

Bygginnovationen

# Delrapport: BRO

Version: 2010-11-04



*Bro över Sunningesund invigd år 2000*

*Analysgrupp BRO*



## Förord

Föreliggande rapport utgör resultatet av ett grupparbete inom forskningsprogrammet Bygginnovationen, fas 1 . Analysgruppen har letts av Mikael Hallgren, Tyréns AB. Övriga medverkande har varit:

Christer Carlsson, Ramböll Sverige AB

Rolf Hörnfeldt, tidigare NCC AB

Lars-Olof Karlberg, ELU Konsult AB

Mats Karlsson, Trafikverket

Christer Kihlmark, tidigare NCC AB

Thord Kristensson, Peab AB

Thomas Olofsson, Luleå Tekniska Universitet

Ulf Sandelius, WSP Sverige AB

Peter Simonsson, Luleå Tekniska Universitet

Grupparbetet har genomförts med sju gruppmöten under tidsperioden april 2009– februari 2010 samt med mellanliggande delutredningar, intervjuer och insamling av data från studieobjekt.

Rapporten har sammanställts av Thomas Olofsson med bidrag från gruppens övriga medlemmar.



---

## Innehållsförteckning

Förord .....	i
Innehållsförteckning .....	iii
1. Introduktion BRO .....	1
1.1 Bakgrund och syfte .....	1
1.2 Teknikområde och datainsamling .....	1
1.3 Avgränsningar .....	2
1.4 Definitioner och begrepp .....	2
2 Historik, demografi och normer .....	5
2.1 Historik .....	5
2.2 Demografi .....	5
2.3 Utvecklingen av bronormer 1969 och framåt .....	6
3. Mätningar av produktivitet och projektgenomförande .....	11
3.1 Offentlig statistik .....	11
3.2 Vetenskapliga studier .....	11
3.3 BQR .....	14
3.4 Key Performance Indicators i UK – KPI .....	15
3.5 Förnyelse inom anläggningsbranschen – FIA .....	15
3.6 Effektivare planering av vägar och järnvägar - SOU 2010:57 .....	15
5. Analyser .....	17
5.1 Introduktion .....	17
5.2 Jämförelse mellan broar byggda på 1970-talet och 2000-talet .....	17
5.2.1 Spännarmerad lådbalkbro i betong .....	17
5.2.3 Stålbalkbro med och utan samverkan med betongfarbana .....	20
5.2.4 Äldre förspänd ribb-balkbro jämfört med modern balkbro .....	22
5.2.5 Förspänd balkbro över dalälven vid Marma .....	24
5.3 Utveckling av broprojektering .....	27

5.3.1	Konstruktörens effektivitet .....	27
5.3.2	Mängdutveckling .....	28
5.4	Upprepningseffekter och standardisering .....	31
5.4.1	Upprepning - en studie av Ölandsbron .....	31
5.4.2	Standardisering - en studie av sträckan Uppsala – Mehedeby .....	33
5.5	Övriga aspekter .....	35
5.5.1	Broars livslängd och underhållskostnader .....	35
5.5.2	Avbrottskostnader vid reparation och underhåll .....	36
5.5.3	Miljöeffekter, livscykelanalys (LCA) .....	37
5.5.4	Arbetsmiljö .....	39
5.5.5	Arkitektonisk kvalitet .....	41
5.6	Slutsatser .....	42
6	Effektivitetsmått för BRO .....	45
6.1	Outputmått .....	45
6.1.1	Primär output: nyttig area .....	45
6.1.2	Framtida energiförbrukning .....	45
6.1.3	Övriga framtida drift- och underhållsinsatser .....	45
6.1.4	Avbrottseffekter .....	46
6.1.5	Riskreduktion .....	46
6.1.6	Komfort för användare .....	46
6.1.7	Arkitektonisk kvalitet .....	47
6.1.8	Samhällseffekter, ej prissatta .....	47
6.2	Inputmått .....	47
6.2.1	Lagtid, maskintid och persontid .....	47
6.2.2	Material .....	48
6.2.3	Energi .....	48
6.2.4	Tjänster .....	48

6.2.5	Miljöeffekter, ej prissatta .....	48
6.3	Exempel på effektivitetsmått .....	48
7.	Framtida forsknings- och utvecklingsbehov .....	51
	Referenser .....	53
	Bilaga 1 Intervjumall.....	55





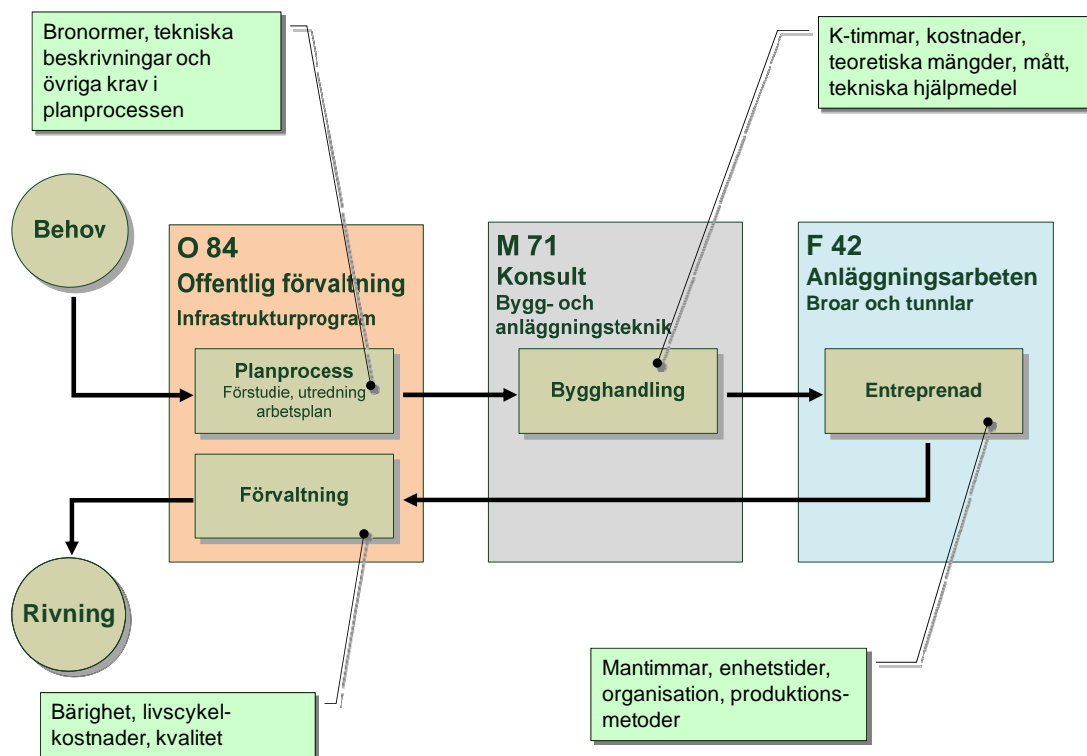
# 1. Introduktion BRO

## 1.1 Bakgrund och syfte

Bygginnovationen är ett VINNOVA-finansierat forsknings- och utvecklingsprogram och syftar i sin helhet till att stärka den svenska byggnäringens konkurrenskraft såväl på den internationella marknaden som på den svenska marknaden genom att fokusera på förbättrad effektivitet. Bygginnovationens fas 1 avser att utveckla effektivitetsmått som ska användas dels för att värdera och styra forskningsinsatser och dels för att mäta effektivitet på bransch-, projekt-, process- eller produktnivå. Vidare identifieras kunskapsluckor och forskningsbehov inom olika teknikområden.

## 1.2 Teknikområde och datainsamling

Denna rapport redovisar resultatet av arbetet i analysgruppen för BRO. Underlaget till rapporten är hämtat ur litteraturstudier, diskussioner i analysgruppen och intervjuer. Figur 1 visar en översikt av mått och samband mellan olika näringsgrenar i typiska anläggningsprojekt.



Figur 1: Mått och samband mellan olika näringsgrenar i anläggningsprojekt

Studien har haft som mål att studera ett antal broar byggda på 70-talet och jämföra dessa med liknande broar byggda på 1990 och 2000-talet för att studera effekterna av:

- Införandet av nya normer och krav
- Nya metoder i projektering och produktion
- Standardisering och upprepning

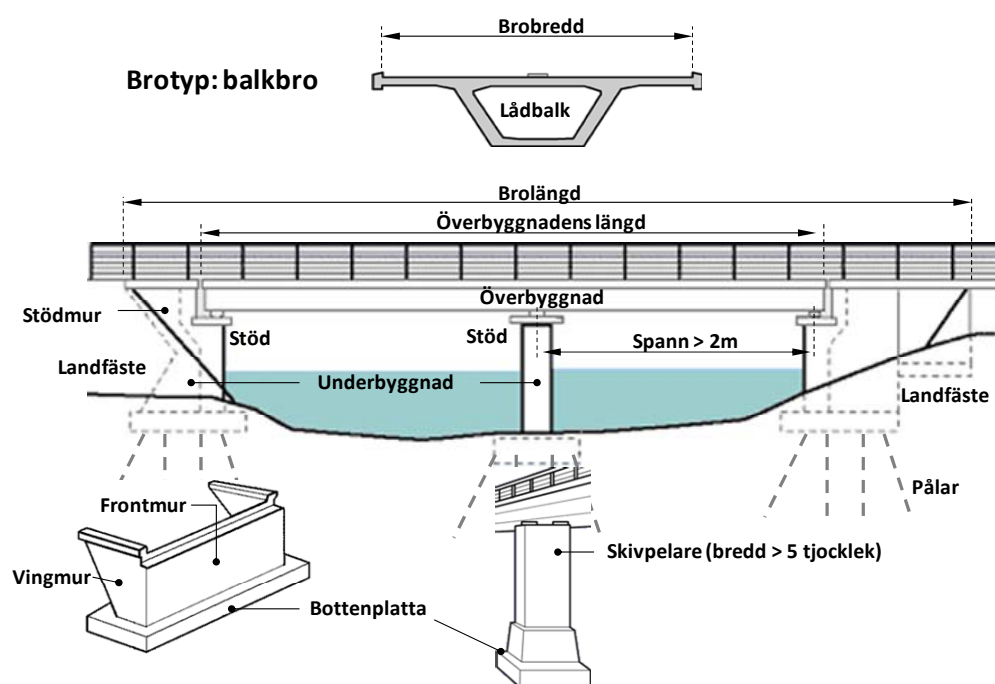
- Kvalitetsförbättringar och livscykelekonomi

### 1.3 Avgränsningar

Byggande av vägar (och järnvägar) sker i två faser : fysik planering och realisering. I den fysiska planeringsfasen utvecklas planerna successivt från översiktliga studier till arbetsplan/järnvägsplan där hänsyn till enskilda och allmänna intressen såsom miljöskydd och natur- och kulturmiljö skall tas. I realiseringsfasen omvandlas den s.k. arbetsplanen till bygghandlingar som sedan ligger till grund för produktionen. Litteraturstudien har omfattat båda faserna fysisk planering och realisering, medan intervjustudier och analyserna omfattar framställande av bygghandling och produktion av bron. En svårighet har varit att avgränsa den fysiska planeringen eftersom broar ofta ingår som del i ett större infrastrukturprojekt av järnvägar och vägar.

### 1.4 Definitioner och begrepp

Trafikverket definierar Bro som ett "längre, över underlaget upphöjt byggnadsverk avsett att leda trafik över lägre belägna hinder". Den teoretiska spännvidden skall vara större än  $2,0 \text{ m}^1$  i största spannet, se Figur 2.



Figur 2: Några definitioner och begrepp.

Till *överbyggnaden* räknas de delar av bron som är belägna ovanför stöd. För plattrambroar utgörs gränsen mellan över- och underbyggnad av gjutfogen mellan ramben och brobaneplatta, eller då gjutfog saknas, av ett horisontellt snitt vid votens anslutning i frontmuren.

Till *underbyggnad* hör de delar av en bro som är belägna nedanför lager eller pelaröverkant och ned till och med underkant bottenplatta. Även grusskift och vingmurar fastgjutna i frontmurar samt pålelement hänförs till underbyggnaden.

<sup>1</sup> Kommunernas definition av Bro är ett spann på 3 meter eller större

BatMan<sup>2</sup> klassificerar sina fasta brotyper efter verkningsätt:

- *Rambro* som utgör ca hälften av brobeståndet delas in i två undertyper, balkrambro och plattrambro. *Plattrambro* är utförd i ett eller två spann och oftast i slakarmerad betong i spännvidder upp till cirka 22 - 25 m. *Balkrambroar* är oftast tillverkad i slakarmerad betong med spännvidd mellan 25-30 m.
- *Plattbron* utförs i slakarmerad betong upp till cirka 25 m spännvidd och spännarmerad upp till cirka 35 m spännvidd. Broplattan är normalt utförd med konstant tjocklek över hela bronns längd. Kontinuerliga plattbroar med pelarstöd kallas ofta "pinnabro".
- *Balkbrons* överbyggnad består av bärande huvudbalkar som brobanan vilar på. Huvudbalkarna tillverkas i armerad betong, spännbetong eller stål. Stålbalkbron utförs normalt med brobaneplatta i betong med eller utan samverkan med stålbalkarna. Armerad betong används i spännvidder upp till 30 - 35 m. Spännbetong används från ungefär 25 m och uppåt. Svetsade stålbalkar konkurrerar idag med spännbetongbalkar från cirka 35 m och däröver. Lådsektion används vid stora spännvidder, pressade konstruktionshöjder eller då överbyggnaden blir utsatt för vridande moment.
- *Valvbron* tillhör våra äldsta broar och är ofta byggda med natursten och anses av många vara våra vackraste. *Bågbron* med överliggande farbana är en utveckling av valvbron. Jordfyllningen är ersatt av vertikala pelare som bär upp brobanan. I en bågbro tas huvuddelen av lasten upp genom tryck i bågen. Endast en mindre del tas upp genom böjning
- *Rörbron* tillverkas normalt av valsade korrugerade plåtar som skruvas ihop. Plåttjockleken varierar med spännvidden mellan 3 och 7 mm. Spännvidder upp till 25 meter förekommer. De flesta rörbroarna är dock mindre.
- Andra brotyper klassificeras under rubriken *övriga brotyper*. Där finns bland andra fackverksbroar, hängbroar, snedkabelbroar samt prefabricerade broar av olika typer.

---

<sup>2</sup> Trafikverkets BaTMan, Bridge and Tunnel Management system, Manual, <https://batman.vv.se>, 2010-01-20.



## 2 Historik, demografi och normer

### 2.1 Historik

När broar började byggas var de korta och bestod allt som oftast av ett spann. Byggmaterialet togs från naturen, vanligtvis stenblock eller trädstammar. I och med att kommunikationsmöjligheterna utvecklades, ökades också kraven på broarna<sup>3</sup>. 1841 bildades det som vi idag känner som Trafikverket som en följd av transporterens ökade betydelse. Det nya ämbetsverket "Kongliga styrelsen för allmänna väg- och wattenbyggnader" hade hand om ärenden som gällde kanaler och vägar. I slutet av 1800 talet tog Sverige klivet in i industrisamhället vilket bidrog till en översyn av vägnätet i landet. Då påbörjades förbättringen av vägnätet och man började ersätta färjor med broar. År 1944 fick verket ansvaret för vägarna på landsbygden när de förstatligades. Tidigare sköttes vägarna av bönderna och väghållningen reglerades från början i de gamla landskapslagarna. Vägverket som organisation bildades 1992 och innebar bl. a att 24 vägförvaltningar slogs ihop till sju regioner.

Statens järnvägar bildades 1856 och Sveriges första ångloksdrivna järnvägar öppnades mellan Nora och Örebro. År 1862 delades Statens järnvägar upp i Styrelsen för statens järnvägsbyggnad och i Styrelsen för statens järnvägstrafik. År 1888 omorganiserades Statens järnvägar igen. Kongliga Järnvägsstyrelsen tog över såväl byggande som trafik. Denna organisation levde i 100 år till 1988 då Statens järnvägar delades upp i myndigheten Banverket och affärsverket Statens Järnvägar, SJ. Banverket har sedan 1988 till 2010 ansvarat för drift och förvaltning av statens spåransläggningar.

Trafikverket, som bildades den 1 april 2010, ansvarar för långsiktig planering av transportsystemet för vägtrafik, järnvägstrafik, sjöfart och luftfart men också för byggande, drift och underhåll av statliga vägar och järnvägar. Trafikverket har idag cirka 6 200 medarbetare

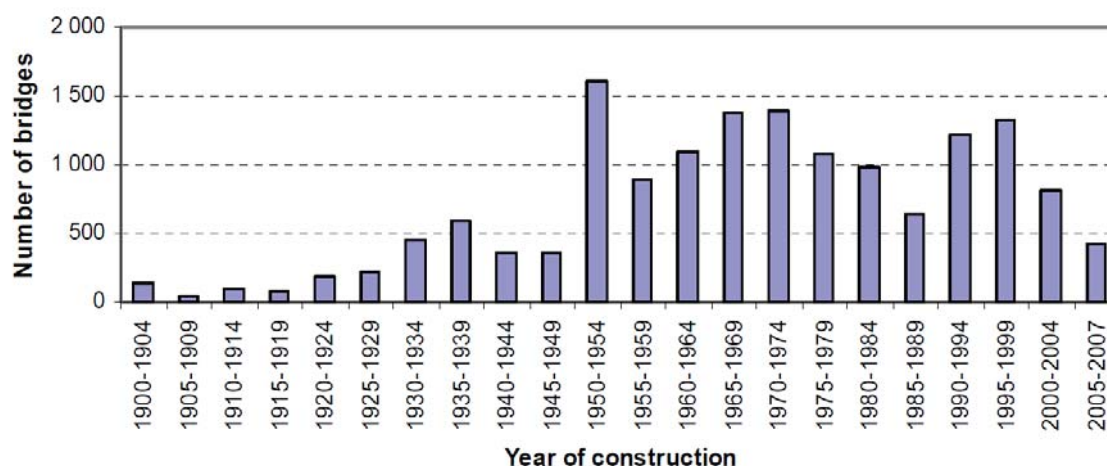
### 2.2 Demografi

Det nya Trafikverket ansvarar för ca 15 800 vägbroar och 3600 järnvägsbroar. Kommunerna har också ansvar för ca 6600 broar. Figur 3 visar åldersfördelning av beståndet av vägbroar byggda mellan år 1900 till 2007<sup>4</sup>. Tillskottet räknat i broarea/år är ca 1-2% av det totala beståndet av vägbroar.

---

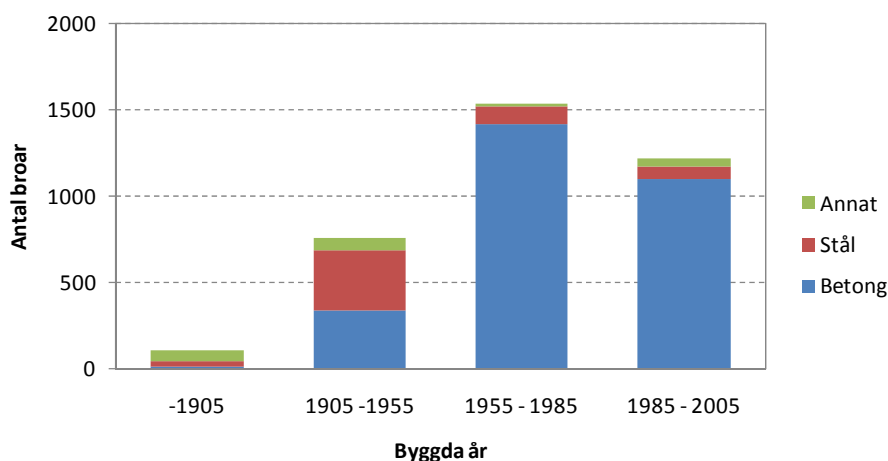
<sup>3</sup> Ahlberg, S.O & Spade B, (2001), *Våra broar- en kulturskatt*. Bengt Persson Bokbinderi AB, Borlänge

<sup>4</sup> Mattsson, K-Å (2008), *Integrated Bridge Maintenance - Evaluation of a pilot project and future perspectives*, Doctoral Thesis in Civil and Architectural Engineering, KTH, TRITA-BKN. Bulletin 95, 2008



Figur 3: Brodemografi för Sveriges vägbroar<sup>5</sup>

Nästa figur, Figur 4, visar demografin för Sveriges järnvägsbroar<sup>5</sup>.



Figur 4: Brodemografi för Sveriges järnvägsbroar<sup>7</sup>

Under rubriken *annat* döljer sig i huvudsak valvböor av sten och kompositbroar av stål och betong. Det stora antalet broar i Sverige byggdes mellan 1950 och 1985 och är i huvudsak av betong. Andelen stålbroar har successivt minskat med tiden med undantag av rörbroar i korrugerat stål.

### 2.3 Utvecklingen av bronormer

Den första vägnormen upprättades redan under medeltiden, då klassades vägarna i tre klasser; kungsväg (6 m), byaväg (3,6 m) och kvarnväg (ca 3 m). Inte minst av militära skäl krävdes bättre kommunikationer. I en förordning från 1600-talet sägs att förutom väg skall det byggas "En godh broo av klufne bielkar"<sup>6</sup>. Under 1700-talet trädde en förordning i kraft innebärande att alla broar

<sup>5</sup> Bell B. (2004), D1.2 European Railway Bridge Demography, Sustainable Bridges – Assessment for Future Traffic Demands and Longer Lives, [www.sustainablebridges.net](http://www.sustainablebridges.net)

<sup>6</sup> Gerentz, S. Heddelin, B. Frantzén, L. (1991), Vägar : dåtid, nutid, framtid. Borlänge, Vägverket

i Skåne, Småland och Östergötland skulle byggas av sten (Valvbroar). Denna förordning levde ända in på 1900-talet. Under slutet av 1890-talet och början på 1900-talets början tog byggandet av betongbroar fart i Sverige. Den första helgjutna betongbron i Sverige byggdes år 1897 i Stockholm. Utvecklingen av bronormerna för i huvudsak vägbroar från 1969 till idag är sammanfattade i Tabell 1.

**Tabell 1: Vägbronormer från 1969 till idag**

År, Norm	Sidor	Större nyheter och påverkande krav
1969, VV Bronormer 1969	155	
1976, VV Bronormer 1976	?	Grundstommen i alla senare versioner av Bronormer. Införande av dagens trafiklastsystem. Den "moderna" lasten kom i "Provisoriska trafiklastbestämmelser 1974-05"
1988, Bronorm 88	?	Partialkoefficientmetoden infördes. Säkerhetsfilosofin avseende tillåtna laster och hållfastheter för betong och stål medförde bättre utnyttjande av materialet Högre krav på beständighet, dvs sprickbredder och materialkvalitet, genom införande av miljöklasser innebar krav på mer armering och högre betongkvalitet. Nya regler för utmattningsdimensionering av betong och armering BBK 79 infördes och har i stort sett gällt fram till idag Bronorm 88 innebar en mycket stor förändring av regelverket, förmodligen större än vad Eurokoderna kommer att innebära.
1994, BRO 94 Allmän teknisk beskrivning för broar	571	Partialkoefficientmetoden omfattar även grundläggning. Det innebar bättre utnyttjande av jord- och berggenskaper. Nya regler infördes för studie av undergrundens vertikala bärförmåga (ersatte tidigare modell med tillåtna grundtryck) och dimensionering av förhöjda jordtryck orsakade av rörelser. Bronorm ändras till att vara Teknisk Handbok. Ny regel angående sprickfrihet kring spännkablar för vägbroar införs. Innehåller ett kapitel om brounderhåll.
2002, Bro 2002 - Vägverkets allmänna tekniska beskrivning för nybyggnad och förbättring av broar	569	Exponeringsklasser infördes vilket innebar högre krav på beständighet och mer armering och högre kvalitet på betongen Kapitlet om brounderhåll lyftes ut till en egen "norm" (ATB). Kapitel om rörbroar tillkom. Vägverkets trafiklast justerades, ett fält med högre axellast och ett fält med lägre axellast. (Infördes redan i bronorm 94). BV höjer lastvärden för tåglast (BV 2000). Krav på klassningsberäkning (lasteffektjämförelse) infördes för alla nya broar. Krav på beräkning och arbetsbeskrivning visande åtgärder för att förhindra temperatursprickor i betong under härdning infördes.
2004, Bro 2004 - Vägverkets allmänna tekniska beskrivning för nybyggnad och förbättring av broar	551	BBK 04 infördes (dock aldrig BSK 07). Nya regler för tvärkraftsdimensionering, nya regler för utmattningsdimensionering av betong. I BV BRO utgåva 9 skärptes lastcykeltal för utmattningsdimensionering av stål.
2011(?), införande av Euro-koder	~7000	Översiktligt leder införandet av Eurokoderna till att nedanstående dokument och standarder krävs för att dimensionera vägbroar. VVFS 2009:19 (91 s.) Grundläggande dimensioneringsregler:

	<p>SS-EN 1990 (88 s.)  SS-EN 1990/A1 Bilaga A2 avseende broar (x s.)</p> <p>Laster</p> <p>SS-EN 1991-1-1 Tunghet, egentyngd, nyttig last för byggnader (58 s.)  SS-EN 1991-1-5 Temperaturpåverkan (47 s.)  SS-EN 1991-1-6 Last under byggskedet (44 s.)  SS-EN 1991-1-7 Olyckslast (76 s.)  SS-EN 1991-2 Trafiklast på broar (165 s.)</p> <p>Betongkonstruktioner</p> <p>SS-EN 1992-1-1 Allmänna regler och regler för byggnader (x s.)  SS-EN 1992-2 Broar (x s.)</p> <p>Stålkonstruktioner</p> <p>SS-EN 1993-1-1 Allmänna regler och regler för byggnader (x s.)  SS-EN 1993-1-5 Plåtbalkar (x s.)  SS-EN 1993-1-8 Dimensionering av knutpunkter och förband (x s.)  SS-EN 1993-1-9 Utmattning (x s.)  SS-EN 1993-1-10 Seghet och egenskaper i tjockleksriktningen (x s.)  SS-EN 1993-1-11 Dragbelastade komponenter (x s.)  SS-EN 1993-1-12 Tillägsregler för stålsorter upp till S700 (x s.)  SS-EN 1993-2 Broar (x s.)  SS-EN 1993-5 Pålar och spont (x s.)</p> <p>Samverkanskonstruktioner stål/betong</p> <p>SS-EN 1994-2 Broar (x s.)</p> <p>Träkonstruktioner</p> <p>SS-EN 1995-1-1 Allmänna regler och regler för byggnader (x s.)  SS-EN 1995-2 Broar (x s.)</p> <p>Geokonstruktioner</p> <p>SS-EN 1997-1 Allmänna regler (x s.)  SS-EN 1997-2 Markundersökning och provning (x s.)</p>
--	--

Obs! För de svenska reglerna avser förteckningen ovan och antal sidor originalutgåvan. Senare supplement eller revideringar till respektive norm är inte behandlade. Andra normer, standarder och handböcker, t.ex. BSK (stål) och BBK (betong), som respektive bronorm hänvisar till är heller inte redovisade här. Jämfört med dagens situation var antalet kompletterande bestämmelser försumbart år 1969.

Beträffande Eurokoderna är dessa i sin helhet ett sammanhängande system av ett sextiotal standarder som innehåller metoder och regler för dimensionering av byggnader och anläggningar, inklusive geotekniska aspekter, dimensionering av bärverk vid brand, situationer som omfattar jordbävningar, utförandeskedet samt tillfälliga konstruktioner. Standarderna är beroende av och hänvisar till varandra och för att dimensionera även en enkel byggnadsdel krävs flera delar av Eurokoderna. I princip parallellt med Eurokoderna som är standarder för laster och bärförmåga införs även ett antal nya europeiska standarder för utförande, kontroll etc. som är mer eller mindre kopplade till Eurokoderna och som kommer att bidra till en ökad komplexitet. Därtill kommer ett förslag till reviderat byggproduktdirektiv<sup>7</sup> i form av en förordning som man nu förhandlar om i Europaparlamentet och Rådet. En slutlig förordning väntas i bästa fall kunna träda i kraft i mitten av 2011. När detta händer blir den bindande även för Sverige.

<sup>7</sup> KOM (2008) 311 Slutgiltig, 2008, Om fastställande av harmoniserade villkor för utsläppande av byggprodukter på marknaden, EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING.



Eurokoderna innehåller ett antal parametrar där det enskilda landet får välja, s.k. nationellt valda parametrar, (Nationally Determined Parameter, NDP). Det innebär att ländernas föreskrivande myndigheter i sin författning anger vad man väljer. För att underlätta användningen av Eurokoderna nationellt och ge transparens för de internationellt verkande företagen har man kommit överens om att de nationellt valda parametrarna ska återges i en informativ bilaga till respektive nationellt implementerade Eurokod.

För Sveriges räkning är Trafikverket föreskrivande myndighet för vägbroar. För sitt ansvarsområde ger Trafikverket en samlad information om nationellt valda parametrar *i föreskrifter om tillämpningen av europeiska beräkningsstandarder* (VVFS 2004:43), som utges i nya versioner allt eftersom omständigheterna föranleder detta. I skrivande stund är den gällande versionen VVFS 2009:19, som utkom 26 juni 2009.

Uppgifterna om när Eurokoderna ska införas på allvar är något oklara. En uppgift som brukar lämnas av Boverket är att de tidigare nationella standarderna (t ex BKR) skall ha dragits tillbaka senast 2012. Fram till dess kan de nuvarande nationella reglerna tillämpas parallellt med Eurokoderna. En uppgift som lämnas av SIS, som "äger" Eurokoderna, är att för den offentliga upphandlaren gäller (när Lagen om offentlig upphandling, LOU, gäller) att när Eurokoden faktiskt **kan användas** för det enskilda fallet så **ska den användas**. Avsteg från kravet på referens till europastandard kan naturligtvis hävdas och motiveras enligt reglerna i LOU, men på det stora hela får Eurokoderna ett snabbare och mer tvingande genomslag genom LOU än de har genom bygglagen.

Det är svårt att kvantifiera vilka konsekvenser för byggandet införandet av Eurokoderna och de nya utförandestandarderna kommer att leda till. I grunden bygger Eurokoderna på samma princip, partialkoefficientmetoden, som vi är vana vid sedan tidigare i Sverige, men på detaljnivå kan det finnas nyheter och olikheter jämfört med tidigare, bl. a beroende på att många länder har medverkat i utvecklingen av standarderna.

Antalet dokument och standarder att hålla reda på blir betydligt fler än vi är vana vid, och standarderna får köpas från SIS vilket leder till betydligt större kostnader än tidigare för att inhämta informationen. Inledningsvis (under några år?) kommer antagligen även effektiviteten i projekteringen att gå ned p g a okunskap om det nya regelverket. Man kan dock hoppas på att konkurrensen från aktörer från andra länder ökar tack vare att vi tillämpar europeiska standarder istället för nationella.

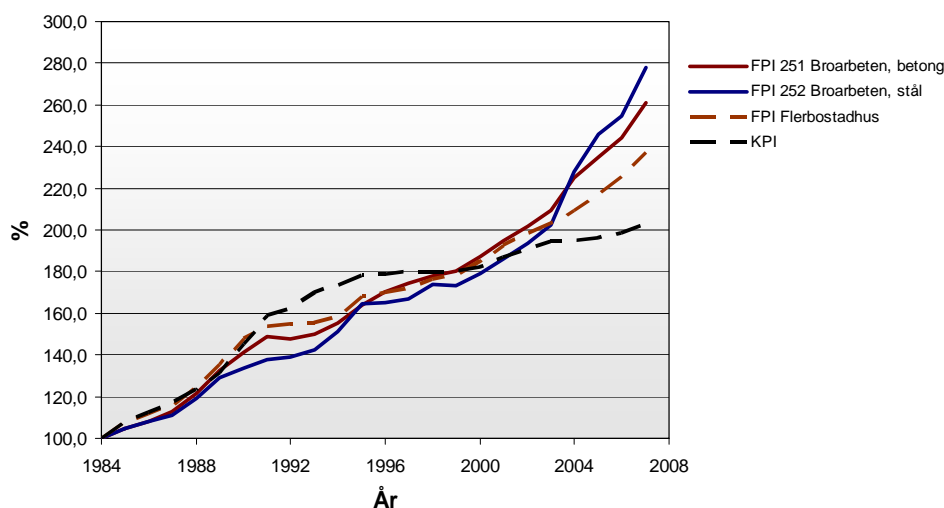


## 3. Mätningar av produktivitet och projektgenomförande

### 3.1 Offentlig statistik

Det finns ingen offentlig statistik för BRO området från SCB motsvarande indexserierna för flerbostadshus och gruppbyggda bostäder. Däremot har byggnadsindustrin och SCB tillsammans tagit fram s.k. entreprenadindex E84 för ett antal områden som används att reglera kostnadsändringar under pågående entreprenad där avtal om indexreglerat pris träffats. I Figur 5 har faktorprisindex (FPI) för 251 Broarbeten, betong och 252 Broarbeten, stål jämförts med FPI för flerbostadshus och KPI mellan 1984 – till 2004.

Broarbeten, betong avser betongbroar. Hit hänförs även betongdelen i stålbroar och prefabricerade konstruktioner samt förstärkningsarbeten av berg. I området ingår också bro- och stödmursarbeten samt andra arbeten som föranleds av broarbetet, såsom erosionskydd, beläggningsarbeten och räcken. Broarbeten, stål avser ståldelen i stålbroar.



Figur 5: Faktorprisindex för Bro arbeten jämfört med FPI för flerbostadshus och KPI, index satt till 100 år 1984.

### 3.2 Vetenskapliga studier

I Jonsson (1996)<sup>8</sup> redovisas en tidig studie inriktad på mätning produktivitet och effektivitet inom den svenska byggbranschen. Studien var avgränsad till mätning av produktivitet och effektivitet på byggplatsen och omfattade 104 svenska byggprojekt genomförda under 1989-1992. De ingående projekten var fördelade på 33 kontorsbyggnader, 40 flerbostadshus samt 31 väg- och broprojekt och den totala projektkostnaden var 2 232 MSEK.

I den analys av insamlade projektdata som genomfördes användes tillfört mervärde som utdata och kostnader för tjänstemän, yrkesarbetare respektive maskiner som indata och resultaten

<sup>8</sup> Jonsson, J., (1996), *Construction site productivity measurements – Selection, application and evaluation of methods and measures*, Doctoral thesis 1996:18D, Division of Construction Management, Luleå University of Technology, 1996

visade på substantiella skillnader i hur man kunde hushålla med de resurser som man hade till förfogande mellan de projekt som ingick i studien. För väg- och broprojekt visade studien enligt Jonsson (1996) även att de variabler som kunde påvisas ha en positiv inverkan på produktiviteten var genomförandeformen totalentreprenad, en hög andel tjänstemän i projektet samt att flera olika personer varit involverade i planeringen av projektet före byggstarten.

I Simonsson (2008)<sup>9</sup> presenteras resultaten av studie som syftade till att undersöka möjligheter för en industrialiserad byggprocess vid framförallt brobyggande. Arbetet omfattade olika former av fullskalestudier i fält, laboriestudier och teoretiskt arbete. En uppföljning av kalkyler för 10 genomförda broprojekt visade att kostnaderna fördelade sig med ca 1/3 vardera för form, armering respektive betong och en efterföljande teoretisk analys visade på stora besparingspotentialer genom tillämpning av "nya" produktionsmetoder. Dessa slutsatser bekräftades även genom fullskaleförsök i samband med ett broprojekt vid Kalix. Där tillämpades förtillverkade armeringskorgar till brons fundament, självkompakterande betong (SKB) till hela bron och rullarmering till 80 % av farbanans totala armeringsmängd. Därigenom kunde ca 80 % av monteringstiden för armering och 67 % av arbetstiden för gjutning intjänas och slutresultatet blev en minskad total projekttid med 20 % och även en minskad totalkostnad för brobygget jämfört med anbudskalkylen.

Enligt Simonsson (2008) är en tydlig slutsats att för att åstadkomma en förändring i branschen kan inte enbart produktionsprocessen studeras. Det går inte heller att förlita sig på att en aktör i ett projekt ska förändra utfallet av projektet utan för att skapa en förändring måste samarbetet mellan inblandade aktörer förbättras och bli mer långsiktigt. Det är ett måste för att kunna öka produktiviteten, lönsamheten och korta byggtiderna. En ökad långsiktig lönsamhet är inte heller under dessa omständigheter förknippad med enbart entreprenören utan även här ska alla inblandade aktörer kunna känna av effekterna av ett bättre samarbete d v s kunden, konstruktören, underentreprenören, materialleverantören m fl. För bro- och anläggningsbyggande har det enligt Simonsson (2008) även framkommit att det är i de tidiga skederna de stora avgörande besluten tas och där ribban läggs för hur projekten kommer att utformas och avslutas.

Såväl Jonsson (1996) som Simonsson (2008) fokuserar från sina olika perspektiv, produktivitet respektive industriella processer, på det enskilda byggprojektet och aktiviteter utförda på byggplatsen och ett par gemensamma nämnare för dessa studier är att planering i tidiga skeden samt att se processen ur ett helhetsperspektiv (genomförandeformen totalentreprenad enligt Jonsson (1996)) är viktiga framgångsfaktorer.

I Flyvbjerg et al (2004)<sup>10</sup> redovisas, med hänvisning till Flyvbjerg et al (2003)<sup>11</sup> för kompletterande information, resultatet av en studie av 258 genomförda infrastrukturprojekt i 20 länder, totalt

---

<sup>9</sup> Simonsson P. (2008), *Industrial bridge construction with cast in place concrete – New production methods and Lean construction philosophies*, Licentiate Thesis 2008:17, Division of Structural Engineering, Luleå University of Technology, 2008

<sup>10</sup> Flyvbjerg B., Holm M. K. S, Buhl S. L., (2004). What causes cost overrun in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, Vol. 24, No. 1, 3–18

<sup>11</sup> Flyvbjerg B., Holm M. K. S, Buhl S. L., (2003). How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, Vol. 23, 71-88

motsvarande 90 miljarder USD, med fokus på kostnadsfördyringar (faktisk byggkostnad – budgeterad byggkostnad) och dess koppling till projektimplementeringens tidsutsträckning (tiden från beslut att bygga ett objekt till dess att objektet är taget i drift), det enskilda projektets storlek samt ägar-/beställarformen. De projekt som ingick i studien omfattade järnvägar, vägar, broar och tunnlar färdigställda från ca 1930 till ca 2000 med en projektimplementeringstid på 1 – 25 år och en faktisk byggkostnad varierande mellan 1 miljon USD och ca 9 miljarder USD.

Enligt Flyvbjerg (2004) visar resultaten att projektimplementeringens tidsutsträckning har en signifikant koppling till kostnadsfördyringar för samtliga typer av infrastrukturprojekt som ingick i studien (järnväg, väg, bro och tunnel) och för varje år som går från beslut att bygga till idrifttagande ökar fördyringarna med ca 5 %. Beträffande projektens storlek visar studien en koppling mellan kostnadsfördyringar och projektstorlek för broar och tunnlar, men däremot inte för vägar och järnvägar. Studien kunde inte heller påvisa några skillnader mellan offentligt och privat ägande med avseende på fördyringar. Slutligen framhålls i Flyvbjerg et al (2004) att en dåligt förberedd planering av de olika studerade anläggningsprojekten har den största påverkan på fördyringen gentemot budget samt att studien visar på vikten av att projektet är organiserat och styrt mot minimeringar av förseningar.

I USA har, mot bakgrund av en observerad långsiktig nedåtgående produktivitetstrend i byggsektorn, US Department of Commerce och National Institute of Standards and Technology (NIST) initierat en omfattande studie i syfte att kartlägga aktiviteter med fokus på mätning och uppföljning av produktivitet inom byggandet på tre nivåer – aktivitet, byggprojekt och bransch – samt att beskriva hur mätmetoder kan utvecklas, Huang et al (2009)<sup>12</sup>. Rapporten innehåller en omfattande litteraturoversikt inom ämnet, men är i princip utslutande fokuserad på amerikanska förhållanden och amerikansk och kanadensisk forskning, och den diskuterar snarare problematiken runt att mäta produktivitet än att föreslå lösningar. Man kan dock konstatera att rapporten visar att behovet av att kunna mäta produktivitet på olika nivåer inom byggsektorn är uppmärksammat i USA och det föreslås även omfattande forsknings- och branschinsatser i syfte att förbättra förutsättningarna för att mäta produktivitet inom den amerikanska byggsektorn.

Enligt Huang et al (2009) är det fram för allt fyra faktorer som framhålls i litteraturen som betydelsefulla för produktiviteten inom byggsektorn. Dessa fyra faktorer är kompetent arbetskraft, teknikutnyttjande, prefabricering och modularisering (= industriellt byggande) samt utnyttjande av branschens "best practice". Huang et al (2009) pekar även på vikten av att ha långa (fleråriga) mätserier för att bättre kunna bedöma trender och produktivitetens utveckling över tid. Även om det kanske är ett problem som är avgränsat till USA kan det även vara av intresse att man i rapporten diskuterar svårigheten att använda kostnad för arbete som en tillförlitlig parameter för produktivitetmätningar p g a förekomst av "svart" arbetskraft för vilka arbetskostnaderna inte bokförs på sedvanligt sätt.

Sammanfattningsvis indikerar de studier som redovisats här att produktivitet och effektivitet bör mätas på flera olika nivåer, t ex byggaktivitets-, projekt- samt branschnivå och när det gäller

---

<sup>12</sup> Huang A. L., Chapman R. E., Butry D. T. (2009), *Metrics and tools for measuring construction productivity: Technical and empirical considerations*, NIST Special Publication 1101, US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 2009

projektnivån bör man inte begränsa sig till mätetal för byggskedet och byggplatsen utan ha mätmetoder som ser till helheten. Man bör även använda sig av mätetal som är "robusta" till sin karaktär och som medger att man kan bygga upp mätserier som sträcker sig över flera år för att kunna identifiera och följa trender i utvecklingen över tid. Slutligen pekar Jonsson (1996) såväl som Simonsson (2008) och Flyvbjerg et al (2009) ut tidig planering som en faktor som har en positiv inverkan på produktiviteten och effektiviteten. Om man ska följa denna indikation är det en utmaning att hitta ett lämpligt mätetal för planeringsinsatser kopplat till uppnådd produktivitet.

### 3.3 BQR

Under 2003 initierade BQRs styrelse ett program "Bästa Verksamhetsledningssystem för kvalitetskedjan" för att främja en verksamhetsutveckling i byggprojekt. Programidén innebar med tillämpning av erfarenheter från "Rethinking Construction" i England att utveckla en modell för utvärdering av projekt med avseende på vissa målkriterier och drivkrafter som t ex ledarskap, system och kompetens. Syftet med BQR-verktyget är att öka effektiviteten och höja kvalitén i bygg- och anläggningsprojekt. Verktyget avser att mäta flera faktorer som sammantaget skapar lyckade projekt, dvs ett verktyg för att jämföra olika projekt. Mätningarna bygger på att man utgår från förutsättningarna och mäter utfall genom de olika skedena i byggprocessen hos samtliga deltagare under projektets gång. I BQR-verktyget registreras ett antal faktorer i projektet som möjliggör att beräkna flera olika mått på effektiviteten. Sådana faktorer är exempelvis kostnad, tid och yta. I tidigt skede registrerar byggherren beräknad produktionskostnad (kr), BOA (m<sup>2</sup>) och BTA (m<sup>2</sup>) för husbyggnad. Motsvarande bromått vid brobyggnad skulle kunna vara m<sup>2</sup> broarea. Vid starten av produktionen registrerar produktionsledaren följande data från planeringen:

- Planerad yrkesarbetartid (tim)
- Planerad tjänstemannatid (tim)

Efter avslutad produktion registrerar produktionsledaren följande utfall:

- Byggekostnad, d v s total fakturering för produktionsarbetet (kr)
- Verklig egen yrkesarbetartid (tim)
- Verklig egen tjänstemannatid (tim)
- Verklig tid för underentreprenörer (tim), vilken överslagsmässigt hämtas ur dagboken eller annat material.

I BQR-modellen definieras kostnad med "värdet av den resursupppoffring som sker vid t ex tillverkning eller försäljning av en produkt". Kostnaden utgör alltså ett mått på hur stor del av resursförbrukningen som verkligen hänför sig till den del av verksamheten eller till den period som analysen avser. I BQR modellen ingår inga övriga mått baserad på mängder. Mycket av den övriga datamängden som analyseras i BQR-modellen är också baserade på skattningsskalor.

#### 3.4 Key Performance Indicators i UK – KPI

Utvecklingen av KPI i England har sin grund i Eganrapporten "Rethinking Construction". I kölvattnet av svallvågorna som rapporten väckte skapades organisationen "Construction Excellence" som bland annat ansvarar för KPI-verktyget. Syftet med KPI är att möjliggöra mätningar av projekt- och organisationsprestationer i byggindustrin i syfte att organisationerna skall kunna jämföra sig med "de bästa", benchmarking på både projekt och företagsnivå. KPI ramverket består av 7 huvudgrupper: Tid, Kostnad, Kvalitet, Kundnöjdhet, ÄTA (Change orders), företagsprestation (business performance) samt hälsa och säkerhet. Produktivitet ingår i gruppen Företagsprestation och mäts på företagsnivå med "Company value added per employee expressed in pounds".

På projektnivå mäter KPI "kostnadsförutsägbarhet" som utgår ifrån planerade kostnader mätt mot utfall. Kostnaderna mäts i flera faser av ett byggprojekt, från design till användning. Liknande mätningar görs för huvudgruppen tid. Vid utvärderingen av kostnads- och tidsförutsägbarheten tas även hänsyn till mängden ÄTA (Change orders). Vid beräkningen av tidsförutsägbarheten tas även hänsyn till skillnaden mot tidigare projekt vad avser specifikationsgrad och projektstorlek. Liknande hänsyn tas vid beräkning av kostnadsförutsägbarheten. I det fallet tar man hänsyn till konjunktur, prisökningar och kvalitetsnivån jämfört med tidigare projekt<sup>13</sup>. .

#### 3.5 Förnyelse inom anläggningsbranschen – FIA

FIA<sup>14</sup> skapades på initiativ av generaldirektörerna på Vägverket respektive Banverket i december 2003 där målet är att skapa:

- Högre effektivitet som ger högre kvalitet, lägre kostnader och ökad lönsamhet.
- Bättre samspel och samarbete mellan branschens aktörer
- Bättre incitament för satsning på forskning och kompetensutveckling.
- Effektivare förmedling av den kunskap och kompetens som redan finns.
- Nyrekryteringen säkras genom att förnyelsearbetet ger en mer positiv bild av branschen i allmänhetens ögon.

FIA gruppen har publicerat ett antal dokument som ger ett antal rekommendationer till anläggningsbranschens aktörer.

#### 3.6 Effektivare planering av vägar och järnvägar - SOU 2010:57

Transportinfrastrukturkommittén fick i uppdrag att ta fram förslag för att effektivisera planeringsprocessen för transportinfrastruktur. I uppdraget ingick att analysera planeringsprocessen för byggande av transportinfrastruktur och föreslå sådana ändringar i väglagen (1971:948) och banlagen (1995:1649) som gör att ledtiderna fram till färdig anläggning förkortas. Utredningsarbetet omfattade även frågor om miljökonsekvensbeskrivning (MKB) och tillåtlighetsprövning enligt miljöbalken samt frågor om samordning med övrig fysisk planering enligt plan- och bygg-

---

<sup>13</sup> KPI report for the minister for Construction, <http://www.berr.gov.uk/files/file16441.pdf>

<sup>14</sup> Förnyelse i anläggningsbranschen, FIA, [www.fiasverige.se](http://www.fiasverige.se).

lagen (1987:10, PBL). I utredningen "Effektivare planering av vägar och järnvägar"<sup>15</sup> föreslås en rad förändringar för att effektivisera och korta ned tiden för den fysiska planeringen av transportinfrastruktur. Bland annat att den fysiska planeringen av vägar och järnvägar inte längre ska innehålla tre skeden, utan utformas som en sammanhållen process. Man föreslår också en rad förenklingar:

- För projekt som inte medför betydande miljöpåverkan skall det inte krävas en MKB beskrivning.
- Samordnad planering av väg och järnväg (om så krävs)
- Begränsa möjligheterna till förlängning av giltighetstid för väg- och järnvägsplan till max 2 år
- Förenklat förfarande skall vara möjligt vid ändring av väg och järnvägsplan, eller av planer av mindre betydelse
- Endast stora och svåra väg- och järnvägsprojekt skall tillåtlighetsprövas av regeringen enligt 17 kap. miljöbalken.
- Minskade möjligheter att överklaga planer.

Kommittén bedömer att de lämnade förslagen innebär att planeringstiden minskar med två år jämfört med i dag. Tidsvinster blir särskilt tydliga i mindre väg- och järnvägsprojekt. Planeringskostnaderna för staten kommer att minska med ca 200 miljoner kronor per år samtidigt som den samhällsekonomiska nyttan av att investeringen kan tas i bruk vid en tidigare tidpunkt bedöms bli ca 1,35 miljarder kronor.

---

<sup>15</sup> SOU 2010:57: Effektivare planering av vägar och järnvägar



## 5. Analyser

### 5.1 Introduktion

Följande delstudier har genomförts:

- Delstudie 1: Jämförande studier av broar byggda mellan 1970 – 2010.
- Delstudier 2: Undersökning av broprojektering över tid, normer, mängdutveckling och ritningsproduktion
- Delstudie 3: Exemplifiering av upprepningseffekter, uppmätta s.k. inlärningskurvor, på arbetsproduktivitet vid byggandet av Ölandsbron.
- Delstudie 4: Möjlighet till standardisering av brokonstruktioner på E4 sträckan Uppsala – Mehedeby.
- Delstudie 5: Övriga aspekter som underhåll och livscykelkostnader, avbrottskostnader i samband med reparationer, arbetsmiljö och arkitektonisk kvaliteter.

### 5.2 Jämförelse mellan broar byggda på 1970-talet och 2000-talet

Tabell 2 visar utvalda fallstudieobjekt. Data till delstudie 1 kommer från ELU:s broarkiv, intervjuer med platschefer och arkiverade projekterings och produktionshandlingar. En stor svårighet har varit att få tillgång till produktionshandlingar från broar byggda på 70-talet eftersom dessa handlingar normalt arkiveras endast i 10 år. Därför har urvalet av äldre broar varit en begränsande faktor.

**Tabell 2: Fallstudieobjekt i delstudie 1 – jämförande studier av broar byggda mellan 1970 och 2010**

Batman kod	Brotyp	Byggår	Beskrivning
25 -1365	Balkbro	1977-78	Spännarmerad lådbalkbro i betong över Lule älv vid Gäddvik
22-1507	Balkbro	2005-07	Spännarmerad lådbalkbro i betong över Ångermanälven vid Klockestrand.
15-1105	Balkbro	1979-81	Stålbalkbro med betongfarbana utan samverkan över Göta älv vid Stallbacka
23-575	Balkbro	1996-98	Stålbalkbro med betongfarbana med samverkan över Storsjö vid Vallsund
2-1091	Balkbro	1974	Förspänd ribb-balkbro i betong över SJ SV Flemingsberg, Stockholm
2-1070	Balkbro	1975-76	Förspänd ribb-balkbro i betong Vägport under väg 940 vid tpl Danderyds sjukhus
2-2067, 2-2069	Balkbro	2006-07	Balkbroar i betong (slakarmerad), väg 73 Nynäsvägen Stockholm
3-414-1	Balkbro	1974-76	Spännarmerad tvåbalksbro över Dalälven vid Marma
3-414-2	Balkbro	1994?	Spännarmerad tvåbalksbro över Dalälven vid Marma

#### 5.2.1 Spännarmerad lådbalkbro i betong

Två broar har studerats och jämförts; bro över Lule älv vid Gäddvik år 1977 - 78 och bro över Ångermanälven vid Klockestrand år 2005/2007. I Tabell 3 och 4 har indata från projektering och produktion sammanställts. Information har hämtats från ritningar, intervjuer med platschefer

och arkiverat material. Data från produktionen av Gäddviksbron är fiktiva eftersom de har hämtats från ett anbud inlämnat av BPA. Entreprenaden utfördes av en annan entreprenör.

**Tabell 3: Projekteringsdata broar 25-1365 (Gäddvik) och 22-1507 (Klockestrand)**

<b>Projektering</b>			
Allmänt	Enhet	Gäddvik 25-1365	Klockestrand 22-1507
Konstruktionsår	år	1977	2006
Bronorm	typ	Last 60/Bronorm 69	Bro 2004
Konstruktionsritningar	st	?	33
Konstruktionstimmar	tim	?	3416
Ritsystem	typ	Handritad	CAD(2D)
Brolängd	m	624	284
Antal spann	st	14	5
Medelspännvidd	m	43,6	53,2
Överbyggnad			
Längd	m	610	265
Bredd (fri)	m	13	12
Betong	m <sup>3</sup>	3660	2054
Armering	ton	366	336
Förspänning	ton	128	80
Form area	m <sup>2</sup>	16759	6904
Underbyggnad			
Stöd inklusive landfästen	st	15	6
Betong	m <sup>3</sup>	3098	1290
Armering	ton	46	153
Form area	m <sup>2</sup>	2306	1514
Pålar	st	757	204
Schakt/muddring/fyllning	m <sup>3</sup>	2085	1300

Enhetstider för formsättning, armering (iläggning) och gjutning är ett vanligt sätt att uttrycka arbetsproduktiviteten för olika aktiviteter i produktionen. De används för att uppskatta resursåtgång och tid både i anbudsskedet och i produktionsplaneringen. Dock har man vänt på Output (mängd) och Input (tid) jämfört med den gängse definitionen av produktivitet.

**Tabell 4: Produktionsdata broar 25-1365 (Gäddvik) och 22-1507 (Klockestrand)**

<b>Produktion</b>			
Allmänt	Enhet	Gäddvik	Klockestrand
Byggår	år(mån)	1977-78	2006-07 (13)
Entreprenadform	typ	Totalentreprenad	GE med K-ansvar
Underentreprenörer	typ	Påln., spännarm, spont,..	Påln, dykarbete,...
Mantimmar (egna)	tim	73000	34400
Produktionsmetoder			
Formställning	typ	Lanseringsbar ställning med slagna stålbalkar	Fackverk med temporära mellanstöd av slagen balk
Formar överbyggnad	typ	Brädform	Brädform
Formar underbyggnad	typ	Brädform	Formknektar, vägg- och brädform
Armeringsmetod	typ	Klippt och bockat	90% klippt och bockat
Gjutmetod	typ	Pump	Pump
Enhetstider			
Formsättning överbyggnad	tim/m <sup>2</sup>	1,3-2,0	1,8
Formsättning underbyggnad	tim/m <sup>2</sup>	0,9-1,3	?
Armering överbyggnad	tim/ton	15-30	20
Armering underbyggnad	tim/ton	20-25	20-25
Spännarmering	tim/ton	14	-
Gjutning överbyggnad	tim/m <sup>3</sup>	0,35-2,5	0,55
Gjutning underbyggnad	tim/m <sup>3</sup>	0,5-0,7	0,4-0,9

Normalt är enhetstiderna beroende på vilken byggdel som avses, t.ex bottenplatta, pelare, far-bana, kantbalk, gjutning torrt eller undervatten etc. I tabell 3 visas de som en variation mellan ett lägsta och högsta värde för byggdelar som antingen hör till under- eller överbyggnaden. Observera att data om Gäddviksbron är baserat på ett anbudsunderlag medan data från Klocke-strand kommer från en intervju med platschefen.

**Tabell 5: Exempel på input, output och effektivitetsmått för Gäddvik och Klockestrandsbron**

<b>Effektivitetsmått betongbro</b>			
Output mått	Enhet	Gäddvik	Klockestrand
Broarea (brolängd x fri bredd)	m <sup>2</sup>	8112	3402
Konstruktionsritningar	st	?	33
Input mått			
Betong totalt	m <sup>3</sup>	6758	3344
Armering totalt (inkl spännarm.)	ton	540	569
Formarea totalt	m <sup>2</sup>	19065	8418
Pålar totalt	st	757	204
Konstruktionstimmar	tim	?	3416
Mantimmar totalt	tim	73000	34400
Output/Input			
Broarea/betong	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	1,20	1,02
Broarea/armering	m <sup>2</sup> /ton	15,02	5,98
Broarea/formarea	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	0,43	0,40
Broarea/påle	m <sup>2</sup> /st	10,72	16,68
Broarea/K-timme	m <sup>2</sup> /tim	-	1,00
Broarea/mantimme	m <sup>2</sup> /tim	0,11	0,10
K-ritningar/K-timme	st/tim	-	0,010

Nedanstående resonemang är ett exempel på en analys som kan göras utifrån resultatet i tabellerna.

*Den största skillnaden mellan broarna är m<sup>2</sup> bro per ton armering. Det är avsevärt mer armering i den nya bron. Att den nya bron är effektivare vad det gäller m<sup>2</sup> bro per påle är väntat eftersom spannet är längre. Det innebär egentligen mindre antal stöd i underbyggnaden per m<sup>2</sup> bro. Det borde också slå igenom på effektiviteten för betong. Dock är den äldre bron mer effektiv vad gäller betonginnehåll, ca 20%, vilket kan vara en effekt av brohöjd men också av högre krav på täckande betongskikt. I övrigt har de två broarna likartad effektivitet vad gäller formarea, mantimmar men också enhetstider för de olika arbetsmomenten.*

Vi kan också beräkna hur fördelningen mellan formsättning, armering och gjutning förskjutits över tid, se Tabell 6.

**Tabell 6: Fördelning mellan betongarbetena formsättning, armering, och övrigt. I posten övrigt ingår alla övriga aktiviteter som schaktning, pålning, räcken och tjänstemän. Siffrorna för broarna är jämförda med en nyligen genomförd studie av rambroar i betong.**

<b>Fördelning mellan olika betongarbeten</b>				
Aktivitet	Andel	Gäddvik	Klockestrand	Platrambroar
Formsättning	%	45	41	48
Armering	%	14	33	33
Gjutning	%	5	5	11
Övrigt	%	36	21	8

Fortsatt analys:

*Jämförelsen visar samma tendens, dvs en kraftig ökning av armeringsarbetet sedan 70-talet. Tabellen visar också att den största potentialen att öka produktiviteten i brobyggandet är att effektivisera formsättning och armering.*

Man kan se att relationen mellan de olika momenten för den nyare balkbron är jämförbar med nybyggda plattrambroar. Jämförelsen är dock osäker eftersom data från Gäddviksbron är baserade på anbudshandlingar.

### 5.2.3 Stålbalkbro med och utan samverkan med betongfarbana

Två stålbalkbroar med och utan samverkan med betongfarbanan har studerats. Den äldre, en bro över Göta älv vid Stallbacka, är projekterad 1979 enligt bronorm 76 då man inte fick tillgodoräkna sig samverkan mellan den underliggande stålbalken och betongfarbanan. Den är jämförd med en samverkansbro över Storsjön vid Vallsund projekterad 1996 efter Bro94.

Projekteringsdata och produktionsdata för broarna är sammanställda i Tabell 7 och tabell 8. Endast materialmängder i överbyggnaden är jämförda eftersom de saknades uppgifter om materialåtgång i underbyggnaden från Stallbackabron. I projekteringen av bro i Vallsund ingick två broar en längre bro på 1,5 km mellan Knytta och en konstgjord ö, (23-575), samt en kortare bro från den konstgjorda ön till Frösön (23-1052). Värden för bro 23-1052 är givna i parantes

**Tabell 7: Projekteringsdata broar 15-1105 (Stallbacka) och 23-575, 23-1052 (Vallsund)**

<b>Projektering</b>			
Allmänt	Enhet	Stallbacka 15-1105	Vallsund 23-575, (23-1052)
Konstruktionsår	år	1979	1996
Bronorm	typ	Bronorm 76	Bro 94
Konstruktionsritningar	st	152	150 (båda broar)
Konstruktionstimmar	tim	17680	7780 (båda broar)
Ritsystem	typ	Handritad	CAD 2D
Brolängd	m	1392	1504,9 (134,5)
Antal spann	st	32	19 (3)
Medelspännvidd	m	43,2	78,3 (39,5)
<b>Överbyggnad</b>		<b>Endast bro 23-575</b>	
Längd	m	1382	1488,5
Bredd (fri)	m	14	11,75
Betong	m <sup>3</sup>	5404	5812
Armering	ton	676	1340
Stål	ton	2394	3637
Form area	m <sup>2</sup>	16736	19642
<b>Underbyggnad</b>		<b>Endast bro 23-575</b>	
Stöd inklusive landfästen	st	33	20

När det gäller produktionen, används likartad teknik i båda broarna. Det saknas information om enhetstider förutom iläggning av armeringen i farbanan i timmar/ton som i stort är lika för Stallbackabron och Vallsundsbron.

Tabell 8: Produktionsdata broar 15-1105 (Stallbacka) och 23-575 (Vallsund)

<b>Produktion</b>			
Allmänt	Enhet	Stallbacka 15-1105	Vallsund 23-575
Byggår	år(mån)	1979-81	1996-98
Entreprenadform	typ	GE	GE med K-ansvar
Underentreprenörer	typ	Stål, pålning	Stål, pålning
Andel UE kostnad	%	uppg saknas	uppg saknas
Mantimmar	tim	72136	67000
Produktionsmetoder			
Formställning	typ	Farbana med formvagn	Farbana med formvagn
Formar överbyggnad	typ	Formvagn	Formvagn
Formar underbyggnad	typ	Glidformsgjutna pelare	Formknektar, förtillverkad väggformar
Armeringsmetod	typ	Klippt och bockat	klippt och bockat
Gjutmetod	typ	Pump	Pump
Enhetstider			
Formsättning +gjutning	-	-	40 m bro/vecka
Formsättning underbyggnad	tim/m <sup>2</sup>	-	-
Armering överbyggnad	tim/ton	9	8
Armering underbyggnad	tim/ton	-	15-25

I Tabell 9 är olika output-, input- och effektivitetsmått (Output/Input) sammanställda för de båda broarna.

Tabell 9: Input, output och effektivitetsmått för Stallbacka och Vallsundsbron

<b>Effektivitetsmått bro</b>			
Output mått	Enhet	Stallbacka	Vallsund
Broarea total ( $\Sigma$ brolängd x fri bredd)	m <sup>2</sup>	19488	19263
Broarea 23-575 (brolängd x fri bredd)	m <sup>3</sup>	-	17683
Konstruktionsritningar	st	152	150
Input mått			
Betong ÖB	m <sup>3</sup>	5404	5812
Armering ÖB	ton	676	1340
Stål ÖB	ton	2394	3637
Stöd inkl landfästen	st	33	23
Konstruktionstimmar	tim	17680	7780 (totalt)
Mantimmar produktion	tim	72136	67000
Output/Input			
Broarea/betong	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	3,6	3,0
Broarea/armering	m <sup>2</sup> /ton	28,8	13,2
Broarea/stål	m <sup>2</sup> /ton	8,1	4,9
Broarea/stöd	m <sup>2</sup> /st	591	769
Broarea/K-timme	m <sup>2</sup> /tim	1,1	2,5
Broarea/mantimme	m <sup>2</sup> /tim	0,27	0,26
K-ritningar/K-timme	st/tim	0,009	0,019

De största skillnaderna i materialmängder hittar vi i armering i farbanan och stål i brobalkarna, som är högre i Vallsundsbron. Det man vinner är att spännvidden kan ökas i samverkansbron (broarea/stöd) vilket innebär att antal stöd minskar. Vi ser också att projekteringen har blivit effektivare både vad gäller projekterad broarea/k-timme och antal k-ritningar/k-timme. Där-  
emot är antalet mantimmar i produktionen likartad för de båda broarna.

#### 5.2.4 Äldre förspänd ribb-balkbro jämfört med modern balkbro

Ribb-balkbroar var populära på 70-talet men har idag ersatts av balkbroar (färre balkar). I Tabell 10 är projekteringsdata sammanställt för en ribb-balkbro (Flemingsberg) byggd på 70-talet och en modernare balkbro (Nynäsvägen) byggd på 2000-talet. Broarna är inte helt jämförbara p g a att ribb-balkbron är förspänd medan den modernare balkbron är enbart slakarmerad. Bland annat så ser vi att den äldre ribb-balkbron har längre medelspännvidd än den slakarmerade balkbron.

Tabell 10: Projekteringsdata broar 2-1091 (Flemingsberg) och 2-2069 (Nynäsvägen)

<b>Projektering</b>			
Allmänt	Enhet	2-1091 Flemingsberg	2-2069 Nynäsvägen
Konstruktionsår	år	1973	2006
Bronorm	typ	Last 60/Bronorm 69	Bro2004
Konstruktionsritningar	st	38	54
Konstruktionstimmar	tim	4320	3499
Ritsystem	typ	Handritad	CAD(2D)
Brolängd	m	213	418
Antal spann	st	6	14
Medelspännvidd	m	32,9	27,8
<b>Överbyggnad</b>			
Längd	m	197	400
Bredd (fri)	m	25	9
Betong	m <sup>3</sup>	2723	2863
Armering	ton	150	532
Förspänning	ton	114	-
Form area	m <sup>2</sup>	9558	5328
<b>Underbyggnad</b>			
Stöd inklusive landfästen	st	7	16
Betong	m <sup>3</sup>	1749	1809
Armering	ton	126	242
Formarea	m <sup>2</sup>	2882	2627
Pålar	m	6066	15292

Bro Nynäsvägen består egentligen av två parallella broar med 7 spann ca 200 m långa och 9 m breda. I sammanställningen har det räknats som en lång bro. När det gäller pålar har antal pål-  
meter jämförts istället för bara antalet pålar.

I nästa tabell, Tabell 11, har produktionsdata för de två brotyperna sammanställts. För den äldre bron har enhetstider från produktionen av två ribb-balkbroar angetts Flemingsberg och bro 2-1070 vid Danderyds sjukhus. Danderyds bron enhetstider är givna inom parentes.

Tabell 11: Produktionsdata broar 2-1091 (Flemingsberg) och 2-2069 (Nynäsvägen)

<b>Produktion</b>			
Allmänt	Enhet	2-1091 Flemingsberg	2-2069 Nynäsvägen
Byggår	år(mån)	1974	2006-07
Entreprenadform	typ	Totalentreprenad	Totalentreprenad
Underentreprenörer	typ	Pålning, spännarmering	Pålning
Andel UE kostnad	%	Uppgift saknas	38%
Mantimmar	tim	Uppgift saknas	35300
<b>Produktionsmetoder</b>			
Formställning	typ	Stålbalksportaler, 12m, på två tråpålade provisoriska granstämp-torn/fack	Rörstämp på pelarpålplatta samt pålat mellan stöd. OK-balkar HEB600-1000. Balkspann av H33:or 15-18 m respektive HEB 300-320
Formar överbyggnad	typ	Träform lösvirke	Prefab form s.k. "formstolar", efter gjutning avsänktes formen och lanserades i läge för parallell bro.
Formar underbyggnad	typ	Lösvirke(bottenplatta), prefab (pelare)	Pelare dim 1 400, stålförm med matris. Gjutställning av rör som flyttas av spårbunden kran. Två uppsättningar
Armeringsmetod	typ	klippt och bockat på plats	klippt och bockat i fabrik
Gjutmetod	typ	Kran och bask	2 st M32-36 pump (undantag pelare kran med slangbask)
<b>Enhetstider</b>			
Formsättning överbyggnad	tim/m <sup>2</sup>	0,5 (0,6)	Tiden det tar att preparera och flytta formstol till parallell bro
Formsättning underbyggnad	tim/m <sup>2</sup>	0,5 (0,8)	Uppgift saknas
Armering överbyggnad	tim/ton	8 (18)	11
Armering underbyggnad	tim/ton	8 (15-20)	11 (platta) 20 (pelare)
Spännarmering	tim/ton	14	-
Gjutning överbyggnad	tim/m <sup>3</sup>	0,3-2 (0,6-0,7)	0,05
Gjutning underbyggnad	tim/m <sup>3</sup>	0,2-0,6 (0,6-1,0)	0,05 (platta), 0,1 (landf), 0,3 (pelar)

Den största skillnaden vad gäller teknik är användning av prefabricerade formar vid byggandet av de parallella broarna och användning av betongpumpar (2 st M32-36) istället för kran och bask. De återspeglas också på rapporterade produktionstider för gjutning (tim/m<sup>3</sup>) som är avsevärt lägre i fallet Nynäsvägen.

I Tabell 12 är olika output-, input- och effektivitetsmått (Output/Input) sammanställda för de båda broarna. I jämförelsen mellan de två brotyperna har fokus lagts på överbyggnadens betonginnehåll och produktionsteknik. När det gäller armeringsinnehåll är broarna ej jämförbara eftersom Flemingsbergsbron är förspänd.

Trenden för denna jämförelse liknar i stort de andra studerade broar, dvs vi ser en generell trend att materialmängden ökar, även om broarna inte är direkt jämförbara. Vi ser också att ribb-balkbron är mindre effektiv vad gäller formarea och gjutteknik. Projekteringen har blivit effektivare vad gäller k-ritningar/k-timme. Däremot är trenden inte lika tydlig för projekterad bro-area/k-timme. När ny teknik införs ökar effektiviteten, t ex betongpumpar har större kapacitet jämfört med kran och bask. Det kan också innebära att vissa arbetsmoment försvinner, t ex användningen av förtillverkade formar innebär att tillverkningen av brädformar på plats ej behövs.

Tabell 12: Effektivitetsmått broar 2-1091 (Flemingsberg) och 2-2069 (Nynäsvägen)

Effektivitetsmått bro			
Output mått	Enhet	Flemingsberg	Nynäsvägen
Broarea (brolängd x fri bredd)	m <sup>2</sup>	5325	3762
Konstruktionsritningar	st	38	54
Input mått			
Betong ÖB	m <sup>3</sup>	2723	2863
Formarea ÖB	m <sup>2</sup>	9558	5328
Gjuttimmar	tim	1362	143
Konstruktionstimmar	tim	4320	3499
Output/Input			
Broarea /betong ÖB	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	2,0	1,3
Broarea/formarea ÖB	m <sup>2</sup> /ton	0,56	0,71
Broarea/gjuttimmar ÖB	m <sup>2</sup> /tim	3,9	26,3
Broarea/K-timme	m <sup>2</sup> /tim	1,2	1,1
K-ritningar/K-timme	st/tim	0,009	0,015

### 5.2.5 Förspänd balkbro över dalälven vid Marma

Väg E4 korsar Dalälven sydväst Marma på sträckan Mehedeby-Gävle. Här har två nästan identiska broar byggts invid varandra (Figur 6) . Den ena är byggd på 70-talet och projekterades av ELU Konsult AB medan den andra projekterades av Centerlöf & Holmberg och uppfördes på 90-talet. Båda broarna är balkbroar i förspänd betong i åtta spann (31,5 m + 6 x 40 m + 31,5 m) med en total brolängd på 315 m. Respektive bro används idag som ett körfält för E4 och bär m a o endast trafik i en riktning. De båda broarna fyller alltså samma funktion och man kan även anta att den verkliga trafiklasten är ungefär lika stor på båda broarna.



Figur 6: Broarna över Dalälven vid Marma

ELU Konsults bro från 70-talet har en fri brobredd på 13 m och är enligt allmänna anvisningar angivna på ritning beräknad enligt 1960 års belastningsbestämmelser (SOU 1961:12) samt Vägverkets Bronormer 1969. Det anges även att arbetet utföres enligt 1965 och 1968 års betongbestämmelser (B5 – 1965, B6 – 1968, B7 – 1968), 1960 års cementbestämmelser (B1 – 1960), 1970 års stålbyggnadsnorm (StBK-N1) samt Vägverkets Bronormer 1969. Beträffande betongen anges



betong I STD K300 T för bottenplattan och i övrigt betong I STD K400 T. För spännarmeringen anges att det ska vara förankringar och kablar av system BBRV 44φ6, spännstål av ST 175 med 0,2-gräns 150 kp/mm<sup>2</sup> och brottöjning  $\geq 5\%$ , och för slakarmering anges Ks40, Ks40s respektive Ks60, där Ks 40 ska användas om inte annat anges.

Centerlöf & Holmbergs bro från 90-talet har en fri brobredd på 11,25 m och är enligt de allmänna föreskrifterna och anvisningarna angivna på ritning beräknad för trafiklast enligt Bronorm 88, del 2, publ 1988:02, samt Brobrev 5, publ 1992:2. Det anges även att arbetet ska utföras enligt Bronorm 88, publ 1988:201, 202, 204-207, 1991:203 och 1992:208 samt Brobrev 5 enligt statliga cementbestämmelser B1-1960 utgåva 2-1982, BBK 79 utgåva 2-1988 och enligt Bestämmelser för stålkonstruktioner BSK-1987. För tätplattan anges att betongen ska vara UV-BTG I STD K35 och i övrigt BTG I STD K40, vattentät, med vct  $\leq 0,45$ . För spännarmeringen ska förspänningssystem VSL med kablar med brottlast 2 200 kN användas och för slakarmering Ks40S respektive Ks60S.

En jämförelse mellan ritningarna för de båda broarna ger intrycket att det, utöver skillnaden i fri brobredd, är små skillnader i konstruktiv utformning trots en åldersskillnad på 20 år. En djupare analys förutsätter en jämförande studie av de förutsättningar och dimensioneringsregler som tillämpats för de två broarna, vilket kan vara intressant vid en eventuell framtida fortsatt studie. En sak värd att notera är dock att ritningarna för ELU Konsults bro anger ett täckande betongskikt på 20 eller 30 mm medan det för den yngre bron anges att det täckande betongskiktet ska vara 50 mm i uk bottenplatta och i övrigt 45 mm för landfästena, 150 mm i uk bottenplatta och i övrigt 55 mm för mellanstöden och generellt 35 eller 45 mm i överbyggnaden.

Beträffande produktionstekniska uppgifter brister den tillgängliga informationen för den yngre bron (Centerlöf & Holmberg). För ELU Konsults bro har dock viss information inhämtats från BPA Byggproduktion AB som byggde bron, Tabell 14 och Tabell 15. Informationen (en efterkalkyl) visar även att de nedlagda kostnaderna blev 17 % högre än de kalkylerade (inklusive kalkylerad vinst), Tabell 13.

**Tabell 13: Sammanställning av efterkalkyl för bro C 414-d över Dalälven SV Marma med byggnadstid 741101 – 760901.**

<b>Efterkalkyl bro C 414-d över dalälven SV marma</b>			
	Kalkyl (kr)	Efterkalkyl (kr)	Differens (kr)
Kalkylkostnad	3 930 200	4 438 000	-507 800
Platskostnad	661 700	1 173 400	-511 700
Allmänna kostnader	375 600	682 300	-306 700
Arbetsledning	415 000	450 000	-35 000
<b>Totalt</b>	<b>5 382 500</b>	<b>6 743 700</b>	<b>-1 361 200</b>
Administration (+risk ca 8 % i kalkylpost)	445 100	539 500	
Försäljningspris	5 827 600	<b>7 283 200</b>	
Index	387 400		
Anbud	<b>6 215 000</b>		

I efterkalkylen förklaras differensen bl a med att timersättning ökade från anbuds dagens 22 kr/timme till 32 kr/timme exklusive sociala kostnader (det hävdas dock att arbetet utförts på kalkylerat antal timmar), ökade kostnader för resor och traktamenten p g a lokal brist på byggnadsarbetare, högre transportkostnader än kalkylerat p g a brons ensliga läge, högre vinterkost-

nader än kalkylerat, högre materialkostnader för form och betong än kalkylerat vilket delvis förklaras med prisökningar och delvis med ökade material åtgång samt att armeringsåtgången ökade med ca 40 ton jämfört med den an konstruktören uppgivna mängden i kalkylstadiet.

Tabell 14: Tillgängliga projekteringsdata bro C 414-d över Dalälven SV Marma

<b>Projektering</b>		
Allmänt	Enhet	Bro C 414-d
Konstruktionsår	år	1974
Bronorm	typ	Last 60/Bronorm 69
Konstruktionsritningar	st	33 (komplett?)
Konstruktionstimmar	tim	?
Ritsystem	typ	Handritad
Brolängd	m	315
Antal spann	st	8 (31,5 + 40x6 +31,5 m)
Medelspännvidd	m	39,4
Överbyggnad		
Längd	m	303
Bredd (fri)	m	13
Betong	m <sup>3</sup>	2 400
Armering	ton	218
Spännarmering	ton	60
Form area	m <sup>2</sup>	6 358
Underbyggnad		
Stöd inklusive landfästen	st	9
Betong	m <sup>3</sup>	2 506
Armering	ton	23,3
Form area	m <sup>2</sup>	1 282
Pålar	st	174 (4 stöd)
Schakt/muddring/fyllning	m <sup>3</sup>	3 000(?)

Tabell 15: Tillgängliga produktionsdata bro C 414-d över Dalälven SV Marma

<b>Produktion</b>		
Allmänt	Enhet	Bro C 414-d
Byggår	år(mån)	1974-76
Entreprenadform	typ	Totalentreprenad(?)
Underentreprenörer	typ	Spont,...
Mantimmar (egna)	tim	?
Produktionsmetoder		
Formställning	typ	Lanseringsbar ställning med stålbalkar
Formar överbyggnad	typ	Förtillverkade plyfaformar
Formar underbyggnad	typ	Förtillverkade formblock (brädor + Hunnebeck AZ-balk)
Armeringsmetod	typ	Klippt och bockat på arbetsplatsen
Gjutmetod	typ	Pump
Enhetstider (enl. uppföljningar redovisade i efterkalkyl)		
Formsättning överbyggnad	tim/m <sup>2</sup>	0,58
Formsättning underbyggnad	tim/m <sup>2</sup>	1,5 – 1,6
Armering överbyggnad	tim/ton	15 – 24
Armering underbyggnad	tim/ton	26
Spännarmering	tim/ton	12
Gjutning överbyggnad	tim/m <sup>3</sup>	0,67 – 1,07
Gjutning underbyggnad	tim/m <sup>3</sup>	0,38

## 5.3 Utveckling av broprojektering

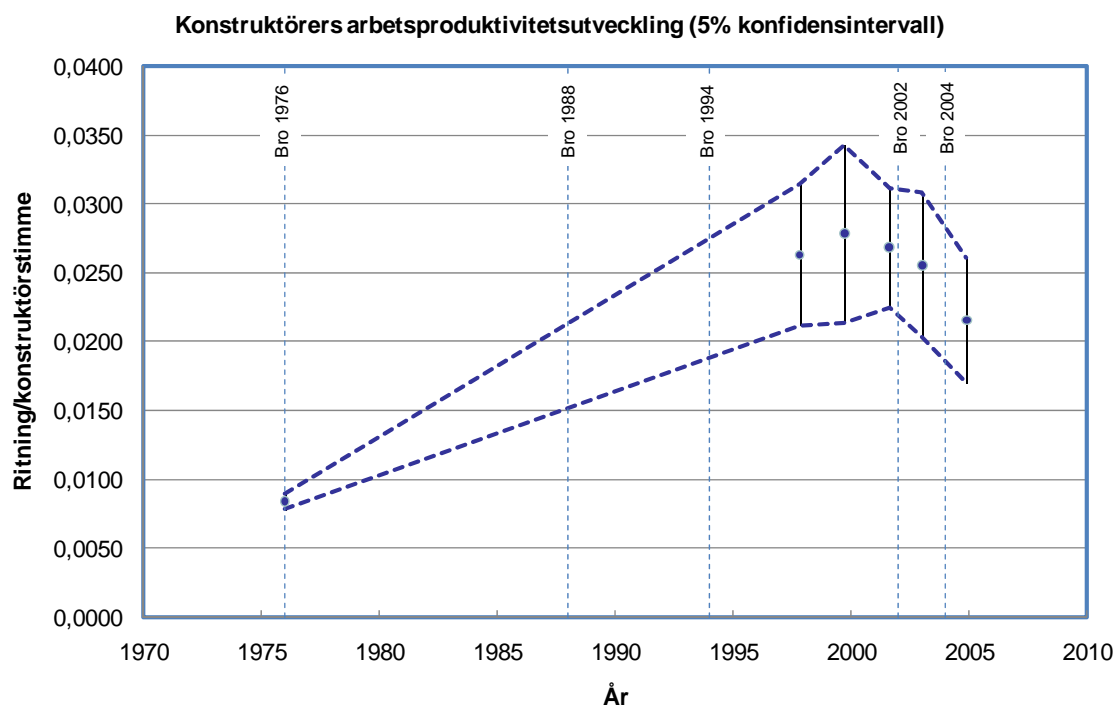
### 5.3.1 Konstruktörens effektivitet

I föregående avsnitt kunde vi se en tendens till att effektiviteten räknat som ritning per konstruktörstimme har ökat. För att bekräfta denna tendens har medelvärdet tillsammans med 5% konfidensintervall för antalet konstruktörstimmar per ritning sammanställts i Tabell 16 för ett relativt stort antal broar konstruerade mellan 1973 till 2006. Dock har endast 3 broar från 70-talet ingått i studien eftersom det har varit svårt att få tag på uppgifter om antal nedlagda konstruktörstimmar för äldre broar.

Tabell 16: Variationen av antal ritningar per konstruktionstimme mellan år 1973 - 2006

Broprojektering mellan år 1973 - 2006				
Från år till år	Antal studerade broar	Ritningar/bro lägsta - högsta	Ritning/k-timme medelvärde	Konfidensintervall (5%)
1973-79	3	27 - 152	0,0084	0,0006
1996-98	21	4 - 150	0,0263	0,0051
1999-00	14	4 - 122	0,0278	0,0065
2001-02	21	4 - 123	0,0268	0,0043
2003	21	4 - 45	0,0256	0,0053
2004-06	18	2 - 61	0,0215	0,0046

Figur 7 visar utvecklingen av arbetsproduktiviteten i broprojektering över tid där införandet av de olika normerna markerats i figuren.

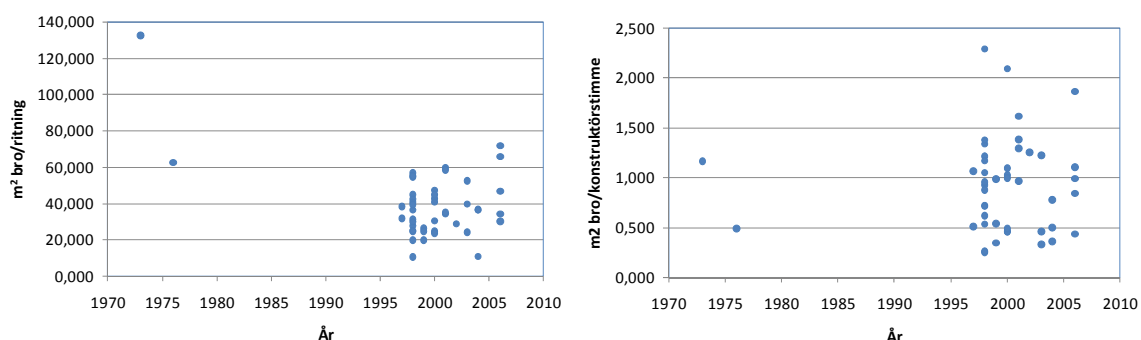


Figur 7: Arbetsproduktivitetsutvecklingen räknat som ritningar/konstruktörstimme från 70-talet till 2006.

CAD utvecklingen är naturligtvis en stor förklaring till att arbetsproduktiviteten ökat. Broarna på 70-talet var samtliga handritade medan broarna på 1990- och 2000-talet CAD ritats.

Man kan också ana att införande av nya normer påverkar produktiviteten även om det statistiska underlaget är för litet. Oavsett hur stora förändringar som genomförs måste brokonstruktörerna sätta sig på skolbänken och lära sig använda den nya normen.

I nästa figur, Figur 8, visas  $m^2$  bro/ritning till vänster och  $m^2$  bro/konstruktörstimme till höger som funktion av konstruktionsår.



Figur 8:  $m^2$  bro/ritning (vänster),  $m^2$  bro/konstruktörstimme (höger) som funktion av konstruktionsår.

Även om arbetsproduktiviteten har ökat i antal ritningar/timme så visar Figur 8 att antalet  $m^2$  bro/ritning minskat vilket innebär att nettoeffekten  $m^2$  bro/konstruktörstimme är tämligen oförändrad. Orsaken kan också vara högre krav från myndigheterna när det gäller redovisningen av brokonstruktionen som har lett till att antalet ritningar ökat. Nu är det statistiska underlaget för litet för att med någon säkerhet kunna hävda detta. Dessutom medför en övergång till modellbaserad projektering (3D) att antalet ritningar som produceras blir tämligen ointressant eftersom en ritning blir då en specifik vy av 3D modellen. En vy av oändligt antal möjliga.

### 5.3.2 Mängdutveckling

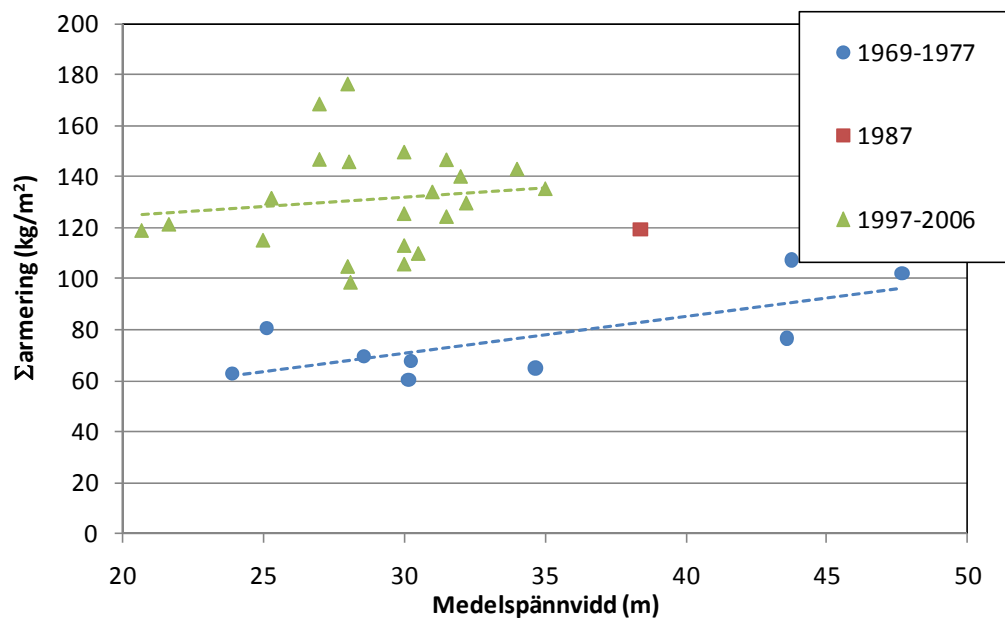
I föregående avsnitt kunde vi också ana en tendens att materialmängderna i betongbroar hade ökat och då speciellt armeringsmängder. Tabell 17 visar hur de teoretiska armerings- och betongmängderna i överbyggnaden i 34 förspända lådbalkbroar av betong konstruerade mellan åren 1969 till 2006 har utvecklats. Spännarmeringsmängden har multiplicerats med en faktor 2 innan bidraget adderats till kolumn  $\Sigma$  Armering för att ta hänsyn till spännarmeringens högre kostnader men även hållfasthet (sträckgräns).

Armeringsmängder och mängden betong har ökat med cirka 50% om man jämför broar byggda före 1969-1987 med broar byggda 1997-2006. Nu är betongmängderna (och i viss mån även armeringsmängder) beroende av vald konstruktionshöjd (som inte enbart styrs av hållfasthetsmässiga krav) och ökade krav på täcksikt (se t ex avsnittet om Marma bron sid 24). Mer betong leder också till högre egenvikt och indirekt mer armering.

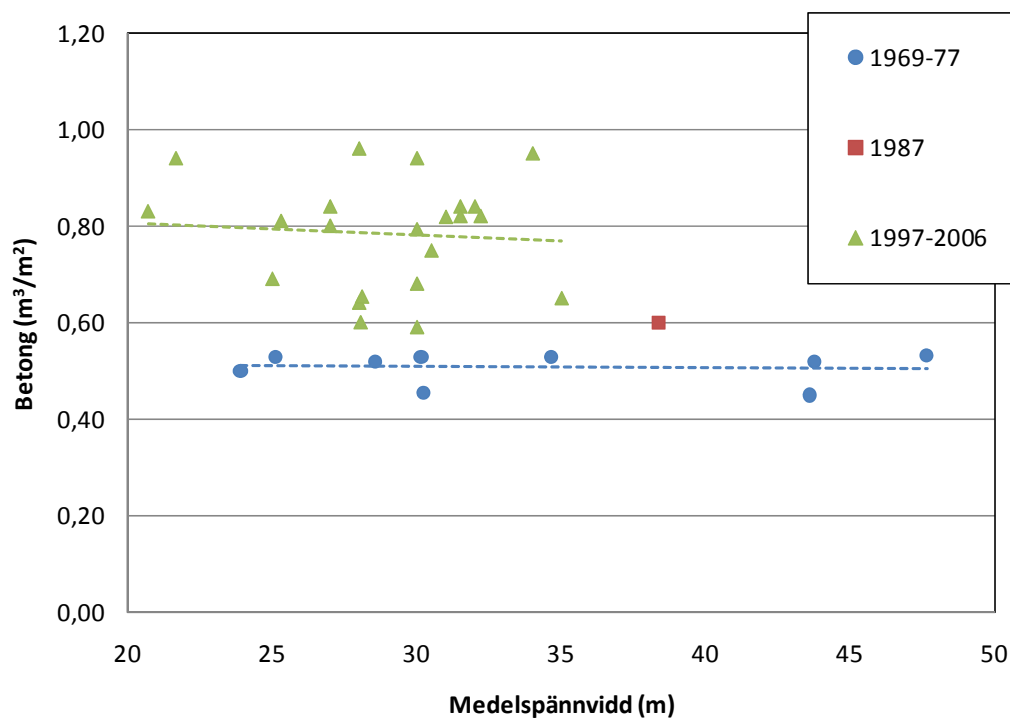
**Tabell 17: Materialutveckling (teoretiska mängder) i förspända lådbalkbroar av betong i 34 broar konstruerade mellan 1969 och 2006**

Bro Namn	Konstruktion År	Medel spännvidd	Arm ÖB kg/m <sup>2</sup>	Spänn ÖB kg/m <sup>2</sup>	ΣArmering kg/m <sup>2</sup>	Betong m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Broarea m <sup>2</sup>
C289	1969	25	52,7	13,9	81	0,53	2810
B923	1970	29	39,4	15,0	69	0,52	685
M584	1970	24	42,5	10,1	63	0,50	1020
W799	1970	44	56,7	25,3	107	0,52	5802
B719	1971	30	41,0	13,4	68	0,45	1229
A140	1972	35	43,0	11,0	65	0,53	3024
P842	1973	30	32,3	14,0	60	0,53	1046
AC218	1975	48	56,3	22,9	102	0,53	1604
BD1356	1977	44	45,1	15,8	77	0,45	8112
Y1089	1987	38	77,8	20,7	119	0,60	1765
U917	1998	30	79,1	13,4	106	0,59	1733
T910	1999	25	67,2	24,0	115	0,69	870
U903	1997	34	74,6	34,2	143	0,95	485
U910	1998	30	68,3	22,4	113	0,68	897
U915	1998	28	64,6	20,2	105	0,64	814
U904	1998	30	77,6	24,0	126	0,79	455
U909	1998	31	64,2	22,9	110	0,75	450
U901	1999	28	67,3	15,7	99	0,65	496
C742	2002	32	85,6	30,5	147	0,84	510
C728	2003	31	69,3	32,4	134	0,82	336
C737	2003	32	70,3	34,9	140	0,84	450
C711	2003	35	93,9	20,7	135	0,65	1603
C712-13	2003	28	111,6	32,3	176	0,96	647
C721	2003	30	97,0	26,3	150	0,94	873
C727	2004	27	87,4	29,7	147	0,80	380
C733	2004	32	66,7	31,5	130	0,82	450
C747	2004	32	79,4	22,5	124	0,82	573
17-1195	2006	27	112,0	28,2	168	0,84	624
17-1196	2006	22	86,8	17,3	121	0,94	1663
17-1197	2006	25	91,2	20,2	132	0,81	672
17-1199	2006	21	87,6	15,7	119	0,83	558
22-1507	2006	28	98,8	23,5	146	0,60	3402
År 1970-87	Medelv.	38	50,3	17,6	85,5	0,52	3226
	Standav.	7	14,8	5,4	23,6	0,05	2710
	Konfidens	5	11,0	4,0	17,5	0,04	2007
År 1998-06	Medelv.	29	81,8	24,7	131,2	0,78	861
	Standav.	4	14,6	6,4	20,0	0,11	700
	Konfidens	1	6,1	2,7	8,4	0,05	293

Figur 9 och Figur 10 har armerings- och betonginnehåll i överbyggnaden visats som funktion av medelspännvidden för betongbroarna grupperat efter konstruktionsår. Den första gruppen broar (1967-1977) har dimensionerats innan partialkoefficientmetoden infördes i bronorm 1988. Förutom att mängderna minskar med stigande ålder så inverkar också spännvidden på armeringsinnehållet. Dock ser man inte samma tendensen av spännvidden på betongmängderna.



Figur 9: Summa armeringsinnehåll i överbyggnaden per m<sup>2</sup> bro som funktion av medelspännvidd



Figur 10: Betonginnehåll i överbyggnaden per m<sup>2</sup> bro som funktion av medelspännvidd

## 5.4 Upprepningseffekter och standardisering

### 5.4.1 Upprepning - en studie av Ölandsbron

Att arbetsproduktiviteten ökar när ett produktionsmoment upprepas har varit känt länge och flera forskare har försökt att matematiskt modellera den s.k. inlärningseffekten<sup>16</sup>. När Ölandsbron uppfördes på 70-talet uppmättes denna effekt på lågbro delen som bestods av 23 nästan identiska brospann, Figur 11.



Figur 11: Ölandsbrons lågbro del.

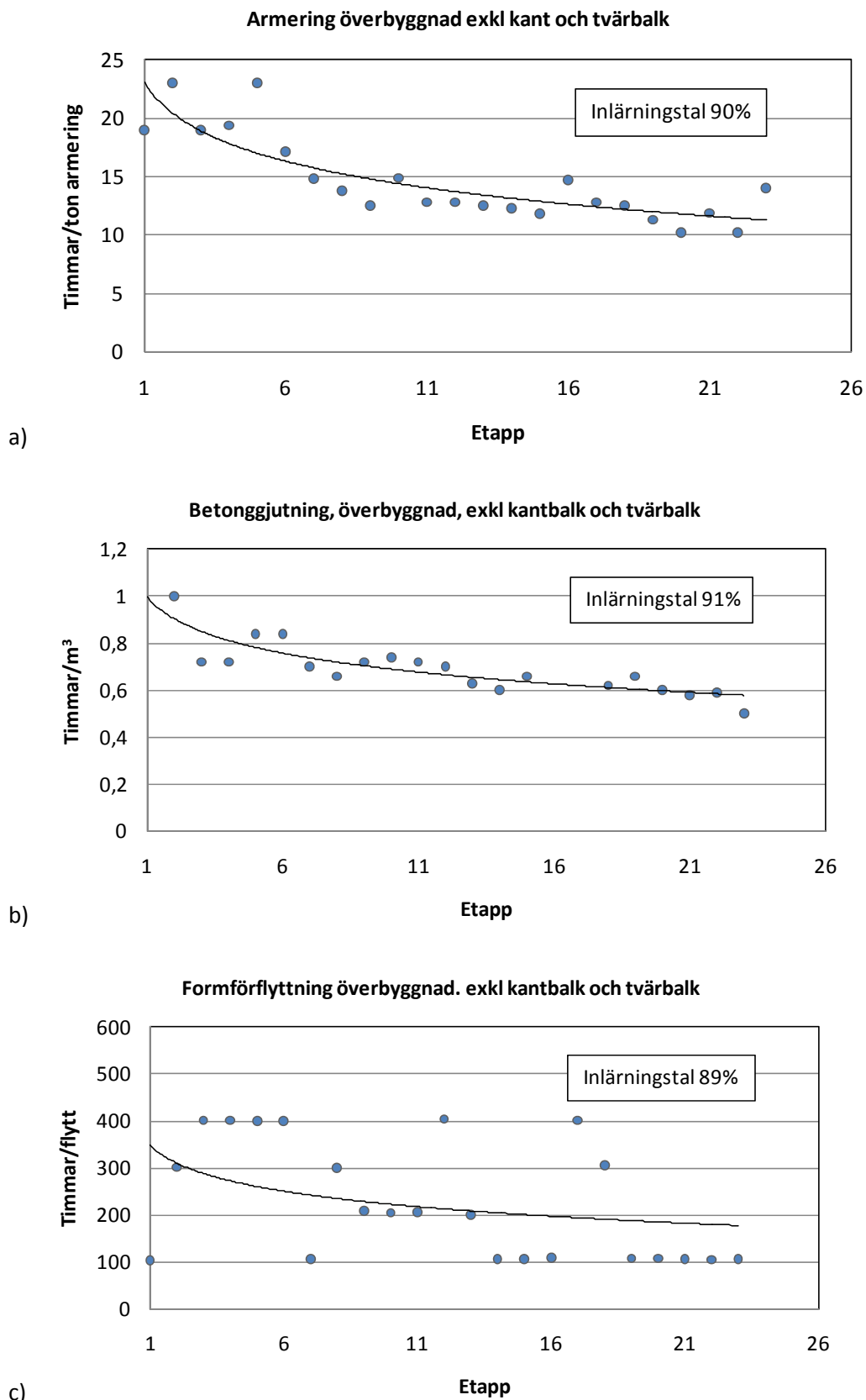
Inlärningseffekten vid repetitiva moment brukar ofta uttryckas i ett s.k. inlärningstal. Ett inlärningstal på 80% innebär att tiden för att utföra ett moment sjunker med 20% (100-80) nästa gång som antal utförda moment har fördubblats. Exempel, om ett moment tar  $T$  timmar att utföra första gången så tar det  $0,8 \cdot T$  att utföra det 1 gång till och  $0,8 \cdot 0,8T$  att utföra det 4 gånger. Matematiskt kan det uttryckas som:

$$T_n = T_1 \left[ 1 - (1 - I) \frac{\ln(n)}{\ln(2)} \right]$$

där  $T_1$  är tiden det tar första gången,  $T_n$  tiden det tar  $n$ :te gången och  $I$  är inlärningstalet.

Figur 12, visar uppskattat inlärningstal för tre moment i byggandet av lågbrodelen av Ölandsbron; armering och betonggjutning av överbyggnaden samt formförflyttning till nästa etapp. Inlärningstalen för de tre momenten ligger kring 90%. Armering och betonggjutning visar god överensstämmelse med den matematiska modellen medan spridningen är mycket större för momentet formförflyttning.

<sup>16</sup> Thomas, H., R., Yiakoumis, I. (1987) Factor model of construction productivity, *Journal of Construction Engineering and Management*, 113(4), 623-639



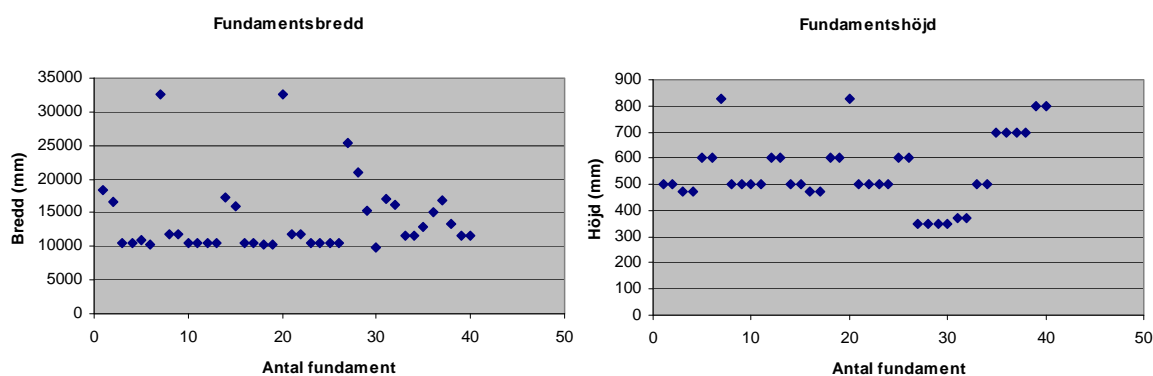
Figur 12: Armering (a), betonggjutning (b) och formförflyttning (c) som funktion av antal etapper



### 5.4.2 Standardisering - en studie av sträckan Uppsala – Mehedeby

För att undersöka hur man kan utnyttja möjligheterna med standardisering och förtillverkning i brobyggandet har vi studerat broarna på en relativt nybyggd motorvägssträcka på E4 mellan Uppsala och Mehedeby. Bakgrunden är ett citat av Åsa Söderström Jerring, ordförande FIA på Brobyggardagen 2008 - "På sträckan Uppsala – Mehedeby finns 110 olika brotyper, var det verkligen nödvändigt?". Studien är upplagd som ett scenario där Byggare Bob entreprenörsfirma Bobs Bygg AB har fått i uppdrag att bygga 39 broar åt Trafikverket. Av dessa 39 broar är 27 st plattrambroar både slutna och öppna och 12 st är kontinuerliga balkbroar.

Byggare Bob har själv tagit ansvaret för uppförandet av plattrambroarna. Det är viss variation på utseende och mått på dessa broar men Bob har nämligen möjlighet att projektera om broarna till viss del. Bob funderar också på om det finns någon förtjänst i att standardisera broarna och var i så fall den största potentialen för standardisering finns. En annan fråga han brottas med är om det går att göra speciella materialval som kan visa sig bli fördelaktiga för projektet. Till de 29 plattrambroarna ska sammanlagt 40 stöd både konstrueras och byggas enligt förslagshandling. Från början har t.ex. nästan alla bottenplattor olika utseende och variationen på fundamenten är stor både i bredd och höjd, se Figur 13.

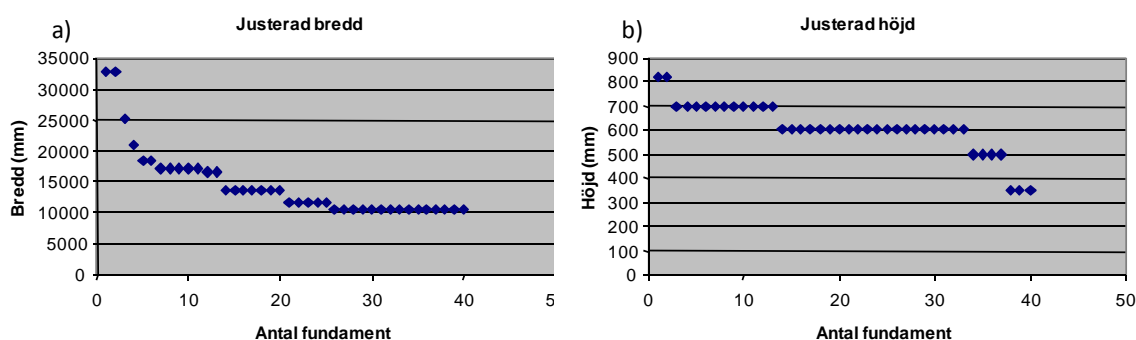


Figur 13: Ursprunglig bredd och höjd på fundamenten till Bobs plattrambroar.

Efter att ha studerat ritningarna på broarna ingående kan Bob göra följande kategoriseringar för plattrambroarna:

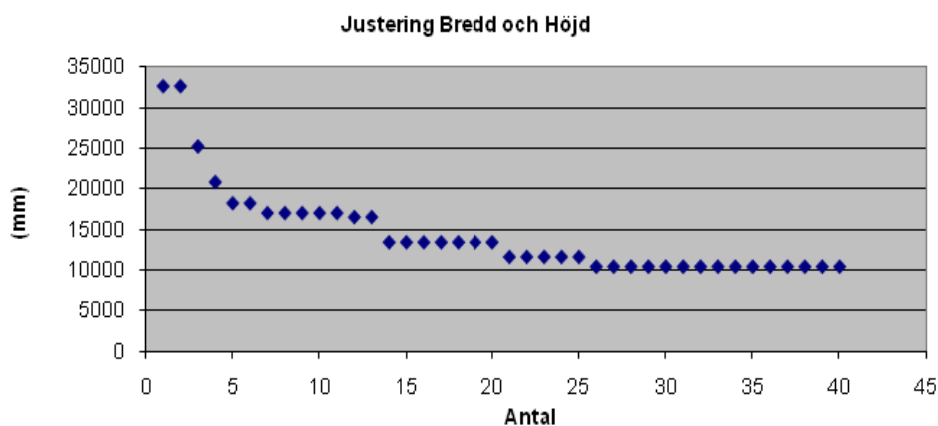
- Stöd/bottenplattor kan delas upp i grupper. Där blir måtten på bredd och höjd avgörande, se Figur 14.
- Armering till bottenplattorna kan förtillverkas. Förtillverkningen kan ske på två olika sätt, dels i en fältfabrik och dels hos en UE.
- Länkplattor (som finns på alla broar) kan delas upp i 3 grupper. De beror på bredden av broarna.
- Att använda SKB (självkompakterande betong) är fördelaktigt vid gjutning av samtliga brodelar.
- Kantbalkarna kan standardiseras.

- Kvarsittande formar kan användas i viss utsträckning. Det gäller i första hand för bottenplattorna men även i vissa ramben och överbyggnader kan kvarsittande form med fördel användas.



Figur 14: Figuren visar Bobs tankar på upprepning och standardisering i produktion, a) justering enbart med hänsyn till bredd på fundament, b) justering enbart med hänsyn till höjd på fundament.

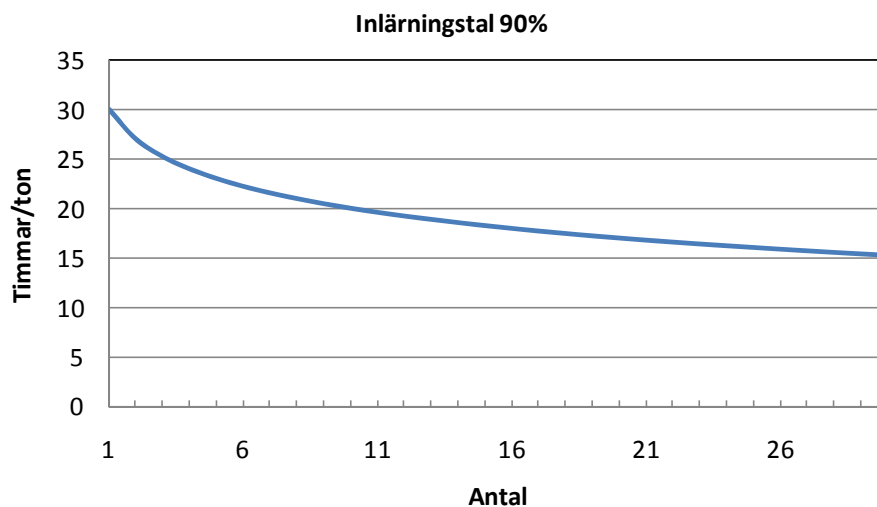
Efter att ha dragit dessa slutsatser börjar Byggare Bob sitt arbete med att standardisera och modularisera sina broar. De differentierade grupperna av stöd/bottenplattor består av nio olika bredd-höjd förhållanden för stöden med 15, 5, 7, 2, 5, 2, 1, 1 och 2 st stöd i varje kategori där de minsta stöden är nämnda först. Armeringskorgar kommer att förtillverkas för samtliga stöd i varje kategori. Måtten på två av grupperna med stöd är dock väldigt stora och att transportera förtillverkade armeringskorgar för dem lämpar sig inte på allmänna vägar, de stöden kommer Bob att tillverka i sin fälthuset och transportera internt med dumpers. Arbetet med dessa stöd kommer han att använda som ett buffertarbete, dvs. ett arbetsmoment han kan sätta sina hantverkare på när det inte går att utföra andra planerade arbetsmoment.



Figur 15: Antalet storlekar på fundamenten blev efter justering av bredd och höjd nio.

Genom att enbart standardisera fundamenten till de 29 broarna kan Bob spara ca 40 arbetsdagar för två hantverkare om han förtillverkar alla fundamenten själv i en fälthuset. Skulle Byggare Bob välja att förtillverka alla fundamenten hos en UE är potentialen till arbetstidsbesparing på arbetsplatsen ca 130 dagar för två hantverkare. Bob ser stora möjligheter att tjäna tid i projektet här, kanske kan han korta av bygget med en till två månader. Eftersom beställaren har infört ett omvänt vite vilket innebär en bonus om projektet levereras före utsatt tid finns det stora pengar att tjäna för Bob.

Byggare Bob har också räknat ut att om alla fundamenten såg likadana ut skulle det gå att spara minst 33 % av den ursprungliga tiden per ton armering vid en inläring på 90 %, Figur 16.



Figur 16: Upprepningseffekten på grund av standardisering enligt Byggare Bobs studie.

Bob har här räknat på den säkra sidan och inte gjort något maximalt antagande, dvs. det finns ett relativt stort utrymme för förbättring även här, ner till 80% inläringstal räknar han med att komma redan vid nästa bygge.

I och med den lyckade standardiseringen av fundamenten enbart till plattrambroarna har Byggare Bob nu kallat till ett möte i firman. Han vill att samtliga stöd på samtliga broar ingående i projektet ska gås igenom på samma sätt som han just gjort för plattrambroarna. Dessutom förbereder han just samma förfarande för alla skivstöd samt pelarstöd på de övriga balkbroarna. I sin iver håller Byggare Bob också på att se över länkplattorna och kantbalkarna till broarna. Kunden/beställaren är dock noga med att peka på att de inte vill ha helt identiska broar på sin väg. Bob lugnar dem med att säga att det är ju konstruktionen som kommer att standardiseras inte utseendet. Han säger till sin beställare att man alltid kan variera formen på de olika bygghederna kantbalk och pelarstöd för att variera utseendet mellan de olika broarna.

## 5.5 Övriga aspekter

### 5.5.1 Broars livslängd och underhållskostnader

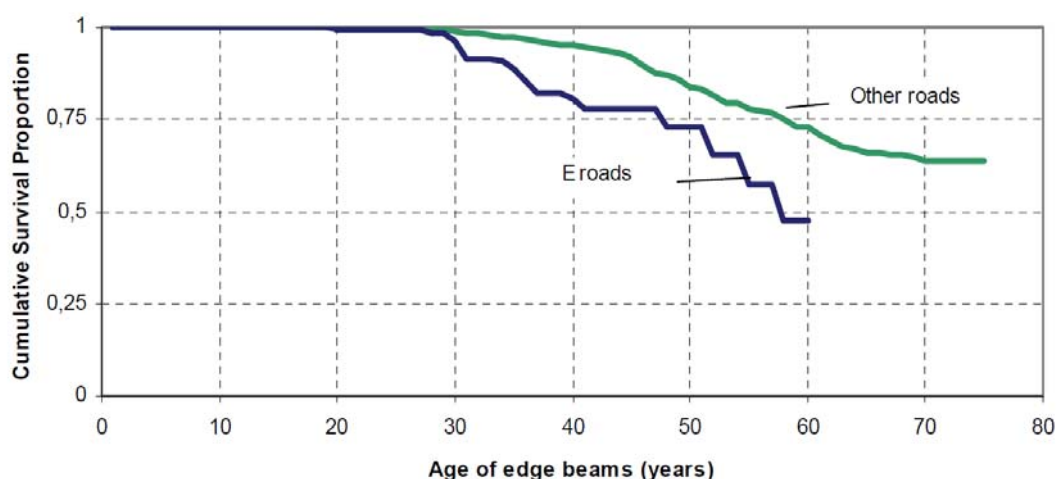
Vägverkets broar klassificeras/projekteras och byggs i tekniska livslängdsklasser. **Teknisk livslängd** definieras som tid under vilket byggnadsverket uppfyller avsedd funktion med "normalt underhåll". Normalt underhåll kan definieras som en viss andel av återanskaffningsvärdet, Tabell 18. Relationen mellan underhållskostnader/år och nybyggnadskostnader är i storleksordningen 1% av nybyggnadskostnaden<sup>17</sup>. Även om underhållskostnaden/år och bro är liten i jämförelse nybyggnadskostnaden så är den en väsentlig kostnads-post eftersom 98-99% av Vägverkets totala broarea måste underhållas. Endast 1-2% m<sup>2</sup> broarea tillkommer årligen.

<sup>17</sup> Mattsson, K-Å (2008), Integrated Bridge Maintenance - Evaluation of a pilot project and future perspectives, Doctoral Thesis in Civil and Architectural Engineering, KTH, TRITA-BKN. Bulletin 95, 2008

Tabell 18: Tekniska livslängdsklasser, anläggningsdel broar

Klass	Median år	Minst år	Anläggningsdel
TLK 120	150	120	bro med spännvidd>200 m eller längd>1000 m
TLK 80	100	80	övriga broar >2m
TLK 40	50	40	Kulvertar (< 2m)

När det gäller underhållskostnader för broar består de i huvudsak av inspektioner, bestämning av egenskaper samt mindre och större reparationer. Idag görs upphandlingar av brounderhållsarbete och reparationer i huvudsak som enskilda objekt. I Mattsons<sup>17</sup> avhandling studerades möjligheter och fördelar med sk integrerat brounderhåll av ett större område som handlas upp separat från vägunderhållet. I avhandlingen studerades bland annat kantbalkens verkliga livslängd på broar på Europa vägar och andra vägar inom mälardalens vägområde, Figur 17.



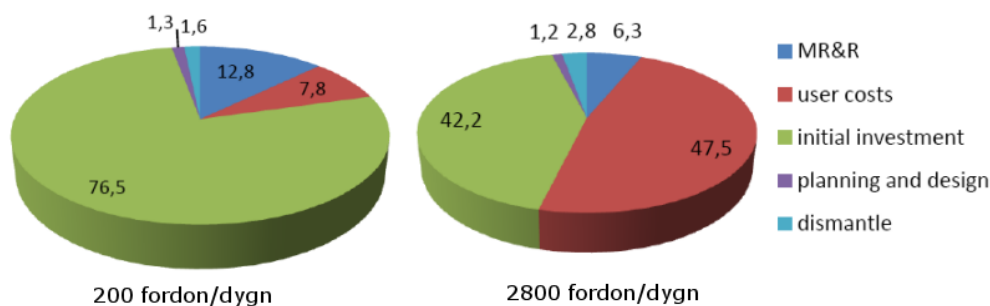
Figur 17: Kumulativ livslängd för broars kantbalkar på Europavägar och andra vägar inom mälardalens vägområde<sup>17</sup>

Av figuren framgår att trafikintensiteten inverkar på en bro eller brodels livslängd. Mattson påpekar också vikten av att rätt kunna bedöma livslängden för att kunna optimera sina underhållsinsatser. Se Bygginnovationens rapport om reparationer för mer information om underhållskostnader och livslängder.

### 5.5.2 Avbrottskostnader vid reparation och underhåll

I ett nyligen genomfört examensarbete<sup>18</sup> presenteras ett antal LCC analyser där trafikanternas kostnader uppskattats p.g.a. störningar i trafikflödet vid underhållsåtgärder på broar. Analysen har använt Sampers som är ett prognosverktyg av framtida trafikflöden i Sverige och försökt att uppskatta störningarna som underhållsaktiviteterna kostar trafikanterna, Figur 18.

<sup>18</sup> Ditrani, M (2009), Improving transportation investment decisions through life cycle cost analysis: comparative LCCA of bridges, Master thesis in Civil Engineering, LTU, 2009:189



Figur 18: Årliga kostnadsrelationer för bro 24-1790-1 (till vänster) och bro 24-1753-1, (MR&R refererar till underhållskostnader och user costs till trafikantkostnader)<sup>18</sup>.

Tabell 19 visar resultaten för 11 broar (brolängd ca 20 m) i Norr och Västerbotten med olika trafikflöden (ÅDT = årsdygnstrafik) och olika beräknade livslängder. Broarna med högre prognostiserade trafikflöden blir kostnadseffektivast räknat som kronor/trafikant, medan den som är billigast att bygga per m<sup>2</sup> bro blir den med lägst annuitet.

Tabell 19: LCC annuitet för broar med olika livslängd och prognostiserad ÅDT<sup>18</sup>. Användarkostnad beräknad som kostnaden för varje bilist som passerar bron

BatMan	Broarea	Livslängd	Trafikflöde 2009	Annuitet	Användarkostnad <sup>1</sup>
(kod)	(m <sup>2</sup> )	beräknad (år)	(ÅDT)	(kSEK/år/m <sup>2</sup> )	(SEK/bilist)
24-1790-1	190	120	200	62	161
24-1861-1	133	120	20	51	929
24-1497-1	182	100	370	66	89
24-1753-1	126	120	2800	93	11
24-1876-1	304	120	5000	89	15
24-417-1	182	90	1900	112	29
24-471-1	131	100	105	122	417
25-1432-1	150	100	720	84	48
25-1674-1	198	80	1410	153	59
25-1888-1	242	100	4300	161	25
25-780-1	126	100	300	74	85

1) Kostnad/bilist beräknad som annuitet x broarea / 365 / ÅDT

### 5.5.3 Miljöeffekter, livscykelanalys (LCA)

År 1997 publicerades ISO 14040 vilket beskriver ramverket för livscykelanalys som i princip består av två faser; livscykelinventering (LCI) och själva livscykelanalysen (LCA). I LCI sammanställs en produkts material- och energiflöden under hela dess livscykel för att man i LCA fasen skall göra en miljökonsekvensbedömning. Miljöpåverkan delas generellt in i tre kategorier

- Resursutnyttjande; energi och material, vatten och land
- Hälsoeffekter; giftpåverkan och effekter på arbetsmiljön
- Ekologiska effekter; påverkan på klimatet, nedbrytning av ozonskiktet, försurning, övergödning, marknära ozon, ekotoxikologisk påverkan samt påverkan på den biologiska mångfalden

Generellt medför den breda ansatsen att metoden är mycket tids- och resurskrävande. Det är också svårt att hitta data och bedöma en produkts användning i framtiden vilket betyder att

metoden får baseras på antaganden och teoretiska värden. Därför är det vanligt att begränsa analysen till något skede i livscykeln t ex produktionsskedet för att göra livscykelanalysen mer hanterbar. Vanligt är också att endast driften av fasta kapitalinvesteringar tas med i analysen. Exempelvis räknas inte tillverkningen av produktionsanläggningar för cementtillverkning eller anläggningsmaskiner med i analysen, endast driften av dessa. En annan vanlig förenkling är att endast ta med energianvändningen som åtgår i resursanvändningen i produktion av material och produkter i uppskattningen av miljöpåverkan. Energianvändning ger ofta upphov till emissioner av CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, kolväten (HC) och partiklar (PM) som har en negativ påverkan av miljön. Ett populärt mått som används i detta sammanhang är en koldioxidekvivalent, CO<sub>2e</sub>, som är en växthusgas klimatpåverkan uttryckt i ekvivalent mängd koldioxid. Till exempel motsvarar 1 kg metan 21 kg koldioxid växthusgas.

I ett anläggningsprojekt kommer mycket av miljöpåverkan från anläggningsmaskiner. Sandberg<sup>19</sup> studerade miljöpåverkan av byggande av ca 6 km av Bottniabanan inklusive vägöverfart där han i en förenklad LCA analys beräknade mängden emissioner som kom från energianvändningen i form av bränsle och el, se Tabell 20.

Tabell 20: Uppskattad miljöpåverkan av emissioner vid byggande av etapp E7511<sup>19</sup>

Emissioner	NO <sub>x</sub> + HC	CO	Partiklar (PM)	CO <sub>2</sub>
Totalt (kg)	35600	13100	1300	3147800

Emissionerna är beroende av energianvändningen som kan uttryckas i förbrukade kWh eller i liter drivmedel. Olika typer av anläggningsmaskiner kategoriseras i olika klasser gällande avgas-krav för tunga fordon inom EU och emissionerna kan kopplas både till drivmedels- (l) och energi-förbrukning (kWh), se Figur 19.

Beräkna luftemissioner för ett fordon eller arbetsmaskin									
Uppgifter om fordonet				Uppgifter om drivmedel					
Fordonstyp	Arbetsmaskin			Typ *	Diesel mk 1				
Beteckning	Höbta	L70		Förbrukning	9 Liter per tim				
Fabrikat/Modell	Volvo L70E			Uppgifter om användning					
Årsmoell	2006			2 080 tim					
Motorstyp *	Höbta	EU maskin steg 2, 75-130 kW		Diverse fordonuppgifter					
Avgasrening	Höbta	Nej		Motors Euro-klass	EU maskin steg 2				
Reg nr				Åker	Br. Öhman				
- Obligatorisk uppgift				Fordonsgrupp					
Emissioner per tim									
	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM	NMHC	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>		
Gram per tim	201,33	36,00	180,00	9,63	-	-	23 490		
Kilo totalt	418,77	74,88	374,40	20,03	-	-	48 859		
Emissioner per lastenhets tim									
Enhet	Maxlast	Snittlast%	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM	NMHC	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
Ton									
Flakmeter									
m <sup>3</sup>									
Drivmedels och energiförbrukning									
	kWh	MJ	gram						
per liter drivmedel	9,77	35,17	0,81						
per tim	87,93	316,55	7,33						
totalt för 10 km	182 894	658 420							
per Ton km	-	-	-						
per Flakmeter km	-	-	-						
per m <sup>3</sup> km	-	-	-						
per km	-	-	-						
Emissioner per kWh									
Värdena avser gram per kWh eller MJ som motor producerar									
	kWh	MJ							
NO <sub>x</sub>	6,00	21,60							
HC	1,00	3,60							
CO	5,00	18,00							
PM	0,30	1,08							
DBS relaterade till motorns certifieringsvärden									

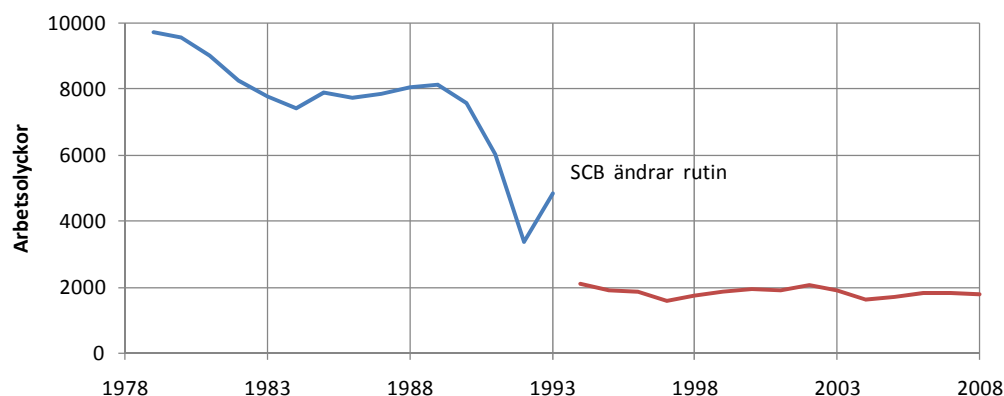
Figur 19: Emissionsberäkning Volvo L70E, SÅ miljöcalc<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Sandberg, E. (2009), Förenklad livscykelanalys för ett järnvägsprojekt - En studie av miljöpåverkan för projekt E7511, Examensarbete 2009:086 CIV, Luleå tekniska universitet

Ur ett mätperspektiv verkar energianvändningen i kWh vara ett lämpligt mått eftersom det kan användas både för att generellt mäta energianvändningen men också för att uppskatta miljöeffekter på grund av emissioner utifrån val av energikällor.

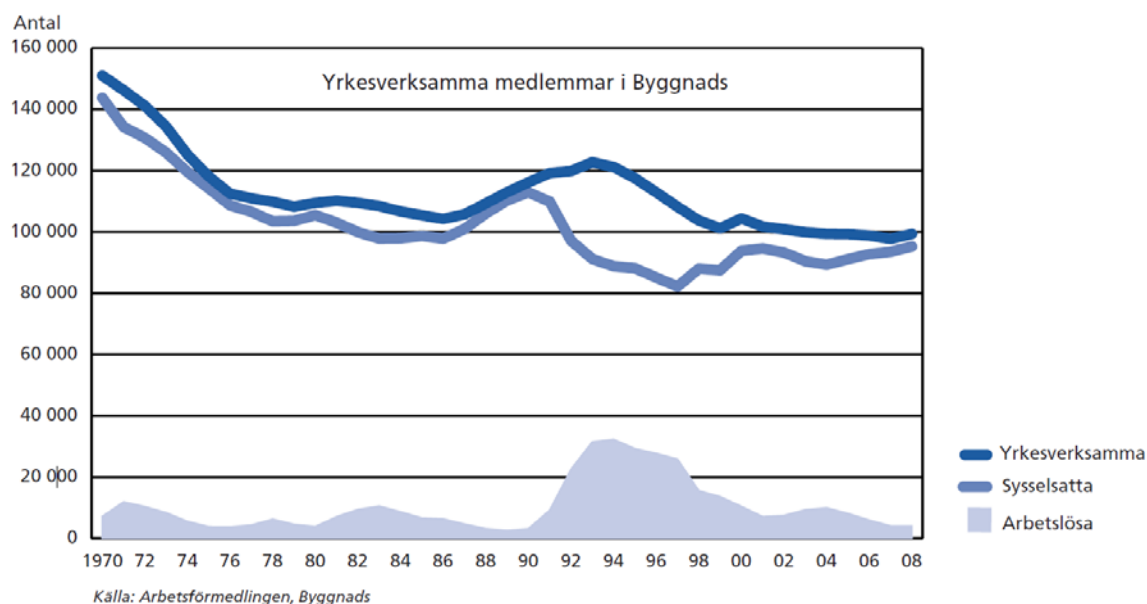
#### 5.5.4 Arbetsmiljö

SCB:s och Arbetsmiljöverket ansvarar för statistiken av arbetsrelaterade dödsfall, olyckor och sjukdomar. Statistik för byggnäring redovisas under byggverksamhet och inkluderar både bygg och anläggningsverksamhet. Efter 1993 ändrades sättet att samla in och presentera arbetsmiljörelaterad statistik vilket gör att statistik räknat på andel sysselsatta före 1994 inte är direkt jämförbar med statistik efter 1994. I Figur 20 har därför redovisat det totala antalet arbetsolyckor inrapporterat mellan år 1979 - 2008.



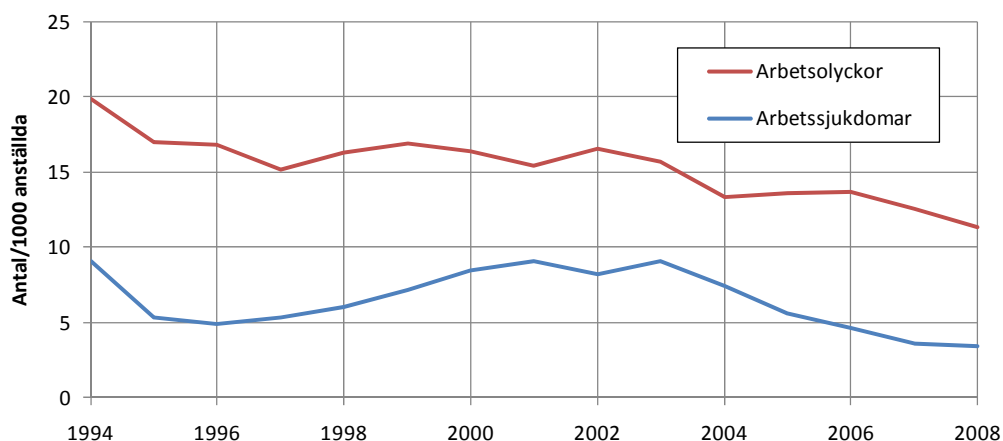
Figur 20: Antal rapporterade arbetsolyckor i bygg och anläggningsarbete mellan 1979 - 2008.

Om vi jämför med antalet sysselsatta medlemmar i Byggnads under samma tidsperiod, Figur 21, kan vi konstatera att trendbrott mellan 1988 och 1993 i antal arbetsolyckor är för stor för att kunna förklaras av en motsvarande minskning i antal sysselsatta.



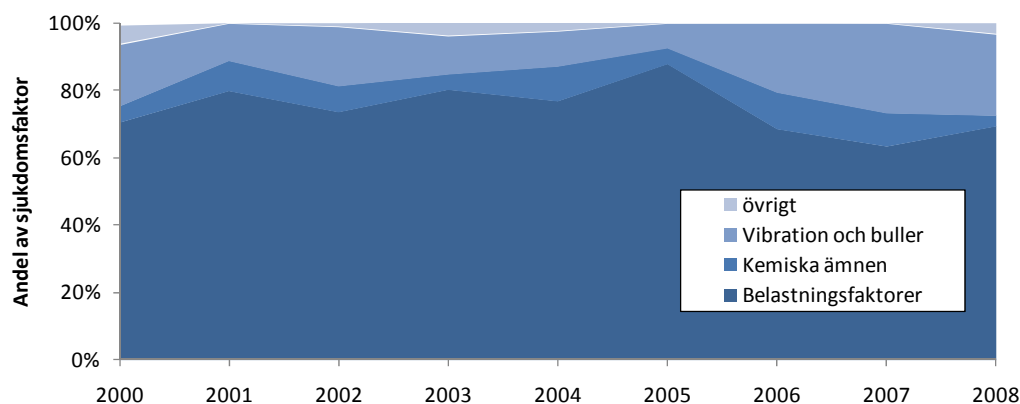
Figur 21: Yrkesverksamma medlemmar i Byggnads mellan 1970 - 2008.

Vi ser att minskningen i arbetsolyckor har fortsatt räknat på andel anställda under 90 och 2000-talet, se Figur 22.



Figur 22: Antal inrapporterade arbetsolyckor och arbetssjukdomar per 1000 anställda i bygg och anläggningsarbete mellan 1994 - 2008.

Under rubriken arbetssjukdomar klassificeras sådana sjukdomar som är beroende av belastningsfaktorer som förslitningsskador, kemiska ämnen t ex förgiftning, fysikaliska faktorer som vibration och bullerskador samt övriga sjukdomar som kan hänföras till organisatoriska och sociala faktorer. Av ovanstående är belastningsskador den klart dominerande faktorn vid arbetsrelaterade sjukdomar i bygg och anläggningsverksamhet, se Figur 23.



Figur 23: Olika skadefaktorer inverkan på inrapporterade arbetssjukdomar mellan 2000 - 2008.

Det finns olika metoder för att kvantifiera risker för arbetsrelaterade sjukdomar. En metod som kallas Quick Exposure Check, (QEC), specificeras arbetsmiljörelaterade faktorer som belastning på olika kroppsdelar, exponering för buller, vibrationer, stress och arbetstakt i exponeringsnivåer<sup>20</sup>. Dessa nivåer kan sedan vägas samman i en totalsumma för arbetsmiljörelaterade riskfaktorer för olika produktionsaktiviteter som gjutning av brofundament, armering av farbana etc:

$$\text{Arbetsmiljö} = \sum \alpha_i p_i$$

<sup>20</sup> Rwamamara, R. och Simonsson P., (2007), Ergonomic exposures from the usage of conventional and self compacting concrete, Proceedings IGLC-17, July 2009, Taiwan.



Där  $\alpha_i$  är viktningsfaktorer för de ingående faktorernas exponeringsnivåer  $p_i$ . Skalan för de olika exponeringsnivåerna i QEC metoden är konstruerad så att höga värden anger hög risk och vice versa. Dessa bör anpassas så att en hög risk ger ett lågt värde och vice versa om värdet skall vara ett mått på arbetsmiljöeffektivitet. Även om effekten uppstår i byggverksamhet, belastar kostnaden samhället i form av sjukvård och förtidspensionering p g a arbetsrelaterade yrkesskador. Arbetsmiljön påverkas i hög grad av val av teknik men även av materialval<sup>21</sup>.

Byggherren har huvudansvaret för att en arbetsmiljöplan upprättas även om uppgiften vanligen delegeras till huvudentreprenören. Ibland brukar arbetsmiljön manifesteras i entreprenadkontraktet med incitament om inga arbetsolyckor inträffar<sup>22</sup>.

### 5.5.5 Arkitektonisk kvalitet

När det gäller arkitektonisk kvalitet görs främst kvalitativa bedömningar avseende *landskapsbild* och *kulturmiljö* under förstudien där ny infrastruktur skall anläggas. Principen är att vägen/bron skall smälta in i landskapet (så lite intrång som möjligt) och anpassas till kulturmiljön. Allt oftare tar man hänsyn till trafikantupplevelsen, d v s miljön som trafikanten färdas i skall vara vacker och säker. Det finns försök att med olika metoder försöka uppskatta samhällskostnaderna för s.k. intrångseffekter för byggande av ny infrastruktur, t ex genom bedömning av hur mycket fastigheter som berörs minskar i värde.

Ahlberg och Spade ( i Gabrielsson<sup>23</sup>) använde följande bedömningsskala i sin inventering av broar som är värda att bevara:

1. Ålder med bedömningsskala 0 - 10 för 1990 – 1899
2. Pionjär – konstruktion 0,1,3 för standard, del och "Förstlingsbro"
3. Pionjär – material 0,1,3 för standard, del och "Förstlingsbro"
4. Ursprunglighet, dvs. är bron i ursprungsskick 0,3,6 för ingen till stor
5. Sällsynthet 0,3,6 för vanlig till mycket sällsynt
6. Brolandskap: 0,2,4 för ensam till  $\geq 2$  broar i landskapet
7. Medvetet arkitektoniskt uttryck: 0,2,4,6 för ingen till konstärlig
8. Skönhetsvärde: 0, 3 för skön harmonisk bro
9. Trafikantens möjlighet att se bron: 0,1,3,5,7 för ingen till utmärkt
10. Exponerbarhet: 0,1,3,5 för dålig till utmärkt

<sup>21</sup> Glimskär, B., Höglund, P. E., Hörnfeldt, R. (1983) Utveckling av arbetsmetod för flytbetonggjutning, BFR-rapport R144:1983

<sup>22</sup> Olofsson, T., Toolanen, B., Jongeling, R., Woksepp, S., Simu, K.: (2007), Byggande av kulsinteranläggning MK3: processdesign, samverkansformer och IT-stöd, Teknisk rapport 2007:05, Luleå tekniska universitet

<sup>23</sup> Gabrielsson, H. (2000), Broars gestaltning, en förstudie. Vägverket, avdelningen för bro och tunnel.

11. Tillgänglighet: 0,1,2,4,6 för mycket dålig till utmärkt

12. Upplevelsevärde, betraktarens värdering/fascination av bron: 0 -10

Några av ovanstående punkter skulle kunna användas som subjektiva "output mått" för att klassificera arkitekturens kvalitet, t ex genom en kombination av punkterna 7, 8 och 12.

$$\text{Arkitektonisk kvalitet} = p_7 + p_8 + p_{12}$$

Skalan på arkitektonisk kvalitet kan normaliseras genom jämförelse med erkänt vackra utformande broar per brotyp.

För att få ett värde på trafikantupplevelsen kunde man multiplicera trafikantens möjlighet att se bron med den arkitektoniska kvaliteten.

$$\text{Trafikantupplevelse} = p_9(p_7 + p_8 + p_{12})$$

Det finns också kriterier eller riktlinjer vad gäller utformning av det strukturella systemet, proportionerna, val av material, färg, estetisk belysning, etc <sup>23</sup>.

## 5.6 Slutsatser

Delstudie 1, jämförande studier av broar byggda mellan 1970-2010 visar följande tendenser:

- Materialmängderna har ökat både armeringsinnehåll och betongmängder
- Projekteringen har blivit effektivare vad gäller k-ritningar/k-timme. Däremot är trenden inte lika tydlig för projekterad broarea/k-timme.
- Ny teknik ökar effektiviteten, t ex betongpump istället för kran och bask
- Fortfarande sker en stor del av produktionen med samma manuella metoder som på 70-talet med likartad produktionseffektivitet.
- Samverkan betongfarbana och stålbalk har inneburit bättre utnyttjande av konstruktionsmaterialen betong och stål.

Delstudie 2, utveckling av broprojektering visar att

- Arbetsproduktiviteten har ökat i antal ritningar/timme på grund av tekniksprånget från handritning till CAD (2D).
- Samtidigt har också antalet ritningar per bro ökat vilket inneburit att nettoeffekten räknat som m<sup>2</sup> projekterad bro/konstruktörstimme är tämligen oförändrad.
- Nästa tekniksprång från 2D CAD till modellbaserad projektering (3D) innebär att andra betalningsmodeller måste utvecklas mellan konstruktörer och entreprenörer än antalet ritningar (t ex m<sup>2</sup> projekterad bro/konstruktörstimme), eftersom en ritning endast är en specifik vy av modellen.

- 
- Armeringsmängder och betonginnehåll för t ex lådbalkbroar av betong har ökat avsevärt beroende på ökade normkrav på armeringsinnehåll och täckande betongskikt. Det har sannolikt också inneburit högre produktkvalitet och längre livslängd.

Delstudie 3, upprepningseffekter och standardisering visar att:

- Arbetsproduktiviteten ökar när ett produktionsmoment kan upprepas och att inlärningstalen på Ölandsbron låg på ca 90%.
- Möjligheten att standardisera och därigenom effektivisera inte har utnyttjats vid byggandet av anslutande broar till motorvägen Uppsala-Mehedeby.

Delstudie 4, lyfter fram andra viktiga aspekter på brobyggande:

- Broars livslängd och underhåll
- Slutanvändarnas kostnader beroende på ÅDT vid reparation och underhåll
- Miljöeffekter, livscykelanalyser (LCA)
- Arbetsmiljö i form av arbetsplatsolyckor och arbetssjukdomar
- Bedömning av arkitektonisk kvalitet



## 6 Effektivitetsmått för BRO

Avsnittet tar först upp outputmått, sedan inputmått och slutligen kvoter mellan output- och inputmått. Traditionellt arbetar man inom byggföretag ofta med begrepp som volymtider, dvs kvot mellan en inputvariabel och en outputvariabel. För broprojekt är utgångspunkten att måtten i första hand ska tillämpas för olika brotyper (förspända lådbalkbroar, slakarmerade balkbroar, Stålbalkbroar med betongfarbana etc.) för att vara användbara som stöd för identifiering, prioritering och uppföljning av forsknings- och innovationsnivå.

### 6.1 Outputmått

Outputmått utgörs av ett primärt outputmått och åtta kategorier av sekundära outputmått.

#### 6.1.1 Primär output: nyttig area

För broar och vägar föreslås den belagda delen eller vägbanan vara det primära outputmåtten. För broar tolkas det som

$$BRA = brobredd \cdot brolängd \text{ [m}^2\text{]}$$

och motsvarar BOA för bostäder och lokaler. *BRA* kan tänkas korrigeras för broar med en koefficient  $k_1$  som motsvarar geotekniska och klimatmässiga förutsättningar, en koefficient  $k_2$  som motsvarar bärighetsklass och ÅDT (årsdygnstrafik) samt en koefficient  $k_3$  som återspeglar var bron byggs, i tätort eller landsbygd.

Det primära outputmått kan även behöva korrigeras uppåt för att motsvara framtida möjligheter att expandera eller förändra nyttig area, alltså ett slags flexibilitet eller robusthet inför nya användarkrav. I fråga om broar är det framtida bärighetsreserven som avses, dvs att bron kan komma att ingå i ett trafiknät med högre klassningslast eller att man kan senare öka *BRA* på ett enkelt sätt.

#### 6.1.2 Framtida energiförbrukning

Mäts som tekniska förutsättningar för reduktion av framtida energiförbrukning. För en bro motsvarar det lägre energiförbrukning för drift och underhåll samt användning. I fallet vägbro kan lägre bränsleförbrukning pga lägre rullmotståndet som i sin tur beror på egenskaper som textur och längsgående ojämnheter. Textur mäts i MPD (Mean Profile Depth) och längsgående ojämnheter i IRI (International Roughness Index) och det finns uppsatta samband så att man kan relatera bränsleförbrukning för en väg med IRI och MPD i jämförelse med en referensväg ( $IRI_{ref}$ ) belagd med en referensbeläggning ( $MPD_{ref}$ )<sup>14</sup>.

Måttet omvandlas till [kWh], diskonterat över överbyggnadens livscykel och anta värdet noll om byggnadsverket är utformat så att det motsvarar referensvägen (=myndighetsreglernas aktuella minimikrav). Energiåtgång för bilarnas däckslitage, reservdelsförbrukning som beror på IRI och MPD samt energi för underhållsinsatser som framtida underhållsbeläggning tillkommer.

*Kräver vidare utredning och expertpanelbedömning eftersom en brokonstruktions framtida nedbrytning beroende på aktuell belastning mätt i IRI och MPD måste värderas. Man kan också diskutera om måttet skall multipliceras med ÅDT för att ta hänsyn till trafikbelastningen.*

#### 6.1.3 Övriga framtida drift- och underhållsinsatser

Mäts som tekniska förutsättningar för reduktion av framtida resursförbrukning för drift och underhåll med undantag för energi (täcks av 6.1.2). Utbytbarhet hos delar ingår här. Vissa problem med gränsdragning gentemot riskreduktion (6.1.5), men här under 6.1.3 avses medvetna val av

lägre eller högre standard eller kvalitet. Kan baseras på prognostiserat underhållsbehov i förhållande till referensbro.

*Kräver vidare utredning och expertbedömning av nuvärdeseffekt (% av primärt outputvärde) i förhållande till referensteknik.*

### 6.1.4 Avbrottseffekter

Mäts som tekniska förutsättningar för reduktion av avbrottskostnader som drabbar den verksamhet som byggnadsverket är avsett att stödja. Detta gäller både vid reparation, om och nybyggnad. Trafikverket har uttryckt detta som att: "Merkostnader för trafikanterna och boende längs åtgärdssträckan eller omledningsvägar kan utgöra underlag för ett incitamentprogram till utförande entreprenörer för att reducera dessa merkostnader"<sup>10</sup>.

*Kräver vidare utredning och expertbedömning av effekt (% av primärt outputvärde) i förhållande till referensteknik.*

### 6.1.5 Riskreduktion

Mäts som tekniska förutsättningar för reduktion av risker som i första hand kan påverka användningen av byggnadsverket, t. ex bättre dimensionering av pelare och landfästen för att minska risken för påkörning (jmf olyckan med påkörning av Tjörnbron). Utformningen har också en effekt på trafiksäkerheten.

I andra fall påverkas output även av risker som materialiseras under byggskedet, t.ex. oklar geoteknik som försenar färdigställandet (jmf Hallandsåsen), arbetsmiljörisker och olycksfall, se avsnitt 5.5.4. För större projekt använder Vägverk och Banverk en systematisk metod kallad "successiv kalkylering" där man försöker uppskatta riskerna/osäkerheterna genom att ange en lägsta, högsta och troligt utfall för olika kostnadsposterna i projektet. Entreprenörerna hanterar sina risker i anbudsskedet med olika påslag på erfarenhetsvärden när det gäller enhetstider och på teoretisk materialåtgång från projekteringen (s.k. spillprocent). Riskhantering i byggprojekt förliktar sig av tradition ofta på individers erfarenhet och personliga bedömningar av i första hand av platschefer, särskilt i mindre projekt<sup>24</sup>. I större projekt hanteras riskerna på ett mer systematiskt sätt, ofta genom att upprätta risklistor med uppskattad sannolikhet och konsekvens. I BQR<sup>25</sup>, se kapitel 4.1, är en del av strategin att mäta planerat mot utfall. Planerade kostnader, produktionstid, materialmängd, maskintid m.m. skulle kunna användas som ett outputmått och utfallet som inputmått. Normalt skulle ett sådant mått som jämför planerat med utfall vara bättre ju närmare värdet 1 man kommer.

*Kräver vidare utredning och expertbedömning av effekt (% av primärt outputvärde) i förhållande till referensteknik.*

### 6.1.6 Komfort för användare

Avser komfort (eller tekniska möjligheter att skapa god komfort under användning) för framtida infrastrukturanvändare (trafikanter m.fl.). Även tillgänglighet i viss utsträckning (det finns betalningsvilja för hissar). Åk komfort är i huvudsak en fråga om fordonsegenskaper, ljusförhållanden, vägtyp, väglag, linjeföring samt vägytans tillstånd. Studier<sup>14</sup> har gjorts för att kvantifiera relation mellan ojämnheter IRI (mm/m) och upplevd åk komfort.

---

<sup>24</sup> Simu, K., (2009), The construction site manager's impact on risk management performance, doktorsavhandling, Luleå Tekniska Universitet, ISBN 978-91-86233-00-6

<sup>25</sup> BQR (2010) Best Practice Tool. Nätbaserad modell. Rådet för Byggkvalitet, <http://www.bqr-bestpractice.se>

Kräver vidare utredning och expertbedömning av effekt (% av primärt outputvärde) i förhållande till referensteknik.

### 6.1.7 Arkitektonisk kvalitet

Arkitektonisk kvalitet i bred traditionell mening omfattar även inslag av nyttor. Här avses närmast det Vitruvius betecknade som skönhet (*venustas*). Helhetsbedömning framstår som nödvändig. För vägar och broar kan man möjligen skilja på effekter på landskapsbild och på kulturmiljö, se vidare kapitel 5.5.5.

Expertbedömning av effekt (% av primärt outputvärde) i förhållande till referensarkitektur. Effekten kan bestå av ett antal bedömningskriterier som experterna bedömer som sedan viktas.

### 6.1.8 Samhällseffekter, ej prissatta

De ej prissatta samhällseffekterna återfinns främst i form av normkrav, men det finns ett antal miljöeffekter som varken är prissatta eller reglerade<sup>26</sup>:

- Emissioner av framtida trafik, växthusgaser (CO<sub>2e</sub>), kolväten, partiklar. Effekten prissätts i de samhällsekonomiska analyserna som föregår investeringsbeslut.
- Trafikbuller, kan prissättas om åtgärder sätts in typ bullervallar, ljudreducerande beläggning
- Påverkan på landsbygd, tätort eller naturområden, s.k. intrångseffekter
- Återvinning av avfall för anläggningsändamål. Naturvårdsverket har nyligen publicerat en handbok<sup>27</sup> i syfte att öka andelen avfall som kan återvinnas utan risk för skadliga miljö och hälsoeffekter

Andra effekter kan också bedömas som arbetsmarknad p g a en regionförstoring m m.

Expertbedömning av effekt (% av primärt outputvärde) i förhållande till referensteknik.

## 6.2 Inputmått

Erfarenheter från analysgrupperna visar att det genomgående saknas detaljerade inputdata från underentreprenörer.

### 6.2.1 Lagtid, maskintid och persontid

Arbete mäts som *maskintid* och *persontid* för anställda inom Byggverksamhet, vilket kräver data även från samma näringsgrens underentreprenörer om man vill ha mått som gäller näringsgrensnivån. Även tjänstemannatid ingår. Maskintid ( $mt_i$ ) är summa maskintimmar som utförs för en viss aktivitet  $i$ . Persontid ( $pt_i$ ) är summa mantimmar som utförs för en viss aktivitet  $i$ . Lagtid ( $lt_i$ ) är summan av persontid och maskintid för en viss aktivitet  $i$ . Om maskinerna kontinuerligt kräver en förare räknas ofta förarens tid in i maskintid. Man hyr helt enkelt maskin + förare i projektet.

<sup>26</sup> Effektsamband för vägtransportssystemet, VV publikation 2009:150

<sup>27</sup> Naturvårdsverket (2010), Återvinning av avfall i anläggningsarbeten, Handbok 2010:1

Tiden (lag-, maskin- och persontid) kan nu mätas för produktion av brons underbyggnad (bottenplatta, pelare, brofästen) och överbyggnad (brobana, beläggning, räcken m. m.) eller för hela bron.

$$MT = \sum_{i=1..n} mt_i; PT = \sum_{i=1..m} pt_i; LT = MT + PT \text{ [h]}$$

### 6.2.2 Material

Materialmängder mäts huvudsakligen i m<sup>3</sup> (betong), ton (stål) men kan även anges i antal eller per m för specifika objekt (pålar, iläggning av spännarmering).

### 6.2.3 Energi

Här avses energiförbrukning [kWh] för t.ex. drivmedel för anläggningsmaskiner, tillverkning av asfalt men även el till bodar. Energiförbrukning kan delas upp på var de förekommer (maskiner, annat) eller efter aktivitet p s s som tid, *ME* (Energiförbrukning), *PE* (annan förbrukning som ej kan hänföras till maskiner) och *LE* (summa *ME* och *PE* för en viss aktivitet, byggdel eller totalt för bron).

### 6.2.4 Tjänster

Företag inom Byggverksamhet mottar input från Arkitekt- och teknisk konsultverksamhet, köper transporter, underentreprenader och hyr hjälpmedel och maskiner från andra företag inom tjänstesektorn. Företagen köper också avfallshantering. När det gäller output från teknik konsulter, sker en övergång från ritningar till modeller, speciellt när det gäller maskinstyrning där 3D underlag skall tas fram och användas i produktionen. Andra mått än monetära kan ju vara antalet köpta projekteringstimmar.

### 6.2.5 Miljöeffekter, ej prissatta

Exempel på idag ej prissatta miljöeffekter är:

- Emissioner under produktionstiden från maskiner och från trafikstörningar p g a köer och omledningsvägar, växthusgaser (CO<sub>2e</sub>), kolväten, partiklar. Effekten kan prissättas med samma system som används i de samhällsekonomiska analyserna som föregår investeringsbeslut.
- Sänkning eller kontaminering av grundvatten under produktionen
- Störande buller från produktionen i tätbebyggda områden

## 6.3 Exempel på effektivitetsmått

När det gäller effektivitetsmått bör man koncentrera på att mäta realiseringen av projektet eftersom effekten av projektet utvärderas i de samhällsekonomiska analyserna som föregår investeringsbeslutet.

Exempel på tidsmässiga effektivitetsmått för produktionen är:

$$\frac{BRA}{MT}; \frac{BRA}{PT}; \frac{BRA}{LT} \text{ [m}^2\text{/h]}$$

Relationen mellan de olika tiderna MT, PT och LT ger också en indikation av projektets eller de olika byggdelarnas mekaniseringsgrad.



På samma sätt kan effektivitetsmått relaterad till förbrukad energi hanteras

$$\frac{BRA}{ME}; \frac{BRA}{PE}; \frac{BRA}{LE} \text{ [m}^2\text{/kWh]}$$

I kapitel 5.2 har också ett antal effektivitetsmått för broar definierats i jämförelsestudien av broar byggda på 70-talet och 2000-talet som bygger på materialmängder.

$$\frac{BRA}{m^3} \text{ [m}^2\text{/m}^3\text{]}; \frac{BRA}{ton} \text{ [m}^2\text{/ton]}; \frac{BRA}{st} \text{ [m}^2\text{/st]}$$



## 7. Framtida forsknings- och utvecklingsbehov

Följande lista ger exempel på forsknings och utvecklingsbehov som framkommit vid diskussionerna i analysgruppen.

Behovet är att kunna göra säkrare prognoser avseende livslängd men också att kunna väga framtida underhållsinsatser mot investeringar idag.

- Bättre metoder för LCC - analys
- Material och metoder för att öka livslängden och minska reparationsbehoven.
- Bättre och effektivare reparationsmetoder samt metoder för tillståndsövervakning

Miljöbelastningar i form av energiförbrukning och koldioxidutsläpp blir allt viktigare.

- Hur kan vi bryta trenden med ökande materialmängder, d v s hur skall vi minska mängder (betong, armering, m m) för att minska energiförbrukningen eller CO<sub>2e</sub>
- Hur skall vi systematiskt mäta energiförbrukningen under byggskedet?
- LCA för broar

Industrialiserat anläggningsbyggande

- Hur tar vi vara på upprepningseffekten, bättre upphandlingar där en serie av anläggningskonstruktioner handlas upp i ett kontrakt.
- Hur kan vi öka andelen förtillverkning
- Hur påverkar den fysiska planeringsprocessen möjligheten till serietillverkning
- Kortare byggtider
- Kvalitetsfrågor – bättre och systematisk erfarenhetsåterföring

BIM för infrastrukturanläggningar:

- Hur skall olika teknikområden integreras i en BIM modell
- Hur kan man använda BIM för att skapa bättre produktionshandlingar.

Aktiv design, eller "the observational method", är ett annat område med stor potential, speciellt i projekt där det råder osäkerhet om geotekniska förhållanden<sup>28</sup>.

- För brobyggnad gäller det att skapa möjligheter för projektören/konstruktören att aktivt delta under byggskedet.

---

<sup>28</sup> Kadefors, A., Bröchner, J., (2008), Observationsmetoden i bergbyggande: Kontrakt och samverkan, SveBeFo Rapport K28.

- LCC verktyg som kan stödja beslutsprocessen för fördelning investering/underhåll under byggskedet.
- Former för funktionsentreprenader med helhetsåtagandet för drift och underhåll under längre tidsperioder (15-20 år)

---

## Referenser

- Ahlberg, S.O & Spade B, (2001), *Våra broar- en kulturskatt*. Bengt Persson Bokbinderi AB, Borlänge.
- Bell B. (2004), D1.2 European Railway Bridge Demography, Sustainable Bridges – Assessment for Future Traffic Demands and Longer Lives, [www.sustainablebridges.net](http://www.sustainablebridges.net)
- BQR (2010) Best Practice Tool. Nätbaserad modell. Rådet för Byggkvalitet, <http://www.bqr-bestpractice.se>, (2010-09-04)
- Ditrani, M (2009), Improving transportation investment decisions through life cycle cost analysis: comparative LCCA of bridges, Master thesis in Civil Engineering, LTU, 2009:189
- Förnyelse i anläggningsbranschen, FIA, [www.fiasverige.se](http://www.fiasverige.se), (2010-09-04)
- Flyvbjerg B., Holm M. K. S, Buhl S. L., (2004). What causes cost overrun in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, Vol. 24, No. 1, 3–18
- Flyvbjerg B., Holm M. K. S, Buhl S. L., (2003). How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, Vol. 23, 71-88
- Gabrielsson, H. (2000), Broars gestaltning, en förstudie. Vägverket, avdelningen för bro och tunnel
- Gerentz, S. Heddelin, B. Frantzén, L, (1991), *Vägar : dåtid, nutid, framtid*. Borlänge, Vägverket.
- Glimskär, B., Höglund, P. E., Hörnfeldt, R. (1983) Utveckling av arbetsmetod för flytbetonggjutning, BFR-rapport R144:1983
- Jonsson J. (1996), *Construction site productivity measurements – Selection, application and evaluation of methods and measures*, Doctoral thesis 1996:18D, Division of Construction Management, Luleå University of Technology, 1996
- Kadefors, A., Bröchner, J., (2008), Observationsmetoden i bergbyggande: Kontrakt och samverkan, SveBeFo Rapport K28.
- KOM (2008) 311 Slutgiltig, 2008, Om fastställande av harmoniserade villkor för utsläppande av byggprodukter på marknaden, EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING
- KPI report for the minister for Construction, <http://www.berr.gov.uk/files/file16441.pdf>
- Mattsson, K-Å (2008), Integrated Bridge Maintenance - Evaluation of a pilot project and future perspectives, Doctoral Thesis in Civil and Architectural Engineering, KTH, TRITA-BKN. Bulletin 95, 2008
- Naturvårdsverket (2010), Återvinning av avfall i anläggningsarbeten, Handbok 2010:1

Olofsson, T., Toolanen, B., Jongeling, R., Woksepp, S., Simu, Kaja: (2007), Byggande av kulsinteranläggning MK3: processdesign, samverkansformer och IT-stöd, Teknisk rapport 2007:05, Luleå tekniska universitet

Rwamamara, R. och Simonsson P., (2007), Ergonomic exposures from the usage of conventional and self compacting concrete, Proceedings IGLC-17, July 2009, Taiwan.

Sandberg, E. (2009), Förenklad livscykelanalys för ett järnvägsprojekt - En studie av miljöpåverkan för projekt E7511, Examensarbete 2009:086 CIV, Luleå tekniska universitet

Simonsson P. (2008), *Industrial bridge construction with cast in place concrete – New production methods and Lean construction philosophies*, Licentiate Thesis 2008:17, Division of Structural Engineering, Luleå University of Technology, 2008

Simu, K., (2009), The construction site manager's impact on risk management performance, doktorsavhandling, Luleå Tekniska Universitet, ISBN 978-91-86233-00-6

SOU 2010:57, (2010), Effektivare planering av vägar och järnvägar

Huang A. L., Chapman R. E., Butry D. T. (2009), *Metrics and tools for measuring construction productivity: Technical and empirical considerations*, NIST Special Publication 1101, US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 2009

Trafikverkets BaTMan, Bridge and Tunnel Management system, Handbok Manual, <https://batman.vv.se> (2010-01-20).

Trafikverket (2009), Effektsamband för vägtransportsystemet, VV publikation 2009:150

Thomas, H., R., Yiakoumis, I. (1987) Factor model of construction productivity, *Journal of Construction Engineering and Management*, 113(4), 623-639

## Bilaga 1 Intervjumall

### GRUNDLÄGGANDE FAKTA

Bro (benämning, läge)

Brotyp

Byggår (från- till-)

Entreprenadform

Byggherre

Konsulter

Huvudentreprenör:

Underentreprenörer:

Mängder

Form	m <sup>2</sup>		
Ställning (typ och mängd)			
Armering,			
Slak	ton		
spänn	ton		
Betong			
UV	m <sup>3</sup>		
Stöd	m <sup>3</sup>		
Överbyggnad	m <sup>3</sup>		
Stål för konstruktion	ton		
Stål för spont och liknande	ton		
Pålar	m	antal	typ
Schakt	m <sup>3</sup>		
Muddring	m <sup>3</sup>		
Fyllning	m <sup>3</sup>		
Övrigt			

FRÅGOR	SVAR
<p>Organisation:</p> <p>Tjm hos beställaren på platsen</p> <p>Tjm hos entreprenören</p> <p>Konsulter</p> <p>Hur sköttes kontrollen?</p> <p>Viktigaste underentreprenörer</p>	
<p>Omkostnader:</p> <p>Om procentsiffra, vad ingår i det gemensamma?</p> <p>Bodar</p> <p>Kranar</p> <p>Andra maskiner</p>	
<p>Grundläggning:</p> <p>Under vatten</p>	



<p>Pålar, m/tim (slagning e.dyl)</p> <p>Platta, schakt, spont</p> <p>Ev. kassun eller liknande</p> <p>Över vatten (på land), schakt, spont</p>	
<p>Underbyggnad:</p> <p>Pelare, tvärbalkar m.m. kort beskrivning av ev. speciella omständigheter</p>	
<p>Form och Ställning:</p> <p>Typ av ställning</p> <p>Typ av form</p> <p>Formsättning underbyggnad m<sup>2</sup>/tim</p> <p>Formsättning överbyggnad m<sup>2</sup>/tim</p>	

Armering, slak:  Klippt och bockat, mängd      ton  Platstillverkning, mängd      ton  Inläggning tim/ton om möjligt uppdelat På t.ex. plattor, pelare och överbyggnad	
Armering, spänn:  Inläggning, tim/ton  Uppspänning tim/ton  Injektering tim/ton	
Gjutning:  Gjutmetoder, kran pump m.m.  Plattor  Landfästen  Pelare	

Överbyggnad	
Kapaciteter m <sup>3</sup> /tim	
Plattor	
Landfästen	
Pelare	
Överbyggnad	
Komplettering:	
Isolering	
Beläggning	
Räcken	
Belysning	
Gjordes något särskilt för estetiken?	
Trafikomläggningar m.m.?	

<p>Sjöanordningar:</p> <p>Ponton</p> <p>Åtgärder för sjöfart</p> <p>Transport personal, material m.m.</p>	
<p>Övriga frågor</p>	