



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Klimatsmart brobyggande med dagens tillgängliga teknik – Råd och vägledning i ny rapport

Downloaded from: <https://research.chalmers.se>, 2026-04-04 23:42 UTC

Citation for the original published paper (version of record):

Al-Ayish, N., Ekström, D., Uppenberg, S. (2017). Klimatsmart brobyggande med dagens tillgängliga teknik – Råd och vägledning i ny rapport. *Bygg & Teknik*, 2017(7): 12-17

N.B. When citing this work, cite the original published paper.



Klimatsmart brobyggande med dagens tillgängliga teknik

– Råd och vägledning i ny rapport

Projektet visar att med ett aktivt och medvetet klimatarbete i samverkan mellan alla aktörer i värdekedjan finns det ofta möjligheter att reducera klimatbelastningen från en vanlig plattrambro med i storleksordningen 50 procent. Om klimataspekten däremot inte beaktas vid utformning och val av produkter visar projektresultaten att det finns risk att klimatbelastningen ökar med samma storleksordning.



Klimatpåverkan från transportinfrastrukturen (byggande, drift och underhåll) är betydande. I Sverige står den för cirka 5-10 procent av väg- och järnvägstransporternas totala klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv. En stor del av utsläppen från byggande av vägar och

järnvägar kommer från tillverkningen av stål och betong som används i broar och andra byggnadsverk.

För att kunna nå de nationella miljö kvalitetsmålen har Trafikverket sedan 2016 infört långsiktiga krav på minskning av utsläpp av klimatgaser från byggande, drift och underhåll av infrastruktur. Speciellt för broar och andra byggnadsverk bedöms reduktionspotentialerna vara stora bara genom att tillämpa dagens bästa tillgängliga teknik. Trafikverkets mål med kraven är

att klimatgasutsläppen från byggande och underhåll av transportinfrastruktur, jämfört med ett utgångsläge 2015, ur ett livscykelperspektiv ska minska med 15 procent till 2020, med 30 procent till 2025 och att nettoutsläppen år 2045 ska vara noll.

Projektet "Klimatoptimerat byggande av betongbroar"

Under 2016 – 2017 genomfördes projektet Klimatoptimerat byggande av betongbroar i samverkan mellan:

- Trafikverket
- Skanska
- WSP
- NCC
- Celsa Nordic
- Cementa



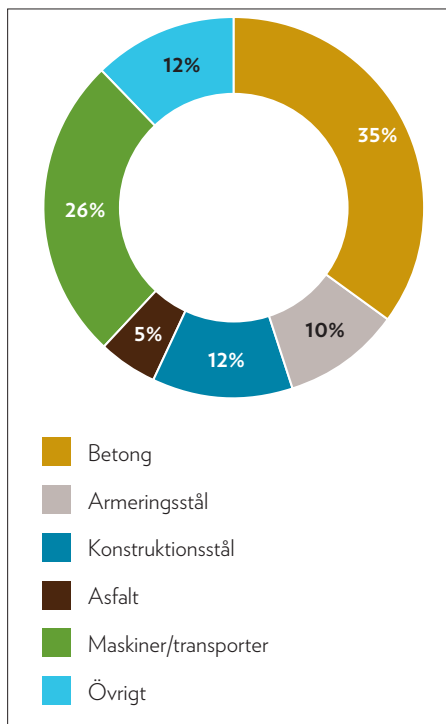
Nadia Al-Ayish
RISE



Stefan Uppenberg
WSP



Daniel Ekström
WSP



Figur 1: Källor till utsläpp av klimatgaser (ur livscykelperspektiv) från byggande av infrastruktur. Från klimat- och energikalkyl för Nationell Transportplan 2014-2025. WSP

- Thomas Concrete Group
- Strängbetong
- RISE CBI Betonginstitutet
- SBUF

Projektet hade utöver dessa en referensgrupp med ett stort antal experter som har gett synpunkter under projektets gång. Syftet med projektet var att undersöka hur klimatsmart man kan bygga vanligt förekommande betongbroar med dagens bästa tillgängliga teknik för utformning och dimensionering samt materialval, och vilka konkreta möjligheter som finns att uppfylla Trafikverkets klimatkrav genom åtgärderna:

- Produktval armering
- Produktval cement
- Tillsatsmaterial i betong
- Val av betongkvalitet och -typ
- Konstruktiv optimering av mängder
- Minimering av spill

Tabell 1: Fördelning av Trafikverkets broar med spännvidd 20 m eller kortare.

Antal broar <=20m		
Platrambro	5 681	46%
Rörbro	3 455	28%
Plattbro	1 752	14%
Valvbro	932	7%
Balkbro	376	3%
Balkrambro	247	2%
Bågbro	3	0%
Övriga	3	0%
Total	12 449	100%

- Optimering av transporter
- Estetiska val
- Optimering ur underhållsperspektiv
- Val av produktionsmetod

Projektets resultat har i slutrapporten sammanfattats i praktiskt användbara råd och vägledning till alla aktörer i värdekedjan som kan bidra till minskade klimatgasutsläpp i broprojekt – beställare, konsulter, entreprenörer och materialleverantörer. I denna artikel sammanfattas ett antal av de åtgärder som studerats.

Platrambron – Sveriges vanligaste brotyp

För att tydligt kunna beskriva de förbättringspotentialer som finns för minskning av klimatgasutsläpp var det viktigt att hitta ett typfall som representerar majoriteten av dagens brobyggande. Avsikten med att definiera ett typfall ligger till grund för att identifierade åtgärder ska vara relevanta och möjliga att implementera i det dagliga arbetet. Baserat på erfarenheter från branschen fanns redan tidigt brotypen platram med som ett potentiellt alternativ då denna är en vanligt förekommande brotyp i Sverige. Men hur vanlig är den egentligen och hur tydligt kan typfallet specificeras? Av Trafikverkets broar utgör de broar med en konstruktionslängd på 20 m eller mindre nästan 75 procent av det totala brobeståndet. Den siffran återspeglar också fördelningen för nyproducerade broar. Sett till antal byggda broar med spännvidd under 20 m domineras dessa av platrammen som utgör cirka 46 procent av

det totala beståndet, se *tabell 1*. En platrambro utformas i princip enligt *figur 2*.

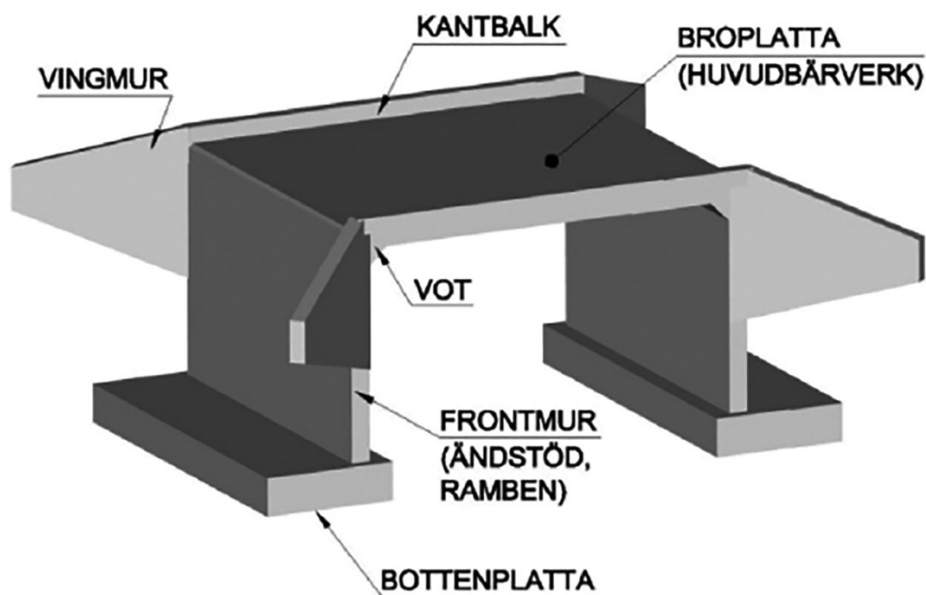
Livscykelanalys

För att beräkna vad olika åtgärder har för inverkan på en bros totala klimatpåverkan har vi använt oss av livscykelanalys (LCA) som följer EN 15804. Denna standard beskriver hur en LCA ska gå till för byggprodukter och utgör ett underlag för att ta fram miljövarudeklarationer inom samma kategori. Den här typen av LCA gör det smidigare att beräkna betongens miljöpåverkan på en detaljerad nivå då många företag, speciellt cementföretag, har tagit fram miljövarudeklarationer för sina produkter.

Den analys som har utförts i projektet är en så kallad känslighetsanalys där man varierar olika parametrar för att se hur mycket det slår ut på totalen. Som utgångspunkt har vi använt betong och armering enligt Trafikverkets modell för klimatkalkyl v.4, vilket innebär betong utan tillsatsmaterial med anläggningscement från Cementa (CEM I 42,5 N-SR 3/MH/LA) och armering tillverkad med genomsnittlig europeisk teknik.

Unika förutsättningar

De sex brofallen som har tagits fram i projektet är alla unika med olika dimensioner, exponeringsklasser, betongspecifikationer och armeringsmängder. När vi har beräknat klimatpåverkan har vi alltid utgått från dessa förutsättningar.



Figur 2: Principiell utformning av platrambro (Trafikverket, handbok BaTMan)

På så sätt kan vi ta reda på om det finns några avvikelser och vad de i sådana fall kan bero på.

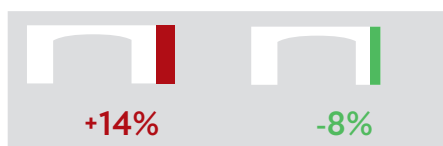
Betongens betydelse

Betongens växthusgasutsläpp upp-kommer främst från produktionen av cementklinker, en mellanprodukt och den huvudsakliga komponenten i cement. Ungefär 35 procent klimatpåverkan kommer från förbränning av bränslen medan de resterande 65 procent kommer från kalcineringsprocessen där den bundna koldioxiden frigörs genom upphettning. Genom att ersätta en del av cementklinkern med reaktiva restprodukter från industrin fås ett cement med betydligt lägre koldioxidbelastning. Exempel på sådana material är masugnsslagg och flygaska. En klinkerersättning kan antingen göras vid tillverkning av cement eller vid tillverkning av betong. Vid tillsättning av tillsatsmaterial i samband med tillverkning av cement blir produkten ett cement, där cementets sammansättning och egenskaper regleras i den europeiska cementstandarden SS-EN 197-1. Vid tillsättning i betongen regleras detta i den SS-EN 206 och SS 137003. Det finns även andra sätt att minska klimatpåverkan från betongen. Det som eftersträvas egentligen är en total minskning av cementklinker i hela konstruktionen men minst lika viktigt är det även att se över var råmaterialen kommer ifrån.

Betongen i detta projekt har tagits fram i samarbete med Thomas Concrete Group och är en fabriksbetong som gjuts på plats. Flygaska och slagg har tillsats enligt konceptet likvärdig prestanda hos bindemedelskombinationer i betongstandarden vilket innebär att cementklinkern ersätts med en lika stor mängd tillsatsmaterial. Nedan redovisas några av de råd och vägledningar baserade på resultatet av livscykelanalysen i projektet.

• Produktval cement

Kräv information om produktens klimatprestanda ur ett livscykelperspektiv, helst tredjepartsgranskad EPD enligt EN15804, och jämför vid val av produkt. Ju större andel betong brokonstruktionen har i förhållande till armeringsmängd, desto större genomslag har valet. Ett andrahandsalternativ till produktspecifik klimat-



information kan vara att välja cement tillverkad med torr cementtillverkningsprocess före cementtillverkad med våt process för minskad klimatbelastning.

• Tillsatsmaterial i betong

Eftersträva så låg andel cementklinker som möjligt och utnyttja de möjligheter till inblandning av tillsatsmaterial, som flygaska och slagg (GGBS) ger. Hur stora mängder tillsatsmaterial som får tillsättas regleras i SS137003 och AMA Anläggning, beroende på vilka exponeringsklasser som föreskrivs. I AMA Anläggning 17 kommer regleringar rörande tillsatsmaterial troligen att vara harmoniserade med SS137003.



• Betongkvalitet och typ

Välj så låg betongkvalitet som möjligt, och därmed så högt vct som möjligt, enligt vad som tillåts i SS137003. Undvik att välja högre betongkvalitet än vad som krävs för aktuell exponeringsklass (vilket kan vara lockande av rationalitets- och produktionstekniska skäl om olika brodelar har olika exponeringsklasser).



• Kombination betongåtgärder

Se över möjligheterna att kombinera produktval cement, val av betongkvalitet och -typ samt att minimera mängden cementklinker genom inblandning av tillsatsmaterial så att klimatbelastningen minimeras.



Armeringens betydelse

Armeringsstålets klimatpåverkan varierar beroende på tillverkningsprocess samt vilka energislag som används vid tillverkning. Vanlig kolstålsarmering är stålprodukt som med fördel kan produceras från skrot. Skrotbaserat stål tillverkas i ljusbågsugnar som drivs med elkraft vilket, utöver en resursbesparing i råmaterial, även kan ge stora besparingar

i klimatpåverkan beroende på elens ursprung. I denna studie jämförs skrotbaserad armering från Norge och Italien samt okänt stål där köparen inte har kontroll över var stålet kommer ifrån och hur det är tillverkat. Det okända stålet är ett globalt medelvärde för stål-tillverkning hämtat från LCA databasen ecoinvent. Följande råd och vägledning för val av armering har tagits fram:

- Det finns stora skillnader i klimatgasutsläpp mellan olika specifika produkter, så val av produkt spelar mycket stor roll. Kräv information om produktens klimatprestanda ur ett livscykelperspektiv, helst tredjepartsgranskad EPD enligt EN15804, och jämför vid val av produkt. Ju större andel armering brokonstruktionen har i förhållande till betongmängd, desto större genomslag har valet. Ett andrahandsalternativ till produktspecifik klimatinformation kan vara att beakta följande vid produktval:

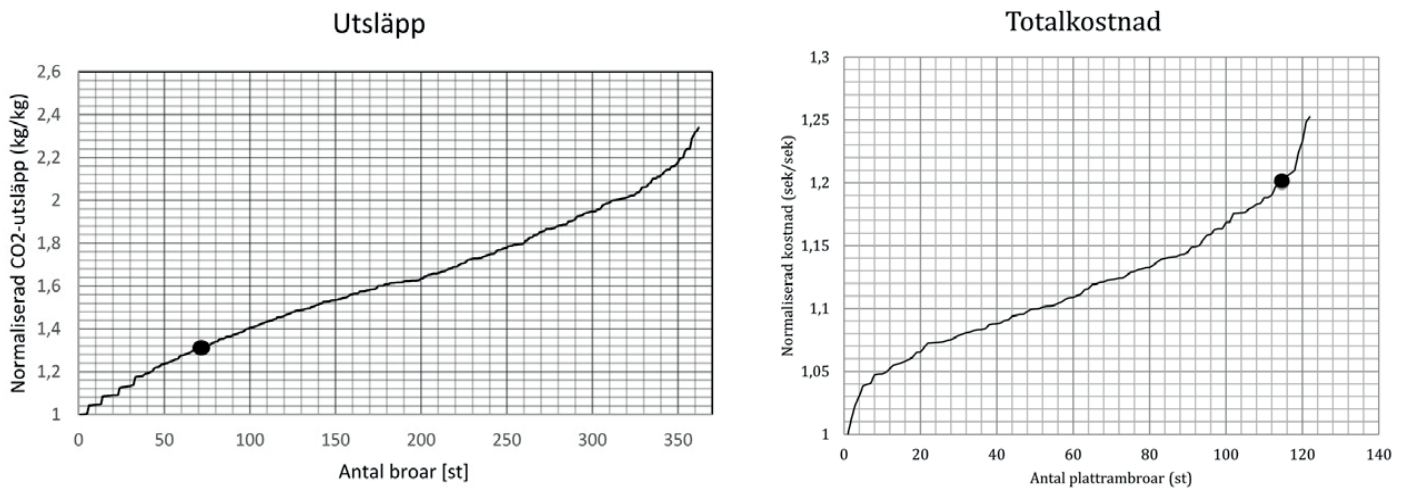
- Europeisk armering framför utom-europeisk
- Så hög andel återvunnet stål som möjligt i tillverkningsprocessen
- Så hög andel förnybar energi som möjligt i tillverkningsprocessen



Brounderhållets betydelse

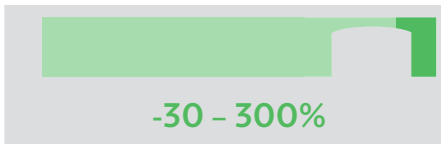
En "underhållsfri" utformning av en plattambro studerades i projektet, och definierades som att armering i kantbalkar och ytarmring i överbyggnad utförs med korrosionsskyddad armering, samt att det täckande betongskiktet då kan minskas. Med de förutsättningarna antogs att kantbalkar inte behöver underhållas eller bytas under bronns livslängd, samt att tätskikt inte behövs, vilket får till följd att bron inte behöver stängas av för underhåll och trafikstörningar kan undvikas. Om man för bronns hela livslängd beaktar klimatgasutsläpp från såväl material för byggande och underhåll av bron, som från vägtrafiken på bron, visar beräkningsresultaten på att:

- I högt belastade trafikmiljöer kan en brokonstruktion med korrosionsskyddad armering i kantbalkar och ytarmring, eller annan konstruktion som säkerställer att tätskikt och kantbalkar inte behöver bytas under livstiden, ge stor klimatbesparing på grund av att framtida avstängningar för underhållsarbeten undviks och därmed trafikomledningar och -störningar.

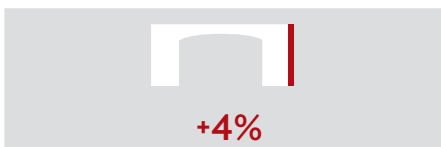


Figur 3: Resultatet från en parameterstudie påvisar 20-30 procent reduktionspotential för materialkostnad och CO2 ekvivalenter i förhållande till vald utformning av respektive bro. [1]

Det finns dock stora osäkerheter kring hur stora klimatgasutsläppen blir från underhållsåtgärder som ligger 30 år, 60 år eller ännu längre fram i tiden.



- I miljöer med låg störningskänslighet ger en korrosionsskyddad utformning däremot en något högre klimatbelastning.



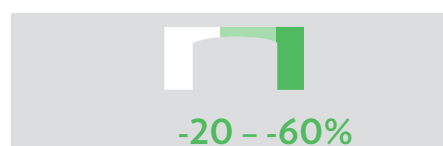
- Vid användning av korrosionsskyddad armering bör möjligheterna att minska täckande betongskikt tillvaratas för minskad klimatbelastning.

Broutformningens betydelse

Klimatgasutsläpp vid byggande av betongbroar är direkt relaterat till de mängder betong och armering som används. Således är också optimering med avseende på materialmängder en viktig åtgärd för att minimera klimatgasutsläppen. Som brokonstruktör har man alltid, mer eller mindre, avsikten att optimera. Till exempel genom avkortning av armering för maximalt utnyttjande av materialet, geometrisk optimering utifrån mängder, rationalitet och enkelhet i utförandet. Konstruktören har också stor individuell inverkan vilket ger många möjliga lösningar på ett och samma problem eller utmaning. Det kan ge effekten att det saknas standardlösningar eller att alla lösningar

upplevs som unika. Konstruktören är dock ytterst ömsesidigt beroende av andra aktörer och discipliner i sitt arbete vilket kan ge resultatet att man använder sig av "både hängslen och livrem". Optimeringar sker generellt mot initialkostnad/investeringskostnad vilket ofta leder till suboptimeringar med avseende på möjligheter att skapa flexibla och skalbara lösningar för framtida behov, samt utformning för framtida återanvändning återvinning. Möjligheterna till optimering styrs i slutändan mycket av tillgänglig tid och resurser beroende på avtals-/entreprenadformer, samt av hur aktörer samverkar kring ett byggnadsverks utformning och konstruktion.

- Utnyttja möjligheter till optimering genom parametrering, digitalisering och arbetssätt för samverkan och en effektiv, iterativ design- och konstruktionsprocess. Stora möjligheter till minskad klimatbelastning finns genom att inkludera materialens klimatbelastning som ytterligare en parameter (utöver kostnad, byggbarhet etc.) i optimeringsarbetet.
- Optimeringsarbetet bör studera möjligheter till flexibla och skalbara lösningar, samt möjligheter att bygga vidare på konstruktioner.



Möjligheter med parametrering och digitalisering

Parametrering och digitalisering är två teknikområden/arbetsätt med stora möjligheter att förbättra förutsätt-

ningarna för konstruktiv optimering med avseende på mängder och klimatgasutsläpp. Ofta väljs dimensionerande konstruktionshöjder utifrån tillgänglig höjd, det vill säga att konstruktionshöjden ofta blir den maximalt möjliga. Med de geometriska förutsättningarna låsta så kvarstår att armeringsmängden i tvärsnittet anpassas till den valda höjden. Den optimeringen som sker då är oftast mot en minimerad mängd armering utan några särskilda utvärderingar av övriga möjligheter. Om möjligheten till att hitta "alla" tänkbara lösningar istället utnyttjas kan ett grundligare beslutsunderlag för optimering skapas. Genomgången material från utförda parameterstudier ger sammantaget ett entydigt resultat, att det finns en reduktionspotential mellan 20-60 procent i materialkostnad och klimatgasutsläpp jämfört med den utformning som i verkligheten har valts för respektive bro. [1]

En möjlig åtgärd inom ramen för ett sådant optimeringsarbete är att se över vilket förhållande mellan mängd armering och mängd betong som ger lägst klimatbelastning. LCA-beräkningarna visar att det med oförändrad tvärsnittskapacitet, bara genom att anpassa tvärsnittets utformning där armeringsmängden ökades och betongmängden minskades, gav en klimatbesparing på cirka 15 procent för överbyggnaden. Det är rimligt att anta att samma ändring av förhållandet armering/betong kan göras även för övriga brodelar, vilket skulle ge en besparingspotential på cirka 15 procent för hela bron. Med kännedom om delmaterialens inverkan på totalen, i detta fall klimatpåverkan och kostnad,

ges inblandade aktörer möjlighet att också ta hänsyn till detta i sina val. Att utnyttja redan idag tillgänglig teknik ger en möjlighet att utvärdera ett större antal parametrar som påverkar slutresultatet och därmed också ge ett mer nyanserat och objektivt beslutsunderlag vid optimering. Genom att redan tidigt i projekteringen inkludera reflektion över den påverkan på klimatgasutsläpp som materialanvändning ger, finns med andra ord en möjlighet att hitta vägar för att optimera även med avseende på klimatbelastning.

Viktigt med samverkan mellan aktörer och kravställning i ett tidigt skede

Studien visar att det går att påverka hur mycket växthusgas som släpps ut från plattrambroar genom åtgärder baserade på dagens tillgängliga teknik. I relation till Trafikverkets referensscenario går det att minska klimatpåverkan med en storleksordning på 50 procent.

Det som krävs för att minska klimatpåverkan från betongkonstruktioner är att man ställer klimatkrav tidigt i projektet och att det finns en samverkan mellan alla aktörer i värdekedjan be-

ställare-konsult-entreprenör-materialleverantör för att identifiera och skapa förutsättningar för att realisera dessa reduktionspotentialer. Ingen av de aktörer som samverkat i projektet hade på egen hand kunnat bena ut de komplicerade samband mellan krav från Trafikverket, eurokoder, betongstandarder, konstruktionsförutsättningar, estetiska krav, produktionsförutsättningar, produktval med mera som analyserats här. Det finns med andra ord en stor potential till förbättring av hur branschen arbetar gemensamt och systematiskt med att inkludera även klimataspekten i det normala arbetet med att optimera brobyggande. ■

Läs mer:

Den fullständiga slutrapporten med Råd & vägledning kan laddas ned från:

www.sbuf.se – Projekt 13207

www.sgbc.se/docman/hi-2017/915-klimatopt-brobyggande-170515/file

Referens:

[1] J. Difs and F. Karlsson, “Preliminärdimensionering av plattrambroar med parallelliserade FEM-analyser enligt SBD,” Examensarbete Chalmers Tekniska Högskola, 2015