilfældig rækkefølge):

- > Kontrakt
- > Funktionskrav
- > Randbetingelser (lokalitet, eksponering, fundering)
- > Udførelsesmetode
- > Strukturelt design
- > Pris
- > Udførelsestid
- > Risiko
- > Trafikafvikling
- > Levetidsomkostninger
- > Vedligehold
- > Materialer
- > Miljømæssige påvirkninger
- > Holdbarhed, bæredygtighed, CO₂

Præfab broer

Fordele:	Ulemper:
<ul style="list-style-type: none">> Udførelstiden på stedet er kortere> Ofte minimering af trafikantgener og uheld> Forskalling kan ofte undgås> Beton fremstilles under kontrollerede forhold (høj kvalitet)> Uafhængig af vejrlig> Store spænd kan opnås	<ul style="list-style-type: none">> Hvert element skal understøttes (lejer, tværbjælke)> Dækhøjde ofte højere> Flere fuger> Begrænset bredde og længde af hensyn til transport

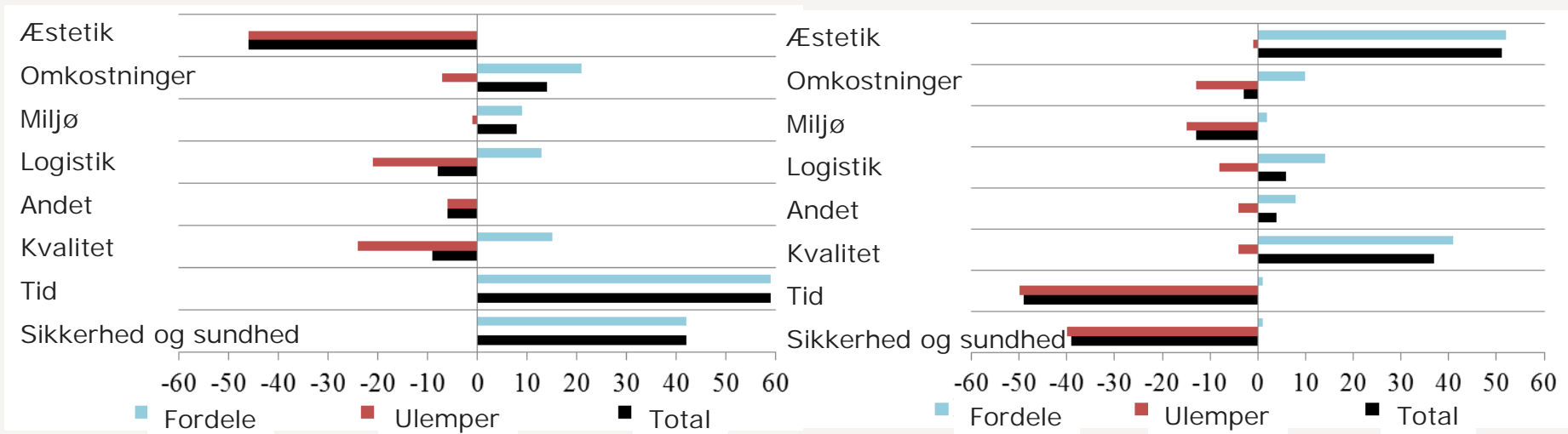
In situ støbte broer

Fordele:	Ulemper:
<ul style="list-style-type: none">> Flere geometriske frihedsgrader> Monolitiske konstruktioner> Ingen tværbjælker> Mindre grænsefladestyring i udførelsesperioden?	<ul style="list-style-type: none">> Længere udførelsesperiode (risiko)> Udførelse kræver mere personale (løn-timer)> Stillads> Trafikantgener> Kvalitetsniveau (vejrafhængig)> Mange aktiviteter på samme tid (sikkerhed)

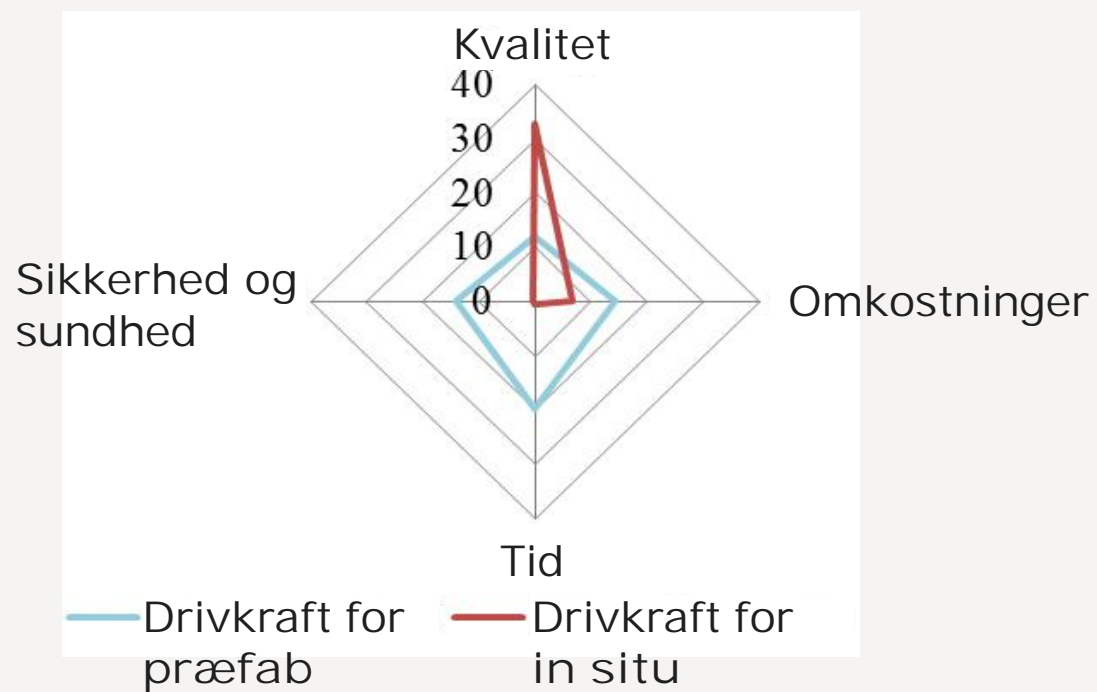
Hvad siger de i Sverige... (Larsson & Simonsson, 2012)

Præfab.

In-situ



Hvad siger de i Sverige...(Larsson & Simonsson, 2012)



Hvad siger de i USA...(2009-)

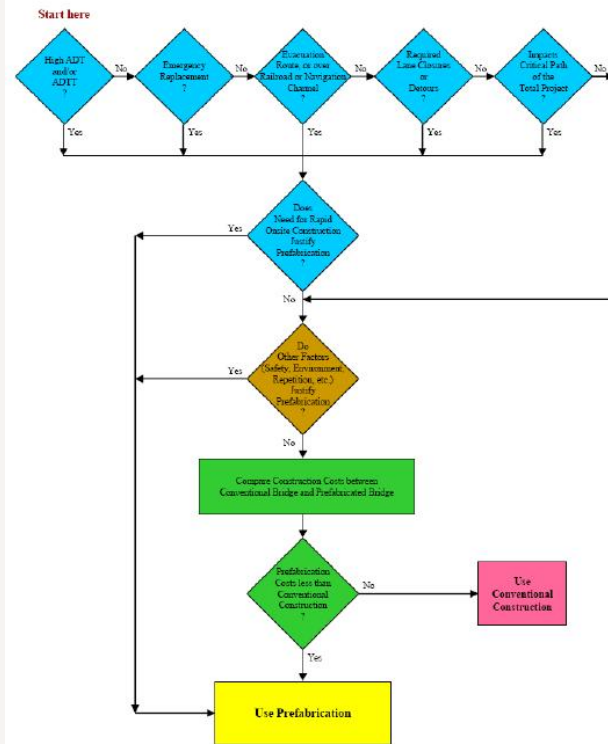


Every Day Counts

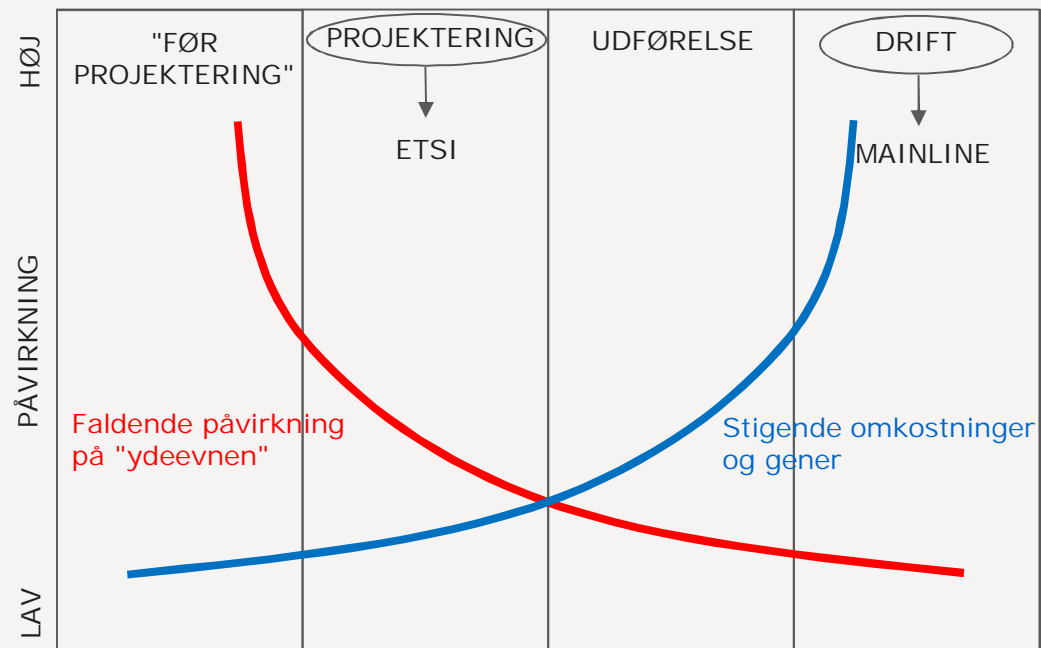


"...the FHWA's goal is to shift the paradigm of our industry so that the use of PBES (*Prefabricated Bridge Elements & Systems, red.*) becomes the standard method of construction and the use of conventional construction methods, such as on-site CIP (*Cast-In-Place, red.*) operations are used in a limited manner"

II. Flowchart for High-Level Decision on Whether a Prefabricated Bridge Should Be Used in This Project



Bygherres levetidsperspektiv

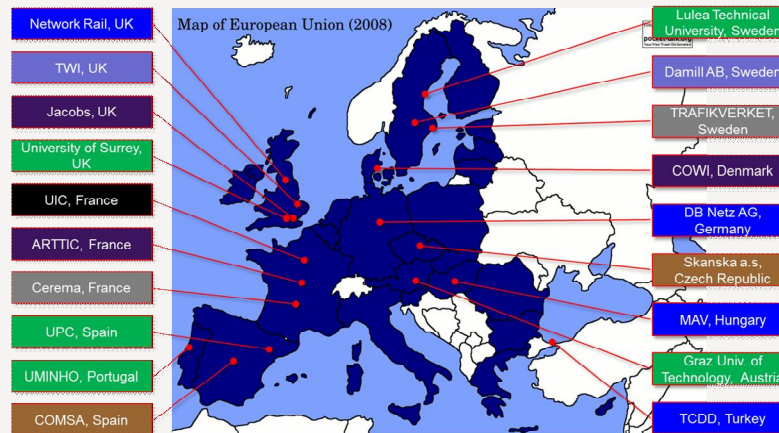


Kontraktformer

- › Hovedentreprise
- › Totalentreprise (funktionskrav skal sikre lave levetidsomkostninger – andet kan være svært / kræver en robust model, entreprenørfrihedsgrader skal bibeholdes)
- › Offentlig-Privat-Partnerskab (OPP) (eks. over 30 år, fordeling af risici)
- › Samlet udbud (OPP uden privat finansiering)
- › Partnering (supplement til ovenstående)

Fælles: De skal understøtte optimal økonomi, budgetsikkerhed, tidsplaner og innovation.

Værktøjer til levetidsomkostninger (LCC) og livscyklusanalyser (LCA)...for broer



ETSI



MAINLINE

> MAINTENANCE, RENEWAL AND IMPROVEMENT OF RAIL TRANSPORT INFRASTRUCTURE TO REDUCE ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL IMPACT



&



Soil Cuttings



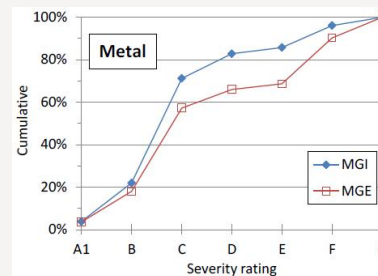
Track



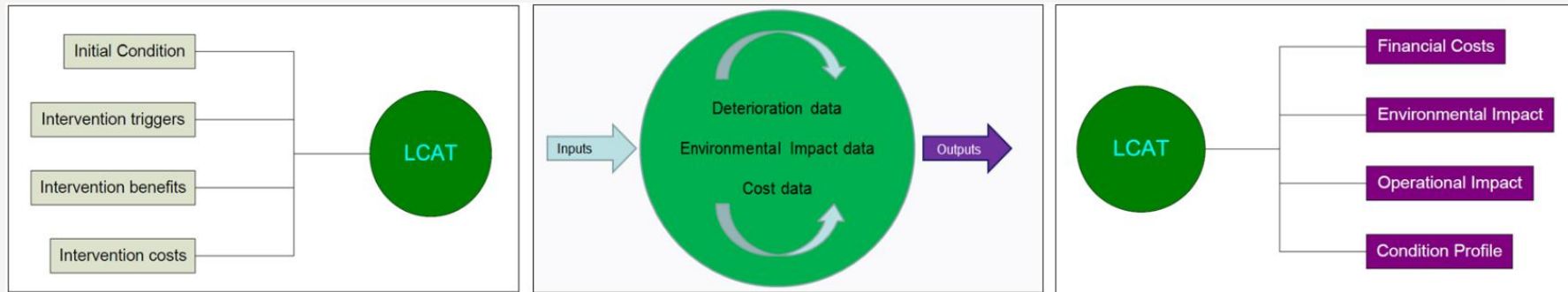
Metal Bridges

MAINLINE

- > Levetidsforlængelse (bæreevne, forstærkning)
- > Nedbrydningsmodeller
- > Inspektion og monitorering
- > Udskiftning af infrastruktur (nye metoder og logistik)
- > Økonomisk og miljømæssig forvaltning af infrastruktur



MAINLINE Life Cycle Assessment Tool (LCAT)



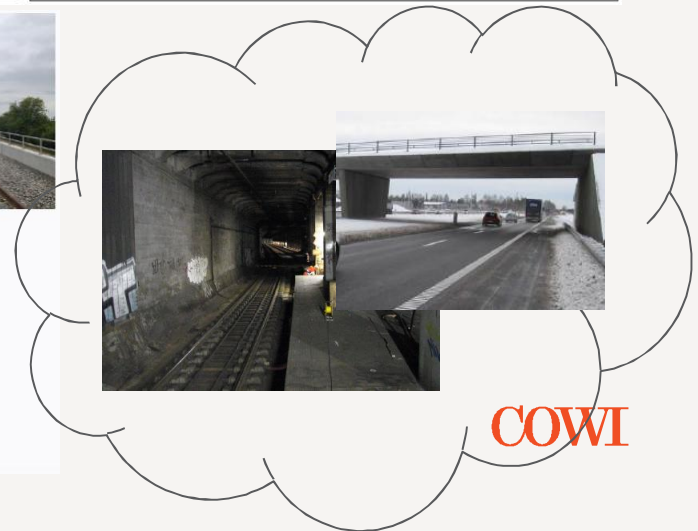
Skråninger



Spor



Stålbroer



Eksempel på sammenligning

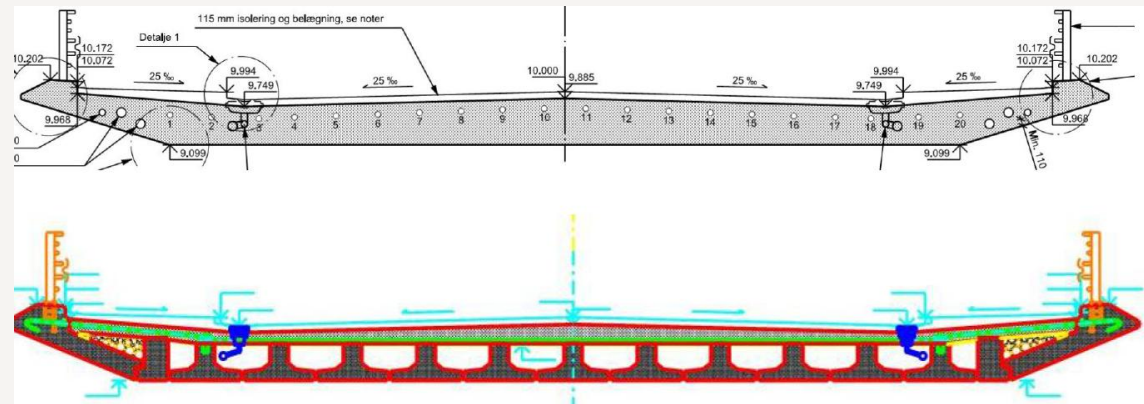


Eksempel på sammenligning

- > Anlægsomkostninger:

- > In-situ: 11.4 mio. dkr.

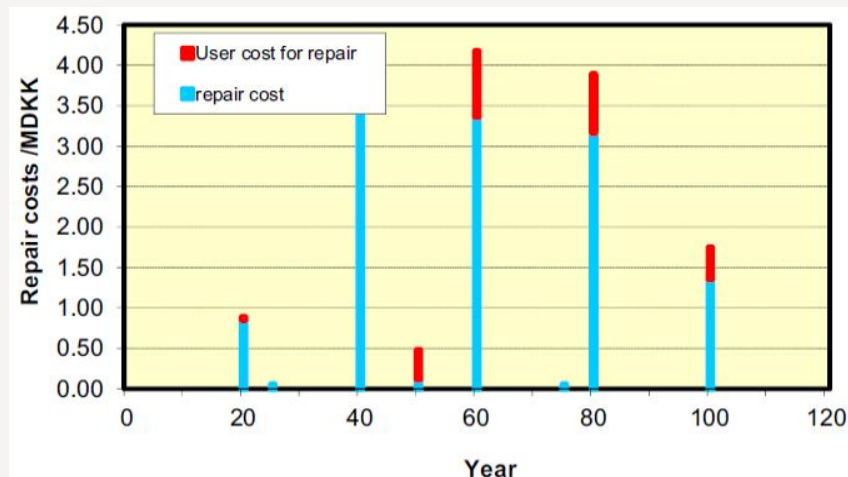
- > Præfab: "samme niveau"



Nyere studie fra Holland synes at understøtte dette for "typiske" broer (Bakker, 2014) +/- 10%

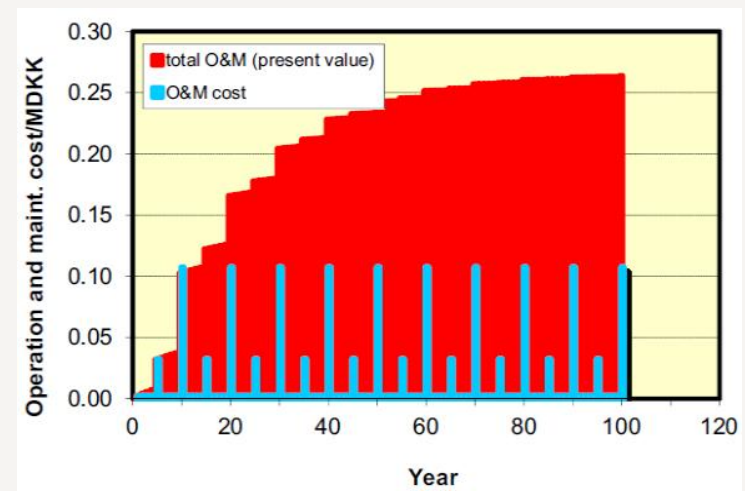
Eksempel på sammenligning

> D&V økonomi (in situ):



Primært: Slidlag, belægning + fugtisolering, beton rep., rækværker og kantbjælker

Rutine vedligehold (årligt)
Generaleftersyn (hvert 5. år)
Særefeftersyn (hvert 10. år)
Trafikantgener ikke medtaget



Eksempel på sammenligning

- > D&V økonomi (præfab)
 - > +/- 10 % af in-situ for: beton rep. overbygning inkl. kantbjælker
 - > resterende omkostninger er ens
 - > 5% diskontering
 - > 100 år
- > +10% => Samlet rep. omkostninger (NPV) 1.13 mio. kr.
- > - 10% => Samlet rep. omkostninger (NPV) 1.08 mio. kr.
- > Skal sammenlignes med 1.10 mio. kr. (NPV) for in-situ løsning

- > Vi har ikke tilstrækkeligt datagrundlag, men hvis antagelser er nogenlunde valide, er forskel i direkte levetidsomkostninger minimale.

Eksempel på sammenligning

- > Trafikantgener (NPV, 5%, 100år):
 - > OF: ÅDT=10.000 ktj, 50 km/t => 30 km/t (rep.), 1 km omvej (udførelse)
 - > UF: ÅDT=40.000 ktj, 110 km/t => 70 km/t, 6 => 4 spor i hovedparten af perioden
 - > In-situ:
 - > Udførelse (1 år, VD): 0.1 mio. kr. per dag (ingen kø) => **37 mio. kr.**
 - > Driftsfase (100 år, ETSI): NPV = 0.2 mio. kr. (belægning, kantbjælker, beton rep. og lejer)
 - > Præfab:
 - > Udførelse (7 måneder, VD): **22 mio. kr.** (+afledte effekter)
 - > Driftsfase: Sammenlignelig med ovenstående

Eksempel på sammenligning

- > Andre samfundsmæssige omkostninger, eks. uheld:
 - > 1 dødsfald: ~20 mio. kr.
 - > 1 svært tilskadekommen: ~2 mio. kr.
 - > Risiko = Sandsynlighed x Konsekvens
- > In-situ (1 år):
 - > Udførelse: 24.000 kr.
- > Præfab (7 måneder):
 - > Udførelse: 14.000 kr.
- > Risikotillæg pga. stillads og afledte effekter

Aktivitet	Antal dødsfald pr. time pr. 10 ⁸ personer
Bjergbestigning (int.)	2700
Rejser m. fly (int.)	120
Rejser m. bil	56
Byggepladser	7.1
Ulykker i hjemmet	2.1
Strukturelle svigt	0.002

England, 1970'erne
(Thoft Christensen et al, 1982)

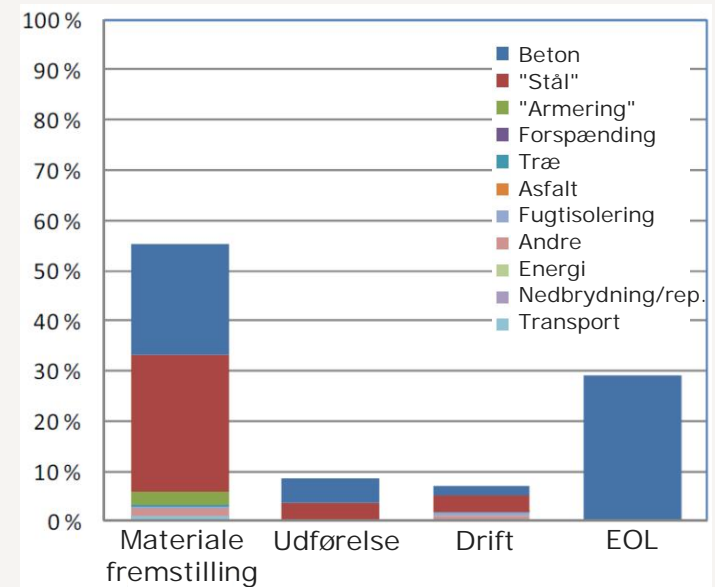
~2.5 (DK B&A 2003-2008)
Jf. LO 2012, nyere tal for
tillæg er mindre

Miljø – (Hvordan) håndtere vi dette?

Iht. MAINLINE undersøgelse, er det begrænset bl.a. pga.:

- › Mange forskellige konstruktionsdele
- › Lange levetider
- › Væsentlige usikkerheder
- › Komplexitet (ikke kun CO2 og affald)
- › Manglende lokale data
- › Manglende kapitalisering (inkl. diskontering, skat... mv.)

Global opvarmning – OF af Vindingevej (ETSI, 2013)



Opsummering

- › Præfabrikerede broer er på fremmarch i hele verden
- › Udvikling primært drevet af samfundsmæssige omkostninger (trafik)
- › Visse reservationer ift. æstetik
- › Værktøjer til håndtering af levetidsomkostninger og miljøpåvirkninger er påkrævet
- › Udbud og kontrakter skal understøtte ovenstående
- › Erfaringsopsamling hos alle parter og især hos bygherre

Som de siger i USA "Every Day Counts"
...but also in the long run

Tak for jeres opmærksom

Poul Linneberg, COWI
pli@cowi.dk