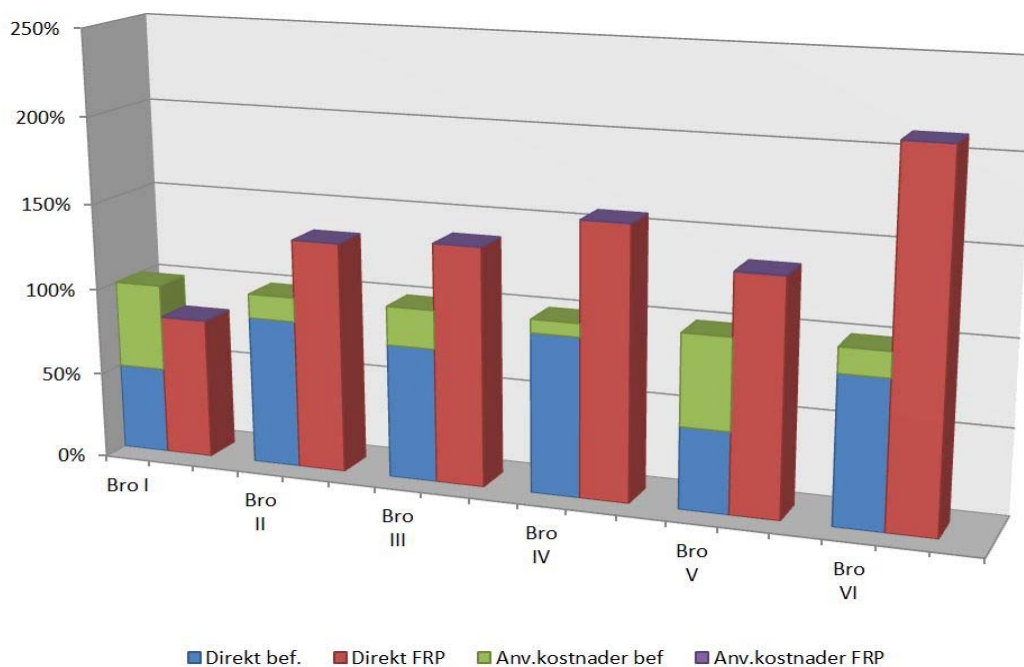




En jämförande studie om kostnadseffektiviteten hos fiberarmerade kompositbroar

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

MARCUS HJELM
NICLAS KARLSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2014
Examensarbete 2014:136

En jämförande studie om kostnadseffektiviteten hos fiberarmerade kompositbroar

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

MARCUS HJELM

NICLAS KARLSSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2014

En jämförande studie om kostnadseffektiviteten hos fiberarmerade kompositbroar

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

MARCUS HJELM
NICLAS KARLSSON

© MARCUS HJELM, NICLAS KARLSSON 2014

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2014:

Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Sammanställning av livscykelkostnader för de undersökta broarna.

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2014

En jämförande studie om kostnadseffektiviteten hos fiberarmerade kompositbroar

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

MARCUS HJELM

NICLAS KARLSSON

Institutionen för Bygg- och miljöteknik

Avdelningen för konstruktionsteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Kompositmaterialet, fiberarmerad polymer (FRP) används i många länder som konstruktionsmaterial i broar. Detta material kan användas för att bygga lättviktiga broar och har många fördelaktiga egenskaper gentemot traditionella broar. Materialet är dyrare än konventionella konstruktionsmaterial. Därför undersöks i detta examensarbete under vilka förhållanden det är mer kostnadseffektivt att använda FRP som konstruktionsmaterial. För att genomföra detta måste kostnaden under hela livscykeln för diverse broar undersökas samt både direkta kostnader och användarkostnader ingå. Därför jämförs i detta examensarbete sex konventionella broar med sex broar i FRP, framtagna av författarna, med avseende på kostnadseffektivitet.

Rapporten visar att FRP som konstruktionsmaterial är användbart då vägar med mycket trafik omger bron och ger stora användarkostnader vid avstängningar, exempelvis vid reparationer och underhåll. Eftersom grundläggning är en stor kostnadsbärare kan man dra fördel av FRP-materialets låga vikt då grundläggning kan reduceras vid användning av FRP. Vid stora spännvidder, exempelvis spännvidder över 20 meter, blir den direkta investeringskostnaden på grund av stora dimensioner på FRP-däcket, så hög att FRP inte är ekonomiskt försvarbart.

Nyckelord: FRP, fiberarmerad polymer, livscykelkostnadsanalys,

A comparative study of the cost effectiveness of fibre-reinforced composite bridges

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

MARCUS HJELM

NICLAS KARLSSON

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Structural Engineering

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The composite material, Fibre-Reinforced Polymers (FRP) is used in many countries as construction material in bridges. This material can be used to build light weight bridges and has many favorable properties compared to traditional bridges. FRP is initially more expensive than conventional construction materials. Therefore does this thesis investigate during which circumstances it is more cost effective to use FRP as construction material. To do this, the life-cycle cost for the different bridges must be investigated with regard of both direct and indirect costs. In this thesis, six conventional bridges are compared with six FRP-bridges, compiled by the authors, in regard to cost-effectiveness.

The thesis shows that FRP is useful in locations surrounded of much traffic which yields big user costs due to interruptions in traffic. These interruptions are caused by reparations, maintenance and construction of the bridges. Since the foundation is a big cost object, the FRP's light weight properties is useful to reduce the length and amount of piles. Where large spans are needed, i.e. spans over 20 meters, the direct investment cost gets too big due to increased dimensions of the FRP-deck for the FRP-alternative to be economically justifiable.

Key words: FRP, Fibre-Reinforced Polymers, life-cycle cost analysis

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME	II
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INLEDNING	1
1.1 Syfte	1
1.2 Metod	1
1.3 Avgränsning	2
2 LIVSCYKELKOSTNADSANALYS	3
2.1 Direkta kostnader	4
2.2 Användarkostnader	4
2.3 Samhällskostnader	5
2.4 Diskonteringsränta	5
3 FIBERARMERAD POLYMER – FRP	6
3.1 Introduktion	6
3.2 InfraCore Inside	7
4 JÄMFÖRANDE STUDIE MELLAN SEX OLIKA BROAR	10
4.1.1 Urval av broar	10
4.1.2 Utformning av FRP-alternativen	11
4.1.3 Indata till livscykelkostnadsanalysen	12
4.1.4 Känslighetsanalys	15
5 RESULTAT	16
5.1 Bro I – 14-1550-1 - Mölndal	16
5.1.1 FRP-alternativ	17
5.1.2 Livscykelkostnader	18
5.2 Bro II – 15-1591-1 – Lilla Edet	19
5.2.1 FRP-alternativ	19
5.2.2 Livscykelkostnader	20
5.3 Bro III – 14-1670-1 - Hogstorp	21
5.3.1 FRP-alternativ	22
5.3.2 Livscykelkostnader	23
5.4 Bro IV – 15-1726-2 - Gårdaån	24
5.4.1 FRP-alternativ	25
CHALMERS, Bygg- och miljöteknik, Examensarbete 2014:136	III

5.4.2	Livscykelkostnader	26
5.5	Bro V – 14-879-1 – Nösnäs	27
5.5.1	FRP-alternativ	27
5.5.2	Livscykelkostnader	28
5.6	Bro VI – 15-1520-1 - Häggån	29
5.6.1	FRP-alternativ	29
5.6.2	Livscykelkostnader	30
5.7	Sammanställning	31
5.8	Känslighetsanalys	32
5.8.1	Diskonteringsränta	32
5.8.2	Justerad hastighet	33
5.8.3	Årsdygnstrafik	34
5.8.4	FRP-priset	35
6	ANALYS OCH DISKUSSION	36
7	SLUTSATS	38
8	REFERENSER	39

Bilagor

BILAGA A – MÄNGDBERÄKNING – BRO I – 14-1550-1
BILAGA B – BALKAR – BRO I – 14-1550-1
BILAGA C – MÄNGDBERÄKNING – BRO II – 15-1591-1
BILAGA D – MÄNGDBERÄKNING – BRO III – 14-1670-1
BILAGA E – BALKAR – BRO III – 14-1670-1
BILAGA F – MÄNGDBERÄKNING – BRO IV – 15-1726-2
BILAGA G – BALKAR – BRO IV – 15-1726-2
BILAGA H – MÄNGDBERÄKNING – BRO V – 14-879-1
BILAGA I – MÄNGDBERÄKNING – BRO VI – 15-1520-1
BILAGA J – LCCA – BRO I – 14-1550-1
BILAGA K – LCCA – BRO II – 15-1591-1
BILAGA L – LCCA – BRO III – 14-1670-1
BILAGA M – LCCA – BRO IV – 15-1726-2
BILAGA N – LCCA – BRO V – 14-879-1
BILAGA O – LCCA – BRO VI – 15-1520-1
BILAGA P – TRAFIKOMLÄGGNINGAR
BILAGA Q – RITNINGAR

Förord

Detta examensarbete skrevs på Institutionen för Bygg- och miljöteknik på Chalmers Tekniska Högskola under våren 2014. Arbetet genomfördes tillsammans med Trafikverket och experter från Chalmers och Fibercore Europe.

Vi skulle vilja tacka våra handledare Valbona Mara, Joosef Leppänen och Mohammad Al-Emrani från Chalmers. Vi vill även tacka för den hjälp vi fått från Hanna Jonsson, Fredrik Olsson och Peter Harrysson från Trafikverket samt Martijn Veltkamp från Fibercore Europe.

Göteborg, augusti 2014

Marcus Hjelm & Niclas Karlsson

1 Inledning

Broar har sedan urminnes tider använts av människan för att ta sig förbi hinder. Från början användes enkla lösningar som trädstammar och stenar men det var inte förrän romartiden de mer tekniskt avancerade varianterna utvecklades. Romarna utnyttjade valvverkan och kunde bygga stenvalv med spännvidder på 30 meter redan innan Kristus födelse. Valvbroar av sten var länge de tekniskt mest avancerade broarna men under den industriella revolutionen, när kunskapen att utvinna järn uppstod, tog det över som konstruktionsmaterial. I takt med att stålet blev bättre, samtidigt som förmågan att effektivt ta hand om laster utvecklades, byggdes mer avancerade brokonstruktioner. Fackverkskonstruktioner i stål blev ett viktigt steg i utvecklingen. Ett annat viktigt steg var utnyttjandet av kompositer då armerad betong började användas i slutet av 1800-talet (Nationalencyklopedin, 2014).

Dagens ingenjörer jobbar för att utveckla brobyggarkonsten ytterligare. Många av de broar som finns i dagens samhälle är äldre konstruktioner som inte är utformade för de laster och påfrestningar som de utsätts för idag (Mara V., 2014). Flertalet av dessa är belägna i städer med stora trafikströmningar och kommer behöva repareras eller helt bytas ut för att fortfarande kunna användas på ett säkert sätt. Därför kommer det bli oerhört viktigt att dessa kan ersättas på ett snabbt och effektivt sätt för att minimera trafikstörningarna (Mara V., 2014).

Intresset för att framställa nya lätthanterliga kompositmaterial har därför ökat. Sedan fiberarmerad polymer, FRP, utvecklades under mitten av 1900-talet har intresset för att använda materialet i brokonstruktioner växt fram. FRP erbjuder lätta och styva konstruktioner som kan förtillverkas och transporteras till byggplatsen. Där kan elementen snabbt byggas ihop och trafikstörningarna minimeras (Poneta P. et. al., 2012).

De fördelar FRP för med sig är något Trafikverket insett och de har därför som avsikt att inom några års tid bygga en FRP-bro i Sverige som då skulle bli den första.

1.1 Syfte

Rapportens syfte är att utvärdera under vilka omständigheter en bro är mest kostnadseffektiv, då överbyggnaden utgörs av FRP. Eftersom en stor kostnadsbärare för en bro livscykel är underhåll kan stora besparingar göras då FRP kräver mindre underhåll.

Detta åstadkoms genom att jämföra konventionella broars livscykelkostnader med motsvarande FRP-alternativ som tas fram. Totalt kommer sex befintliga broar undersökas där tre av dessa kommer utformas med stålbalkar och FRP-däck. För resterande tre kommer överbyggnaden utformas helt i FRP.

1.2 Metod

En litteraturstudie genomfördes för att få kunskap om hur en livscykelkostnadsanalys, LCCA, genomförs. Detta användes till att välja vilka verktyg och metoder som nyttjas i rapporten. Informationsfilmer och rapporter beträffande FRP studerades för att få kunskap om materialet som utvärderas.

Olika villkor för vilka broar som skulle utvärderas ställdes upp och utifrån dessa valdes sex lämpliga broar. Med hjälp av ritningar som tillhandahålls av Trafikverkets databas BaTMan genomfördes mängdberäkningar för de material som använts.

En viktig parameter i LCCA är användarkostnader, varför en representant från Trafikverket intervjuades.

En stor del av en bros totala kostnad utgörs av grundläggningen. Därför genomfördes en beräkning huruvida antalet pålar kunde reduceras för FRP-alternativen. Utifrån framtagna indata genomfördes en LCCA för vardera bro.

Med hjälp Fibercore Europe och deras Infracore Inside teknik för FRP togs ett brokoncept fram för broarnas FRP-alternativ och en LCCA genomfördes för varje alternativ. Resultaten från livscykelkostnadsanalyserna jämfördes för att ta fram det mest kostnadseffektiva alternativet.

Scenariot för jämförelsen utgår från att det ska göras en ombyggnad av den befintliga bron. Första alternativet blir att bygga bron på samma sätt som innan. Det andra alternativet kommer vara en bro med samma understruktur som innan men där överbyggnaden konstrueras i FRP. Detta går ej att tillämpa på plattrambroar i praktiken då en sådan teknik för FRP ännu inte har utvecklats. I rapporten görs en förenkling och samma underbyggnad kommer användas även för plattramalternativen. Då den nya bron byggs på samma plats skulle det förmodligen inte krävas några nya pålar men då en del av rapporten syftar till att jämföra hur mycket som kan sparas i grundläggningen med en lättare överbyggnad, kommer ändå nya pålar beaktas i beräkningen.

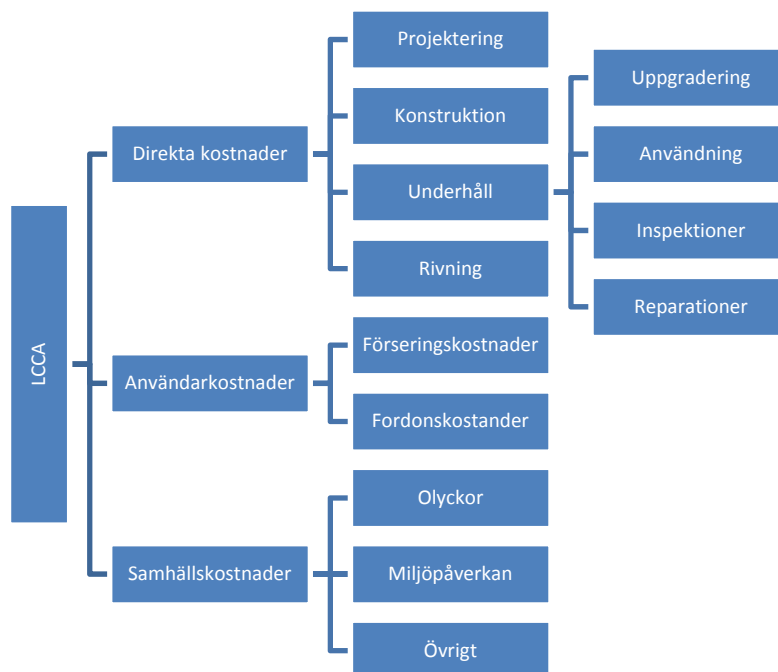
1.3 Avgränsning

Rapporten begränsas till vägbroar eftersom det är inom detta segment av broar Trafikverket är mest intresserade av.

Ingen hänsyn till estetik beträffande FRP-alternativen har tagits då rapporten syftar till att utvärdera kostnadseffektiviteten.

2 Livscykelkostnadsanalys

Livscykelkostnaden är kostnaden för en produkt under hela dess livslängd. För en bro innebär det alla kostnader från planering till och med rivning, även kallat ”vagga till grav”. Kostnaderna delas upp i direkta kostnader, användarkostnader samt samhällskostnader enligt Figur 2.1.



Figur 2.1 Schematisk figur över kostnader för en bro livscykel (Återskapad av författarna (Salokangas, 2013)).

Användarna är de som utnyttjar broarna och som indirekt får betala för förseningar på grund av underhåll, olyckor och andra trafikstörningar (Salokangas, 2013).

Eftersom kostnaderna uppstår under olika tidpunkter under brons livscykel anpassas kostnaderna till ett nettonuvärde, NPV . Detta är en metod som baseras på att det är mer värdefullt att ha tillgång till pengar nu jämfört med i framtiden (Sagemo, A, 2013).

$$NPV = \sum_{n=0}^L \frac{C_n}{(1+r)^n} \quad (2.1)$$

där

NPV är livscykelkostnaden uttryckt som nettonuvärde

n är året som kostnaden uppstår

C_n är summan av alla kostnader år n

r är diskonteringsräntan, läs mer i Kapitel 2.4

L är livslängden.

2.1 Direkta kostnader

De direkta kostnaderna består av investeringskostnader, underhållskostnader och kostnader för omhändertagande av riven bro. För att förutspå framtida underhålls- och reparationskostnader görs antaganden baserade på äldre broar. De direkta kostnaderna beräknas med ekvation (2.2) och kombineras med ekvation (2.1) för att få kostnaderna i nettonuvärde (Salokangas L., 2013).

$$C_{direkt} = C_{investering} + C_{underhåll} + C_{rivning} \quad (2.2)$$

där

C_{direkt} är beställarens utgifter

$C_{investering}$ är alla investeringskostnader

$C_{underhåll}$ är underhålls- inspektions- och reparationskostnader

$C_{rivning}$ är rivningskostnader samt kostnader som uppstår vid omhändertagande av rivet material.

2.2 Användarkostnader

För användare, fordon och fraktgods uppstår indirekta kostnader vid trafikstörningar. Det är detta som kallas användarkostnader när man gör en LCC-analys. Vid exempelvis en reparation kan trafiken både på och under bron påverkas av vägarbeten, och förseningar uppstår. Användarkostnader delas upp i förseningskostnader, C_{TDC} , och fordonskostnader, C_{VOC} . När bil- och lastbilsförare spenderar extra tid i trafiken på grund av trafikstörningar uppstår förseningskostnader, detta eftersom arbetstimmar går förlorade. Förseningskostnaden kan beräknas enligt ekvation (2.3) (Safi, 2012).

$$C_{TDC} = T * ADT_t * N_t * (r_T w_T + (1 - r_T) w_p) \quad (2.3)$$

där

C_{TDC} är förseningskostnaden

T är förseningstiden för ett fordon (timmar)

ADT_t årsdygnstrafik (fordon/dygn)

N_t är antalet dagar arbetet kräver

r_T är andelen lastbilar av ADT

w_T är timpriset för en lastbil

w_p är timpriset för en bil.

Fordonskostnader är de kostnader som uppstår när ett fordon är igång onödig tid under förseningar på grund av förseningar. Kostnaderna avser bränsle, olja, underhåll samt värdeminskning och beräknas enligt ekvation (2.4)

$$C_{VOC} = T * ADT_t * N_t * (r_T O_T + (1 - r_T) O_p) \quad (2.4)$$

där

C_{VOC} är fordonskostnader

O_p är genomsnittlig kostnad för en personbil

O_T är genomsnittlig kostnad för en lastbil.

Kombination av ekvation (2.3) och (2.4) ger totala användarkostnader

$$C_{User} = T * ADT_t * N_t * (r_T(w_T + O_T) + (1 - r_T)(w_p + O_p)) \quad (2.5)$$

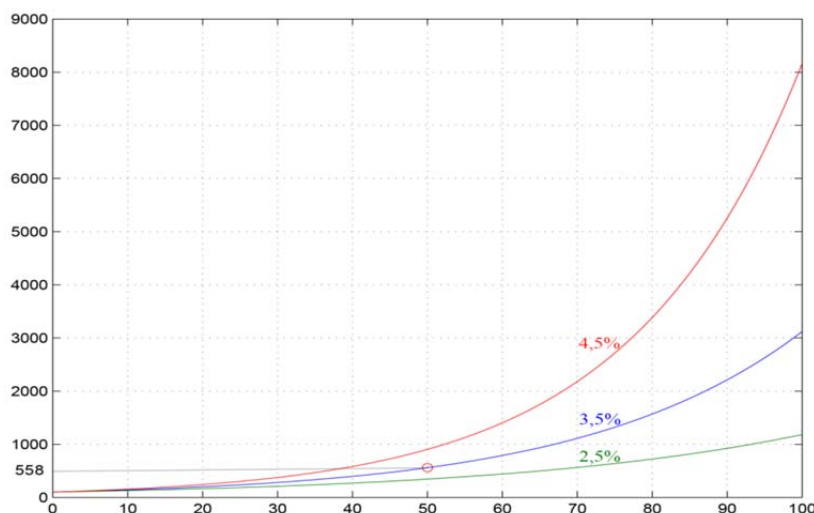
Den kombinerade timkostnaden för en personbil blir $w_p + O_p = 167 \text{ SEK/h}$ och motsvarande kostnad för en lastbil $w_T + O_T = 367 \text{ SEK/h}$ (Safi, 2012).

2.3 Samhällskostnader

Samhällskostnader består främst av kostnader på grund av olyckor och miljöskador. Eftersom antalet olyckor antas vara oberoende av vilket material en bro är byggd beaktas detta ej i rapporten.

2.4 Diskonteringsränta

Diskonteringsränta är den ränta som används för att räkna samman värdet av kostnader vid olika tidsperioder till en gemensam tidpunkt. Vanligen räknas kostnaden om till nutidsvärdet och Trafikverket rekommenderar att den samhällsekonomiska diskonteringsräntan är 3,5 %. (Trafikverket, 2012). Detta innebär att det är mer värt att ha pengar tillgängliga nu än i framtiden. Diskonteringsräntan kommer visa sig ge väldigt stort utslag i LCC-analysen eftersom förändringen av NPV är exponentiell. Exempelvis har 558 kronor om 50 år samma värde som 100 kronor idag vid 3,5 % diskonteringsränta, enligt Figur 2.2.



Figur 2.2 Visar skillnaden mellan olika diskonteringsräntor.

3 Fiberarmerad polymer – FRP

3.1 Introduktion

FRP, fiberarmerad polymer, är ett kompositmaterial bestående av ett plastmaterial med fiberarmering. Plastsammansättningen fungerar delvis som ett bindemedel för armeringen men det ger även materialet dess beständighet mot till exempel korrosion, brand och kemikalier (Fiberline Composites, 2014a). Fiberarmeringen tar hand om tryck- och dragkrafter medan plastmaterialet tar upp tvärkrafterna (Fiberline Composites, 2014b). Några vanliga armeringstyper är glas-, kol- och aramidfiber (Poneta P. et. al., 2012) vilka tillsammans med profilstrukturen ger olika hållfasthetsegenskaper (Fiberline Composites, 2014b). Även riktningen på fiberarmeringen har stor inverkan på hållfastheten (Fiberline Composites, 2014c). Glasfiber är den populäraste armeringstypen då den är billigast men har ändå relativt goda hållfasthetsegenskaper (Prince Engineering, 2014).

Glasfibrerna delas in i olika klasser med olika egenskaper och för byggnadskonstruktioner är E-glas vanligast (FHWA, 1997). Nackdelarna med glasfiber är dess låga styvhet och höga densitet. Kolfiber har både hög styvhet och draghållfasthet men priset är högt (Prince Engineering, 2014). Draghållfastheten för kolfiber minskar med ökad elasticitetsmodul (FHWA, 1997) och inom infrastrukturen används en variant där draghållfastheten är hög (Prince Engineering, 2014). Aramidfiber är ca 40 % lättare än glasfiber och har en draghållfasthet samt styvhet som ligger någonstans mellan glas- och kolfiber (Prince Engineering, 2014). En jämförelse mellan armeringstyperna samt några vanliga konstruktionsmaterial visas i Tabell 1.1.

Tabell 1.1 Jämförelse mellan olika armeringsmaterial (Mara V., 2014).

Armeringsmaterial	Densitet [g/cm ³]	Draghållfasthet [MPa]	Elasticitetsmodul [GPa]
Stål	7,8	355 ¹	200
Glasfiber (E-glas)	2,6 ²	2 400	69
Kolfiber (High strain)	1,8 ²	5 020	260
Aramidfiber (Kevlar 49)	1,44 ²	2 760	125

¹ Fibercore Europe, 2014a.

² FHWA, 1997.

Fördelen med FRP är framförallt dess höga hållfasthet i förhållande till sin låga vikt. Vidare är livscykel-kostnaderna låga, användarvänligheten hög och det kräver inget omfattande underhåll i jämförelse med vanliga byggnadsmaterial (Poneta, P. et. al., 2012). Den låga vikten skapar förutsättningar för att förtillverka FRP-profiler utifrån önskade egenskaper vilket underlättar installationen vid byggplatsen (Fiberline Composites, 2014d).

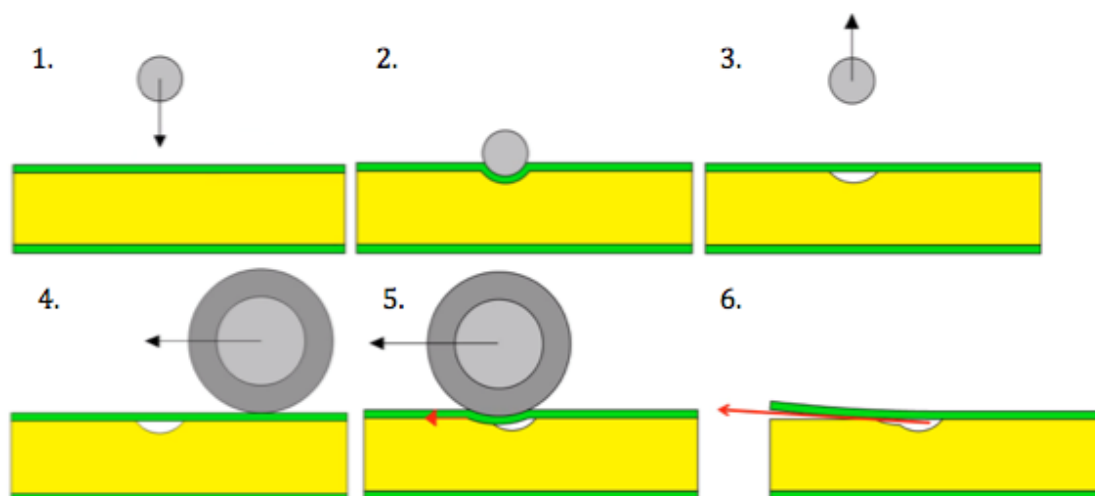
FRP är ett relativt nytt material som på senare år fått ökad användning som konstruktionsmaterial. Till en början tillämpades kompositer inom fordonsindustrin under tidigt 1950-tal (FHWA, 1997). Fördelarna med kompositmaterial var många och ökad forskning inom området bidrog till förbättringar och tillämpningsområdena blev flera. Flyg- och rymdindustrin fick användning av kompositer då lätta och starka komponenter var viktigt. Den första byggnadskonstruktionen där FRP användes var en kupol som byggdes 1968 i Benghazi (FHWA, 1997).

Nu för tiden sker framförallt en ökning inom brokonstruktioner där FRP-däck ger stora fördelar. Skadade broelement kan enkelt ersättas med de lätta prefabricerade FRP-profiler på kort tid utan omfattande driftstörningar i trafiken (Poneta, P. et. al., 2012).

3.2 InfraCore Inside

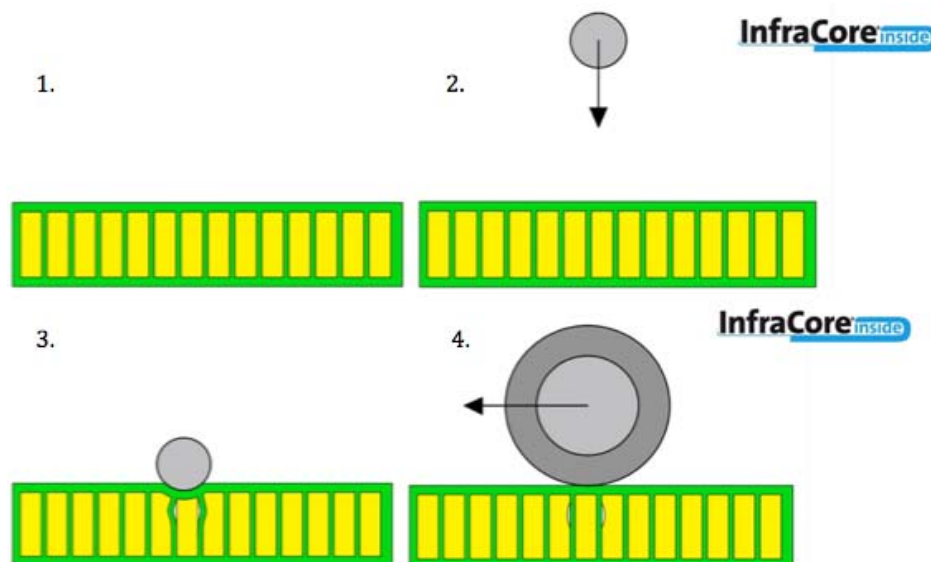
Infracore Inside är en teknik som Fibercore Europe har utvecklat för att ta fram starka, lätta och tåliga komponenter i FRP. Dessa kan bland annat tillämpas inom infrastrukturen och då i broar. Infracore-panelerna är designade som sandwichelement med några modifieringar för att optimera strukturen. De utnyttjar fördelarna med sandwichstrukturen men eliminerar de vanliga nackdelarna som förekommer hos konventionella sandwichelement (Fibercore Europe, 2014a).

Ett vanligt sandwichelement består av en mjuk kärna och två ej sammankopplade ytskikt. Nackdelen med dessa är att kopplingen mellan ytskiktet och kärnan blir kritiskt då det kan separera vid belastning. En lokal påfrestning kan lätt sprida sig längs med elementet och kan slutligen leda till kollaps, se Figur 3.1 (Fibercore Europe, 2014a).



Figur 3.1 Lokal belastning kan leda till att ytskiktet lossnar från kärnan (delaminering) (Fibercore Europe, 2014a).

Infracore Inside har istället kopplat ihop ytskikten längs med hela elementet för att skapa en stark och effektiv struktur. Vid en lokal belastning bibehåller strukturen sin bärförmåga, Figur 3.2. Infracore-elementet har också en mjuk kärna men till skillnad från ett konventionellt sandwichelement bidrar inte denna till någon bärförmåga, utan finns endast där som en gjutform under tillverkningen (Fibercore Europe, 2014a).

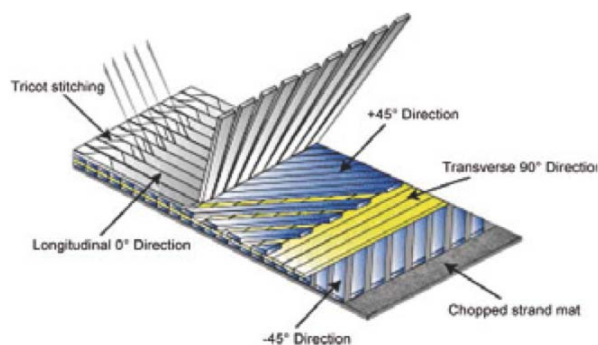


Figur 3.2 Infracore Inside klarar lokala påfrestningar utan att delaminering uppstår (Fibercore Europe, 2014a).

Infracore Inside tillverkas med tekniken *vacuum infusion* vilket möjliggör flexibla profiler som kan utformas efter behov. Storleken på elementen bestäms av transportmöjligheterna och inte av tillverkningstekniken. Med infusion-tekniken kan fibrerna placeras i alla önskade riktningar för ökad bärförmåga till skillnad från pultrusion där alla fibrer ligger i en riktning. Komponenter som tillverkas med pultrusion är känsliga mot punktlaster och slag som kan leda till sprickbildning i fiberriktningen. Detta förhindras med infusion-tekniken och skador från slagpåverkan förblir lokala och kan enkelt repareras (Fibercore Europe, 2014a).

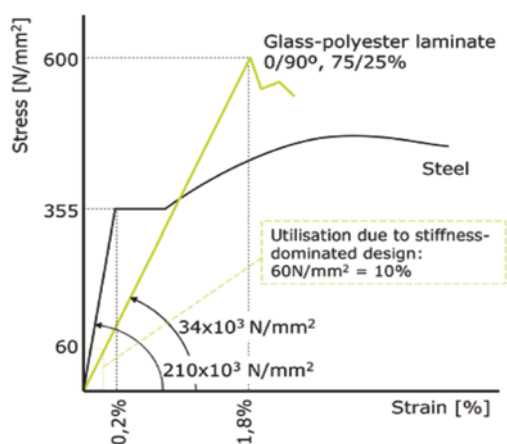
Infracore-elementen utformas med hjälp av gränslastteori och laster från Eurokod. En kontroll görs utifrån de riktlinjer som finns angivna i CUR-96, som innehåller normer för utformning av FRP (Fibercore Europe, 2014a).

Vanligtvis används glasfibrer och polyestervävnad i Infracore Inside. Fibrerna läggs i lager med olika riktningar för att uppnå bärförmåga åt flera håll, se Figur 3.3.



Figur 3.3 Glasfibrerna orienteras i olika riktningar för varje lager (Fibercore Europe, 2014a).

Enskilda glasfibrer uppvisar ett elastiskt beteende tills brottgränsen nås. Om glasfibrerna placeras som i Figur 3.3 ovan sker brottsbeteendet gradvis. En jämförelse mellan spänning-töjnings diagram för FRP och stål visas i Figur 3.4 (Fibercore Europe, 2014a).



Figur 3.4 Spänning- töjningsdiagram för stål och FRP (Fibercore Europe, 2014a).

De tester som genomförts på Infracore-panelerna har visat de håller goda säkerhetsmarginaler gentemot de krav som finns. Vid kompressionstestet klarade provkroppen en tryckkraft på över 18 000 kN/m², vilket motsvarar en säkerhetsmarginal som är åtta gånger större än kraven i Eurokod och CUR-96 (Fibercore Europe, 2014b). För att kontrollera beständigheten mot utmattning utsattes panelerna för en ekvivalent last motsvarande en livstid på 150 år. Efter testet fanns inga skador och ingen delaminering hade inträffat, vilket bekräftar Infracore Insides användbarhet i broar (Fibercore Europe, 2014c). Även kontrollen gentemot böjning gav positiva resultat och visade en 4 gånger större säkerhetsfaktor än kraven från Eurokod och CUR-86 (Fibercore Europe, 2014d).

För att Infracore-panelerna ska kunna fungera som brodäck är det viktigt att de är slagtåliga då det alltid finns en risk med fallande objekt från fordon. Vid kontrollen av detta visade proverna upp ett elastiskt beteende och den fallande vikten studsade tillbaka (Fibercore Europe, 2014a).

Konstruktioner med Infracore Inside ska vara underhållsfria (Fibercore Europe, 2014e) och de förväntas ha en livslängd på över 100 år. Fibercore lämnar en 50 års garanti på sina produkter. För brokonstruktioner är det endast slitlagret som behöver bytas ut med jämna mellanrum. Ytan på brodäcken ska klara av belastningen från dubbdäck men då ytan är tunn och ska belastas under lång tid används ett lager asfalt ovanpå. Vid slutet av livslängden kan materialet malas ner för att återanvändas som fyllnadsmedel i andra plaster, alternativt brännas i en förbränningsugn (Fibercore Europe, 2014f).

Den första bron som använde Infracore-profiler var en 25 meter lång cykelbro som byggdes 2007 i Dronten, Flevoland (Fibercore Europe, 2014g). Sedan dess har tekniken utnyttjats i flertalet andra broar med varierande trafiksituationer. Infracore Inside lämpar sig för alla trafikklasser (Fibercore Europe, 2014h) och hittills finns det broar utformade för fordon på upp till 60 ton. Konstruktionen klarar av laster på 2 000 000 kg/m² (Fibercore Europe, 2014a).

4 Jämförande studie mellan sex olika broar

Studien syftar till att jämföra livscykelkostnader för traditionella brokonstruktioner med alternativa utformningar där överbyggnaden konstrueras i FRP. Detta för att utvärdera under vilka omständigheter och förutsättningar en sådan bro är som mest kostnadseffektiv. Sex befintliga broar med olika förutsättningar har valts ut med hjälp av Trafikverkets förvaltningsdatabas BaTMan.

En intern jämförelse mellan de befintliga broarna och dess alternativa utformning i FRP kommer först att genomföras. Sedan ställs alla broar mot varandra för att ta fram det mest kostnadseffektiva alternativet.

4.1.1 Urval av broar

Tabell 4.1 Sammanställning av de valda broarna.

	Brotyp	Längd [m]	Bredd [m]	Spännvidd [m]
Bro I - Mölndal	Spännarmerad betongbalkbro	116	20,3	18+27+35,3+26,9
Bro II - Lilla Edet	Platram, betong	11,86	23	11,86
Bro III - Hogstorp	Spännarmerad betongbalkbro	62	7	2,1+29+29+2,1
Bro IV - Gårdaån	Samverkansbro, stål och betong	76	10	1,76+21+30+21+1,76
Bro V - Nösås	Platram, betong	17,3	12,3	17,3
Bro VI - Häggån	Samverkansbro, stål och betong	21	7	21

Broarna valdes på så sätt att flera olika brotyper och storlekar är representerade. För att utnyttja kompositmaterialets egenskaper med hänsyn till kort konstruktionstid valdes broar med hög årsdygnstrafik (ÅDT) antingen på och/eller under bron. För att få diversitet valdes broar med spann från 12 till 35 meter och bredder mellan 6 och 21 meter. Broar med längre spann än så var inte aktuella för att hålla nedböjningen av balkarna på en acceptabel nivå.

Tre olika typer av brokonstruktioner valdes att studeras i rapporten. Av de totalt sex broarna är två utformade i betong av typen platram, två är spännarmerade betongbroar och de sista två är samverkansbroar i stål/betong.

För att utvärdera hur mycket pengar det finns att spara gällande grundläggningen valdes broar med varierande mängd pålar.

Då tre av broarna är tänkta att konstrueras helt i FRP utan balkar begränsades spännvidden för dessa till max 22 meter. Detta efter rekommendationer från Dr. Martijn Velkamp, FiberCore Europe, som tillhandahåller FRP-däcken till studien.

Med ovan beskrivna kriterier valdes sex lämpliga broar ut, en sammanställning av dessa visas i Tabell 4.1 och en närmare beskrivning av varje bro finns i Kapitel 5.

4.1.2 Utformning av FRP-alternativen

De tre alternativen med längre spann; Bro I, Bro III och Bro IV, kommer utformas med FRP-däck på stålbalkar, se Kapitel 5. Stålbalkarna beräknas enligt Eurokod 3 med hänsyn tagen till egenvikten för FRP-däcket, beläggningen och vägräckena samt trafiklasterna. Beräkningen av trafiklasterna följer lastmodell 1 i EN 1991-2, Eurokod 1 där lasterna i brottgränstillstånd på den mest belastade balken i tvärsektion tas fram. Dessa används sedan för att beräkna max moment och tvärkraft i balkens längsriktning. Ett balktvärsnitt med tillfredsställande kapacitet utformas och kontrolleras gentemot lasteffekten. Till sist genomförs en kontroll av nedböjningen i bruksstadiet med finita elementmetoden. Stålkvalitén som används i balkarna är S355 och de antas ha en egenvikt på $7\,800\text{ kg/m}^3$.

FRP-däcket som används tillhandahålls av Fibercore Europe där tjockleken bestäms av spännvidden mellan balkarna för att klara kraven på nedböjning. Inga detaljerade beräkningar genomförs beträffande FRP-däcken utan en uppskattning av dess utformning görs i samspråk med Dr. Martijn Veltkamp utifrån givna förutsättningar.

För de tre broarna med kortare spännvidd; Bro II, Bro V och Bro VI utformas överbyggnaden helt i FRP, se Kapitel 5. Inga balkar är nödvändiga då FRP-däcket görs tjockare då spännvidden ökar. På samma sätt som för de första alternativen diskuteras utformningen fram tillsammans med Dr. Martijn Veltkamp.

Stöd och grundplatta kommer inte dimensioneras om för FRP-alternativen. Detta eftersom att även om överbyggnad blir mycket lättare kommer påkörningsrisken fortfarande finnas kvar. Dock kommer pålarna i grundläggningen reduceras till följd av den betydligt lättare FRP-designen då de bidrar till en stor del av investeringskostnaderna.

För att kunna reducera pålarna, har reaktionskrafterna ner i marken från varje stöd räknats ut. En faktor med förhållandet mellan krafterna från den befintliga konstruktionen och FRP-designen har räknats fram. Denna faktor användes sedan för att reducera antalet meter pålar.

Vid beräkning av kantbalkar till FRP-alternativen har en förenkling gjorts för alla alternativen. De utformas som dubbla lager FRP-däck med en bredd på en halv meter. Infracore Inside-tekniken möjliggör dock för att designen på kantbalkarna kan göras enligt önskemål. Men då estetiken inte är en faktor som beaktas i studien görs förenklingen enligt ovan. Inte heller för vägräckena genomförs någon detaljerad utformning utan de antas vara samma för FRP-alternativen som för de befintliga broarna.

4.1.3 Indata till livscykelkostnadsanalysen

En livscykelkostnadsanalys genomförs för de befintliga broarna och dess motsvarighet i FRP. För att den ska bli så komplett som möjligt är det viktigt att dess indata är så fullständig som möjlig. Dock är vissa uppgifter överflödiga för jämförelsen då den totala livscykelkostnaden inte är av intresse utan målet är att få fram skillnaden mellan de olika alternativen (Sagemo, 2013). Dessutom saknas indata för vissa aktiviteter och därför kommer inte alla delar att beaktas i livscykelkostnadsanalysen. Däribland ingår kostnader i projekteringsfasen, samhällskostnader samt vissa underhållsmoment.

Beträffande underhåll följer nedan en lista över vilka aktiviteter som bör beaktas och vilka som kan antas vara negligerbara. Aktiviteter markerade med * antas vara lika för alla alternativ och aktiviteter markerade med ** antas vara negligerbara.

- Inspektioner*
- Rengöring av stål, kantbalkar och pelare*/**
- Reparation av dräneringssystem*
- Mindre reparation av betongpelare och kantbalkar*/**
- Impregnering av kantbalkar
- Utbyte av kantbalkar
- Utbyte av räcke
- Utbyte av tätskikt
- Underhåll och utbyte av kullager*
- Rengöring och utbyte av övergångskonstruktioner*
- Utbyte av asfaltslagret
- Reparation av asfaltslagret*
- Ommålning av stålkonstruktion
- Rostskyddsmålning av stål**
- Målning av vägräcken*

4.1.3.1 Direkta kostnader

Kostnader för material och aktiviteter är delvis hämtade från Sagemos examensarbete från 2013, men också från BaTMans å-prislista samt e-mailkontakter. I priset ingår både kostnader för material och kostnader för utfört arbete. I följande tabeller framgår vilka direkta kostnader som har använts som indata för livscykelkostnadsanalysen.

Tabell 4.2 visar indata för investeringskostnader, Tabell 4.3 avser underhållskostnader och Tabell 4.4 visar avfallskostnader. Avfallskostnaderna avser endast materialkostnader (Sagemo, 2013). Vid avfallshantering har stålet ett visst återvinningsvärde, vilket innebär att ett negativt värde erhålls i Tabell 4.4.

Tabell 4.2 Investeringskostnader.

Investeringskostnader	Enhetspris	
Betong ³	1800	SEK/m ²
Stål (balkar) ³	24500	SEK/ton
Slakarmering ³	13200	SEK/ton
Spännarmering ⁴	380	SEK/m
Pålar (Bro I) ⁵	481	SEK/m
Pålar (Bro II) ⁵	538	SEK/m
Pålar (Bro III) ⁵	572	SEK/m
Pålar (Bro IV) ⁵	503	SEK/m
Pålar (Bro VI) ⁵	471	SEK/m
Tätskikt och beläggning ⁶	1610	SEK/m ²
Formarbete ³	550	SEK/m ²
FRP-däck (290mm) ⁷	8976	SEK/m ²
FRP-däck (600mm) ⁷	14850	SEK/m ²
FRP-däck (1000mm) ⁷	22605	SEK/m ²
FRP-däck (1200mm) ⁷	25124	SEK/m ²

Tabell 4.3 Underhållskostnader.

	Underhållskostnader	Intervall ³	Enhetspris ⁶	
Kantbalk	Utbyte (0-99m)	45	12000	SEK/m
	Utbyte (99,1-199m)	45	11000	SEK/m
	Utbyte (>199m)	45	10000	SEK/m
	Impregnering (0-99m)	10	300	SEK/m
	Impregnering (99,1-499m)	10	270	SEK/m
Räcke	Utbyte av ståndare	45	2300	SEK/st
	Utbyte av navföljare	45	400	SEK/m
Vägbana	Utbyte av tätskikt (0-100m ²)	40	2200	SEK/m ²
	Utbyte av tätskikt (100,1-400m ²)	40	1700	SEK/m ²
	Utbyte av tätskikt (>400m ²)	40	1300	SEK/m ²
	Utbyte av beläggning (0-299m ²)	10	700	SEK/m ²
	Utbyte av beläggning (299,1-2999m ²)	10	500	SEK/m ²
Stålbalkar	Ommålning	30	1700	SEK/m ²

³ (Sagemo A., 2013).

⁴ Daniel Thorell, COWI, e-mail, 2014-06-11.

⁵ Christer Askerling, Pålab, e-mail, 2014-07-07.

⁶ (Trafikverket, 2013a).

⁷ Dr. Martijn Velkamp, Fibercore Europe, email, 2014-05-26.

Tabell 4.4 Avfallskostnader.

Avfallskostnader	Enhetspris ⁸	
Betong	1100	SEK/ton
Stål (balkar)	-500	SEK/ton
Asfalt	40	SEK/ton
FRP	1100	SEK/ton

4.1.3.2 Användarkostnader

Användarkostnaderna som uppkommer på grund av förseningar påverkas av ett flertal faktorer vilka uppskattas då given information inte finns tillgänglig. Under byggnationen av en bro måste vissa trafikomläggningar göras. Hur mycket detta påverkar den vanliga trafiksituationen är svårt att avgöra då mycket köer kan uppstå. I den här rapporten har trafikomläggningarna för varje bro uppskattats efter en intervju med Trafikverkets Projektledare för Västlänken, Hanna Jonsson. Resultatet av detta finns att tillgå i Bilaga P.

Konstruktionstider för de befintliga broarna har uppskattats av Peter Harrysson, Trafikverket och för FRP-designen kommer uppskattningarna från Dr. Martijn Veltkamp. Tider för underhåll och reparationsåtgärder är framtagna med hjälp av Fredrik Olsson, nationell samordnare för underhåll, på Trafikverket, se Tabell 4.5.

Tabell 4.5 Tidsåtgång för underhållsaktiviteter för varje bro.

	Tider vid underhåll ⁹	Bro-I	Bro II	Bro III	Bro IV	Bro V	Bro VI
Vägbana	Utbyte av beläggning [h]	24 h	8 h	8 h	12 h	8 h	5 h
	Utbyte av tätskikt [dygn]	28 dygn	4 dygn	5 dygn	7 dygn	5 dygn	2 dygn
Kantbalk	Utbyte [dygn]	126 dygn	21 dygn	63 dygn	84 dygn	21 dygn	14 dygn
Stål	Ommålning, befintlig [h]	-	-	-	16 h	-	-
	Ommålning, FRP [h]	75 h	-	12 h	24 h	-	-

⁸ (Sagemo A., 2013).

⁹ Fredrik Olsson, Trafikverket, e-mail, 2014-05-21.

4.1.4 Känslighetsanalys

Mycket av de indata som har använts i livscykelkostnadsanalysen är uppskattningar och antaganden vilket innebär en viss osäkerhet i resultatet. Därför genomförs en känslighetsanalys för de parametrar som är mest osäkra och som har stor påverkan på resultatet. Följande parametrar beaktas:

- Diskonteringsränta
 - Ett värde mellan 0 och 5 % kommer att undersökas.
- Årsdygnstrafik
 - Intervall från en sänkning med 50 % till en ökning med 100 %.¹⁰
- Justerad hastighet
 - Sänkning av den justerade hastigheten med 0-50%.
- FRP-pris
 - Minskning med 50 % till ökning 50 %

¹⁰ Eftersom årsdygnstrafiken är linjärt beroende av användarkostnader för bil och lastbil kan denna känslighetsanalys även användas för känslighetsanalys av timkostnaderna för fordon.

5 Resultat

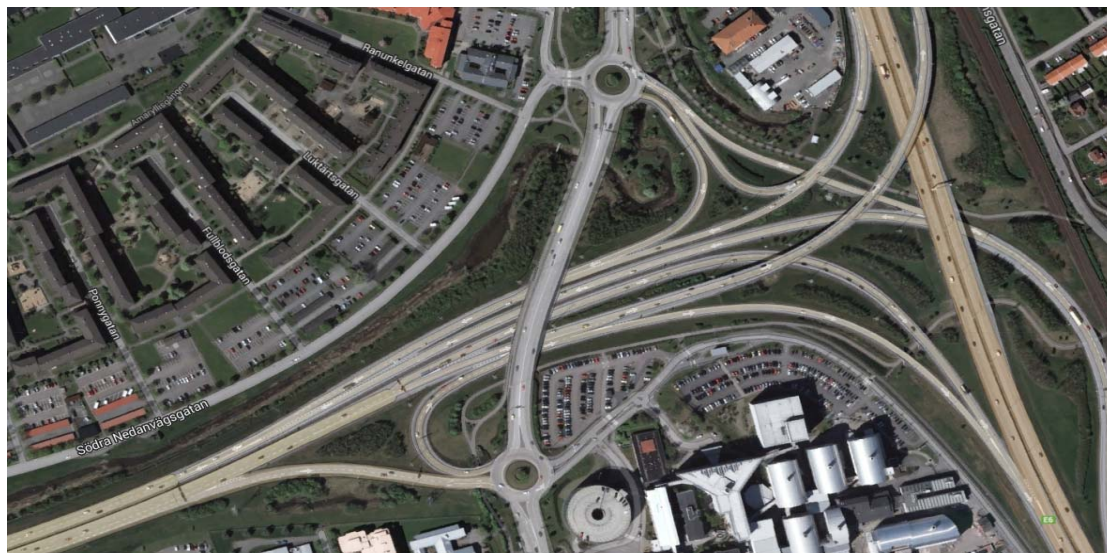
En livscykelkostnadsanalys genomfördes för de sex broarna och dess FRP-alternativ. Dessa presenteras i Kapitel 5.1 till Kapitel 5.6. På grund av de osäkerheter som uppstår när livscykelkostnadsanalyser genomförs ingår även i Kapitel 5.8 en känslighetsanalys.

5.1 Bro I – 14-1550-1 - Mölndal

14-1550-1 är en kontinuerlig balkbro av spännarmerad betong som byggdes 1999. Den har en bredd på drygt 20 meter, är 116 meter lång och har totalt fyra spann på 18, 27, 35.3 respektive 26.9 meter. Bron ligger i Mölndal och leder trafik över av- och påfarter till E6/E20. Totalt går det 7 körfält under bron med en sammanlagd årsdygnstrafik på 66 403 fordon per dygn. På bron finns två körfält i vardera riktning samt en gång- och cykelväg. (Trafikverket, 2014a). Utifrån den närliggande trafiksituationen uppskattades med hjälp av Trafikverkets vägtrafikflödeskarta årsdygnstrafiken på bron till 15 000 fordon, varav 5 % lastbilar.

Denna bro utmärker sig på så sätt att det har krävts ett stort antal långa pålar i grundläggningen för att klara belastningen från bron. Totalt finns 9 892 meter pålar under alla stöd vilket bidrar till en stor del av investeringskostnaderna. Trafikvolymen runt omkring är dessutom extremt stor så vid långvariga trafikomläggningar blir användarkostnaderna höga.

Vid en ombyggnation av bron förväntades denna placeras intill den gamla. Detta då årsdygnstrafiken på bron antogs vara väldigt hög och hade bidragit till stora användarkostnader. Istället byggs den nya konstruktionen upp intill och när den står färdig kan den gamla bron rivas. Alltså kommer inte trafiken på bron bidra till några användarkostnader.



Figur 5.1 Satellitbild över Bro I med omnejd. Längst ner till vänster i bilden syns Söderleden och till höger E6/E20 (Google maps).

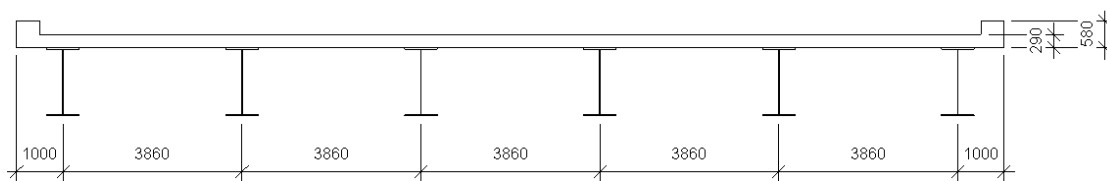


Figur 5.2 Vy från västra sidan av bron (Google street view).

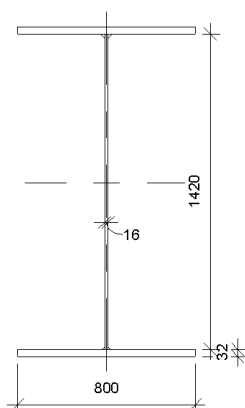
5.1.1 FRP-alternativ

Bro 14-1550-1 är en av de tre broarna som utformats med kontinuerliga stålbalkar och FRP-däck. Utgångspunkten för designen av balkarna var att c-c avståndet mellan dem skulle vara ungefär fyra meter. Detta för att ett FRP-däck med en tjocklek på 290 millimeter skulle klara att spänna mellan balkarna. På så sätt kunde balkarna utformas så att den totala höjden på överbyggnaden motsvarade höjden på den befintliga överbyggnaden något sånär.

Resultatet blev sex balkar med ett avstånd på 3,86 meter från varandra och ett överhäng på en meter, se beräkningar i Bilaga B. Brobanans och balkarnas tvärsnittsgeometri visas i Figur 5.3 respektive Figur 5.4.



Figur 5.3 Brobanans tvärsnitt.



Figur 5.4 I-balkarnas tvärsnitt.

Kostnaden för FRP-däcket är 900 euro/m² och det har en egenvikt på 100 kg/m².¹¹ Resultatet från Bilaga A med beräkningen gällande reduceringen av pålar visade att antalet meter pålar kunde minskas från 9 892 till 4 127 meter.

¹¹ Dr. Martijn Veltkamp, Fibercore Europe, e-mail 2014-06-18.

5.1.2 Livscykelkostnader

En livscykelkostnadsanalys genomfördes för den befintliga konstruktionen samt för FRP-alternativet och resultatet visas i Tabell 5.1 och Tabell 5.2. En komplett kalkyl för livscykelkostnadsanalysen finns att tillgå i Bilaga J.

Totalkostnaden för den befintliga konstruktionen blev drygt 10 miljoner kronor mer än för FRP-alternativet. Den största skillnaden är användarkostnaderna i investeringsfasen då den befintliga konstruktionen tar mycket längre tid att färdigställa. Här framgår tydligt fördelen med den snabba byggnationen av FRP-elementen.

Utfallet för underhållskostnaderna som förväntades vara i FRP-alternativets favör, blev här högre än för den befintliga konstruktionen. Detta eftersom det krävs stålbalkar till FRP-alternativet vilka behöver underhåll i form av ommålning. I Figur 5.5 framgår att underhållskostnaderna utgör en större del av totalkostnaden för FRP-alternativet jämfört med den befintliga konstruktionen.

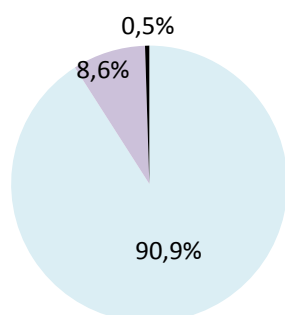
Tabell 5.1 Livscykelkostnader för befintlig konstruktion, Bro I – 14-1550-1 - Mölndal.

Befintlig konstruktion	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	23 660 954	28 758 168	52 419 122
Underhållskostnader	4 808 978	128 061	4 937 039
Avskaffningskostnader	284 534		284 534
Totalkostnad	28 754 466 kr	28 886 229 kr	57 640 695 kr

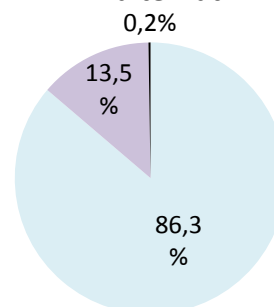
Tabell 5.2 Livscykelkostnader för FRP-alternativ, Bro I – 14-1550-1 - Mölndal.

FRP-alternativ	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	40 505 691	41 954	40 547 646
Underhållskostnader	6 330 888	17 122	6 348 010
Avskaffningskostnader	112 743		112 743
Totalkostnad	46 949 322 kr	59 077 kr	47 008 399 kr

Befintlig konstruktion



FRP-alternativ



Figur 5.5 Kostnadsfördelning mellan investerings-, underhålls- och avskaffningskostnader för Bro I – 14-1550-1 - Mölndal.

5.2 Bro II – 15-1591-1 – Lilla Edet

15-1591-1 är en motorvägsbro av typen plattram i Lilla Edet med spännvidd på 11,86 meter och bredd på 23 meter. Bron byggdes som en del av det Västsvenska paketet 2012 på E45:an och spänner över en gång- och cykelväg samt en lokalgata. Årsdygnstrafiken på bron är 8 640 fordon per dygn (Trafikverket, 2014a). Under bron har inga mätningar genomförts för att ta fram trafikflödet och därmed saknas indata. Dock ansågs trafikvolymen under bron vara försumbar då endast ett mindre villaområde är beläget på andra sidan E45.

Pållängden i grundläggningen uppgår till 980 meter.



Figur 5.6 Pilen markerar platsen för Bro II. Bilden är tagen innan ombyggnaden av E45:an (Google maps, 2014).

5.2.1 FRP-alternativ

En bro av typen plattram är inte möjlig att konstruera i FRP. En sådan typologi har ännu inte utvecklats och beprövats för FRP. Därför utformades denna bro med ett fritt upplagt bro-däck helt i FRP och med en tjocklek på 600 millimeter vilket motsvarar tjockleken för den befintliga konstruktionen. Stöden till FRP-däcket antas ha ungefär samma dimensioner som för den befintliga plattramen.

Egenvikten för FRP-däcket ligger ungefär på 180 kg/m^2 och kostnaden för detta förväntas vara $1\,500 \text{ euro/m}^2$.¹²

¹² Dr. Martijn Veltkamp, Fibercore Europe, e-mail 2014-06-18.

5.2.2 Livscykelkostnader

Livscykelkostnaderna togs fram för den befintliga konstruktionen samt för FRP-alternativet och resultatet framgår av Tabell 5.3 och Tabell 5.4. En komplett kalkyl för livscykelkostnadsanalysen finns att tillgå i Bilaga K.

Det totala nuvärdet för FRP-alternativet blev högre än för den befintliga plattramkonstruktionen. Den relativt korta spännvidden för bron gjorde att FRP-däcket inte behövde göras alltför tjockt, men trots reducerad grundläggning blev de direkta kostnaderna för FRP-alternativet nästan dubbelt så höga som för den befintliga konstruktionen. Användarkostnaderna minskade klyftan i totalpriset något men den befintliga konstruktionen blev det vinnande konceptet. I totalpriset utgör underhållskostnaderna mycket större del för den befintliga konstruktionen än för FRP-alternativet vilket visas i Figur 5.7.

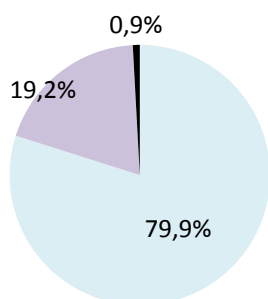
Tabell 5.3 Livscykelkostnader för befintlig konstruktion, Bro II – 15-1591-1 – Lilla Edet.

Befintlig konstruktion	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	3 109 759	610 116	3 719 875
Underhållskostnader	854 104	41 613	895 717
Avskaffningskostnader	40 842		40 842
Totalkostnad	4 004 705 kr	651 729 kr	4 656 434 kr

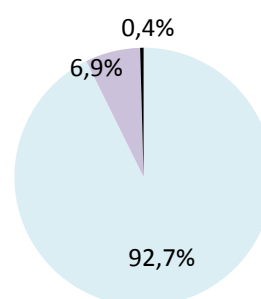
Tabell 5.4 Livscykelkostnader för FRP-alternativ, Bro II – 15-1591-1 – Lilla Edet.

FRP-alternativ	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	5 764 900	3 390	5 768 290
Underhållskostnader	425 959	2 154	428 113
Avskaffningskostnader	26 516		26 516
Totalkostnad	6 217 376 kr	5 544 kr	6 222 919 kr

Befintlig konstruktion



FRP-alternativ



Figur 5.7 Kostnadsfördelning mellan investerings-, underhålls- och avskaffningskostnader för Bro II – 15-1591-1 – Lilla Edet.

5.3 Bro III – 14-1670-1 - Hogstorp

14-1670-1 är en spännarmerad betongbalkbro som byggdes 2003. Den har två korta spann på 2,1 meter på vardera sida och två längre spann på 29 meter i mitten. Bron går över E6:an mellan Uddevalla och Munkedal. Motorvägen har en sammanlagd årsdygnstrafik på 20 309 fordon per dygn. Bredden på bron är 7 meter och tillåten hastighet 70 km/h. (Trafikverket, 2014a). Trafiksituationen är motsatsen till Bro II då det istället är stort trafikflöde under bron men ett näst intill obefintligt flöde på bron. Även här fanns inga uppgifter om årsdygnstrafiken på bron men den har uppskattats till 200 fordon per dygn utifrån närliggande vägar.



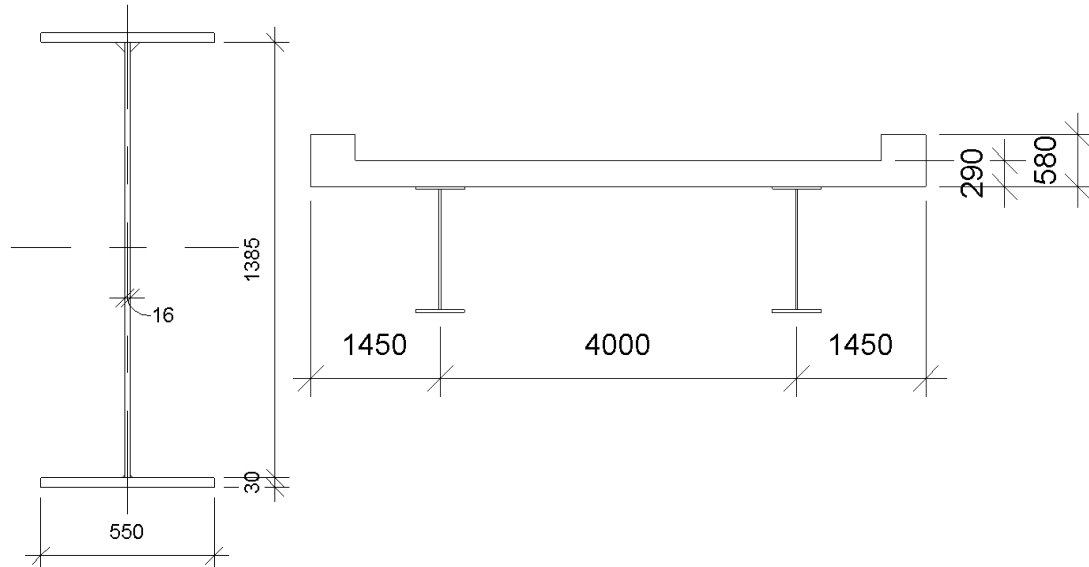
Figur 5.8 Satellitbild över Bro III. Pilen markerar bron position (Google maps).



Figur 5.9 Vy från väster (Trafikverket, 2014a).

5.3.1 FRP-alternativ

Utformningen av den här bron görs med stålbalkar och FRP-däck likt Bro I – 14-1550-1. Resultatet från beräkningarna i Bilaga E gav två balkar med ett fyra meters avstånd mellan varandra och ett överhäng på 1,45 meter. Balkens tvärsnitt visas i Figur 5.10.



Figur 5.10 I-balkens och brobanans tvärsnitt i millimeter.

Pålarna för bron kunde reduceras från 415 till 237 meter enligt beräkningarna i Bilaga D.

5.3.2 Livscykelkostnader

En livscykelkostnadsanalys genomfördes för den befintliga konstruktionen samt för FRP-alternativet och resultatet visas i Tabell 5.5 och Tabell 5.6 nedan. En komplett kalkyl för livscykelkostnadsanalysen finns att tillgå i Bilaga L.

Utformningen i FRP blev ungefär två miljoner dyrare än den befintliga konstruktionen. Direktkostnaderna i investeringsfasen blev som väntat dyrare för FRP-alternativet. Grundläggningen blev nästan hälften så dyr när pålarna reducerats men överbyggnaden i FRP-designen blev mycket dyrare än den befintliga betongöverbyggnaden. Användarkostnaderna blev mindre för FRP-alternativet men trafikvolymen på och under bron var inte tillräckligt hög för att det i slutändan skulle bli billigare med FRP.

Enligt känslighetsanalysen för justerad hastighet i Kapitel 5.8.3 blir FRP-alternativet det vinnande konceptet om hastigheten reduceras ytterligare 50 % vid vägarbeten och byggnation. Då risken för köer är stor vid vägarbeten kan ett sådant utfall bli verklighet.

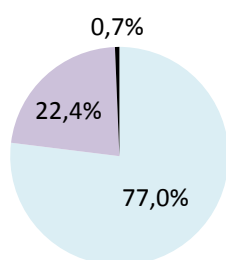
Tabell 5.5 Livscykelkostnader för befintlig konstruktion, Bro III – 14-1670-1 – Hogstorp.

Befintlig konstruktion	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	2 869 312	1 168 330	4 037 642
Underhållskostnader	1 169 719	4 506	1 174 225
Avskaffningskostnader	34 479		34 479
Totalkostnad	4 073 509 kr	1 172 836 kr	5 246 346 kr

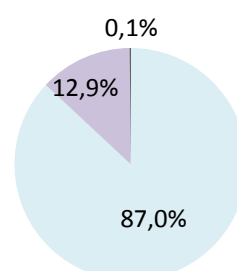
Tabell 5.6 Livscykelkostnader för FRP-alternativ, Bro III – 14-1670-1 – Hogstorp.

FRP-alternativ	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	6 299 925	1 916	6 301 840
Underhållskostnader	935 035	2 072	937 107
Avskaffningskostnader	8 011		8 011
Totalkostnad	7 242 970 kr	3 988 kr	7 246 958 kr

Befintlig konstruktion



FRP-alternativ



Figur 5.11 Kostnadsfördelning mellan investerings-, underhålls- och avskaffningskostnader för Bro III – 14-1670-1 – Hogstorp.

5.4 Bro IV – 15-1726-2 - Gårdaån

15-1726-1 är en samverkansbro med balkar av stål och brobaneplatta av betong som byggdes 2012. Det är en motorvägsbro på E45:an med en bredd på 10 meter. Bron leder trafik i sydlig riktning över Gårdaån mellan Ale och Lilla Edet. Den är totalt 76 meter lång med tre spann på upp till 30 meter. Årsdygnstrafiken är 4 800 fordon per dygn (Trafikverket, 2014a).

Balkarna på bron har varierande flänsbredd och livhöjd. Varje balk består av tre segment där segment 1 och 3 är likadana. Mittensegmentet har större dimensioner än de två andra. Tvärförbanden vid upplagen består av I-balkar och i fält av korslagda KKR-profiler (Trafikverket, 2014a).

I grundläggningen uppgår antalet meter pålar till 1 310 meter.



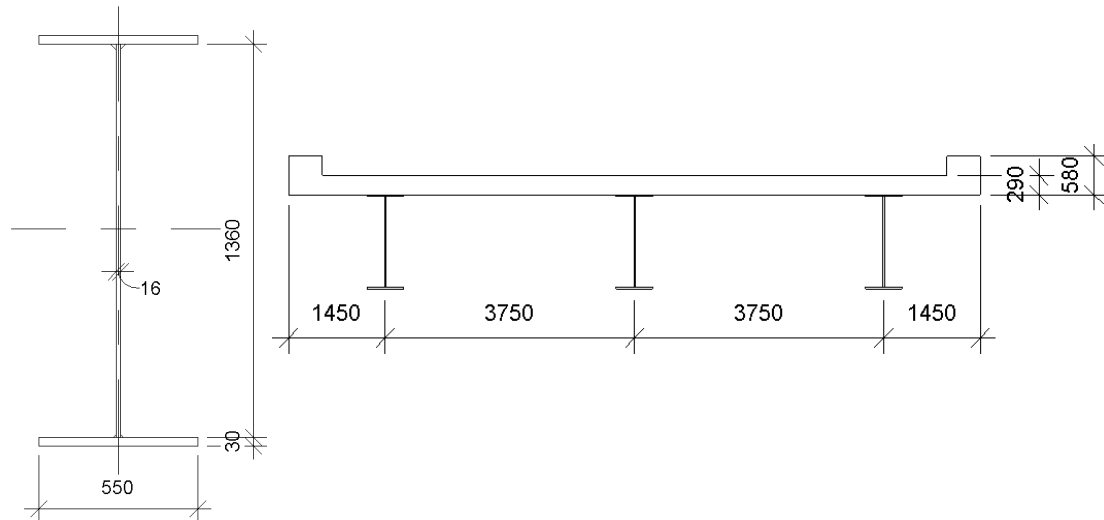
Figur 5.12 Satellitbild över Bro IV. Bron är ej byggd då bilden är tagen. Pilen markerar platsen för bron (Hitta.se).



Figur 5.13 Vy från norr under brolanseringen (Youtube).

5.4.1 FRP-alternativ

Brons överbyggnad utformas med stålbalkar och FRP-däck. Tre balkar med tvärsnitt enligt Figur 5.14 krävs, se Bilaga G för beräkningar. Avståndet mellan balkarna uppgår till 3,75 meter och överhänget är 1,45 meter på varje sida. Pålängden för FRP-alternativet kunde sänkas från 1 310 till 979 meter enligt uträkningarna i Bilaga F.



Figur 5.14 I-balkens samt brobanans tvärsnitt.

5.4.2 Livscykelkostnader

En livscykelkostnadsanalys genomfördes för den befintliga konstruktionen samt för FRP-alternativet. En komplett kalkyl för detta finns att tillgå i Bilaga M.

Enligt Tabell 5.7 och Tabell 5.8 blev FRP-alternativet dyrare även för den här bron vilket beror på att användarkostnaderna för den befintliga konstruktionen inte är särskilt höga. Därmed blev direktkostnaderna avgörande vilket inte är till fördel för FRP.

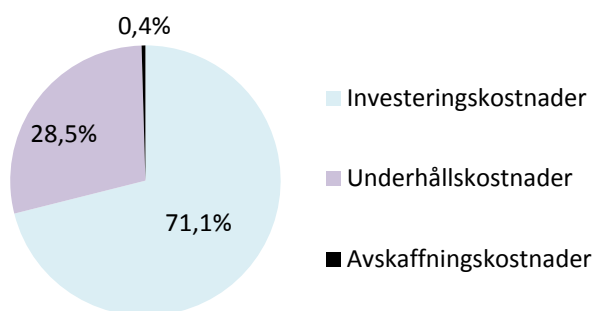
Tabell 5.7 Livscykelkostnader för befintlig konstruktion, Bro IV - 15-1726-2 - Gårdaån.

Befintlig konstruktion	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	5 780 241	594 658	6 374 899
Underhållskostnader	2 453 761	100 033	2 553 795
Avskaffningskostnader	39 633		39 633
Totalkostnad	8 273 635 kr	694 691 kr	8 968 327 kr

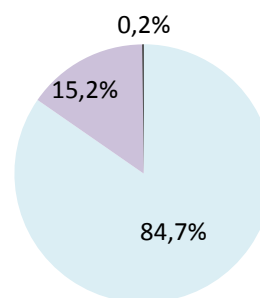
Tabell 5.8 Livscykelkostnader för FRP-alternativ, Bro IV - 15-1726-2 - Gårdaån.

FRP-alternativ	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	11 951 650	11 893	11 963 543
Underhållskostnader	2 142 441	4 609	2 147 050
Avskaffningskostnader	21 872		21 872
Totalkostnad	14 115 962 kr	16 502 kr	14 132 465 kr

Befintlig konstruktion



FRP-alternativ



Figur 5.15 Kostnadsfördelning mellan investerings-, underhålls- och avskaffningskostnader för Bro IV – 15-1726-2 – Gårdaån.

5.5 Bro V – 14-879-1 – Nösnäs

Bro V är av typen plattram i betong med en längd på 17,3 meter och en bredd på 12,3 meter. Den byggdes 1978 och var från början tre meter smalare men breddades 2002. Bron är belägen i Stenungsund och går över av- och påfarten till väg 160. Årsdygnstrafiken är hög både på och under bron. På bron kör det 8 000 fordon per dygn och under bron ligger den på 8 200 fordon per dygn. Tillåten hastighet på bron är 70 km/h. Inga pålar krävdes i grundläggningen för den här bron då den är byggd på berg.



Figur 5.16 Satellitbild över bron med omnejd (Google Maps). Pilen markerar bronns läge.



Figur 5.17 Vy från väst (Trafikverket, 2014a).

5.5.1 FRP-alternativ

FRP-alternativet för denna bro utgörs av ett fritt upplagt brobanedäck av FRP. Brobanedäcket fungerar som en tryckt del som håller tillbaka stöden från att röra sig på grund av jordtryck¹³. Med hjälp av Dr. Martijn Veltkamp antas däcket få en tjocklek av en meter och ett pris på 2000 euro/m². För detta alternativ krävs varken stål- eller FRP-balkar.

¹³ Dr. Martijn Veltkamp, Fibercore Europe, e-mail 2014-06-19.

5.5.2 Livscykelkostnader

En livscykelkostnadsanalys genomfördes för den befintliga konstruktionen samt för FRP-alternativet och resultatet visas i Tabell 5.9 och Tabell 5.10. En komplett kalkyl för livscykelkostnadsanalysen finns att tillgå i Bilaga N.

Direktkostnaden i investeringsfasen är betydligt högre för FRP-alternativet. Eftersom FRP-däcket kräver stora dimensioner för att klara spännvidden blir dess kostnad väldigt stor. Användarkostnaden i denna fas för FRP-alternativet är dock mycket liten då trafiken på och under bron bara behöver stängas av en mycket kort tid. Underhållskostnaden för FRP-alternativet utgörs endast av byte av ytskikt.

En sänkning med 30 % av priset på FRP-elementen skulle innebära att FRP-alternativet får ett lägre nuvärde i slutändan jämfört med den befintliga konstruktionen. Detta framgår av känslighetsanalysen för FRP-priset i Kapitel 5.8.4. Även en ytterligare sänkning med 25 % av hastigheten vid underhåll och byggnation skulle göra FRP-alternativet till vinnare, se Kapitel 5.8.2.

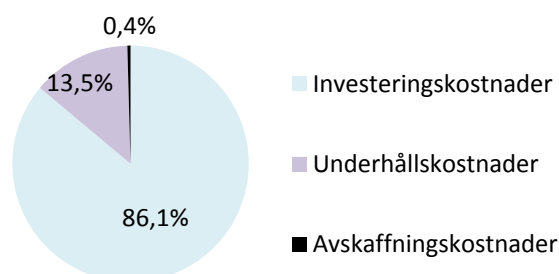
Tabell 5.9 Livscykelkostnader för befintlig konstruktion, Bro V – 14-879-1 – Nösnäs.

Befintlig konstruktion	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	1 628 210	2 526 478	4 154 688
Underhållskostnader	629 151	21 308	650 460
Avskaffningskostnader	21 357		21 357
Totalkostnad	2 278 719 kr	2 547 786 kr	4 826 505 kr

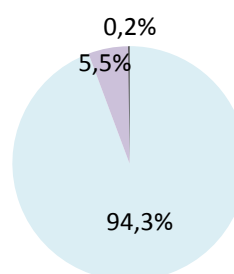
Tabell 5.10 Livscykelkostnader för FRP-alternativ, Bro V – 14-879-1 – Nösnäs.

FRP-alternativ	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	6 181 165	12 270	6 193 434
Underhållskostnader	359 291	4 030	363 321
Avskaffningskostnader	10 144		10 144
Totalkostnad	6 550 599 kr	16 300 kr	6 566 899 kr

Befintlig konstruktion



FRP-alternativ



Figur 5.18 Kostnadsfördelning mellan investerings-, underhålls- och avskaffningskostnader för Bro V – 14-879-1 – Nösnäs.

5.6 Bro VI – 15-1520-1 - Häggån

Bro 15-1520-1 är en fritt upplagd samverkansbro med betongdäck och stålbalkar som spänner 21 meter över Häggån i Fritsla, norr om Kinna. På bron åker nästan 2 000 fordon varje dygn och den byggdes 2011. Tillåten hastighet är 70 km/h och bron för trafik i båda riktningar med en bredd av totalt 7 meter. I grundläggningen finns 954 meter pålar.



Figur 5.19 Vy från söder på bro 15-1520-1 (Trafikerket, 2014a).



Figur 5.20 Satellitbild på bro 15-1520-1. Pilen markerar platsen för bron (Google Maps).

5.6.1 FRP-alternativ

Likt FRP-alternativet för Bro V behövs inga FRP-balkar för denna bro. Eftersom spännvidden är 21 meter lång måste däckets tjocklek göras 1,2 meter tjockt. För fritt upplagda broar är detta spann på gränsen av det längsta man kan göra med denna utformning.¹⁴ Kostnaden för brodäcket uppgår till 2500 euro/m².

¹⁴ Dr Martijn Velkamp, Fibercore Europe, e-mail 2014-06-23.

5.6.2 Livscykelkostnader

Livscykelkostnaderna togs fram för den befintliga konstruktionen samt för FRP-alternativet och resultatet framgår av Tabell 5.11 och Tabell 5.12. En komplett kalkyl för livscykelkostnadsanalysen finns att tillgå i Bilaga O.

FRP-alternativet blev här mer än dubbelt så dyrt som den befintliga konstruktionen. Även efter att pålarna reducerats fanns en tydlig skillnad i direktkostnaderna under investeringsfasen. Detta beror framförallt på att den stora spännvidden innebar ett väldigt tjockt FRP-däck som därmed blev mycket dyrt. Besparingarna gällande reducerade underhålls- och användarkostnader minskade gapet för de totala kostnaderna marginellt och var inte tillräckliga för att göra FRP-alternativet mest fördelaktigt.

Tabell 5.11 Livscykelkostnader för befintlig konstruktion, Bro VI - 15-1520-1 - Häggån.

Befintlig konstruktion	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	1 508 883	377 365	1 886 248
Underhållskostnader	719 483	5 161	724 644
Avskaffningskostnader	6 534		6 534
Totalkostnad	2 234 900 kr	382 526 kr	2 617 426 kr

Tabell 5.12 Livscykelkostnader för FRP-alternativ, Bro VI - 15-1520-1 - Häggån.

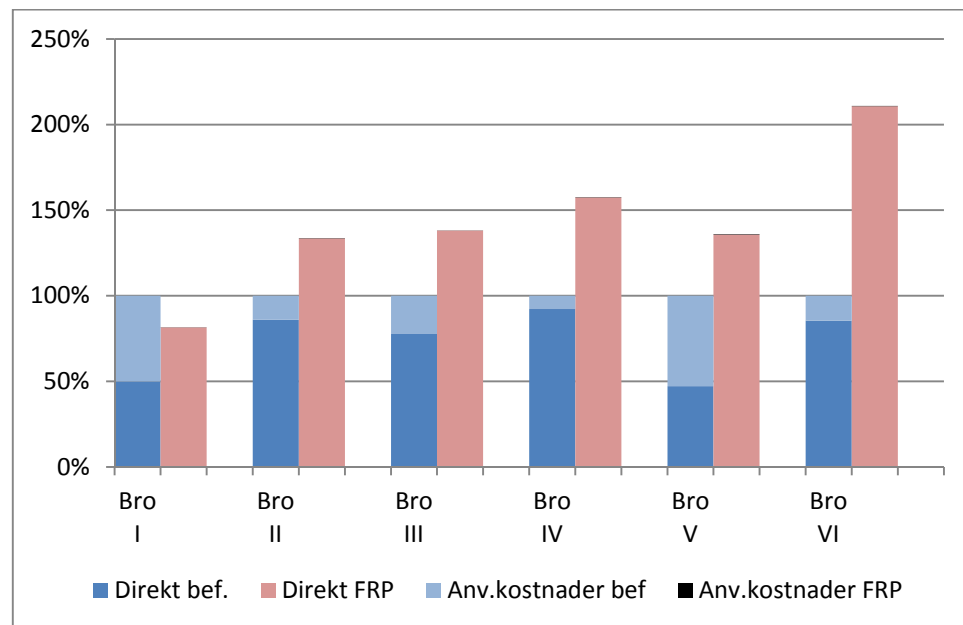
FRP-alternativ	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	5 262 835	3 431	5 266 266
Underhållskostnader	249 335	489	249 824
Avskaffningskostnader	3 767		3 767
Totalkostnad	5 515 938 kr	3 919 kr	5 519 857 kr



Figur 5.21 Kostnadsfördelning mellan investerings-, underhålls- och avskaffningskostnader för Bro VI – 15-1520-1 – Häggån.

5.7 Sammanställning

I Figur 5.22 sammanställs livscykelkostnaderna för alla broar där den befintliga konstruktionen utgör 100 % och FRP-alternativet en andel av detta. Användarkostnaden visas även som en del av den totala kostnaden.



Figur 5.22 Sammanställning av broarnas livscykelkostnader.

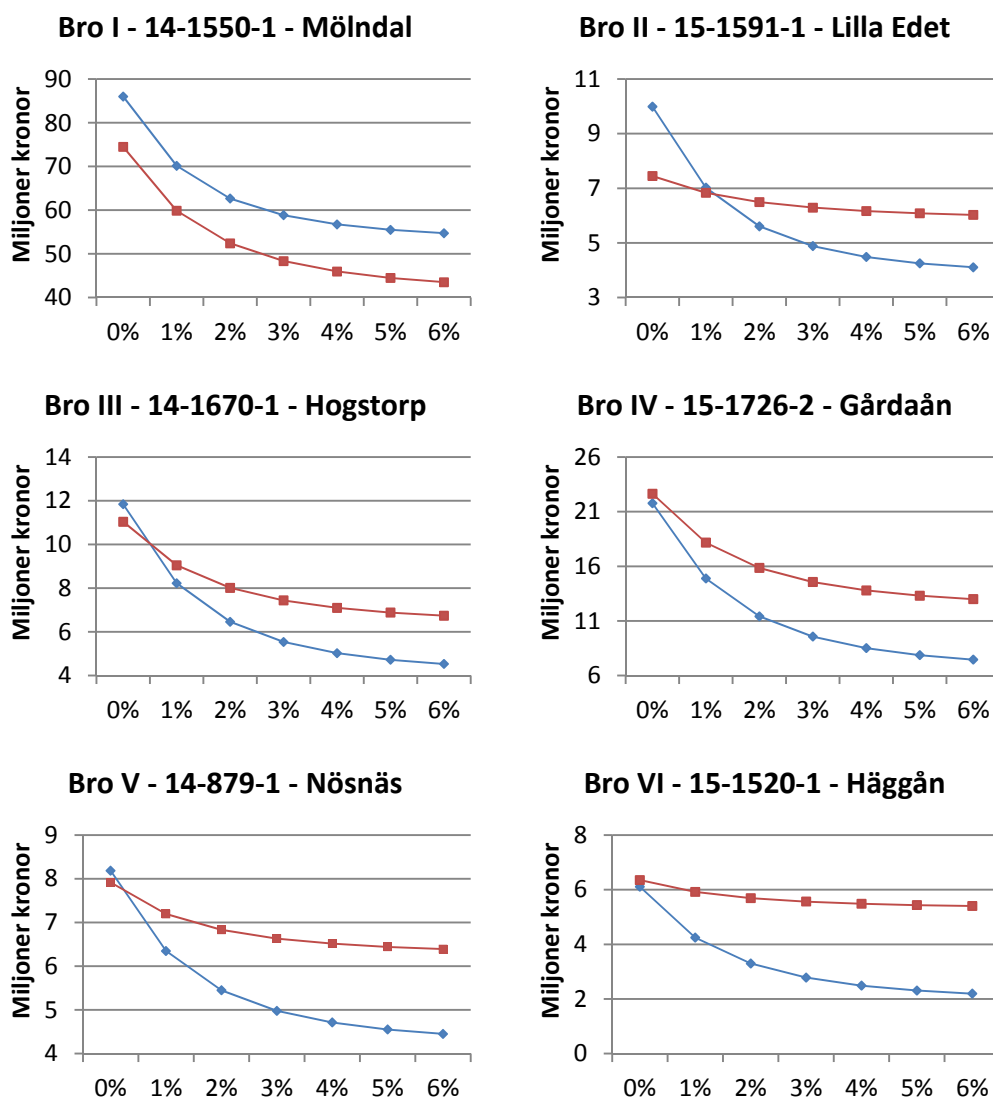
Det framgår tydligt att FRP-alternativet till Bro I i Mölndal är det mest kostnadseffektiva alternativet då det endast utgör drygt 80 % av den befintliga konstruktionens livscykelkostnad. Bro VI – Häggån är den minst kostnadseffektiva bron att bygga med FRP. För alla broar byggda med FRP är användarkostnaderna negligerbara.

5.8 Känslighetsanalys

På grund av vissa osäkerheter i livscykelkostnadsanalysen genomförs en känslighetsanalys enligt Kapitel 4.1.4. De parametrar som beaktas är diskonteringsränta, justerad hastighet, årsdygnstrafik samt FRP-pris.

5.8.1 Diskonteringsränta

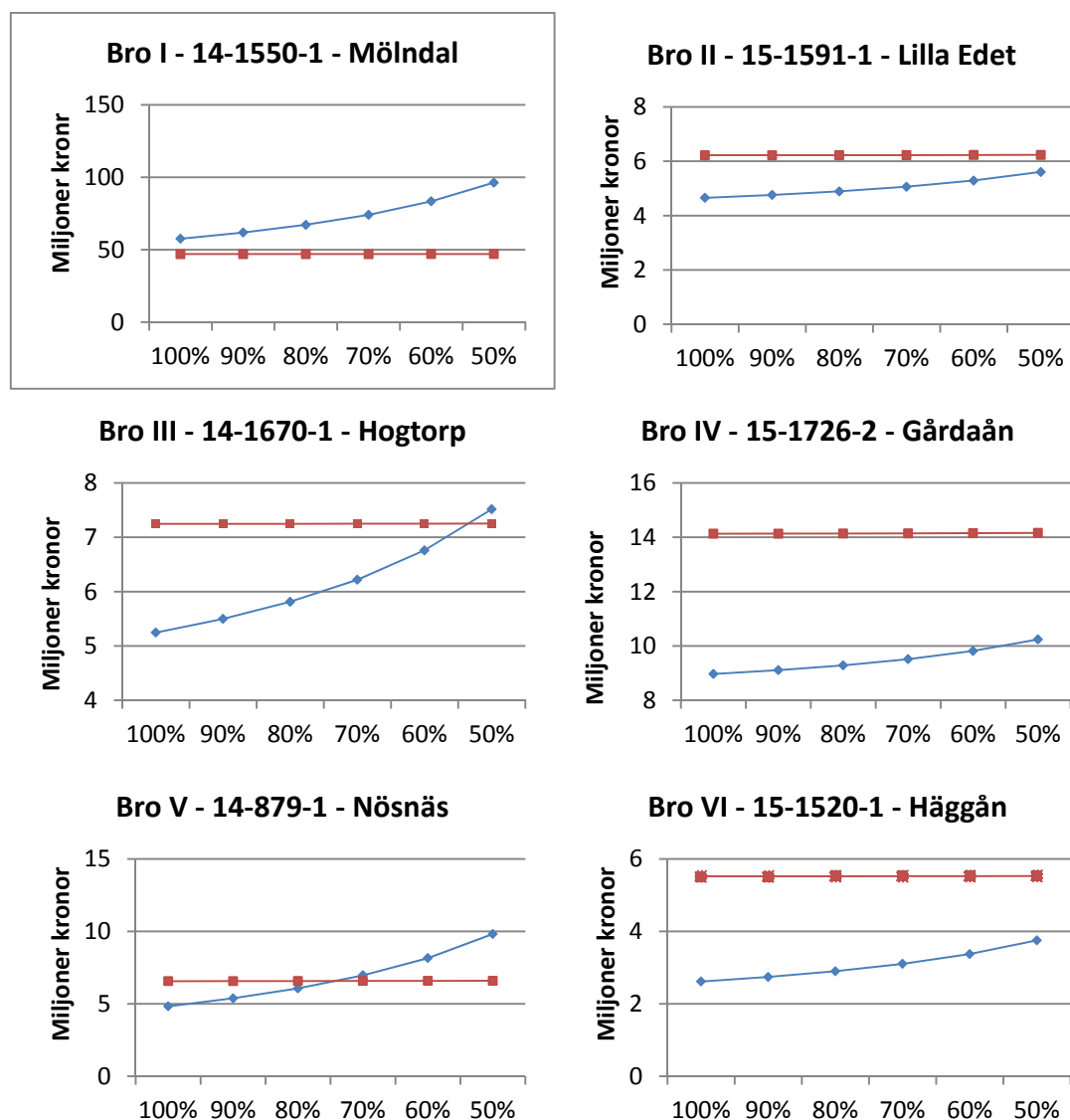
Nuvärdet för livscykelkostnaderna beräknades med hjälp av diskonteringsräntan som Trafikverket för närvarande rekommenderar till 3,5 %. För att se hur en förändring av diskonteringsräntan påverkade resultatet av livscykelanalysen genomfördes en känslighetsanalys för denna parameter. Resultatet visas i Figur 5.23 nedan och det framgår tydligt att FRP-alternativet drar fördel av en låg diskonteringsränta.



Figur 5.23 Diagram över hur livscykelkostnaderna förändras då diskonteringsräntan varierar mellan 0-6%. Blå linje avser befintlig konstruktion och röd linje visar FRP-alternativ.

5.8.2 Justerad hastighet

För att beräkna användarkostnader vid nybyggnation och underhåll sänktes hastigheten på och under broarna. Hastigheten beräknades dock endast sänkas strax innan och efter bron vilket inte alltid blir fallet i praktiken. Detta eftersom köer uppstår när det är mycket trafik vilket orsakar längre sträckor med sänkt hastighet. Därför genomfördes en känslighetsanalys där hastigheten sänktes ytterligare med mellan 0 och 50 %.

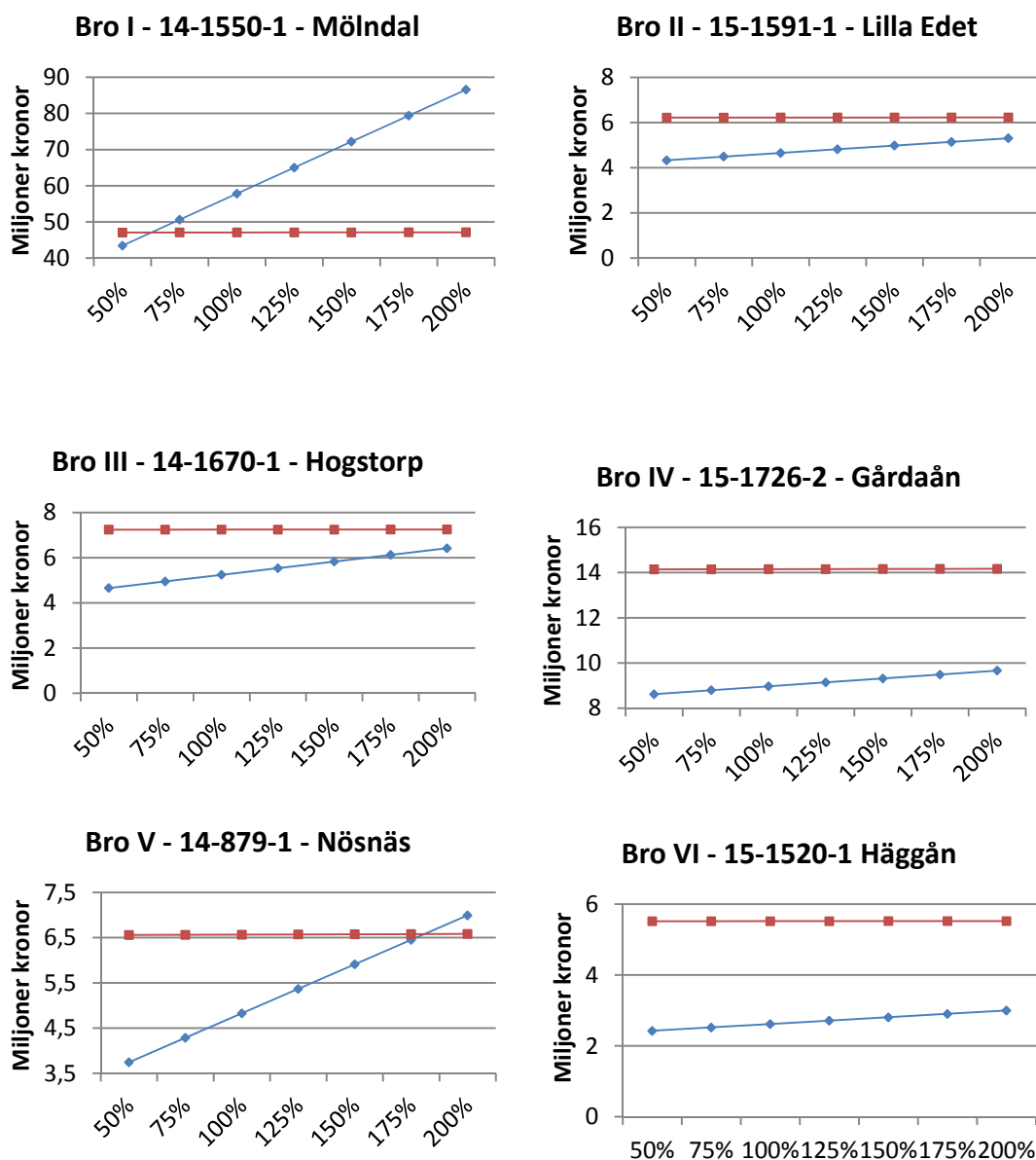


Figur 5.24 Diagram som visar hur olika broars livscykelkostnader förändras när hastigheten vid byggnation och underhåll sänks. Blå linje visar befintlig bro och röd linje visar FRP-alternativet.

Användarkostnaderna ökar när hastigheten sänks och ökningen är störst för broar med mycket trafik på eller i närheten av bron. FRP-alternativen påverkas väldigt lite eftersom de kräver lite underhåll och kort konstruktionstid.

5.8.3 Årsdygnstrafik

Eftersom trafiken ökar hela tiden på Sveriges vägar finns intresse av att veta hur mycket livscykelkostnaden förändras vid förändrad ÅDT.

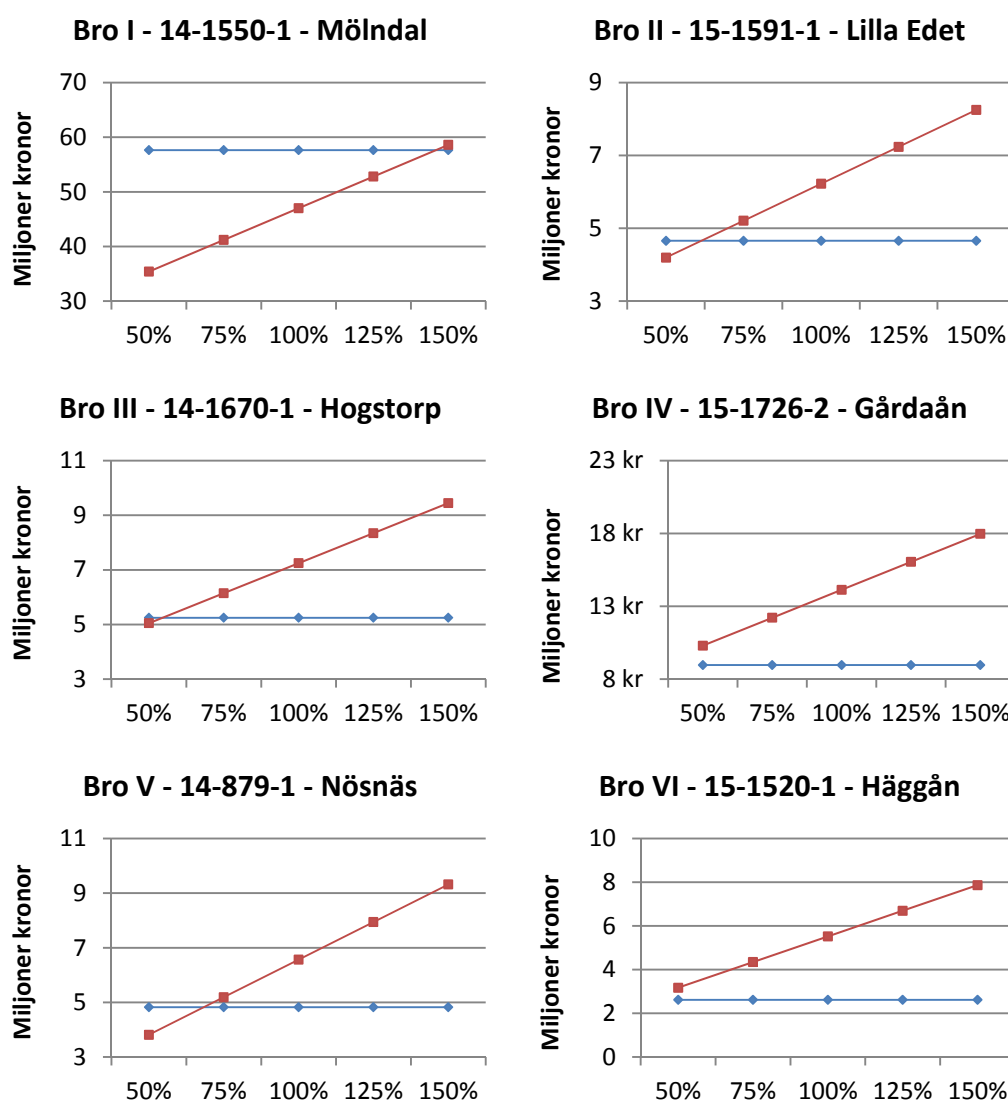


Figur 5.25 Diagram som visar hur förändrad ÅDT förändrar livscykelkostnaden för broarna. Blå linje visar befintlig bro och röd linje visar FRP-alternativet.

Känslighetsanalysen visar att FRP-alternativen inte är känsliga mot förändrad ÅDT samtidigt som kostnaden för exempelvis befintliga Bro I ökar med nästan 100 % vid en fördubbling av ÅDT.

5.8.4 FRP-priset

Priset på FRP-däcken uppskattades av Dr. Martijn Velkamp, Fibercore Europe utifrån broarnas förutsättningar. I känslighetsanalysen valdes ett intervall mellan en prisreducering på 50 % till en prisökning med 50 %. Intervallet valdes dels på grund av osäkerheter i uppskattningen men även för att en ökad användning av materialet skulle innebära lägre produktionskostnader.



Figur 5.26 Diagram som visar hur livscykelkostnaden varierar med förändrat FRP-pris. Blå linje avser befintlig konstruktion och röd linje avser FRP-alternativ.

6 Analys och diskussion

Resultatet är inte entydigt i varken FRP-broar eller konventionella broars favör. FRP-broar är enligt studien fördelaktiga i vissa avseenden och konventionella broar i andra.

Det är många olika faktorer som påverkar resultatet, vissa mer än andra. Diskonteringsräntan visar sig i känslighetsanalysen vara avgörande för utfallet av alla broar utom Bro I. Vid sänkt diskonteringsränta blir prisskillnaden mellan FRP-alternativen och de konventionella broarna betydligt mindre. För många broar måste man dock sänka diskonteringsräntan under 1 % för att FRP-alternativen skall vara ekonomiskt försvarbara. Den diskonteringsränta som Trafikverket använder sig av ligger för närvarande på 3,5 %. Med en lägre diskonteringsränta utgör kostnader vid investering lägre andel av livscykelkostnaden då framtida kostnader innebär större påverkan. Detta minskar kostnader för framtida generationer och går hand i hand med hållbar utveckling.

Avskaffningskostnaderna för de olika broarna är, med diskonteringsräntan satt till 3,5 %, försumbar. Vid sänkt diskonteringsränta uppgår dock avskaffningskostnaderna till mellan 4 och 10 % av totala kostnaden.

Skillnaden på underhållskostnaden mellan de olika alternativen är lägre än förväntat. Detta beror till stor del på diskonteringsräntan som innebär att framtida underhållsaktiviteter gör väldigt lite påverkan på totalkostnaden. Tydligt är dock att broar helt byggda i FRP har lägre underhållskostnader, eftersom de inte kräver stålbalkar som måste målas om med jämna mellanrum. Priset för ommålning av stålbalkar är väldigt högt. Eftersom det i nuläget inte finns någon lösning för att överföra skjuvkraft mellan stålbalkar och FRP-däck måste balkarna ta hela lasten. Balkarna blir därför större än de skulle vara om de kunde samverka med däckets vilket gör att de blir väldigt kostsamt att underhålla.

Framtida kostnader är dock osäkra eftersom erfarenhet saknas i användning av FRP i Sverige. Det är också svårt att avgöra framtida underhållskostnader för konventionella broar eftersom vissa skador kan vara svåra att förutse.

Användarkostnader utgör en stor del av livscykelkostnaden för de konventionella broarna. Eftersom användarkostnaden är en indirekt kostnad blir den inte kännbar för investeraren, i detta fall, Trafikverket. Trafikverket är dock en statlig myndighet som i författarnas mening bör beakta användarkostnader vid investering. Användarkostnaderna för FRP-alternativen är näst intill negligerbara på grund av den korta konstruktions- och underhållstiden. Vid ökad årsdygnstrafik påverkas nästan inte FRP-alternativen men däremot ökar de befintliga broarnas livscykelkostnader kraftigt vilket visas i känslighetsanalysen, Kapitel 5.8.3. Samma sak gäller om hastigheten reduceras ytterligare vid nybyggnation och underhåll. Att genomsnittshastigheten skulle sjunka mer än vad som beräknats i studien är troligt, framförallt för broar med hög ÅDT. Detta framgår i känslighetsanalysen, Kapitel 5.8.2.

Ytterligare en faktor som analyseras i känslighetsanalysen är priset på FRP-däcken. Investeringskostnaden sjunker givetvis vid lägre FRP-pris men för flera broar krävs att priset halveras för att göra dem ekonomiskt försvarbara. Att priset på FRP sjunker är högst troligt då användningsområdena ökar och därmed även produktionsvolymen.

Från sammanställningen i Kapitel 5.7 framgår att Bro I i Mölndal är mest kostnadseffektiv. Detta beror på den stora trafikvolymen och de dåliga markförhållandena.

7 Slutsats

Syftet med rapporten är att utvärdera under vilka omständigheter en bro byggd med FRP är mest kostnadseffektiv. Rapporten visar att FRP-broar är ekonomiskt försvarbara i miljöer med mycket omkringliggande trafik. Eftersom pålning är en stor kostnadsbärare blir FRP-broar, med mindre grundläggning, mer kostnadseffektiva vid dåliga markförhållanden.

Långa spännvidder medför att det krävs kompletterande balkar i konstruktionen vilka får stora dimensioner på grund av att det inte finns metoder för att överföra skjuvkrafter mellan balk och FRP-däck. Därför är kortare spännvidder att föredra för FRP-broar. För plattrambroar finns det ännu ingen beprövad metod att bygga i FRP och inte heller för att byta överbyggnad. Därför skulle ett FRP-alternativ till en plattramkonstruktion utformas som en fritt upplagd bro.

Den mest avgörande faktorn i rapporten har visat sig vara trafikvolymen. FRP-broar bör därför byggas där krav på snabb produktion och lågt underhåll erfordras.

8 Referenser

- AXELSSON, K., ELFGREN L. (2014) Bro: historia. I *Nationalencyklopedin*.
[Online] 2014-05-07 <http://www.ne.se/>
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, FHWA (1997): *Fiber Reinforced Polymer Composites Applications in USA*. [Online] 2014-04-24
<http://www.fhwa.dot.gov/bridge/frp/frp197.cfm>
- FIBERCORE EUROPE. (2014a): *Infracore Inside Technical datasheet*.
- FIBERCORE EUROPE. (2014b): *Full-scale compressietest*. [Online] 2014-06-15
<http://www.infracore.nl/nl/validatie/testen-en-proeven/418-compressie.html>
- FIBERCORE EUROPE. (2014c): *Full-scale vermoeiingstest*. [Online] 2014-06-15
<http://www.infracore.nl/nl/validatie/testen-en-proeven/411-vermoeiing.html>
- FIBERCORE EUROPE. (2014d): *Full-scale buigingstest*. [Online] 2014-06-15
<http://www.infracore.nl/nl/validatie/testen-en-proeven/377-buiging.html>
- FIBERCORE EUROPE. (2014e): *Maintenance-free*. [Online] 2014-06-15
http://www.fibercore-europe.com/index.php?option=com_content&view=article&id=245&lang=en
- FIBERCORE EUROPE. (2014f): *Hoe sustainable is InfraCore*. [Online] 2014-06-15
<http://www.infracore.nl/nl/over-infracore/veelgestelde-vragen/389-hoe-sustainable-is-infracore.html>
- FIBERCORE EUROPE. (2014g): *Technologie*. [Online] 2014-06-15
<http://www.infracore.nl/nl/over-infracore/technologie.html>
- FIBERCORE EUROPE. (2014h): *Waarom Infracore?*. [Online] 2014-06-15
<https://www.youtube.com/watch?v=Pelb0uf8hgY>
- FIBERLINE COMPOSITES. (2014a): *Matrix*. [Online] 2014-04-23
<http://www.fiberline.com/matrix>
- FIBERLINE COMPOSITES. (2014b): *Composites*. [Online] 2014-04-23
<http://www.fiberline.com/kompositter-generelt>
- FIBERLINE COMPOSITES. (2014c): *Why use composites*. [Online] 2014-04-23
<http://www.fiberline.com/structures/profiles-and-decks-bridges/standard-concept-bridges/why-use-composite/why-use-composite-bridges>
- FIBERLINE COMPOSITES. (2014d): *Reinforcement*. [Online] 2014-04-23
<http://www.fiberline.com/armering>
- FIBERLINE COMPOSITES. (2014e): *Structural profiles*. [Online] 2014-04-23
<http://www.fiberline.com/structural-profiles/decking-systems>
- FIBERLINE COMPOSITES. (2014f): *FBD600 Asset Bridge Deck*.
[Online] 2014-04-23
<http://www.fiberline.com/structures/profiles-and-decks-bridges/profiles-road-bridges/bridge-decks-heavy-loads/fbd600-asset-br/fbd600-asset-bridge-deck-pr>
- MARA V., 2014, *Fibre reinforced polymer bridge decks: Sustainability and a novel panel-level connection*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola, (Licentiatavhandling inom institutionen för Bygg- och miljöteknik)

- PONETA, P. et. al. (2012): *New Industrialised Construction Process for Transport Infrastructures Based on Polymer Composite Components*. Trans-IND
- PRINCE ENGINEERING. (2014): *Fiber Reinforced Polymers Characteristics and Behaviors* [Online] 2014-04-24
<http://www.build-on-prince.com/fiber-reinforced-polymers.html#sthash.WxJ92Emz.RDB6m1Em.dpbs>
- SAFI, M. 2012. *LCC Applications for Bridges and Integration with BMS*. Stockholm: Kungliga tekniska högskolan (Licentiatavhandling inom institutionen för Bygghvetenskap)
- SAGEMO, A., STORCK, L. (2013): *Comparative study of bridge concepts based on life-cycle cost analysis and life-cycle assessment*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola (Examensarbete inom institutionen för Bygg- och miljöteknik)
- SALOKANGAS, L., (2013). *ETSI Project: Bridge Life Cycle Optimisation Stage 3*, Department of Civil and Structural Engineering, Aalto University, Helsingfors, Finland
- TRAFIKVERKET (2012). *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK*
- TRAFIKVERKET (2014a). *BaTMan, Bro och tunnel management*. Trafikverket
- TRAFIKVERKET (2014b). *Handbok för BaTMan, Bro och Tunnel Management*. [Online] <https://batman.vv.se/batInfo/handbok31/whnjs.htm> (2014-04-22)
- TRAFIKVERKET (2014c): *Vägrafikflödeskartan* [Online] 2014-05-22
<http://vtf.trafikverket.se>

Bilaga A

Vägbana

$$b_{vb} := 20300\text{mm}$$

Bredd vägbana

$$t_{vb} := 270\text{mm}$$

Tjocklek vägbana

$$L := 116\text{m}$$

Längd

$$V_{vb} := b_{vb} \cdot t_{vb} \cdot L = 635.796 \cdot \text{m}^3$$

Volym brobaneplatta

$$b_{kb} := 400\text{mm}$$

Bredd kantbalk

$$h_{kb} := 430\text{mm}$$

Höjd kantbalk

$$V_{kb} := 2 \cdot b_{kb} \cdot h_{kb} \cdot L = 39.904 \cdot \text{m}^3$$

Volym kantbalk

Balkar

$$h_{balk} := 1230\text{mm}$$

Höjd balk

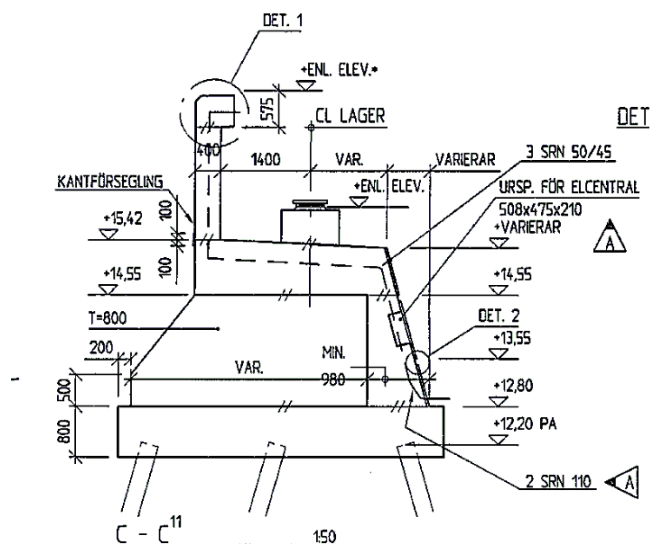
$$b_{balk} := 2100\text{mm} + 300\text{mm} = 2.4 \cdot \text{m}$$

Bredd balk

$$V_{balk} := 4 \cdot h_{balk} \cdot b_{balk} \cdot L = 1369.728 \cdot \text{m}^3$$

Volym, 4 balkar

Stöd 1



Denna detalj är tagen från ritning nr 12 (14-1550y)

Stödet har komplicerade dimensioner. En genomsnittlig tvärsnittsarea räknades ut och multiplicerades med längden. Sedan gjordes en uppskattning på vingmurarnas volym.

$$V_{\text{stöd1}} := 130\text{m}^3$$

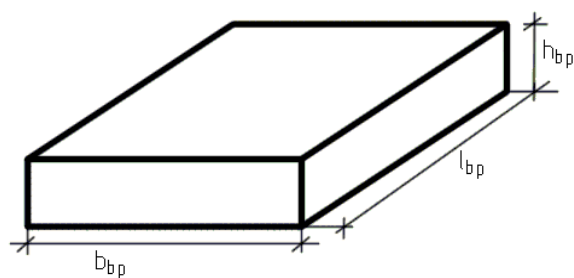
Volym stöd 1

$$l_{\text{bp1}} := 24200\text{mm}$$

$$b_{\text{bp1}} := 5100\text{mm}$$

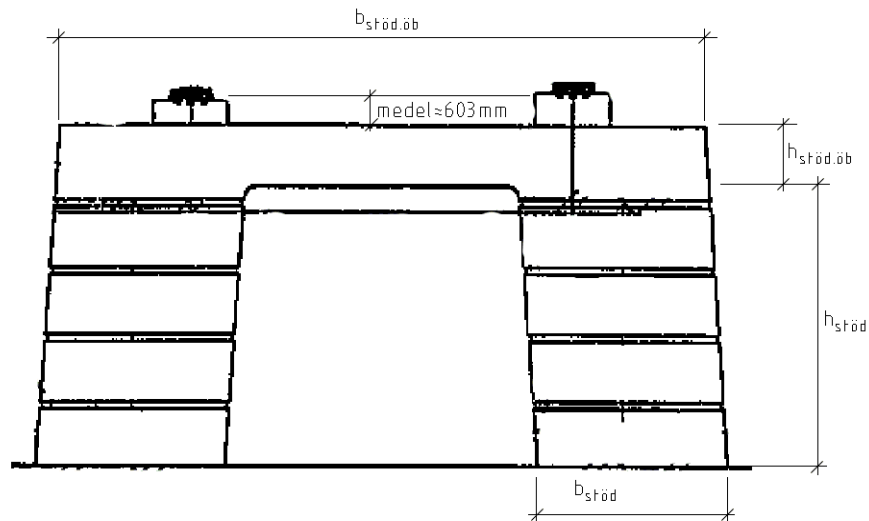
$$h_{\text{bp1}} := 800\text{mm}$$

$$V_{\text{bp1}} := l_{\text{bp1}} \cdot b_{\text{bp1}} \cdot h_{\text{bp1}} = 98.736 \cdot \text{m}^3$$



Volym bottenplatta

Stöd 2



$$b_{\text{stöd}} := 2800\text{mm}$$

$$h_{\text{stöd}} := 4150\text{mm}$$

$$b_{\text{stöd.öb}} := 9500\text{mm}$$

$$h_{\text{stöd.öb}} := 900\text{mm}$$

$$t_{\text{stöd}} := 1600\text{mm}$$

Stödet är inte rektangulärt men skillnad är liten nog för att vara negligerbar.

Tjocklek (djup) stöd

$$V_{\text{pall}} := 2 \frac{\pi \cdot 1100^2}{4} \cdot 603\text{mm}^3 = 1.146 \cdot \text{m}^3$$

Volym upplag

$$V_{\text{stöd2}} := 2(2b_{\text{stöd}} \cdot h_{\text{stöd}} + h_{\text{stöd.öb}} \cdot b_{\text{stöd.öb}}) \cdot t_{\text{stöd}} + 2V_{\text{pall}} = 104.02 \cdot \text{m}^3$$

$$l_{\text{bp2}} := 25000\text{mm}$$

$$b_{\text{bp2}} := 4300\text{mm}$$

Bottenplatta vid stöd 2

$$h_{\text{bp2}} := 1250\text{mm}$$

$$V_{\text{bp2}} := l_{\text{bp2}} \cdot b_{\text{bp2}} \cdot h_{\text{bp2}} = 134.375 \cdot \text{m}^3$$

Stöd 3

$$l_{bp3} := 26500\text{mm}$$

$$b_{bp3} := 4300\text{mm}$$

$$h_{bp3} := 1250\text{mm}$$

$$V_{bp3} := l_{bp3} \cdot b_{bp3} \cdot h_{bp3} = 142.438 \cdot \text{m}^3$$

Bottenplatta vid stöd 3

Stöd 4

$$l_{bp4} := 28000\text{mm}$$

$$b_{bp4} := 4500\text{mm}$$

$$h_{bp4} := 1250\text{mm}$$

$$V_{bp4} := l_{bp4} \cdot b_{bp4} \cdot h_{bp4} = 157.5 \cdot \text{m}^3$$

Bottenplatta vid stöd 4

Stöd 5

$$V_{stöd5} := 160\text{m}^3$$

$$l_{bp5} := 29518\text{mm}$$

$$b_{bp5} := 5400\text{mm}$$

$$h_{bp5} := 800\text{mm}$$

$$V_{bp5} := l_{bp5} \cdot b_{bp5} \cdot h_{bp5} = 127.518 \cdot \text{m}^3$$

Stöd 5 har liknande tvärsnitt som stöd 1 med undantaget höjden. Från detta räknades volymen på stöd 5 inklusive vingmurar fram.

Bottenplatta vid stöd 5

Pållängder

$$L_{\text{pål1}} := 54.35\text{m} = 1890\text{ m}$$

$$L_{\text{pål2}} := 38.38\text{m} = 1444\text{ m}$$

$$L_{\text{pål3}} := 44.42\text{m} = 1848\text{ m}$$

$$L_{\text{pål4}} := 48.43\text{m} = 2064\text{ m}$$

$$L_{\text{pål5}} := 63.42\text{m} = 2646\text{ m}$$

$$L_{\text{pål1}} + L_{\text{pål2}} + L_{\text{pål3}} + L_{\text{pål4}} + L_{\text{pål5}} = 9892\text{ m}$$

Summering

$$V_{\text{stöd.tot}} := V_{\text{stöd1}} + 3V_{\text{stöd2}} + V_{\text{stöd5}} = 602.061 \cdot \text{m}^3 \quad \text{Volymen för stöd 2,3,4 är samma.}$$

$$V_{\text{bp.tot}} := V_{\text{bp1}} + V_{\text{bp2}} + V_{\text{bp3}} + V_{\text{bp4}} + V_{\text{bp5}} = 660.566 \cdot \text{m}^3$$

$$V_{\text{tot}} := V_{\text{vb}} + V_{\text{kb}} + V_{\text{balk}} + V_{\text{stöd.tot}} + V_{\text{bp.tot}} = 3308.055 \cdot \text{m}^3$$

Massa överbyggnad

$$\rho_{\text{btg}} := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{\text{btg.öb}} := (V_{\text{vb}} + V_{\text{balk}}) \rho_{\text{btg}} = 5013.81 \cdot \text{ton}$$

Mängd armering

$$\rho_{\text{vb}} := 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, vägbana

$$\rho_{\text{kb}} := 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, kantbalk

$$\rho_{\text{bp}} := 90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, bottenplatta

$$\rho_{\text{stöd}} := 140 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, stöd

$\rho_{balk} := 90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Uppskattad armeringsmängd, balk
$m_{arm.vb} := V_{vb} \cdot \rho_{vb} = 114.443 \cdot \text{ton}$	Massa, armering vägbana
$m_{arm.kb} := V_{kb} \cdot \rho_{kb} = 7.183 \cdot \text{ton}$	Massa, armering, kantbalk
$m_{arm.bp} := V_{bp.tot} \cdot \rho_{bp} = 59.451 \cdot \text{ton}$	Massa, armering, bottenpl.
$m_{arm.stöd} := V_{stöd.tot} \cdot \rho_{stöd} = 84.288 \cdot \text{ton}$	Massa, armering, stöd
$m_{arm.balk} := V_{balk} \cdot \rho_{balk} = 123.276 \cdot \text{ton}$	
$m_{arm.öb} := m_{arm.vb} + m_{arm.kb} + m_{arm.balk} = 244.902 \cdot \text{ton}$	
$m_{arm.tot} := m_{arm.vb} + m_{arm.kb} + m_{arm.bp} + m_{arm.stöd} = 265.365 \cdot \text{ton}$	Massa, armering, totalt

Spännarmering

Längderna för förspänningsarmering hämtas från ritning 14-1550-1g

$$L_{spänn} := 5440\text{m}$$

Formarbete

$A_{form.öd} := (b_{vb} + 2h_{balk}) \cdot L = 2640.16 \text{ m}^2$	Formarbete överdel exkl. kantbak
---	----------------------------------

$A_{form.kb} := (b_{kb} + h_{kb} + h_{kb} - t_{vb}) \cdot L = 114.84 \text{ m}^2$	Formarbete kantbalk
---	---------------------

$$A_{stöd} := 2 \left[h_{stöd} \cdot 2(b_{stöd} + t_{stöd}) \right] + 2 \cdot h_{stöd.öb} \cdot (b_{stöd.öb} + t_{stöd}) \dots = 108.22 \text{ m}^2$$

$$+ t_{stöd} \cdot b_{stöd.öb}$$

$A_{kantstöd} := 2(b_{vb} \cdot 3\text{m} + 4\text{m} \cdot 3\text{m}) = 145.8 \text{ m}^2$	Uppskattning av båda kantstödens formyta
---	--

$A_{mittstöd.tot} := 3(2A_{stöd}) = 649.32 \text{ m}^2$	Formarbete stöd 2,3,4
---	-----------------------

$$A_{bp} := 2h_{bp1} \cdot (l_{bp1} + b_{bp1}) + 2h_{bp2} \cdot (l_{bp2} + b_{bp2}) \dots = 334.249 \text{ m}^2$$

$$+ 2h_{bp3} \cdot (l_{bp3} + b_{bp3}) + 2h_{bp4} \cdot (l_{bp4} + b_{bp4}) \dots$$

$$+ 2h_{bp5} \cdot (l_{bp5} + b_{bp5})$$

Massa beläggning

(TRVK Bro 11 B.3.1.1)

$$g_{\text{gjutasf}} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad t_{\text{gjutasf}} := 30\text{mm}$$

$$g_{\text{asfbtg}} := 23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad t_{\text{asfbtg}} := 45\text{mm}$$

$$G_{\text{belä}} := b_{\text{vb}} \cdot L \cdot (g_{\text{gjutasf}} \cdot t_{\text{gjutasf}} + g_{\text{asfbtg}} \cdot t_{\text{asfbtg}}) = 4132.674 \cdot \text{kN}$$

Summering egentyngd

$$g_{\text{räcke}} := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{\text{tot.bef}} := \frac{1.35 \left[(m_{\text{btg.öb}} + m_{\text{arm.öb}}) g + G_{\text{belä}} + 2g_{\text{räcke}} \cdot L \right]}{L} = 653.668 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

FRP

$$g_{\text{FRP}} := 100g \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 0.981 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Egentynd FRP-däck

$$G_{\text{FRP}} := g_{\text{FRP}} \cdot b_{\text{vb}} \cdot L = 2309.27 \cdot \text{kN}$$

$$b_{\text{FRP.kb}} := 500\text{mm}$$

Bredd kantbalk, FRP

$$G_{\text{FRP.kb}} := 2 \cdot 2 \cdot b_{\text{FRP.kb}} \cdot L \cdot g_{\text{FRP}} = 227.514 \cdot \text{kN}$$

Egentynd 2 kantbalkar

$$g_{\text{stålbalk}} := 5.63 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Från bilaga Balkar

$$G_{\text{stålbalk}} := 6 \cdot g_{\text{stålbalk}} \cdot L = 3918.48 \cdot \text{kN}$$

$$G_{\text{förband}} := 10\% G_{\text{stålbalk}} = 391.848 \cdot \text{kN}$$

Uppskattning av
tvärförbandens egetyngd
(från bro 15-1726-2)

Summering egentyngd FRP-alternativ

$$G_{\text{FRP.tot}} := \frac{1.35 (G_{\text{FRP}} + G_{\text{FRP.kb}} + G_{\text{stålbalk}} + G_{\text{förband}} + G_{\text{belä}} + 2g_{\text{räcke}} \cdot L)}{L} = 133.182 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Trafiklaster enligt Eurocode LM1.

(SS-EN-1991-2 4.3.2) Nationella parametrar TRVFS2011:12 tab. 7.1)

$$b_{lf1} := 3\text{m}$$

$$b_{lf2} := b_{vb} - b_{lf1} = 17.3\text{m}$$

Bredd lastfält 1

$$q_{1k} := 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Bredd övrig vägbana

$$q_{2k} := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1k} := 300\text{kN}$$

$$Q_{2k} := 200\text{kN}$$

$$\alpha_{Q1} := 0.9$$

$$\alpha_{Q2} := 0.9$$

$$\alpha_{q1} := 0.7$$

$$\alpha_{q2} := 1$$

$$q_{1red} := q_{1k} \cdot \alpha_{q1} = 6.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{2red} := q_{2k} \cdot \alpha_{q2} = 2.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1red} := Q_{1k} \cdot \alpha_{Q1} = 270 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{2red} := Q_{2k} \cdot \alpha_{Q2} = 180 \cdot \text{kN}$$

Laster i brottsgränstillstånd (multipliceras med faktor 1.5 på grund av huvudlast)

$$q_{1uls} := q_{1red} \cdot 1.5 = 9.45 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

(SS-EN 1990 Bilaga A2 tab A 2.4(A))

$$q_{2uls} := q_{2red} \cdot 1.5 = 3.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1uls} := Q_{1red} \cdot 1.5 = 405 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{2uls} := Q_{2red} \cdot 1.5 = 270 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{tot.trafik} := q_{1uls} \cdot b_{lf1} + q_{2uls} \cdot b_{lf2} = 93.225 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Egentyngd stöd

$$G_{\text{stöd1}} := V_{\text{stöd1}} \cdot \rho_{\text{btg}} \cdot g = 3187.161 \cdot \text{kN}$$

$$G_{\text{stöd2}} := V_{\text{stöd2}} \cdot \rho_{\text{btg}} \cdot g = 2550.224 \cdot \text{kN}$$

Egentyngd för stöd 2,3 och 4 är
samma

$$G_{\text{stöd5}} := V_{\text{stöd5}} \cdot \rho_{\text{btg}} \cdot g = 3922.66 \cdot \text{kN}$$

Det gulmarkerade används som indata till Autodesk Force Effect där reaktionskrafterna från pålarna räknades ut.

$$R_{\text{stöd1.bef}} := 4578 \text{ kN} + Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}} + G_{\text{stöd1}} = 8.44 \cdot \text{MN}$$

Värsta fallet för stöd 1,
befintlig bro

$$R_{\text{stöd2.bef}} := 18510 \text{ kN} + Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}} + G_{\text{stöd2}} = 21.735 \cdot \text{MN}$$

Värsta fallet för stöd 2,
befintlig bro

$$R_{\text{stöd3.bef}} := 24385 \text{ kN} + Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}} + G_{\text{stöd2}} = 27.61 \cdot \text{MN}$$

Värsta fallet för stöd 3,
befintlig bro

$$R_{\text{stöd4.bef}} := 27013 \text{ kN} + Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}} + G_{\text{stöd2}} = 30.238 \cdot \text{MN}$$

Värsta fallet för stöd 4,
befintlig bro

$$R_{\text{stöd5.bef}} := 7032 \text{ kN} + Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}} + G_{\text{stöd5}} = 11.63 \cdot \text{MN}$$

Värsta fallet för stöd 5,
befintlig bro

$$R_{\text{stöd1.FRP}} := 1621 \text{ kN} + Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}} + G_{\text{stöd1}} = 5.483 \cdot \text{MN}$$

Värsta fallet för stöd 1,
FRP-alt.

$$R_{\text{stöd2.FRP}} := 5876 \text{ kN} + Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}} + G_{\text{stöd2}} = 9.101 \cdot \text{MN}$$

Värsta fallet för stöd 2,
FRP-alt

$$R_{\text{stöd3.FRP}} := 7628 \text{ kN} + Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}} + G_{\text{stöd2}} = 10.853 \cdot \text{MN}$$

Värsta fallet för stöd 3,
FRP-alt.

$$R_{\text{stöd4.FRP}} := 8260 \text{ kN} + Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}} + G_{\text{stöd2}} = 11.485 \cdot \text{MN}$$

Värsta fallet för stöd 4,
FRP-alt

$$R_{\text{stöd5.FRP}} := 2337 \text{ kN} + Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}} + G_{\text{stöd5}} = 6.935 \cdot \text{MN}$$

Värsta fallet för stöd 5,
FRP-alt.

Ratio för kraft ner i mark mellan befintlig bro och FRP-alternativ

$$\alpha_1 := \frac{R_{\text{Stöd1.FRP}}}{R_{\text{Stöd1.bef}}} = 64.965\cdot\%$$

$$\alpha_2 := \frac{R_{\text{Stöd2.FRP}}}{R_{\text{Stöd2.bef}}} = 41.873\cdot\%$$

$$\alpha_3 := \frac{R_{\text{Stöd3.FRP}}}{R_{\text{Stöd3.bef}}} = 39.309\cdot\%$$

$$\alpha_4 := \frac{R_{\text{Stöd4.FRP}}}{R_{\text{Stöd4.bef}}} = 37.982\cdot\%$$

$$\alpha_5 := \frac{R_{\text{Stöd5.FRP}}}{R_{\text{Stöd5.bef}}} = 59.629\cdot\%$$

Reducering av pålar

$$L_{\text{pål.1.FRP}} := \alpha_1 \cdot L_{\text{pål1}} = 1227.841 \text{ m}$$

$$L_{\text{pål.2.FRP}} := \alpha_2 \cdot L_{\text{pål2}} = 604.648 \text{ m}$$

$$L_{\text{pål.3.FRP}} := \alpha_3 \cdot L_{\text{pål3}} = 726.425 \text{ m}$$

$$L_{\text{pål.4.FRP}} := \alpha_4 \cdot L_{\text{pål4}} = 783.958 \text{ m}$$

$$L_{\text{pål.5.FRP}} := \alpha_4 \cdot L_{\text{pål4}} = 783.958 \text{ m}$$

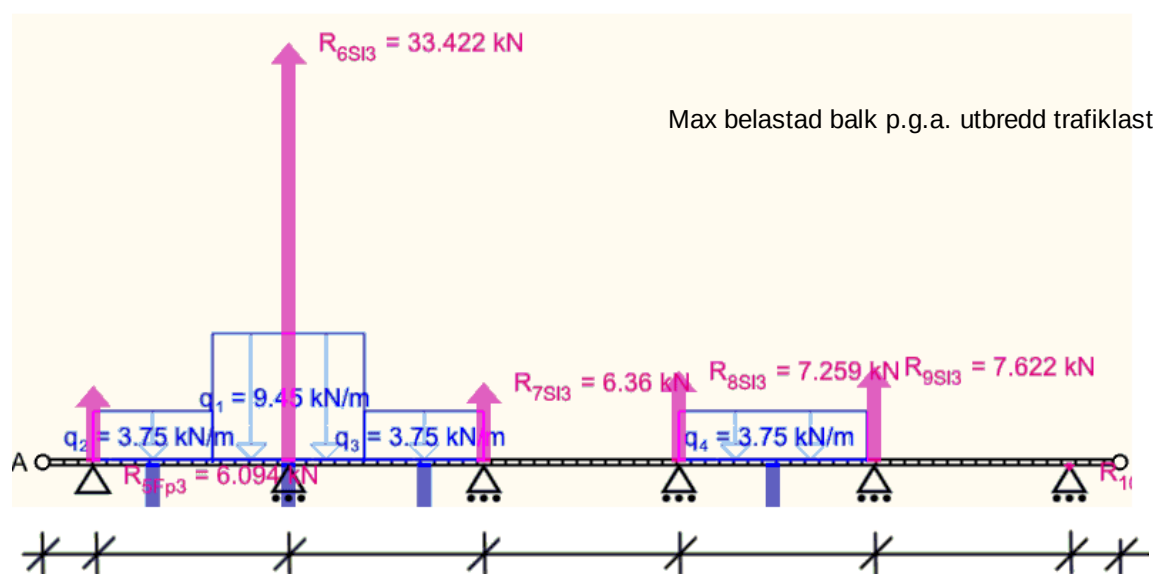
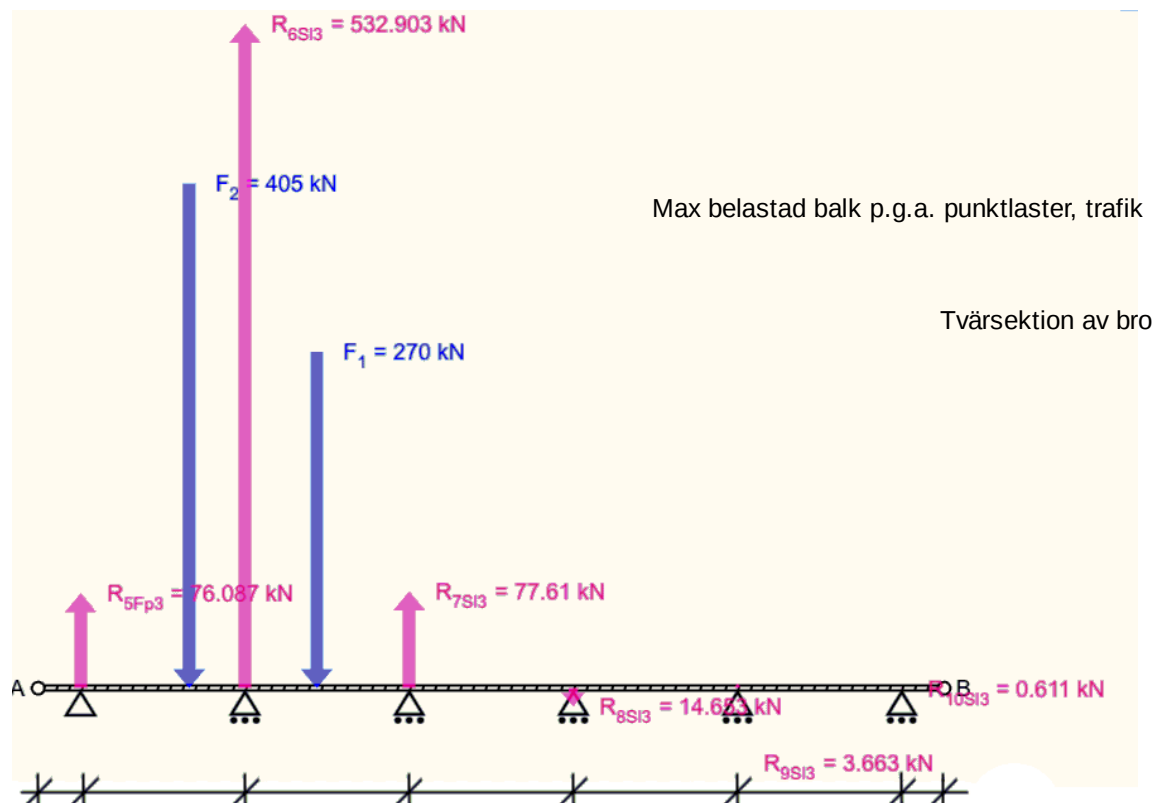
$$L_{\text{pål.tot.FRP}} := L_{\text{pål.1.FRP}} + L_{\text{pål.2.FRP}} + L_{\text{pål.3.FRP}} + L_{\text{pål.4.FRP}} + L_{\text{pål.5.FRP}} = 4126.831 \text{ m}$$

Bilaga B

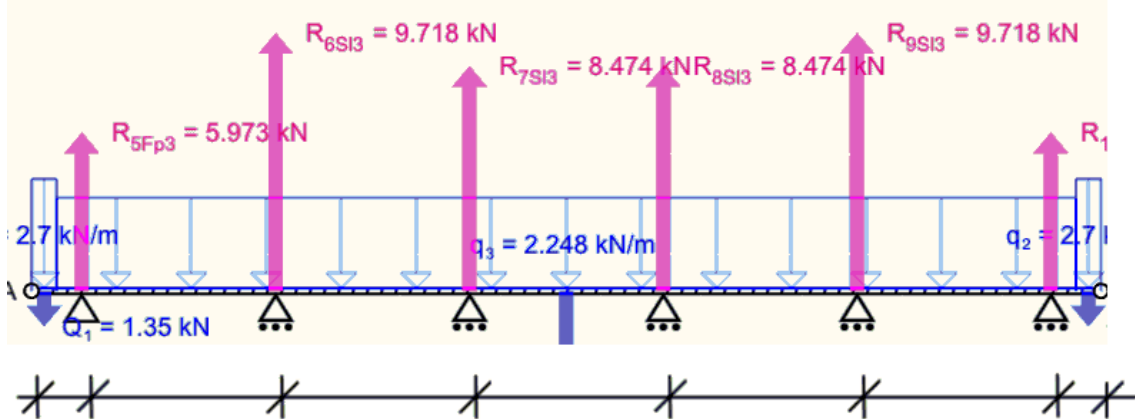
Ta fram max belastad balk

Förenklad version av Eurokod lastmodell 1 användes

Istället för att lägga punktlaster med 2 meters mellanrum läggs de ihop i en punkt

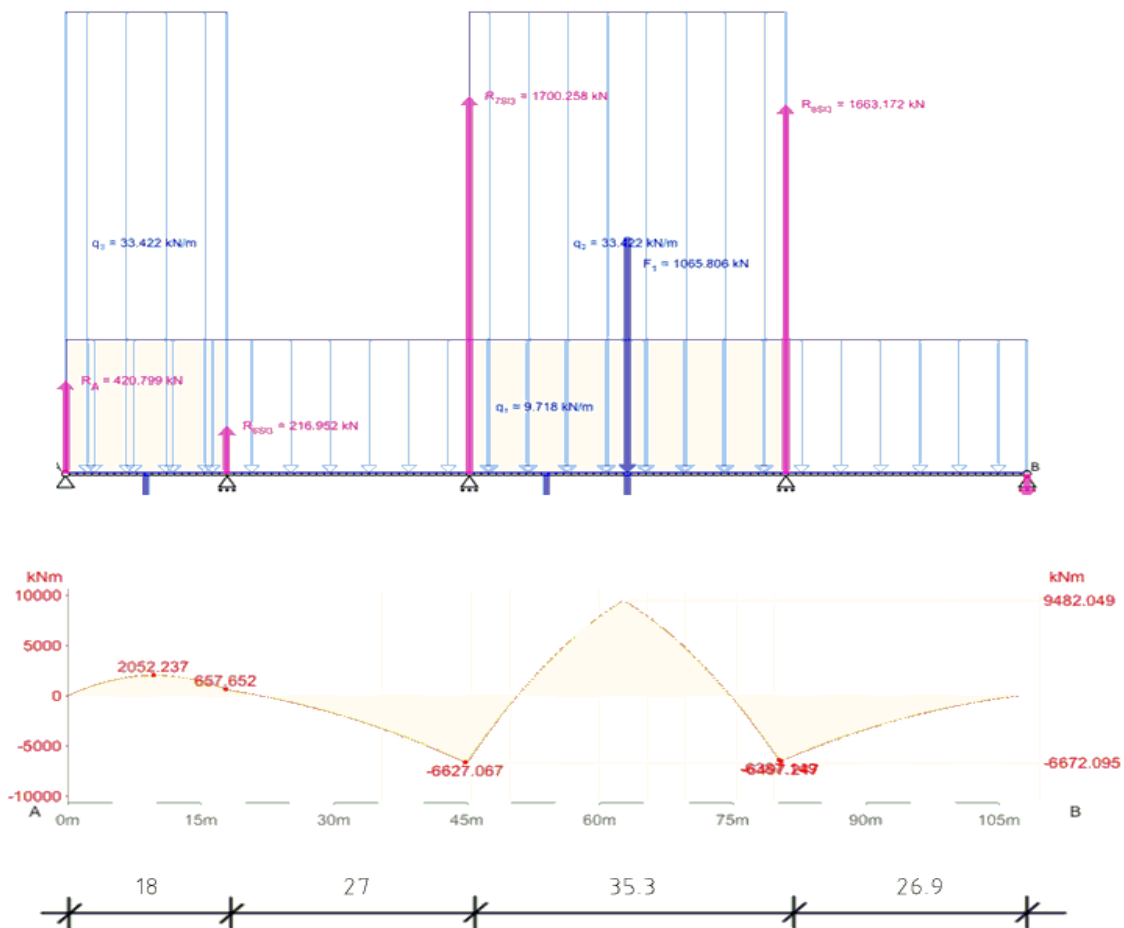


Max belastad balk p.g.a. egentynngd

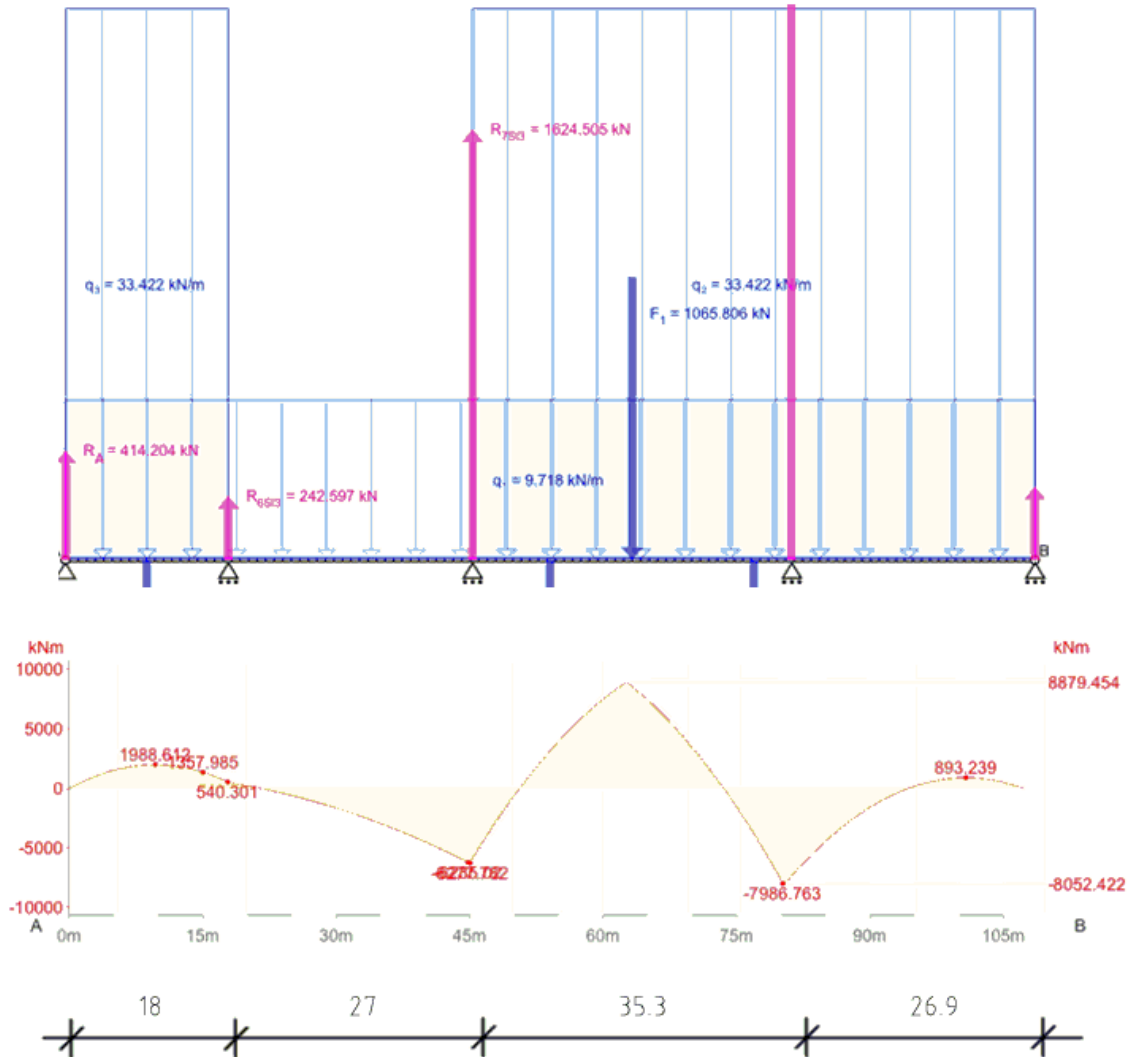


Ta fram maxmoment och max tvärkraft

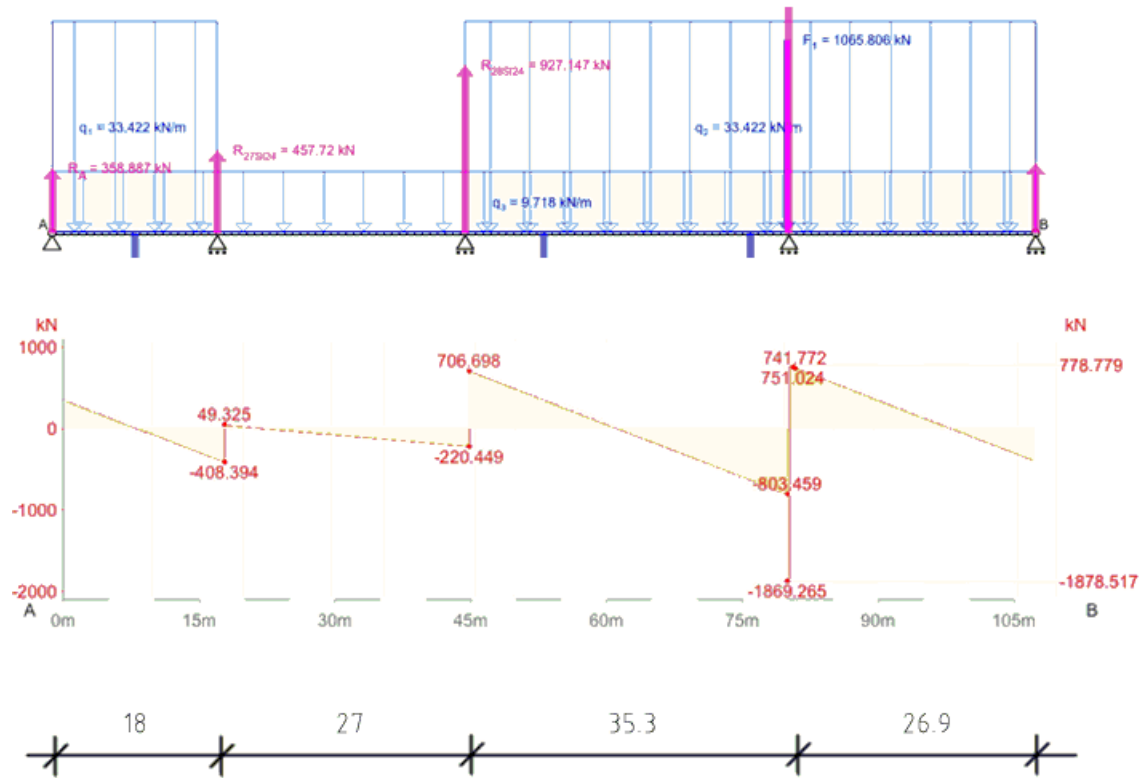
För att få maxmoment i fält läggs den utbredda trafiklasten i spann 1 och 3 f.v. Bidraget från punktlasten läggs i mitten av spann 3. Istället för att lägga dem med 1.2 meters avstånd läggs de samman. Detta resulterar i ett fältmoment på 9.48 MNm



För maximalt stödmoment läggs den utbredda trafiklasten i fack 1,3 och 4. Punktlasten läggs i mitten av fack 3. Om stödmomentet varit i närheten av fältmomentet hade noggrannare placering av punktlasten varit nödvändig.



För maximal tvärkraft placeras de utbredda lasterna i fack 1, 3 och 4. Punktlasten placeras strax till vänster om stöd 4. Detta resulterar i en maximal tvärkraft på 1879 kN.



$$M_{Ed.fält} := 9482.049 \text{ kNm}$$

Max fältmoment från ForceEffect

$$M_{Ed.stöd} := -8052.422 \text{ kNm}$$

$$|M_{Ed.fält}| > |M_{Ed.stöd}| = 1 \Rightarrow M_{Ed} := M_{Ed.fält}$$

$$V_{Ed} := 1878.517 \text{ kN}$$

$$\text{Antar tvärsnittsklass 3} \Rightarrow W := W_{el}$$

Dimensionerande moment

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{el} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$\chi_{LT} := 1 \quad \gamma_{M1} := 1 \quad f_y := 355 \text{ MPa}$$

(Balken antas vara stadgad mot vippning)

W_{el} sökes

$$\frac{M_{b,Rd}}{M_{Ed}} < 1 \Rightarrow$$

$$W_{el,min} := \frac{M_{Ed}}{f_y} = 0.027 \cdot \text{m}^3$$

$h_w := 1420\text{mm}$	Livhöjd	
$t_w := 16\text{mm}$	Livtjocklek	
$b_f := 800\text{mm}$	Bredd fläns	
$t_f := 32\text{mm}$	Tjocklek fläns	
$h := 2 \cdot t_f + h_w = 1.484\text{ m}$	Total höjd balk	
$I := \frac{h_w^3 \cdot t_w}{12} + 2 \left[\frac{t_f^3 \cdot b_f}{12} + t_f \cdot b_f \cdot \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right)^2 \right] = 0.031\text{ m}^4$		Tvärsnittets tröghetsmoment
$W_{el} := \frac{I}{z} = 0.042 \cdot \text{m}^3 \quad z := \frac{h}{2}$		
$W_{el.min} < W_{el} = 1$	ok!	

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{el} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 14.74 \cdot \text{MNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = 64.329\%$$

Kontrollera tvärsnittsklass

Flänsar

$$\epsilon := \sqrt{\frac{235\text{MPa}}{f_y}}$$

$$c := \frac{b_f}{2} - \frac{t_w}{2} - 7\text{mm} = 0.385\text{ m}$$

$$10\epsilon = 8.136 < \frac{c}{t_f} = 12.031 < 14\epsilon = 11.391 \quad \text{ok}$$

Liv

$$d := h_w - 14\text{mm}$$

$$83\epsilon = 67.53 < \frac{d}{t_w} = 87.875 < 124\epsilon = 100.888 \quad \text{ok}$$

Dimensionering m.a.p. tvärkraft

$$V_{Ed} = 1.879 \cdot \text{MN}$$

Antar längd mellan avstyvningar $a := 5\text{m}$

$$d := h_w - 14\text{mm} \quad \frac{a}{d} = 3.556$$

Livhöjd exkl. svetsar

$$\kappa_T := 5.34 + \frac{4}{\left(\frac{a}{d}\right)^2} = 5.656$$

Bucklingskoefficienten

$$\eta := 1.2$$

$$\frac{h_w}{t_w} = 88.75 > 31 \frac{\epsilon}{\eta} \cdot \sqrt{\kappa_T} = 49.988 \Rightarrow \text{Risk för skjuvbuckling}$$

$$\frac{0.8}{\eta} < \lambda_w := \frac{h_w}{t_w \cdot 37.4 \epsilon \cdot \sqrt{\kappa_T}} = 1.226 < 1.08 \Rightarrow$$

$$\chi_w := \frac{0.83}{\lambda_w} = 0.677 \quad \text{Skjuvbucklingskoefficient}$$

$$V_{bw.Rd} := \chi_w \cdot h_w \cdot t_w \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 3.152 \cdot \text{MN} \quad V_{bw.Rd} > V_{Ed} = 1 \quad \text{OK!}$$

Ingen risk för buckling

Kontroll om flänsarna kan ta momentet

$$W_{f.el} := 2 \frac{\left[\frac{t_f^3 \cdot b_f}{12} + t_f \cdot b_f \cdot \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right)^2 \right]}{z} = 0.036 \cdot \text{m}^3$$

$$M_{f.Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{f.el} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 12.913 \cdot \text{MNm} > M_{Ed} = 9.482 \cdot \text{MNm} \quad \text{ok!} \Rightarrow$$

Interaktion behöver ej kontrolleras

Utnyttjandegrad

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b.Rd}} = 64.329\%$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw.Rd}} = 59.604\%$$

Exponerad stålarea

$$L_{balk} := 107.2\text{m} = 107.2\text{ m}$$

Längd för en balk

$$n_{balk} := 6$$

Antal balkar

$$A_{avst} := 1.1$$

Avstyvningars area
uppskattas vara 10%
av balkarnas area

$$A_{exp} := (2h_w + 2b_f + b_f) \cdot n_{balk} \cdot L_{balk} \cdot A_{avst} = 3707.405\text{ m}^2$$

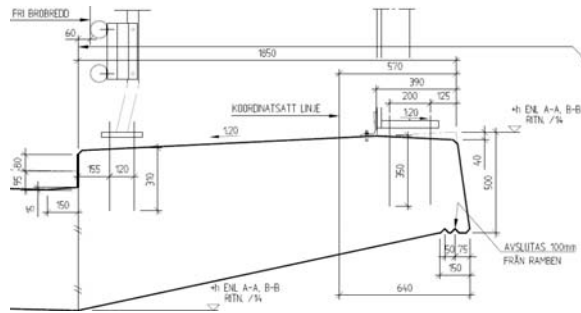
Egentyngd

$$A_{tv} := 2(b_f \cdot t_f) + h_w \cdot t_w = 0.074\text{ m}^2$$

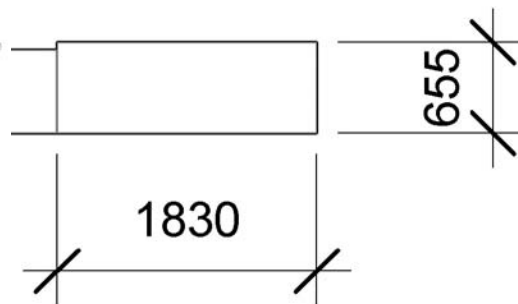
$$\rho_{stål} := 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$A_{tv} \cdot \rho_{stål} \cdot g = 5.63 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Bilaga C



Ritning på kantbalken till vänster förenklades till kantbalken nedan. Den andra kantbalken är 20mm bredare.



Vägbana

$$b_{vb} := 1940\text{mm}$$

Bredd vägbana

$$b_{kb1} := 1850\text{mm}$$

Bredd kantbalk 1

$$b_{kb2} := 1830\text{mm}$$

Bredd kantbalk 2

$$b_{tot} := b_{vb} + b_{kb1} + b_{kb2} = 23.08\text{m}$$

Total bredd

$$t := 600\text{mm}$$

Tjocklek vägbana

$$L_{vb} := 12760\text{mm}$$

Längd vägbana

$$V_{vb} := b_{vb} \cdot L_{vb} \cdot t = 148.526\text{m}^3$$

Volym vägbana

$$h_{kb} := 655\text{mm}$$

Höjd kantbalk

$$V_{kb1} := h_{kb} \cdot b_{kb1} \cdot L_{vb} = 15.462\text{m}^3$$

Volym kantbalk 1

$$V_{kb2} := h_{kb} \cdot b_{kb2} \cdot L_{vb} = 15.295\text{m}^3$$

Volym kantbalk 2

Stöd/bottenplatta

$$b_{bp} := 4000\text{mm}$$

Bredd bottenplatta

$$h_{bp} := 900\text{mm}$$

Höjd bottenplatta

$$l_{bp} := b_{tot} + 2 \cdot 200\text{mm} = 23.48\text{ m}$$

Längd bottenplatta

$$V_{bp} := b_{bp} \cdot h_{bp} \cdot l_{bp} = 84.528 \cdot \text{m}^3$$

Volym bottenplatta

$$h_{sm} := 4317\text{mm}$$

Höjd stödmur

$$b_{sm.b} := 530\text{mm}$$

Bredd stödmur botten

$$b_{sm.t} := 730\text{mm}$$

Bredd stödmur toppen

$$l_{sm} := b_{tot} = 23.08\text{ m}$$

Längd stödmur

$$V_{sm} := h_{sm} \cdot l_{sm} \cdot \left(\frac{b_{sm.b} + b_{sm.t}}{2} \right) = 62.771 \cdot \text{m}^3$$

Volym stödmur

$$V_{tot} := 2V_{bp} + 2V_{sm} + V_{kb1} + V_{kb2} + V_{vb} = 473.881 \cdot \text{m}^3$$

Total voym

Mängd betong

$$\rho_{btg} := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{platta} := \rho_{btg} \cdot (V_{vb} + V_{kb1} + V_{kb2}) = 448.208 \cdot \text{ton}$$

Massa brobaneplatta

$$m_{stöd} := \rho_{btg} \cdot (2V_{bp} + 2V_{sm}) = 736.495 \cdot \text{ton}$$

Massa stöd

Mängd armering

$$\rho_{vb} := 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, vägbana

$$\rho_{kb} := 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, kantbalk

$$\rho_{bp} := 90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, bottenplatta

$$\rho_{stöd} := 140 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, stöd

$$m_{\text{arm.vb}} := V_{vb} \cdot \rho_{vb} = 26.735 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering vägbana

$$m_{\text{arm.kb}} := (V_{kb1} + V_{kb2}) \cdot \rho_{kb} = 5.536 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, kantbalk

$$m_{\text{arm.bp}} := 2V_{bp} \rho_{bp} = 15.215 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, bottenpl.

$$m_{\text{arm.stöd}} := 2V_{sm} \rho_{stöd} = 17.576 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, stöd

$$m_{\text{arm.tot}} := m_{\text{arm.vb}} + m_{\text{arm.kb}} + m_{\text{arm.bp}} + m_{\text{arm.stöd}} = 65.062 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, totalt

Pållängd

$$L_{\text{pål1}} := 498.58 \text{m}$$

Pållängd stöd 1

$$L_{\text{pål2}} := 481.76 \text{m}$$

Pållängd stöd 2

$$L_{\text{pål.tot}} := L_{\text{pål1}} + L_{\text{pål2}} = 980.34 \text{m}$$

Pållängd totalt

Längden för varje påle
finns angiven på ritning
144 K 2013

Formarbete

$$A_{\text{form.bp}} := 2 \cdot 2 \cdot h_{\text{bp}} \cdot (b_{\text{bp}} + l_{\text{bp}}) = 98.928 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.stöd}} := 2 \left[2h_{\text{sm}} \cdot l_{\text{sm}} + 2 \cdot h_{\text{sm}} \cdot \left(\frac{b_{\text{sm.b}} + b_{\text{sm.t}}}{2} \right) \right] = 409.424 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.vb}} := b_{\text{vb}} \cdot L_{\text{vb}} + 2 \cdot t \cdot (L_{\text{vb}} + b_{\text{vb}}) = 286.136 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.kb}} := 2 \left(\frac{b_{\text{kb1}} + b_{\text{kb2}}}{2} \cdot L_{\text{vb}} + h_{\text{kb}} \cdot L_{\text{vb}} \right) = 63.672 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.tot}} := A_{\text{form.bp}} + A_{\text{form.stöd}} + A_{\text{form.vb}} + A_{\text{form.kb}} = 858.161 \cdot \text{m}^2$$

Laster

Trafiklaster enligt Eurocode LM1.

(SS-EN-1991-2 4.3.2) Nationella parametrar TRVFS2011:12 tab. 7.1)

$$q_{1k} := 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{2k} := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1k} := 300 \text{ kN}$$

$$Q_{2k} := 200 \text{ kN}$$

$$\alpha_{Q1} := 0.9$$

$$\alpha_{Q2} := 0.9$$

$$\alpha_{q1} := 0.7$$

$$\alpha_{q2} := 1$$

$$q_{1\text{red}} := q_{1k} \cdot \alpha_{q1} = 6.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{2\text{red}} := q_{2k} \cdot \alpha_{q2} = 2.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1\text{red}} := Q_{1k} \cdot \alpha_{Q1} = 270 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{2\text{red}} := Q_{2k} \cdot \alpha_{Q2} = 180 \cdot \text{kN}$$

Laster i brottsgränstillstånd (multipliceras med faktor 1.5 på grund av huvudlast)

(SS-EN 1990 Bilaga A2 tab A 2.4(A))

$$q_{1,\text{uls}} := q_{1\text{red}} \cdot 1.5 = 9.45 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{2,\text{uls}} := q_{2\text{red}} \cdot 1.5 = 3.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1\text{uls}} := Q_{1\text{red}} \cdot 1.5 = 405 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{2\text{uls}} := Q_{2\text{red}} \cdot 1.5 = 270 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{\text{tot.trafik}} := q_{1,\text{uls}} \cdot 3\text{m} \cdot L_{\text{vb}} + q_{2,\text{uls}} \cdot (b_{\text{vb}} - 3\text{m} - 0.5\text{m}) \cdot L_{\text{vb}} = 1122.561 \cdot \text{kN}$$

Egentyngd beläggning

(TRVK Bro 11 B.3.1.1)

$$g_{\text{gjutasf}} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$t_{\text{gjutasf}} := 100\text{mm}$$

$$g_{\text{asfbtg}} := 23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$t_{\text{asfbtg}} := 40\text{mm}$$

$$G_{\text{belä}} := b_{\text{vb}} \cdot L_{\text{vb}} \cdot (g_{\text{gjutasf}} \cdot t_{\text{gjutasf}} + g_{\text{asfbtg}} \cdot t_{\text{asfbtg}}) = 821.846 \cdot \text{kN}$$

Summering egentyngd

Multiplieras med 1.35
(SS-EN 1990 Bilaga A2 tab A 2.4(A))

$$g_{\text{räcke}} := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{\text{tot.bef}} := 1.35 \left[(m_{\text{platta}} + m_{\text{arm.kb}} + m_{\text{arm.vb}})g + G_{\text{belä}} + 3g_{\text{räcke}} \cdot L_{\text{vb}} \right] = 7573.895 \cdot \text{kN}$$

Egentyngd
robane-
platta

$$G_{\text{tot.stöd}} := 1.35 (2V_{\text{sm}} \cdot \rho_{\text{btg}} \cdot g + 2m_{\text{arm.stöd}} \cdot g) = 4620.486 \cdot \text{kN}$$

Reaktionskraft ner i mark

$$R_{\text{mark.bef}} := \frac{G_{\text{tot.bef}} + G_{\text{tot.stöd}} + Q_{\text{tot.trafik}}}{2} + Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}} = 7.333 \cdot \text{MN}$$

Kraft ner i
marken per stöd

Punktlasterna läggs över stöd för att ge största möjliga reaktionskraft.

FRP

$$g_{\text{FRP}} := 103.69 \text{g} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 1.017 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{\text{FRP}} := g_{\text{FRP}} \cdot b_{\text{vb}} \cdot L_{\text{vb}} = 251.715 \cdot \text{kN}$$

Egentyngd FRP-däck

$$b_{\text{FRP.kb}} := 500\text{mm}$$

Bredd kantbalk

$$G_{\text{FRP.kb}} := 2 \cdot 2 \cdot b_{\text{FRP.kb}} \cdot L_{\text{vb}} \cdot g_{\text{FRP}} = 25.95 \cdot \text{kN}$$

Egentyngd 2 kantbalkar

$$g_{\text{FRP.balk}} := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{\text{FRP.balk}} := 7 \cdot g_{\text{FRP.balk}} \cdot L_{\text{vb}} = 133.98 \cdot \text{kN}$$

Egentyngd 7 FRP-balkar

Summering egentyngd FRP-alternativ

$$G_{\text{FRP.tot}} := 1.35(G_{\text{FRP}} + G_{\text{FRP.kb}} + G_{\text{FRP.balk}} + G_{\text{belä}} + 3g_{\text{räcke}} \cdot L_{\text{vb}}) = 1768.57 \cdot \text{kN}$$

$$R_{\text{mark.FRP}} := \frac{G_{\text{FRP.tot}} + G_{\text{tot.stöd}} + Q_{\text{tot.trafik}}}{2} + Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}} = 4.431 \cdot \text{MN}$$

Kraft ner i
marken per stöd

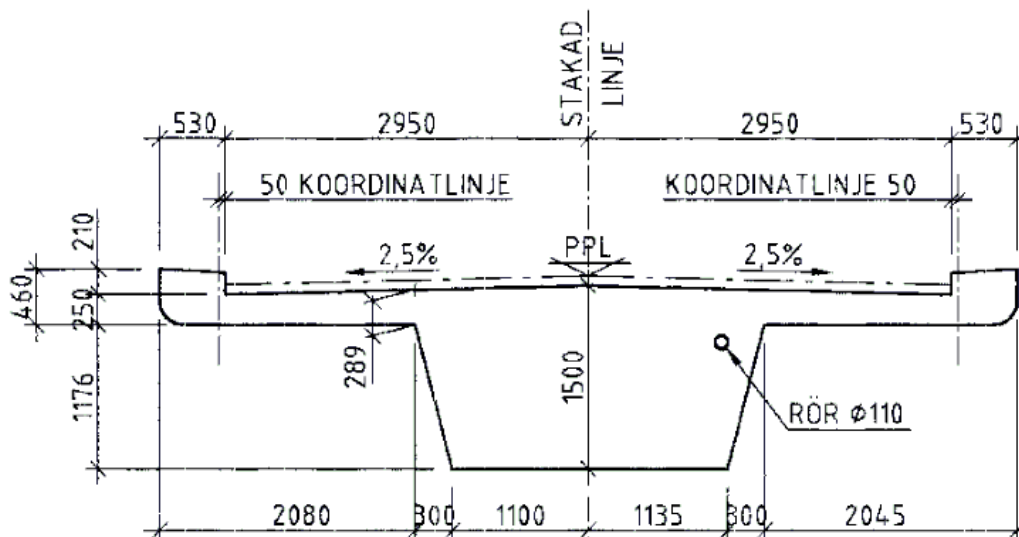
Ratio för kraft ner i mark mellan befintlig bro och FRP-alternativ

$$\alpha := \frac{R_{\text{mark.FRP}}}{R_{\text{mark.bef}}} = 0.604$$

Pållängd för FRP-alternativ

$$L_{\text{pål.tot}} \cdot \alpha = 592.311 \text{ m}$$

Bilaga D



Vägbana

$$b_{vb} := 2 \cdot 2950 \text{ mm}$$

Bredd vägbana

$$t_{vb} := 260 \text{ mm}$$

Tjocklek vägbana

$$L := 62 \text{ m}$$

Längd vägbana

$$V_{vb} := b_{vb} \cdot t_{vb} \cdot L = 95.108 \cdot \text{m}^3$$

Volym vägbana

Kantbalkar

$$h_{kb} := 460 \text{ mm}$$

Höjd kantbalk

$$b_{kb} := 530 \text{ mm}$$

Bredd kantbalk

$$V_{kb} := 2 \cdot h_{kb} \cdot b_{kb} \cdot L = 30.231 \cdot \text{m}^3$$

Volym kantbalk

Balk

$$h_{balk} := 1240 \text{ mm}$$

Höjd balk

$$b_{balk} := 2535 \text{ mm}$$

Bredd balk

$$V_{\text{balk}} := h_{\text{balk}} \cdot b_{\text{balk}} \cdot L = 194.891 \cdot \text{m}^3$$

Volym balk

Stöd 1

$$h_{\text{stöd1}} := 2919 \text{mm}$$

Höjd stöd 1

$$t_{\text{stöd1}} := 700 \text{mm}$$

Tjocklek stöd 1

$$b_{\text{stöd1}} := 4200 \text{mm}$$

Bredd stöd 1

$$b_{\text{bp1}} := 2800 \text{mm}$$

Bredd bottenplatta 1

$$l_{\text{bp1}} := 6000 \text{mm}$$

Längd bottenplatta 1

$$h_{\text{bp1}} := 1000 \text{mm}$$

Höjd bottenplatta 1

$$V_{\text{stöd1}} := h_{\text{stöd1}} \cdot b_{\text{stöd1}} \cdot t_{\text{stöd1}} = 8.582 \cdot \text{m}^3$$

Volym stöd 1

$$V_{\text{bp1}} := b_{\text{bp1}} \cdot l_{\text{bp1}} \cdot h_{\text{bp1}} = 16.8 \cdot \text{m}^3$$

Volym bottenplatta 1

Stöd 2

$$h_{\text{stöd}} := 5170 \text{mm}$$

Höjd stöd 2

$$\varnothing_{\text{stöd}} := 1500 \text{mm}$$

Diameter stöd 2

$$V_{\text{stöd2}} := \frac{\pi \cdot \varnothing_{\text{stöd}}^2}{4} \cdot h_{\text{stöd}} = 9.136 \cdot \text{m}^3$$

Volym stöd 2

$$b_{\text{bp2}} := 3200 \text{mm}$$

Bredd bottenplatta 2

$$l_{\text{bp2}} := 6000 \text{mm}$$

Längd bottenplatta 2

$$h_{\text{bp2}} := 1200 \text{mm}$$

Höjd bottenplatta 2

$$V_{\text{bp2}} := b_{\text{bp2}} \cdot l_{\text{bp2}} \cdot h_{\text{bp2}} = 23.04 \cdot \text{m}^3$$

Volym bottenplatta 2

Stöd 3

$$h_{\text{stöd3}} := 2236 \text{mm}$$

Höjd stöd 3

$$t_{\text{stöd3}} := 700\text{mm}$$

Tjocklek stöd 3

$$b_{\text{stöd3}} := 4200\text{mm}$$

Bredd stöd 3

$$V_{\text{stöd3}} := h_{\text{stöd3}} \cdot b_{\text{stöd3}} \cdot t_{\text{stöd3}} = 6.574 \cdot \text{m}^3$$

Volym stöd 3

$$V_{\text{bp3}} := V_{\text{bp1}}$$

Volym bottenplatta 3

Summering volym

$$V_{\text{tot}} := V_{\text{vb}} + V_{\text{kb}} + V_{\text{balk}} + V_{\text{stöd1}} + V_{\text{bp1}} + V_{\text{stöd2}} + V_{\text{bp2}} + V_{\text{stöd3}} + V_{\text{bp3}} = 401.162 \cdot \text{m}^3$$

$$V_{\text{öb}} := V_{\text{vb}} + V_{\text{kb}} + V_{\text{balk}} = 320.23 \cdot \text{m}^3$$

Volym överbyggnad

Spännarmering

Längderna för förspänningsarmering hämtas från ritning 14-1670-1 i

$$L_{\text{spänn}} := 744\text{m}$$

Mängd armering

$$\rho_{\text{vb}} := 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, vägbana

$$\rho_{\text{kb}} := 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, kantbalk

$$\rho_{\text{bp}} := 90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, bottenplatta

$$\rho_{\text{stöd}} := 140 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, stöd

$$m_{\text{arm.vb}} := V_{\text{vb}} \cdot \rho_{\text{vb}} = 17.119 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering vägbana

$$m_{\text{arm.kb}} := V_{\text{kb}} \cdot \rho_{\text{kb}} = 5.442 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, kantbalk

$$m_{\text{arm.bp}} := (V_{\text{bp1}} + V_{\text{bp2}} + V_{\text{bp3}}) \rho_{\text{bp}} = 5.098 \cdot \text{ton} \quad \text{Massa, armering, bottenpl.}$$

$$m_{\text{arm.stöd}} := (V_{\text{stöd1}} + V_{\text{stöd2}} + V_{\text{stöd3}}) \rho_{\text{stöd}} = 3.401 \cdot \text{ton} \quad \text{Massa, armering, stöd}$$

$$m_{\text{arm.tot}} := m_{\text{arm.vb}} + m_{\text{arm.kb}} + m_{\text{arm.bp}} + m_{\text{arm.stöd}} = 31.06 \cdot \text{ton} \quad \text{Massa, armering, totalt}$$

Massa betong

$$\rho_{\text{btg}} := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{\text{btg.öb}} := V_{\text{öb}} \cdot \rho_{\text{btg}} = 800.575 \cdot \text{ton}$$

Formarbete

$$A_{\text{form.vb}} := (b_{\text{vb}} - b_{\text{balk}}) \cdot L = 208.63 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.kb}} := 2(b_{\text{kb}} + h_{\text{kb}}) \cdot L = 122.76 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.balk}} := (2h_{\text{balk}} + b_{\text{balk}}) \cdot L = 310.93 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.stöd1}} := 2(h_{\text{stöd1}} + t_{\text{stöd1}}) \cdot b_{\text{stöd1}} = 30.4 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.stöd2}} := \emptyset_{\text{stöd}} \cdot \pi \cdot h_{\text{stöd}} = 24.363 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.stöd3}} := 2(h_{\text{stöd3}} + t_{\text{stöd3}}) \cdot b_{\text{stöd3}} = 24.662 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.bp}} := 2 \cdot 2 \cdot h_{\text{bp1}} \cdot (l_{\text{bp1}} + b_{\text{bp1}}) + h_{\text{bp2}} \cdot (l_{\text{bp2}} + b_{\text{bp2}}) = 46.24 \cdot \text{m}^2$$

Pållängder

Stöd 1

$$n_A := 11$$

$$L_{\text{medel1}} := 14 \text{ m}$$

$$L_{\text{pål.st1}} := n_A \cdot L_{\text{medel1}} = 154 \text{ m}$$

Av ritningarna framgick endast medellängden av pålarna vid varje stöd.

Stöd 2

$$n_B := 16$$

$$L_{\text{medel2}} := 6 \text{ m}$$

$$L_{\text{pål.st2}} := n_B \cdot L_{\text{medel2}} = 96 \text{ m}$$

Stöd 3

$$n_C := 11$$

$$L_{\text{medel3}} := 15 \text{ m}$$

$$L_{\text{pål.st3}} := n_C \cdot L_{\text{medel3}} = 165 \text{ m}$$

$$L_{\text{pål.tot}} := L_{\text{pål.st1}} + L_{\text{pål.st2}} + L_{\text{pål.st3}} = 415 \text{ m}$$

Massa beläggning

(TRVK Bro 11 B.3.1.1)

$$g_{\text{gjutasf}} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$t_{\text{gjutasf}} := 35 \text{ mm}$$

$$g_{\text{asfbtg}} := 23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$t_{\text{asfbtg}} := 40 \text{ mm}$$

$$G_{\text{belä}} := b_{\text{vb}} \cdot L \cdot (g_{\text{gjutasf}} \cdot t_{\text{gjutasf}} + g_{\text{asfbtg}} \cdot t_{\text{asfbtg}}) = 643.808 \cdot \text{kN}$$

Summering egentyngd

$$R_3 := 696 \text{ kN}$$

$$g_{\text{räcke}} := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{\text{tot.bef}} := \frac{1.35 \left[(m_{\text{btg.öb}} + m_{\text{arm.vb}} + m_{\text{arm.kb}}) g + G_{\text{belä}} + 2 g_{\text{räcke}} \cdot L \right]}{L} = 195.184 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

FRP

$$g_{\text{FRP}} := 100 g \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 0.981 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{\text{FRP}} := g_{\text{FRP}} \cdot b_{\text{vb}} \cdot L = 358.727 \cdot \text{kN}$$

Egentynd FRP-däck

$$b_{\text{FRP.kb}} := 500 \text{ mm}$$

Bredd kantbalk

$$G_{\text{FRP.kb}} := 2 \cdot 2 \cdot b_{\text{FRP.kb}} \cdot L \cdot g_{\text{FRP}} = 121.602 \cdot \text{kN}$$

Egentynd 2 kantbalkar

$$g_{\text{stålbalk}} := 4.219 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{\text{stålbalk}} := 2 \cdot g_{\text{stålbalk}} \cdot L = 523.156 \cdot \text{kN}$$

$$G_{\text{tvärförband}} := 10\% \cdot G_{\text{stålbalk}} = 52.316 \cdot \text{kN}$$

Uppskattning av
tvärförbandens egentynghd
(från bro 15-1726-2)

$$\rho_{\text{pc}} := 2260 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Fiberarmerad betong

$$G_{\text{pc}} := \rho_{\text{pc}} \cdot 30\text{mm} \cdot g \cdot L \cdot b_{\text{vb}} = 243.217 \cdot \text{kN}$$

Summering egentynghd FRP-alternativ

$$G_{\text{FRP.tot}} := \frac{1.35(G_{\text{FRP}} + G_{\text{FRP.kb}} + G_{\text{stålbalk}} + G_{\text{tvärförband}} + G_{\text{belä}} + 2g_{\text{række}} \cdot L + G_{\text{pc}})}{L} = 47.703 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Trafiklaster enligt Eurocode LM1.

(SS-EN-1991-2 4.3.2) Nationella
parametrar TRVFS2011:12 tab. 7.1)

$$b_{\text{lf1}} := 3\text{m}$$

Bredd lastfält 1

$$b_{\text{lf2}} := b_{\text{vb}} - b_{\text{lf1}} = 2.9\text{m}$$

Bredd övrig vägbana

$$q_{1\text{k}} := 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{2\text{k}} := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1\text{k}} := 300\text{kN}$$

$$Q_{2\text{k}} := 200\text{kN}$$

$$\alpha_{Q1} := 0.9$$

$$\alpha_{Q2} := 0.9$$

$$\alpha_{q1} := 0.7$$

$$\alpha_{q2} := 1$$

$$q_{1\text{red}} := q_{1\text{k}} \cdot \alpha_{q1} = 6.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{2\text{red}} := q_{2\text{k}} \cdot \alpha_{q2} = 2.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1red} := Q_{1k} \cdot \alpha_{Q1} = 270 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{2red} := Q_{2k} \cdot \alpha_{Q2} = 180 \cdot \text{kN}$$

Laster i brottsgränstillstånd (multipliceras med faktor 1.5 på grund av huvudlast)

(SS-EN 1990 Bilaga A2 tab A 2.4(A))

$$q_{1,uls} := q_{1red} \cdot 1.5 = 9.45 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{2,uls} := q_{2red} \cdot 1.5 = 3.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1uls} := Q_{1red} \cdot 1.5 = 405 \cdot \text{kN}$$

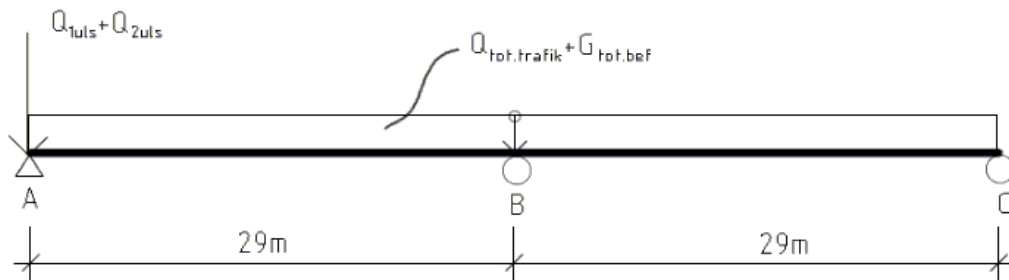
$$Q_{2uls} := Q_{2red} \cdot 1.5 = 270 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{tot.trafik} := q_{1,uls} \cdot b_{lf1} + q_{2,uls} \cdot b_{lf2} = 39.225 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{stöd1} := V_{stöd1} \cdot \rho_{btg} \cdot g = 210.398 \cdot \text{kN}$$

$$G_{stöd2} := V_{stöd2} \cdot \rho_{btg} \cdot g = 223.987 \cdot \text{kN}$$

$$G_{stöd3} := V_{stöd3} \cdot \rho_{btg} \cdot g = 161.168 \cdot \text{kN}$$



Punktlasterna läggs över varje stöd för att ge värsta lastfall. Figuren visar största reaktionskraft för stöd A (stöd 1). Utbredd trafiklast ligger i spann 1 och egentygnd i båda spannen i detta fall.

Reaktionskrafterna tas fram med hjälp av elementarfall från boken Byggformler och tabeller

$$R_{A.bef} := (0.438Q_{tot.trafik} + 0.375 \cdot G_{tot.bef}) \cdot 29m + 2(Q_{1uls} + Q_{2uls}) + G_{stöd1} = 4.181 \cdot MN$$

$$R_{B.bef} := 1.25(Q_{tot.trafik} + G_{tot.bef}) \cdot 29m + 2(Q_{1uls} + Q_{2uls}) + G_{stöd2} = 10.071 \cdot MN$$

$$R_{C.bef} := (0.438Q_{tot.trafik} + 0.375 \cdot G_{tot.bef}) \cdot 29m + 2(Q_{1uls} + Q_{2uls}) + G_{stöd3} = 4.132 \cdot MN$$

$$R_{A.FRP} := (0.438Q_{tot.trafik} + 0.375 \cdot G_{FRP.tot}) \cdot 29m + 2(Q_{1uls} + Q_{2uls}) + G_{stöd1} = 2.577 \cdot MN$$

$$R_{B.FRP} := 1.25(Q_{tot.trafik} + G_{FRP.tot}) \cdot 29m + 2(Q_{1uls} + Q_{2uls}) + G_{stöd2} = 4.725 \cdot MN$$

$$R_{C.FRP} := (0.438Q_{tot.trafik} + 0.375 \cdot G_{FRP.tot}) \cdot 29m + 2(Q_{1uls} + Q_{2uls}) + G_{stöd3} = 2.528 \cdot MN$$

Ratio för kraft ner i mark mellan befintlig bro och FRP-alternativ

$$\alpha_A := \frac{R_{A.FRP}}{R_{A.bef}} = 0.616$$

$$\alpha_B := \frac{R_{B.FRP}}{R_{B.bef}} = 0.469$$

$$\alpha_C := \frac{R_{C.FRP}}{R_{C.bef}} = 0.612$$

Reducering av pålar

$$L_{pål.st1.FRP} := \alpha_A \cdot L_{pål.st1} = 94.929 \text{ m}$$

$$L_{pål.st2.FRP} := \alpha_B \cdot L_{pål.st2} = 45.04 \text{ m}$$

$$L_{pål.st3.FRP} := \alpha_C \cdot L_{pål.st3} = 100.955 \text{ m}$$

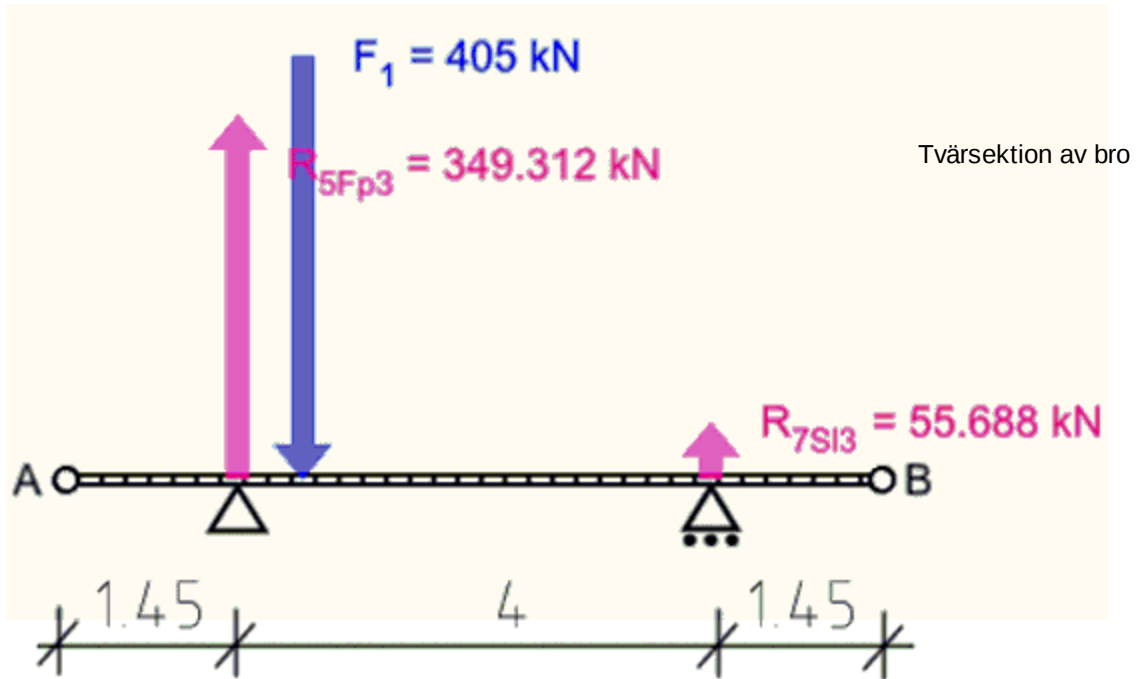
$$L_{pål.tot.FRP} := L_{pål.st1.FRP} + L_{pål.st2.FRP} + L_{pål.st3.FRP} = 240.924 \text{ m}$$

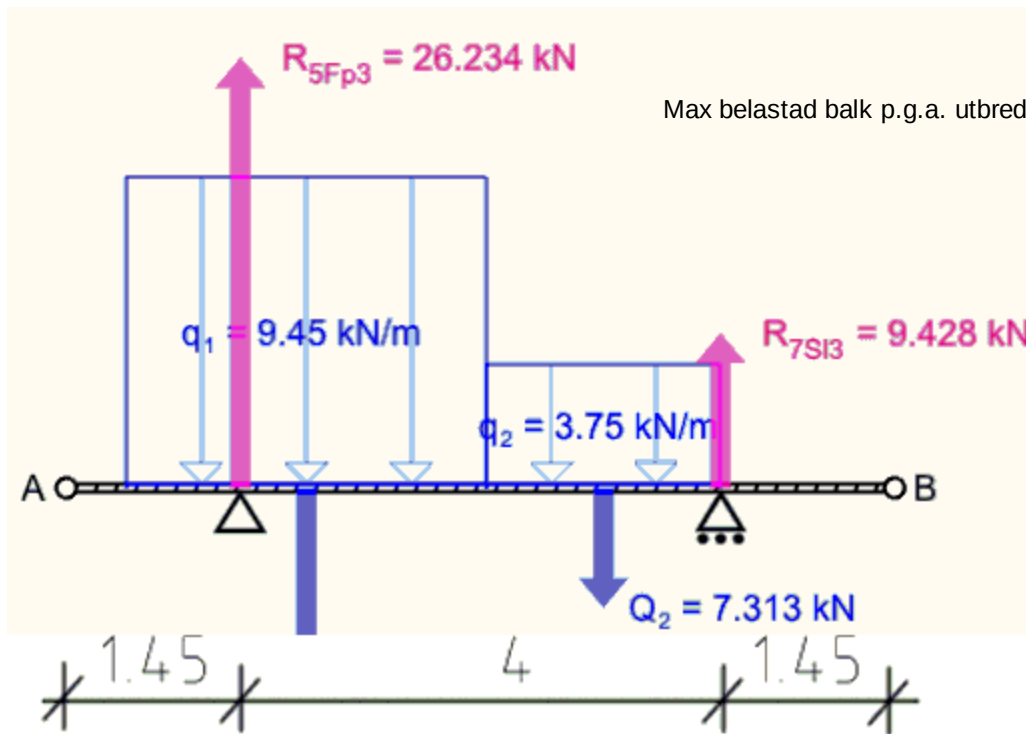
Bilaga E

Ta fram max belastad balk

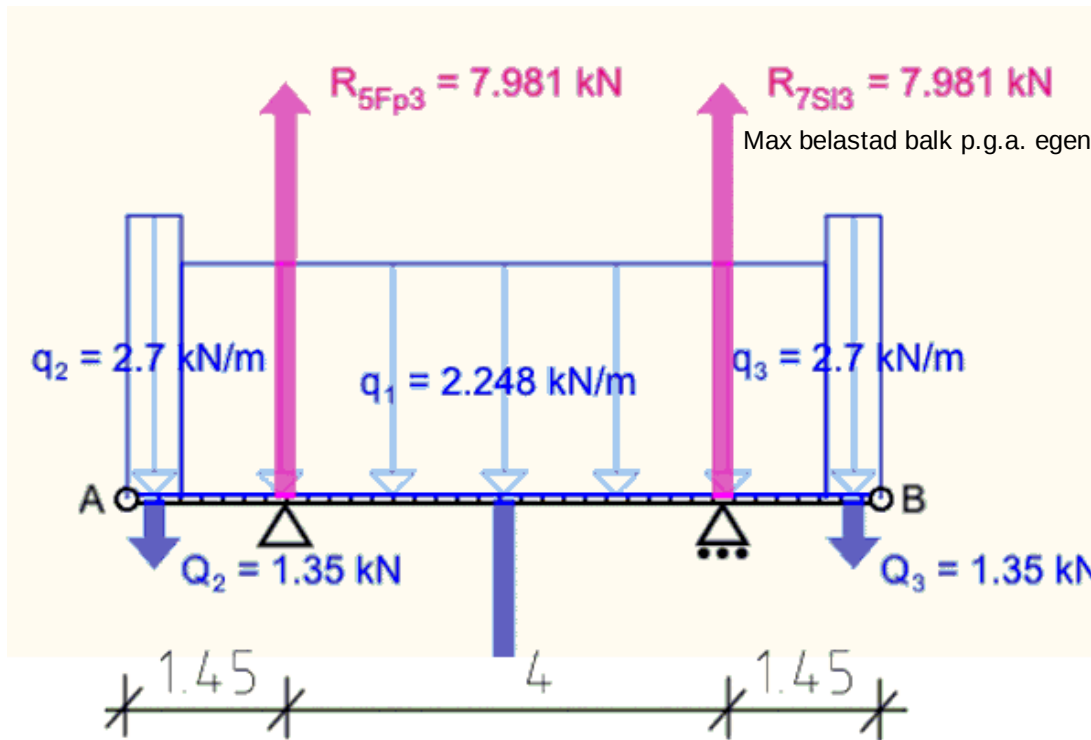
Förenklad version av Eurokod lastmodell 1 användes

I stället för att lägga punktlasterna med 2 meters mellanrum läggs de ihop i en punkt





Max belastad balk p.g.a. utbredd trafiklast

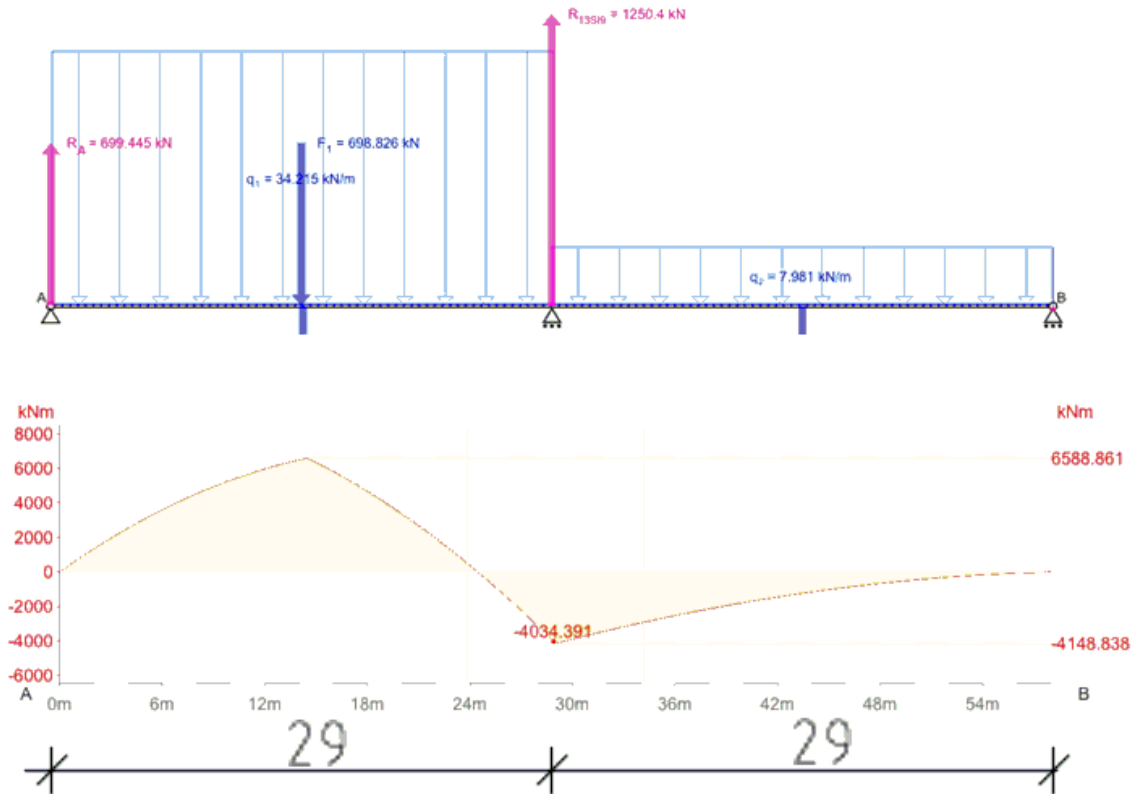


Max belastad balk p.g.a. egentynngd

Ta fram maxmoment och max tvärkraft

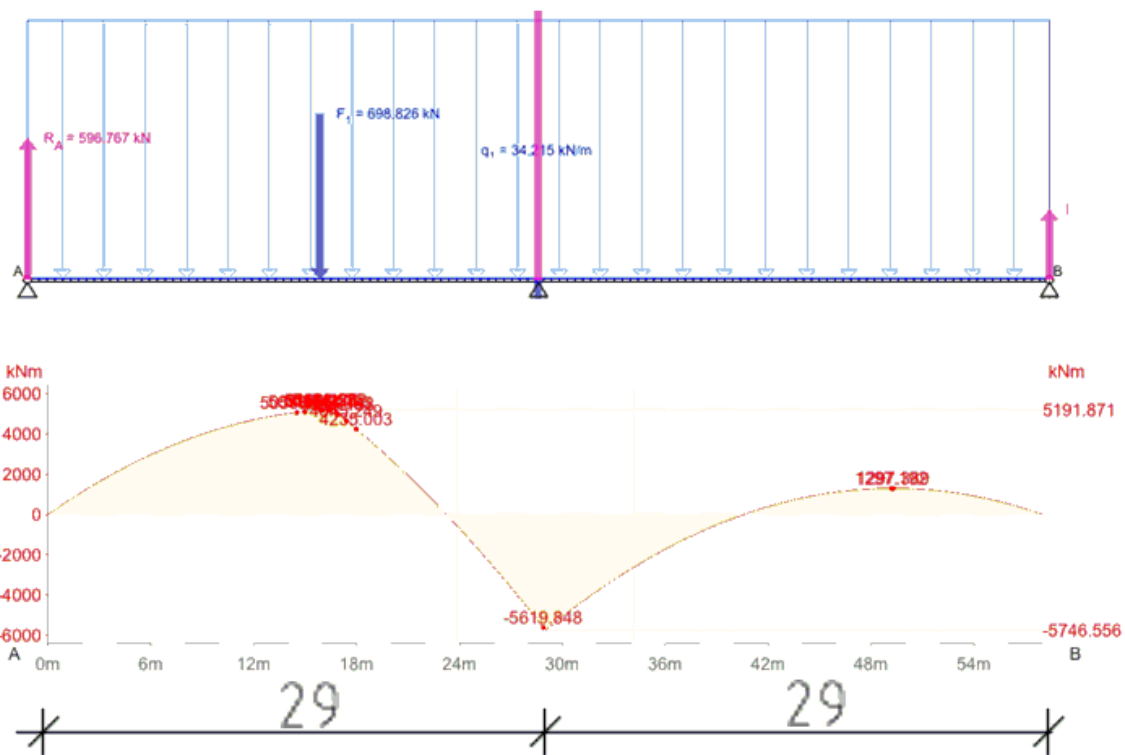
Moment

För att få maxmoment i fält läggs den utbredda trafiklasten endast i ett spann. Bidraget från punktlasten läggs i mitten av detta spann. Istället för att lägga dem med 1.2 meters avstånd läggs de samman.



Max fältmoment blir således 6589 kNm

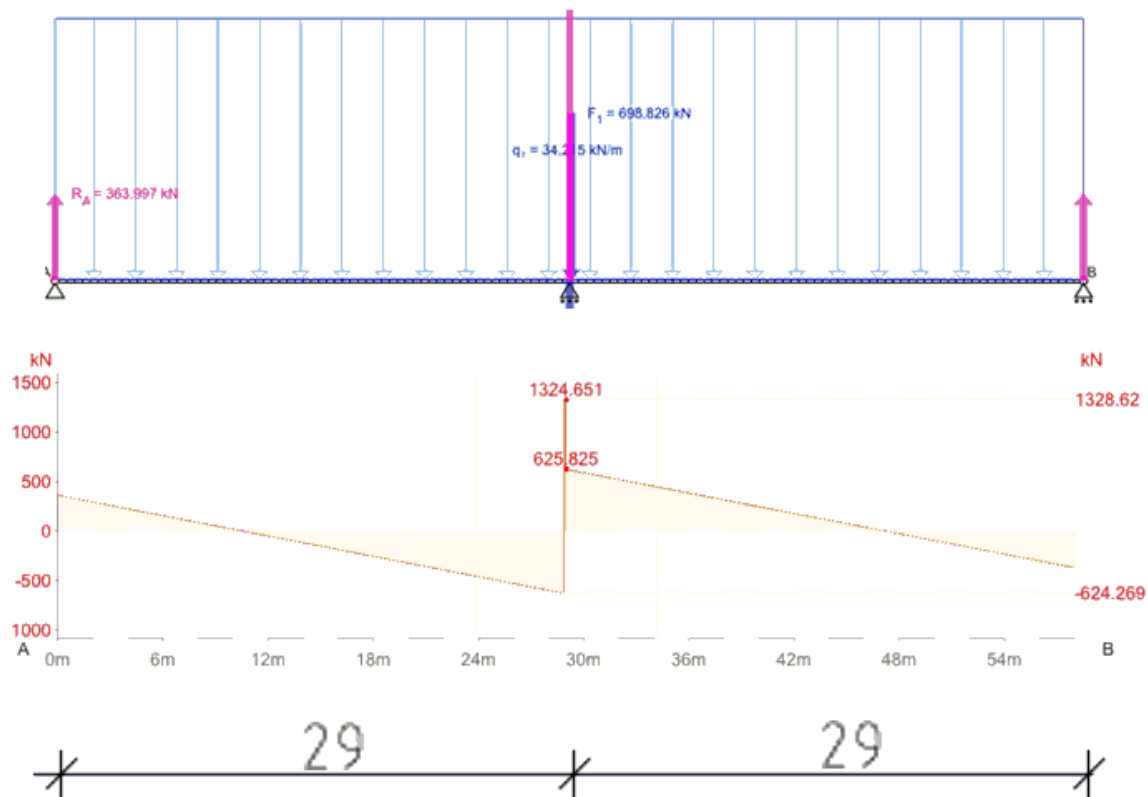
För maxmoment över stöd läggs utbredda trafiklasten över både spannen. Bidraget från punktlasten läggs 16,6 meter från vänstra stödet. Istället för att lägga dem med 1.2 meters avstånd läggs de samman.



Max stödmoment blir således -5747kNm

Tvärkraft

För största tvärkraft placeras punktlasten strax till höger om stödet.



$$M_{Ed.fält} := 6588.851 \text{ kNm} = 6.589 \cdot \text{MNm}$$

Max fältmoment från ForceEffect

$$M_{Ed.stöd} := -5746.556 \text{ kNm} = -5.747 \cdot \text{MNm}$$

$$|M_{Ed.fält}| > |M_{Ed.stöd}| = 1 \Rightarrow M_{Ed} := M_{Ed.fält}$$

$$V_{Ed} := 1328.62 \text{ kN} = 1.329 \cdot \text{MN}$$

$$\text{Antar tvärsnittsklass 3} \Rightarrow W = W_{el}$$

Dimensionerande moment

$$M_{b.Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{el} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad \chi_{LT} := 1 \quad \gamma_{M1} := 1 \quad f_y := 355 \text{ MPa}$$

(Balken antas vara stadgad mot vippning)

W_{pl} sökes

$$\frac{M_{b.Rd}}{M_{Ed}} < 1 \Rightarrow W_{el.min} := \frac{M_{Ed}}{f_y} = 0.019 \cdot \text{m}^3$$

$$h_w := 1385 \text{ mm}$$

Livhöjd

$$t_w := 16 \text{ mm}$$

Livtjocklek

$$b_f := 550 \text{ mm}$$

Bredd fläns

$$t_f := 30 \text{ mm}$$

Tjocklek fläns

$$h := 2 \cdot t_f + h_w = 1.445 \text{ m}$$

Tvärsnittets totala höjd

$$I := \frac{h_w^3 \cdot t_w}{12} + 2 \left[\frac{t_f^3 \cdot b_f}{12} + t_f \cdot b_f \cdot \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right)^2 \right] = 0.02 \text{ m}^4$$

Tvärsnittets tröghetsmoment

$$W_{el} := \frac{I}{z} = 0.028 \cdot \text{m}^3 \quad z := \frac{h}{2}$$

$$W_{el.min} < W_{el} = 1$$

$$M_{b.Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{el} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 9.858 \cdot \text{MNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b.Rd}} = 66.837\%$$

Kontrollera tvärsnittsklass

Flänsar

$$\epsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}}$$

$$c := \frac{b_f}{2} - \frac{t_w}{2} - 7 \text{ mm} = 0.26 \text{ m}$$

$$10\epsilon = 8.136 < \frac{c}{t_f} = 8.667 < 14\epsilon = 11.391 \quad \text{ok}$$

Liv

$$d := h_w - 14 \text{ mm}$$

$$83\varepsilon = 67.53 < \frac{d}{t_w} = 85.688 < 124\varepsilon = 100.888 \quad \text{ok}$$

Dimensionering m.a.p. tvärkraft

$$V_{Ed} = 1.329 \cdot \text{MN}$$

Antar längd mellan avstyvningar $a := 5\text{m}$

$$d := h_w - 14\text{mm} \quad \frac{a}{d} = 3.647$$

d =avståndet mellan svetsarna i livet

$$\kappa_T := 5.34 + \frac{4}{\left(\frac{a}{d}\right)^2} = 5.641$$

Bucklingskoefficienten

$$\eta := 1.2$$

$$\frac{h_w}{t_w} = 86.563 > 31 \frac{\varepsilon}{\eta} \cdot \sqrt{\kappa_T} = 49.919 \quad \Rightarrow \quad \text{Risk för skjuvbuckling}$$

$$\frac{0.8}{\eta} < \lambda_w := \frac{h_w}{t_w \cdot 37.4\varepsilon \cdot \sqrt{\kappa_T}} = 1.198 < 1.08 \quad \Rightarrow$$

$$\chi_w := \frac{0.83}{\lambda_w} = 0.693 \quad \text{Skjuvbucklingskoefficient}$$

$$V_{bw.Rd} := \chi_w \cdot h_w \cdot t_w \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 3.147 \cdot \text{MN} \quad V_{bw.Rd} > V_{Ed} = 1 \quad \text{OK!}$$

Ingen risk för buckling

Kontroll om flänsarna kan ta momentet

$$W_{f,el} := 2 \frac{\left[\frac{t_f^3 \cdot b_f}{12} + t_f \cdot b_f \cdot \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right)^2 \right]}{z} = 0.023 \cdot \text{m}^3$$

Bilaga F

BALK 1 & 3

$$h_{\text{liv1}} := \frac{1217 + 1250}{2} \text{mm} = 1.234 \text{ m}$$

Höjd liv 1

$$b_{\text{öfl1}} := \frac{450 + 520 + 620}{3} \text{mm} = 0.53 \text{ m}$$

Bredd överfläns 1

$$b_{\text{ufl1}} := \frac{620 + 620 + 670}{3} \text{mm} = 0.637 \text{ m}$$

Bredd underfläns 1

$$L_1 := 25050 \text{mm}$$

Längd liv 1

$$A_{\text{exp1}} := (2h_{\text{liv1}} + b_{\text{öfl1}} + 2b_{\text{ufl1}})L_1 = 106.972 \text{ m}^2$$

Exponerad stålarea balk 1

$$A_{\text{exp3}} := A_{\text{exp1}}$$

$$G_{\text{balk1}} := (28096 - 744 - 2 \cdot 343 - 3433 - 1181) \text{g} \cdot \text{kg} = 216.256 \cdot \text{kN}$$

$$G_{\text{balk3}} := G_{\text{balk1}}$$

BALK 2

$$h_{\text{liv2}} := 1250 \text{mm}$$

Höjd liv 2

$$b_{\text{öfl2}} := 450 \text{mm}$$

Bredd överfläns 2

$$b_{\text{ufl2}} := 620 \text{mm}$$

Bredd underfläns 2

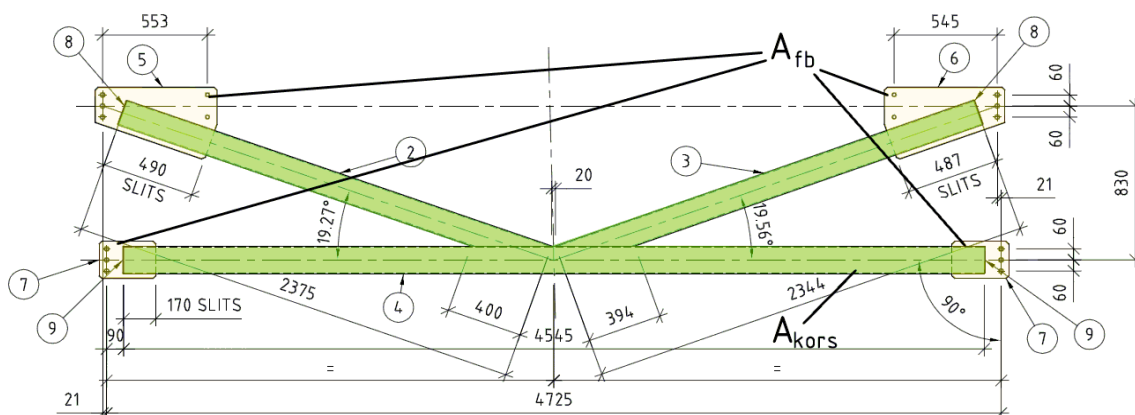
$$L_2 := 24080 \text{mm}$$

Längd liv 2

$$A_{\text{exp2}} := (2h_{\text{liv2}} + b_{\text{öfl2}} + 2b_{\text{ufl2}})L_2 = 100.895 \text{ m}^2$$

Exponerad stålarea balk 2

$$G_{\text{balk2}} := (20597 - 2 \cdot 343 - 3 \cdot 343) \text{g} \cdot \text{kg} = 185.169 \cdot \text{kN}$$



Tvärförband F & V

$$A_{fb} := (640 \cdot 385 - 640 \cdot 185) \cdot 2 \text{ mm}^2 + 300 \cdot 200 \cdot 2 \text{ mm}^2 = 0.376 \text{ m}^2$$

$$A_{fa} := 180 \cdot 1250 \cdot 2 \cdot 2 \text{ mm}^2 = 0.9 \text{ m}^2$$

Fästanordning för tvärförband

$$A_{kors} := (4 \cdot 140 \cdot 2175 + 4 \cdot 140 \cdot 2144 + 4 \cdot 150 \cdot 4545) \text{ mm}^2 = 5.146 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{exp.FVi}} := A_{fb} + A_{fa} + A_{kors} = 6.422 \text{ m}^2$$

4 * 140 avser
KKR-profilens
4 sidor. Se ritning
3 43 K 23 36

$$n := 10$$

$$A_{\text{exp.FV}} := A_{\text{exp.FVi}} \cdot n = 64.216 \text{ m}^2$$

Exponerad stålarea tvärförband F & V

Tvärförband S1 & S4

$$A_{S1i} := (2 \cdot 600 + 2 \cdot 300 + 300) \cdot 4886 \text{ mm}^2 = 10.261 \text{ m}^2$$

$$n := 2$$

Exponerad stålarea tvärförband S1 & S4

$$A_{S1} := n \cdot A_{S1i} = 20.521 \text{ m}^2$$

Tvärförband S2 & S3

$$A_{S2i} := (2 \cdot 900 + 2 \cdot 350 + 350) \cdot 4885 \text{ mm}^2 = 13.922 \text{ m}^2$$

$$n := 2$$

Exponerad stålarea tvärförband S2 & S3

$$A_{S2} := n \cdot A_{S2i} = 27.845 \text{ m}^2$$

Exponerad stålarea

$$A_{\text{exp}} := 2A_{\text{exp1}} + 2A_{\text{exp2}} + 2A_{\text{exp3}} + A_{\text{exp.FV}} + A_{S1} + A_{S2} = 742.26 \text{ m}^2$$

Mängd stål

$$m_{\text{stål}} := 76.7 \text{ ton}$$

(Se ritning 3 43 K 23 32)

$$m_{\text{tvärförband}} := (343 \cdot 10 + 2 \cdot 744 + 2 \cdot 1181) \text{ kg} = 7.28 \cdot \text{ton}$$

$$\text{andel_tvärförband} := \frac{m_{\text{tvärförband}}}{m_{\text{stål}}} = 9.492 \cdot \%$$

Brobaneplatta

$$b_{vb} := 9250\text{mm}$$

$$t_{vb} := 300\text{mm}$$

$$L := 76000\text{mm}$$

$$V_{vb} := b_{vb} \cdot t_{vb} \cdot L = 210.9 \cdot \text{m}^3$$

$$b_{kb} := 440\text{mm}$$

$$h_{kb} := 430\text{mm}$$

$$V_{kb} := 2b_{kb} \cdot h_{kb} \cdot L = 28.758 \cdot \text{m}^3$$

Bredd vägbana

Tjocklek vägbana

Längd vägbana

Volym för vägbanan

Bredd kantbalk

Höjd kantbalk

Volym för båda kantbalkarna

Stöd

Bottenplatta 12 & 13

$$b_{bp1} := 5500\text{mm}$$

$$l_{bp1} := 6500\text{mm}$$

$$h_{bp1} := 1250\text{mm}$$

$$V_{bp1} := b_{bp1} \cdot l_{bp1} \cdot h_{bp1} = 44.688 \cdot \text{m}^3$$

Bredd bottenplatta 1

Längd bottenplatta 1

Höjd bottenplatta 1

Volym bottenplatta 1

Stöd 12 & 13

$$b_{st1} := 6000\text{mm}$$

$$t_{st1} := 1000\text{mm}$$

$$h_{st1} := 5850\text{mm}$$

$$V_{st1} := b_{st1} \cdot t_{st1} \cdot h_{st1} = 35.1 \cdot \text{m}^3$$

Bredd stöd 1

Längd stöd 1

Höjd stöd 1

Volym stöd 1

Bottenplatta 11 & 14

$$b_{bp2} := 2400\text{mm}$$

Bredd bottenplatta 2

$$l_{bp2} := 8000\text{mm}$$

Längd bottenplatta 2

$$h_{bp2} := 1020\text{mm}$$

Höjd bottenplatta 2

$$V_{bp2} := b_{bp2} \cdot l_{bp2} \cdot h_{bp2} = 19.584 \cdot \text{m}^3$$

Volym bottenplatta 2

Stöd 11 & 14

$$b_{st2} := 6000\text{mm}$$

Bredd stöd 2

$$t_{st2} := 800\text{mm}$$

Längd stöd 2

$$h_{st2} := 3600\text{mm}$$

Höjd stöd 2

$$V_{st2} := b_{st2} \cdot t_{st2} \cdot h_{st2} = 17.28 \cdot \text{m}^3$$

Volym stöd 2

$$V_{bp.tot} := 2(V_{bp1} + V_{bp2}) = 128.543 \cdot \text{m}^3$$

Volym, alla bottenplattor

$$V_{st.tot} := 2(V_{st1} + V_{st2}) = 104.76 \cdot \text{m}^3$$

Volym, alla stöd

Mängd betong

$$\rho_{btg} := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{platta} := \rho_{btg} \cdot (V_{vb} + V_{kb}) = 599.146 \cdot \text{ton}$$

Massa för vägbana
och kantbalkar

$$m_{stöd} := \rho_{btg} \cdot V_{st.tot} = 261.9 \cdot \text{ton}$$

Massa f. alla stöd

Mängd armering

$$\rho_{vb} := 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, vägbana

$$\rho_{kb} := 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, kantbalk

$$\rho_{bp} := 90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, bottenplatta

$$\rho_{stöd} := 140 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, stöd

$$m_{arm.vb} := V_{vb} \cdot \rho_{vb} = 37.962 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering vägbana

$$m_{arm.kb} := V_{kb} \cdot \rho_{kb} = 5.177 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, kantbalk

$$m_{arm.bp} := V_{bp.tot} \cdot \rho_{bp} = 11.569 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, bottenpl.

$$m_{arm.stöd} := V_{st.tot} \cdot \rho_{stöd} = 14.666 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, stöd

$$m_{arm.tot} := m_{arm.vb} + m_{arm.kb} + m_{arm.bp} + m_{arm.stöd} = 69.374 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, totalt

Pållängd

$$L_{pål11} := 265.11\text{m}$$

Längden för pålar vid stöd 11
och 14 finns på 3 43 K 21 23

$$L_{pål12} := 359.72\text{m}$$

$$L_{pål13} := 373.57\text{m}$$

Längden för pålar vid stöd 12
och 13 finns på 3 43 K 21 24

$$L_{pål14} := 311.21\text{m}$$

$$L_{pål.tot} := L_{pål11} + L_{pål12} + L_{pål13} + L_{pål14} = 1309.61 \text{ m}$$

Formarbete

$$A_{\text{form.vb}} := (2b_{\text{kb}} + b_{\text{vb}}) \cdot L + 2 \cdot h_{\text{kb}} \cdot L = 835.24 \text{ m}^2$$

Formarbete, överbyggnad

$$A_{\text{form.bp1}} := 2 \left[2(b_{\text{bp1}} + l_{\text{bp1}}) \cdot h_{\text{bp1}} \right] = 60 \text{ m}^2$$

Formarbete, bottenplatta
vid stöd 11 & 14

$$A_{\text{form.bp2}} := 2 \left[2(b_{\text{bp2}} + l_{\text{bp2}}) \cdot h_{\text{bp2}} \right] = 42.432 \text{ m}^2$$

Formarbete, bottenplatta
vid stöd 12 & 13

$$A_{\text{form.st1}} := 2(2b_{\text{st1}} \cdot h_{\text{st1}} + 2 \cdot t_{\text{st1}} \cdot h_{\text{st1}}) = 163.8 \text{ m}^2$$

Formarbete, stöd 11 & 14

$$A_{\text{form.st2}} := 2(2b_{\text{st2}} \cdot h_{\text{st2}} + 2 \cdot t_{\text{st2}} \cdot h_{\text{st2}}) = 97.92 \text{ m}^2$$

Formarbete, stöd 12 & 13

$$A_{\text{form.tot}} := A_{\text{form.vb}} + A_{\text{form.bp1}} + A_{\text{form.bp2}} + A_{\text{form.st1}} + A_{\text{form.st2}} = 1199.392 \text{ m}^2$$

Massa beläggning

(TRVK Bro 11 B.3.1.1)

$$g_{\text{gjutasf}} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$t_{\text{gjutasf}} := 70 \text{ mm}$$

$$g_{\text{asfbtg}} := 23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$t_{\text{asfbtg}} := 60 \text{ mm}$$

$$G_{\text{belä}} := b_{\text{vb}} \cdot L \cdot (g_{\text{gjutasf}} \cdot t_{\text{gjutasf}} + g_{\text{asfbtg}} \cdot t_{\text{asfbtg}}) = 2151.18 \cdot \text{kN}$$

Egentyngd balkar

$$\rho_{\text{stål}} := 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$G_{\text{stål}} := m_{\text{stål}} \cdot g = 752.17 \cdot \text{kN}$$

Summering egentyngd

$$g_{\text{række}} := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{\text{tot.bef}} := \frac{1.35 \left[(m_{\text{platta}} + m_{\text{arm.kb}} + m_{\text{arm.vb}}) g + G_{\text{stål}} + G_{\text{belä}} + 2g_{\text{række}} \cdot L \right]}{L} = 168.857 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

FRP

$$g_{\text{FRP}} := 100 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 0.981 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{\text{FRP}} := g_{\text{FRP}} \cdot b_{\text{vb}} \cdot L = 689.407 \cdot \text{kN}$$

Egentynd FRP-däck

$$b_{\text{FRP.kb}} := 500 \text{ mm}$$

Bredd kantbalk

$$G_{\text{FRP.kb}} := 2 \cdot 2 \cdot b_{\text{FRP.kb}} \cdot L \cdot g_{\text{FRP}} = 149.061 \cdot \text{kN}$$

Egentynd 2 kantbalkar

$$g_{\text{FRP.stål.balk}} := 4.189 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Från bilaga Balkar

$$G_{\text{FRP.stål.balk}} := 3 \cdot g_{\text{FRP.stål.balk}} \cdot L = 955.092 \cdot \text{kN}$$

$$G_{\text{FRP.förband}} := 10\% G_{\text{FRP.stål.balk}} = 95.509 \cdot \text{kN}$$

Uppskattning av
tvärförbandens egetynd
(från bro 15-1726-2)

Summering egetynd FRP-alternativ

$$G_{\text{FRP.tot}} := \frac{1.35(G_{\text{FRP}} + G_{\text{FRP.kb}} + G_{\text{FRP.förband}} + G_{\text{FRP.stål.balk}} + G_{\text{belä}} + 2g_{\text{räcke}} \cdot L)}{L} = 77.168 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Trafiklaster enligt Eurocode LM1.

(SS-EN-1991-2 4.3.2) Nationella
parametrar TRVFS2011:12 tab. 7.1)

$$b_{\text{lf1}} := 3 \text{ m}$$

Bredd lastfält 1

$$b_{\text{lf2}} := b_{\text{vb}} - b_{\text{lf1}} = 6.25 \text{ m}$$

Bredd övrig vägbana

$$q_{1k} := 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{2k} := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1k} := 300 \text{ kN}$$

$$Q_{2k} := 200 \text{ kN}$$

$$\alpha_{Q1} := 0.9$$

$$\alpha_{Q2} := 0.9$$

$$\alpha_{q1} := 0.7$$

$$\alpha_{q2} := 1$$

$$q_{1red} := q_{1k} \cdot \alpha_{q1} = 6.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{2red} := q_{2k} \cdot \alpha_{q2} = 2.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1red} := Q_{1k} \cdot \alpha_{Q1} = 270 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{2red} := Q_{2k} \cdot \alpha_{Q2} = 180 \cdot \text{kN}$$

Laster i brottsgränstillstånd (multipliceras med faktor 1.5 på grund av huvudlast)

(SS-EN 1990 Bilaga A2 tab A 2.4(A))

$$q_{1uls} := q_{1red} \cdot 1.5 = 9.45 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{2uls} := q_{2red} \cdot 1.5 = 3.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1uls} := Q_{1red} \cdot 1.5 = 405 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{2uls} := Q_{2red} \cdot 1.5 = 270 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{tot.trafik} := q_{1uls} \cdot b_{lf1} + q_{2uls} \cdot b_{lf2} = 51.788 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{stöd11} := V_{st2} \cdot \rho_{btg} \cdot g = 423.647 \cdot \text{kN}$$

Egentyngd stöd 11

$$G_{stöd12} := V_{st1} \cdot \rho_{btg} \cdot g = 860.534 \cdot \text{kN}$$

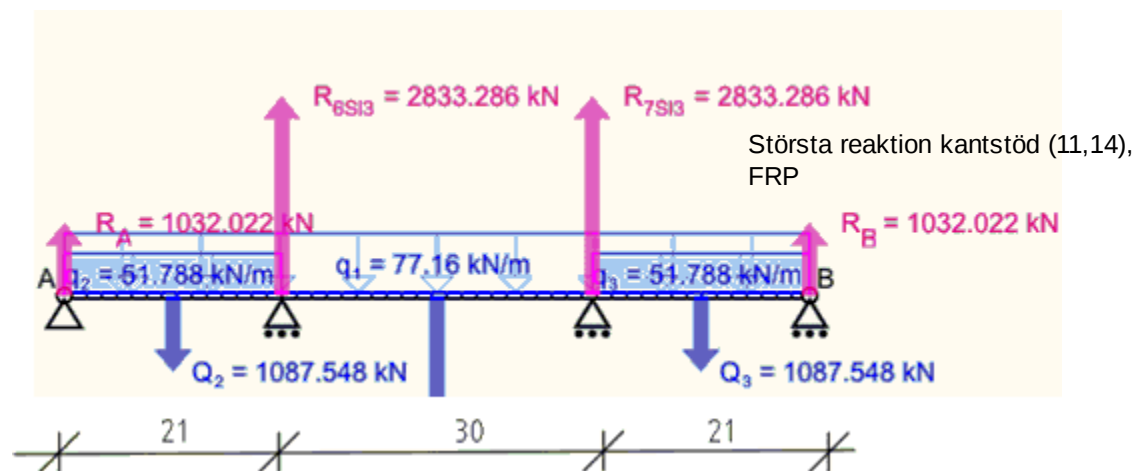
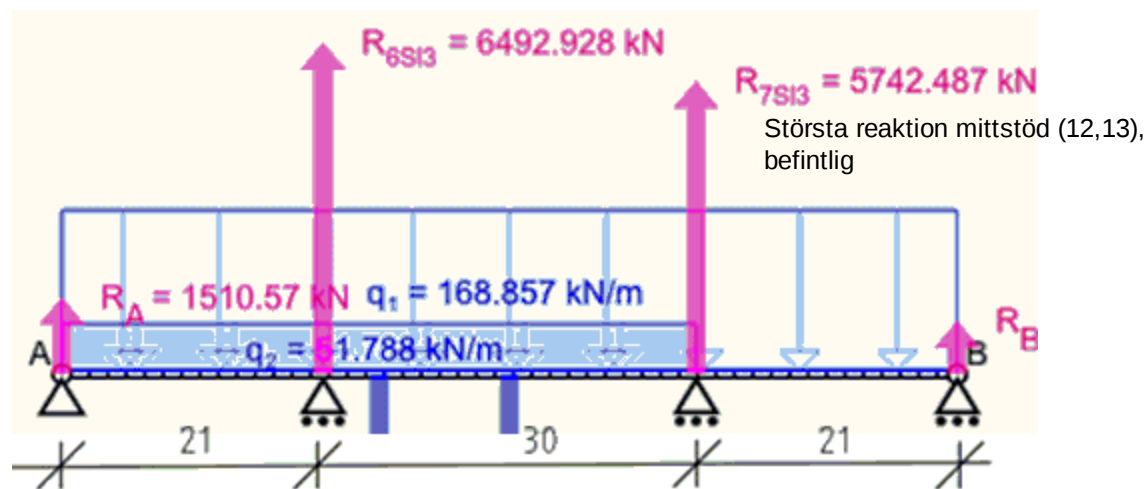
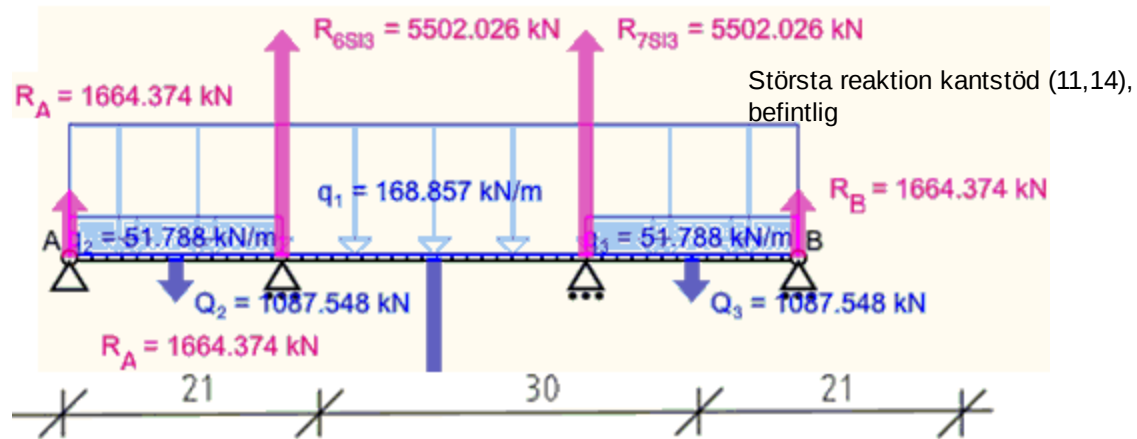
Egentyngd stöd 12

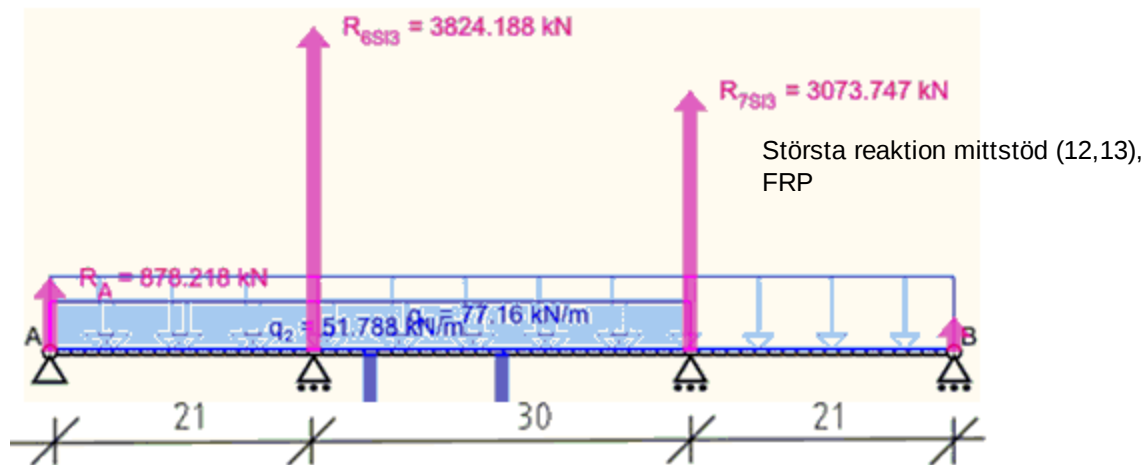
$$G_{stöd13} := V_{st1} \cdot \rho_{btg} \cdot g = 860.534 \cdot \text{kN}$$

Egentyngd stöd 13

$$G_{\text{stöd14}} := V_{\text{st2}} \cdot \rho_{\text{btg}} \cdot g = 423.647 \cdot \text{kN}$$

Egentyngd stöd 14





Det gulmarkerade används som indata till Autodesk Force Effect där reaktionskrafterna från pålarna räknades ut.

$$R_{\text{stöd11.bef}} := 1664\text{kN} + G_{\text{stöd11}} + 2(Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}}) = 3.438 \cdot \text{MN} \quad \text{Värsta fallet för stöd 11 \& 14, befintlig bro}$$

$$R_{\text{stöd12.bef}} := 6493\text{kN} + G_{\text{stöd12}} + 2(Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}}) = 8.704 \cdot \text{MN} \quad \text{Värsta fallet för stöd 12 \& 13, befintlig bro}$$

$$R_{\text{stöd11.FRP}} := 1032\text{kN} + G_{\text{stöd11}} + 2(Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}}) = 2.806 \cdot \text{MN} \quad \text{Värsta fallet för stöd 11 \& 14, FRP-alt.}$$

$$R_{\text{stöd12.FRP}} := 3824\text{kN} + G_{\text{stöd12}} + 2(Q_{1\text{uls}} + Q_{2\text{uls}}) = 6.035 \cdot \text{MN} \quad \text{Värsta fallet för stöd 12 \& 13, FRP-alt}$$

Ratio för kraft ner i mark mellan befintlig bro och FRP-alternativ

$$\alpha_{11} := \frac{R_{\text{stöd11.FRP}}}{R_{\text{stöd11.bef}}} = 0.816$$

$$\alpha_{12} := \left(\frac{R_{\text{stöd12.FRP}}}{R_{\text{stöd12.bef}}} \right) = 0.693$$

Reducering av pålar

$$L_{\text{pål.11.FRP}} := \alpha_{11} \cdot L_{\text{pål11}} = 216.37 \text{ m}$$

$$L_{\text{pål.12.FRP}} := \alpha_{12} \cdot L_{\text{pål12}} = 249.409 \text{ m}$$

$$L_{\text{pål.13.FRP}} := \alpha_{12} \cdot L_{\text{pål13}} = 259.012 \text{ m}$$

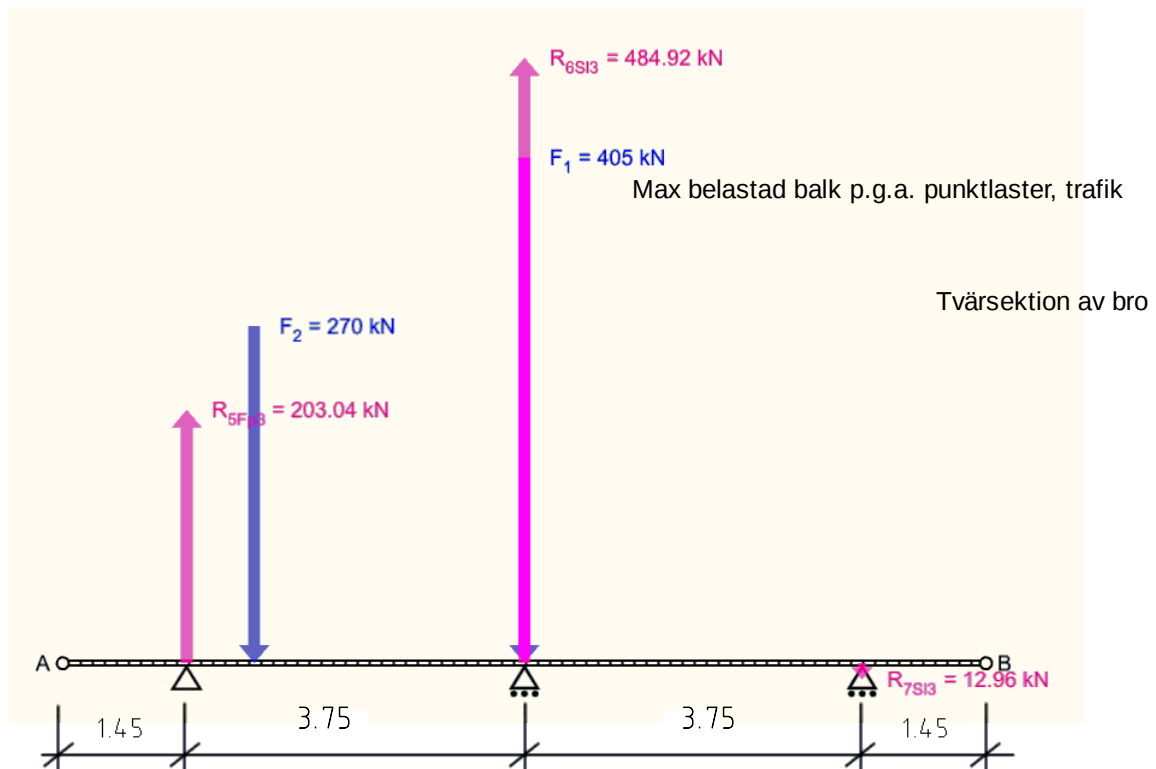
$$L_{\text{pål.14.FRP}} := \alpha_{11} \cdot L_{\text{pål14}} = 253.995 \text{ m}$$

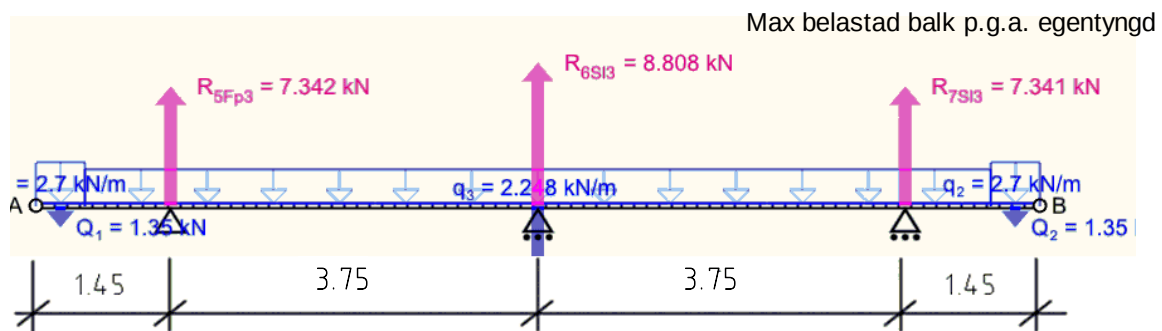
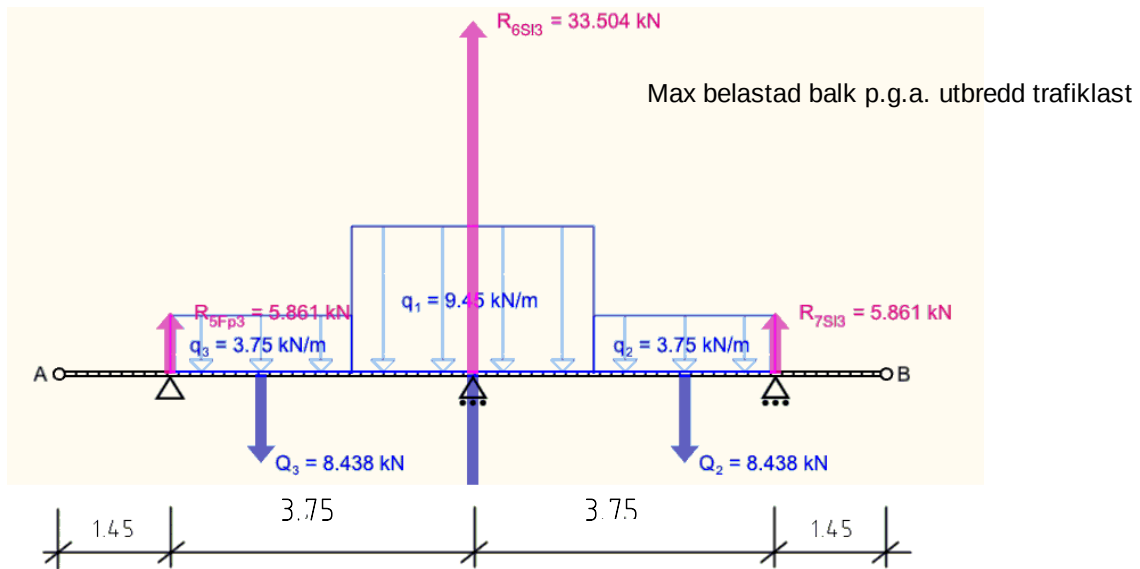
$$L_{\text{pål.tot.FRP}} := L_{\text{pål.11.FRP}} + L_{\text{pål.12.FRP}} + L_{\text{pål.13.FRP}} + L_{\text{pål.14.FRP}} = 978.787 \text{ m}$$

Ta fram max belastad balk

Förenklad version av Eurokod lastmodell 1 användes

Istället för att lägga punktlasterna med 2 meters mellanrum läggs de ihop i en punkt

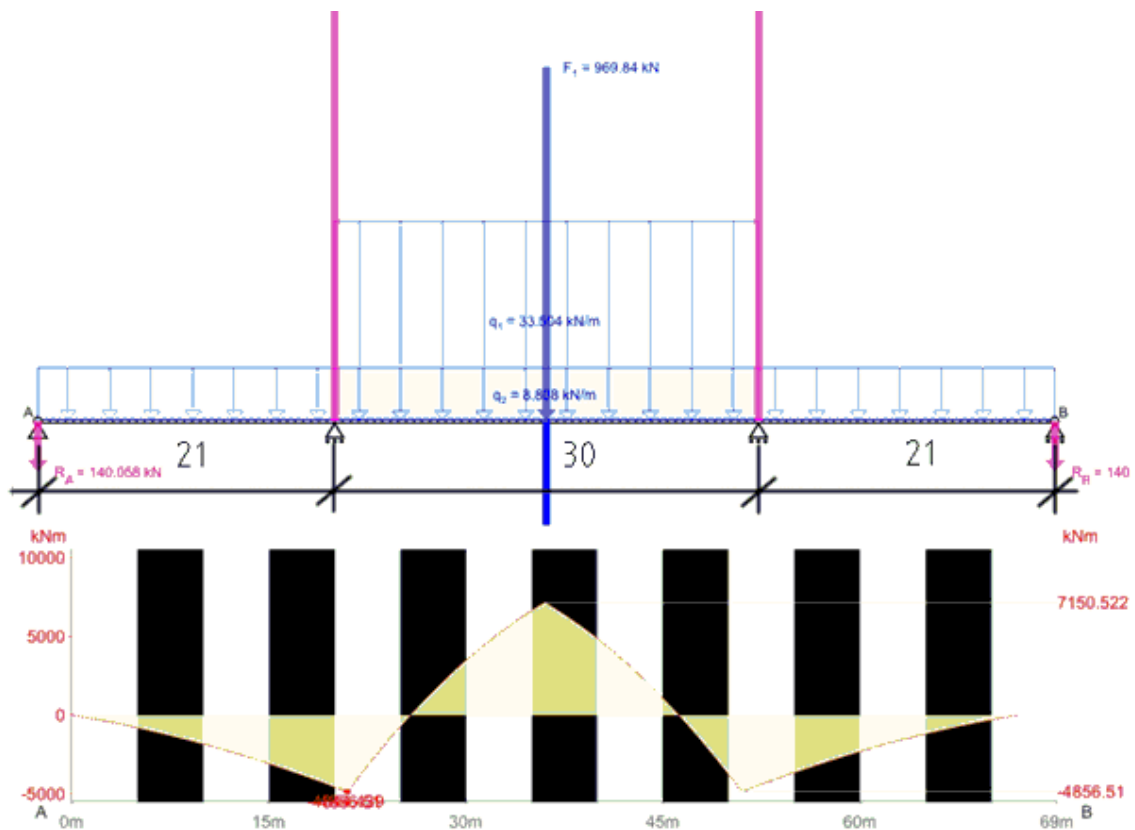




Ta fram maxmoment och max tvärkraft

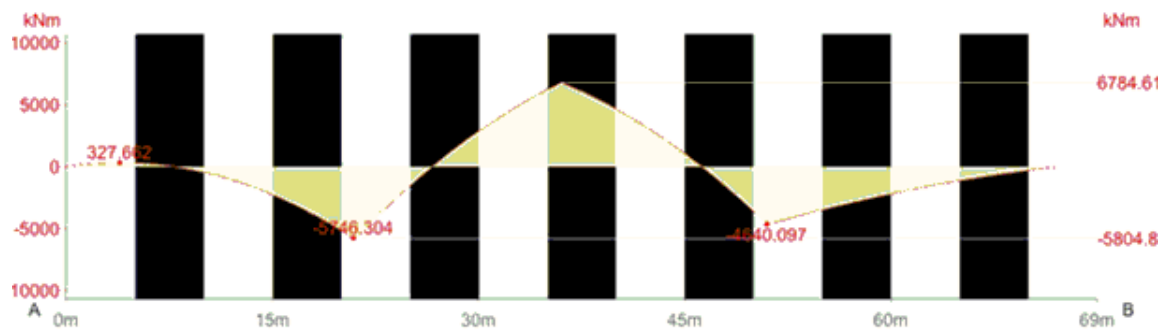
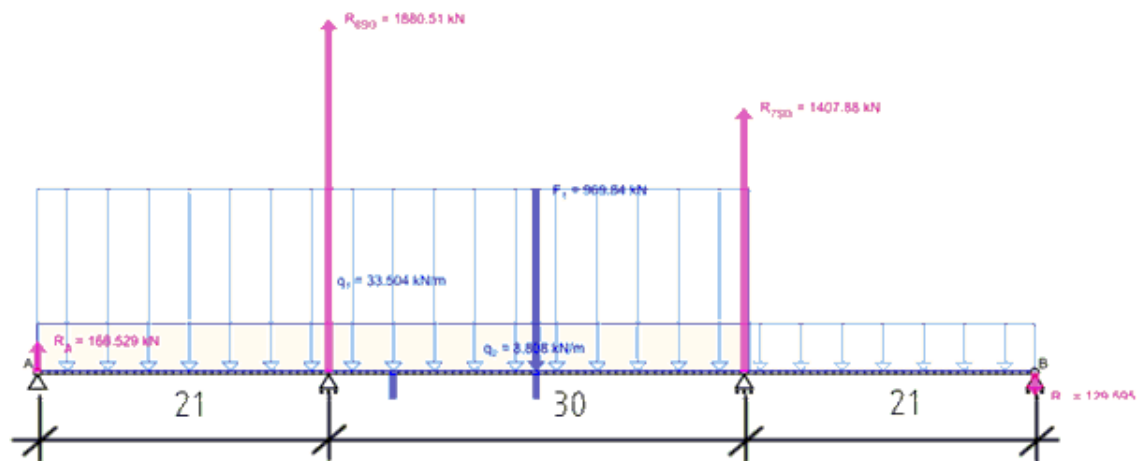
Moment

För att få maxmoment i fält läggs den utbredda trafiklasten i mittspannet. Bidraget från punktlasten läggs i mitten av mittspannet. Istället för att lägga dem med 1.2 meters avstånd läggs de samman.

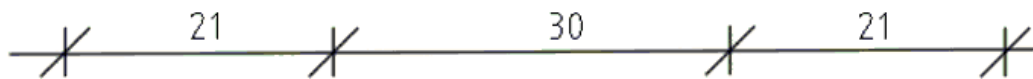
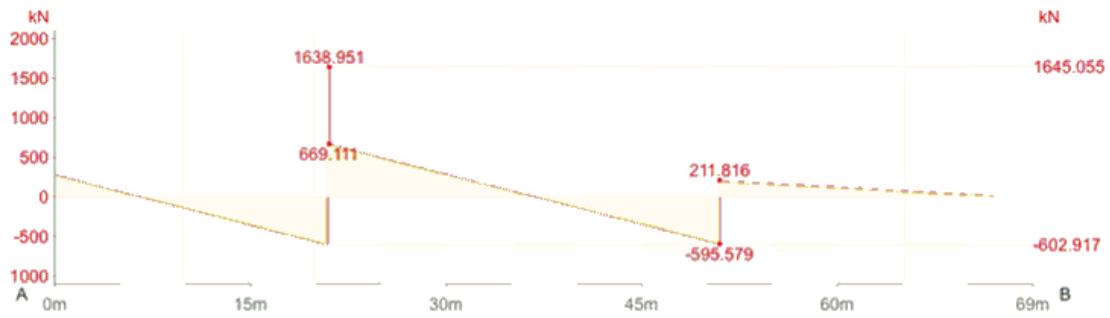
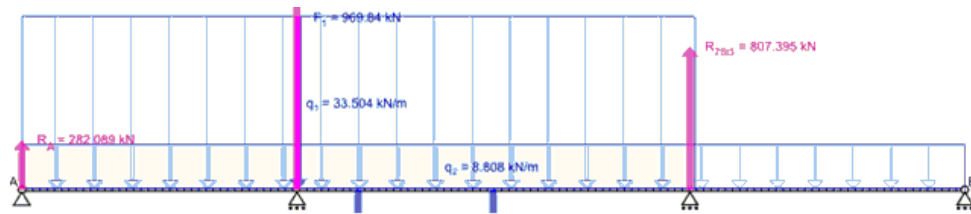


Max fältmoment blir således 7151 KNm

För maxmoment över stöd läggs utbredda trafiklasten över spann 1 och 2. Bidraget från punktlasten läggs förenklat i mitten av mittspannet. Istället för att lägga dem med 1.2 meters avstånd läggs de samman. Om stödmomentet hade varit i närheten av fältmomentet ovan, hade noggrannare placering av punktlasten varit nödvändig



Tvärkraft



$$M_{Ed.fält} := 7150.52 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} := 1645.055 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.stöd} := -5804.8 \text{ kNm}$$

$$|M_{Ed.fält}| > |M_{Ed.stöd}| = 1 \Rightarrow M_{Ed} := M_{Ed.fält}$$

Momentkapacitet

Antar tvärsnittsklass 3 => $W := W_{el}$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{el} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad \chi_{LT} := 1 \quad \gamma_{M1} := 1 \quad f_y := 355 \text{ MPa}$$

(Balken antas vara stadgad mot vippning)

W_{el} sökes

$$\frac{M_{b,Rd}}{M_{Ed}} < 1 \quad \Rightarrow \quad W_{el,min} := \frac{M_{Ed}}{f_y} = 0.02 \cdot \text{m}^3$$

$h_w := 1360 \text{ mm}$	Livhöjd
$t_w := 16 \text{ mm}$	Livtjocklek
$b_f := 550 \text{ mm}$	Bredd fläns
$t_f := 30 \text{ mm}$	Tjocklek fläns

$$h := 2 \cdot t_f + h_w = 1.42 \text{ m}$$

$$I := \frac{h_w^3 \cdot t_w}{12} + 2 \left[\frac{t_f^3 \cdot b_f}{12} + t_f \cdot b_f \cdot \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right)^2 \right] = 0.019 \text{ m}^4$$

$$W_{el} := \frac{I}{z} = 0.027 \cdot \text{m}^3 \quad z := \frac{h}{2}$$

$$W_{el,min} < W_{el} = 1$$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{el} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 9.648 \cdot \text{MNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = 74.113 \cdot \%$$

Kontrollera tvärsnittsklass

Flänsar

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}}$$

$$c := \frac{b_f}{2} - \frac{t_w}{2} - 7 \text{ mm} = 0.26 \text{ m}$$

ok

$$10\varepsilon = 8.136 < \frac{c}{t_f} = 8.667 < 14\varepsilon = 11.391$$

Liv

$$d := h_w - 14 \text{ mm}$$

$$124\varepsilon = 100.888$$

ok

$$83\varepsilon = 67.53 < \frac{d}{t_w} = 84.125 <$$

Tvärkraftskapacitet

$$V_{Ed} = 1.645 \cdot \text{MN}$$

Antar längd mellan avstyvningar $a := 5 \text{ m}$

$$d := h_w - 14 \text{ mm} \quad \frac{a}{d} = 3.715$$

d=avståndet mellan svetsarna i livet

$$\kappa_T = 5.34 + \frac{4}{\left(\frac{a}{d}\right)^2} = 5.63$$

Bucklingskoefficienten

$$\eta := 1.2$$

$$\frac{h_w}{t_w} = 85 > 31 \frac{\varepsilon}{\eta} \sqrt{\kappa_T} = 49.871 \Rightarrow \text{Risk för skjuvbuckling}$$

$$\frac{0.8}{\eta} < \lambda_w := \frac{h_w}{t_w \cdot 37.4 \varepsilon \sqrt{\kappa_T}} = 1.177 < 1.08 \Rightarrow$$

$$\chi_w := \frac{0.83}{\lambda_w} = 0.705$$

Skjuvbucklingskoefficient

$$V_{bw.Rd} := \chi_w \cdot h_w \cdot t_w \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 3.144 \cdot \text{MN} \quad V_{bw.Rd} > V_{Ed} = 1 \quad \text{OK!}$$

Ingen risk för buckling

Kontroll om flänsarna kan ta momentet

$$W_{f.el} := 2 \frac{\left[\frac{t_f^3 \cdot b_f}{12} + t_f \cdot b_f \cdot \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right)^2 \right]}{z} = 0.022 \cdot \text{m}^3$$

$$M_{f.Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{f.el} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 7.971 \cdot \text{MNm} > M_{Ed} = 7.151 \cdot \text{MNm} \quad \text{ok!} \Rightarrow$$

Interaktion

$$M_{Ed} = 7.151 \cdot \text{MNm} < M_{f.Rd} + (M_{b.Rd} - M_{f.Rd}) \cdot \left[1 - \left(\frac{2 \cdot V_{Ed}}{V_{bw.Rd}} - 1 \right)^2 \right] = 9.645 \cdot \text{MNm} \quad \text{OK!}$$

Utnyttjandegrad

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b.Rd}} = 74.113\%$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw.Rd}} = 52.318\%$$

Egentyngd

$$A_{tv} := 2(b_f \cdot t_f) + h_w \cdot t_w = 0.055 \text{ m}^2$$

$$\rho_{\text{stål}} := 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$A_{tv} \cdot \rho_{\text{stål}} \cdot g = 4.189 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Exponerad stålarea

$$L_{\text{balk}} := 72\text{m} = 72 \text{ m}$$

Längd för en balk

$$n_{\text{balk}} := 3$$

Antal balkar

$$A_{\text{avst}} := 1.1$$

Avstyvningars area uppskattas vara 10% av balkarnas area

$$A_{\text{exp}} := (2h_w + 2b_f + b_f) \cdot n_{\text{balk}} \cdot L_{\text{balk}} \cdot A_{\text{avst}} = 1.038 \times 10^3 \text{ m}^2$$

Bilaga H

Vägbana

$$b_{vb} := 12000\text{mm}$$

Bredd vägbana

$$b_{kb} := 400\text{mm}$$

Bredd kantbalk

$$b_{tot} := b_{vb} + 2b_{kb} = 12.8\text{ m}$$

Total bredd

$$t := 650\text{mm}$$

Tjocklek vägbana

$$L_{vb} := 17400\text{mm}$$

Längd vägbana

$$V_{vb} := b_{vb} \cdot L_{vb} \cdot t = 135.72 \cdot \text{m}^3$$

Volym vägbana

$$h_{kb} := 420\text{mm}$$

Höjd kantbalk

$$V_{kb} := h_{kb} \cdot b_{kb} \cdot L_{vb} = 2.923 \cdot \text{m}^3$$

Volym kantbalk

Stöd/bottenplatta

$$b_{bp} := 1400\text{mm}$$

Bredd bottenplatta

$$h_{bp} := \frac{1200 + 700}{2} \text{mm} = 950 \cdot \text{mm}$$

Höjd bottenplatta

$$l_{bp} := b_{tot} = 12.8\text{ m}$$

Längd bottenplatta

$$V_{bp} := b_{bp} \cdot h_{bp} \cdot l_{bp} = 17.024 \cdot \text{m}^3$$

Volym bottenplatta

$$h_{sm} := 5175\text{mm}$$

Höjd stödmur

$$b_{sm.b} := 400\text{mm}$$

Bredd stödmur botten

$$b_{sm.t} := 700\text{mm}$$

Bredd stödmur toppen

$$l_{sm} := b_{tot} = 12.8\text{ m}$$

Längd stödmur

$$V_{sm} := h_{sm} \cdot l_{sm} \cdot \left(\frac{b_{sm.b} + b_{sm.t}}{2} \right) = 36.432 \cdot \text{m}^3$$

Volym stödmur

$$V_{\text{tot}} := 2V_{\text{bp}} + 2V_{\text{sm}} + 2V_{\text{kb}} + V_{\text{vb}} = 248.478 \cdot \text{m}^3$$

Total voym

Mängd betong

$$\rho_{\text{btg}} := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{\text{platta}} := \rho_{\text{btg}} \cdot (V_{\text{vb}} + 2V_{\text{kb}}) = 353.916 \cdot \text{ton}$$

Massa brobaneplatta

$$m_{\text{stöd}} := \rho_{\text{btg}} \cdot (2V_{\text{bp}} + 2V_{\text{sm}}) = 267.28 \cdot \text{ton}$$

Massa stöd

Mängd armering

$$\rho_{\text{vb}} := 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, vägbana

$$\rho_{\text{kb}} := 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, kantbalk

$$\rho_{\text{bp}} := 90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, bottenplatta

$$\rho_{\text{stöd}} := 140 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, stöd

$$m_{\text{arm.vb}} := V_{\text{vb}} \cdot \rho_{\text{vb}} = 24.43 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering vägbana

$$m_{\text{arm.kb}} := 2 \cdot V_{\text{kb}} \cdot \rho_{\text{kb}} = 1.052 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, kantbalk

$$m_{\text{arm.bp}} := 2 \cdot V_{\text{bp}} \cdot \rho_{\text{bp}} = 3.064 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, bottenpl.

$$m_{\text{arm.stöd}} := 2V_{\text{sm}} \rho_{\text{stöd}} = 10.201 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, stöd

$$m_{\text{arm.tot}} := m_{\text{arm.vb}} + m_{\text{arm.kb}} + m_{\text{arm.bp}} + m_{\text{arm.stöd}} = 38.747 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, totalt

Formarbete

$$A_{\text{form.bp}} := 2 \cdot 2 \cdot h_{\text{bp}} \cdot (b_{\text{bp}} + l_{\text{bp}}) = 53.96 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.stöd}} := 2 \left[2h_{\text{sm}} \cdot l_{\text{sm}} + 2 \cdot h_{\text{sm}} \cdot \left(\frac{b_{\text{sm.b}} + b_{\text{sm.t}}}{2} \right) \right] = 276.345 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.vb}} := b_{\text{vb}} \cdot L_{\text{vb}} + 2 \cdot t \cdot (L_{\text{vb}} + b_{\text{vb}}) = 247.02 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.kb}} := 2 \left(\frac{2 \cdot b_{\text{kb}}}{2} \cdot L_{\text{vb}} + h_{\text{kb}} \cdot L_{\text{vb}} \right) = 28.536 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{form.tot}} := A_{\text{form.bp}} + A_{\text{form.stöd}} + A_{\text{form.vb}} + A_{\text{form.kb}} = 605.861 \cdot \text{m}^2$$

Bilaga I

BALK 1,2,3,4

$$L_{\text{balk}} := 11500\text{mm}$$

$$h_w := 1070\text{mm}$$

$$t_w := 13\text{mm}$$

$$b_{\text{öfl}} := 400\text{mm}$$

$$t_{\text{öfl}} := 20\text{mm}$$

$$b_{\text{ufl}} := 600\text{mm}$$

$$t_{\text{ufl}} := 30\text{mm}$$

$$n := 4$$

$$A_{\text{exp.balk}} := n \cdot L_{\text{balk}} \cdot 2(h_w + b_{\text{ufl}} + b_{\text{öfl}}) = 190.44\text{ m}^2$$

$$V_{\text{balk}} := n \cdot L_{\text{balk}} \cdot (h_w \cdot t_w + b_{\text{öfl}} \cdot t_{\text{öfl}} + b_{\text{ufl}} \cdot t_{\text{ufl}}) = 1.836 \cdot \text{m}^3$$

Total volym för alla balkar

Tvärförband Typ 1 - IPE550

$$h_{t1} := 550\text{mm}$$

Höjd

$$b_{f,t1} := 210\text{mm}$$

Flänsbredd

$$t_{f,t1} := 17.2\text{mm}$$

Flänstjocklek

$$t_{w,t1} := 11.1\text{mm}$$

Livbredd

$$L_{\text{typ1}} := 3737\text{mm}$$

Längd

$$A_{\text{typ1}} := L_{\text{typ1}} \cdot [2(h_{t1} - t_{f,t1}) + 2 \cdot 2b_{f,t1} - 2 \cdot t_{w,t1}] = 7.038\text{ m}^2$$

$$n := 2$$

$$A_{\text{det1}} := 516 \cdot 90 \cdot 4\text{mm}^2 = 0.186\text{ m}^2$$

Avstyvning, tvärförband

$$A_{\text{fast1}} := 285 \cdot 1050 \cdot 4\text{mm}^2 = 1.197\text{ m}^2$$

Fäste, tvärförband typ 1

$$A_{\text{exp.typ1}} := (A_{\text{typ1}} + A_{\text{det1}} + A_{\text{fast1}}) \cdot n = 16.842\text{ m}^2$$

$$A_{\text{IPE550}} := 13400\text{mm}^2$$

Total exponerad stålarea tvärförband typ 1

$$V_{\text{typ1}} := L_{\text{typ1}} \cdot A_{\text{IPE550}} \cdot n = 0.1 \cdot \text{m}^3$$

Tvärförband Typ 2 - UPE300

$$h_{t2} := 300 \text{ mm}$$

$$b_{f,t2} := 100 \text{ mm}$$

$$t_{w,t2} := 9.5 \text{ mm}$$

$$L_{\text{typ2}} := 3747 \text{ mm}$$

$$A_{\text{typ2}} := L_{\text{typ2}} \cdot (2h_{t2} + 2 \cdot 2b_{f,t2} - 2t_{w,t2}) = 3.676 \text{ m}^2$$

$$n := 2$$

$$A_{\text{fast2}} := 200 \cdot 1050 \cdot 2 \text{ mm}^2 = 0.42 \text{ m}^2$$

Fäste, tvärförband typ 2

$$A_{\text{exp.typ2}} := (A_{\text{typ2}} + A_{\text{fast2}}) \cdot n = 8.192 \text{ m}^2$$

Total exponerad stålarea tvärförband typ 2

$$A_{\text{UPE300}} := 5660 \text{ mm}^2$$

$$V_{\text{typ2}} := L_{\text{typ2}} \cdot A_{\text{UPE300}} \cdot n = 0.042 \cdot \text{m}^3$$

Exponerad stålarea

$$A_{\text{exp.tot}} := A_{\text{exp.balk}} + A_{\text{exp.typ1}} + A_{\text{exp.typ2}} = 215.474 \text{ m}^2$$

Mängd stål

$$\rho_{\text{stål}} := 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{\text{stål}} := \rho_{\text{stål}} \cdot (V_{\text{balk}} + V_{\text{typ1}} + V_{\text{typ2}}) = 15.432 \cdot \text{ton}$$

Brobanepatta

$$b_{vb} := 6900\text{mm}$$

$$t_{vb} := 250\text{mm}$$

$$L := 21\text{m}$$

$$V_{vb} := b_{vb} \cdot t_{vb} \cdot L = 36.225 \cdot \text{m}^3$$

$$b_{kb} := 400\text{mm}$$

$$h_{kb} := 420\text{mm}$$

$$V_{kb} := 2b_{kb} \cdot h_{kb} \cdot L = 7.056 \cdot \text{m}^3$$

Bredd vägbana

Tjocklek vägbana

Längd vägbana

Volym för vägbanan

Bredd kantbalk

Höjd kantbalk

Volym för båda kantbalkarna

Stöd

$$b_{bp} := 2200\text{mm}$$

$$l_{bp} := 7150\text{mm}$$

$$h_{bp} := 800\text{mm}$$

$$V_{bp} := b_{bp} \cdot l_{bp} \cdot h_{bp} = 12.584 \cdot \text{m}^3$$

$$b_{stöd} := 710\text{mm}$$

$$l_{stöd} := 6800\text{mm}$$

$$h_{stöd} := 1059\text{mm}$$

$$V_{stöd} := b_{stöd} \cdot l_{stöd} \cdot h_{stöd} = 5.113 \cdot \text{m}^3$$

Bredd bottenplatta

Längd bottenplatta

Höjd bottenplatta

Volym bottenplatta

Bredd stöd

Längd stöd

Höjd stöd

Volym stöd

Mängd betong

$$\rho_{btg} := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{platta} := \rho_{btg} \cdot (V_{vb} + V_{kb}) = 108.203 \cdot \text{ton}$$

Massa för vägbana
och kantbalkar

$$m_{stöd} := \rho_{btg} \cdot 2(V_{stöd} + V_{bp}) = 88.484 \cdot \text{ton}$$

Massa f. båda stöd

Mängd armering

$$\rho_{vb} := 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, vägbana

$$\rho_{kb} := 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, kantbalk

$$\rho_{bp} := 90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, bottenplatta

$$\rho_{stöd} := 140 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Uppskattad armeringsmängd, stöd

$$m_{arm.vb} := V_{vb} \cdot \rho_{vb} = 6.521 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering vägbana

$$m_{arm.kb} := V_{kb} \cdot \rho_{kb} = 1.27 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, kantbalk

$$m_{arm.bp} := 2 \cdot V_{bp} \cdot \rho_{bp} = 2.265 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, bottenpl.

$$m_{arm.stöd} := 2 \cdot V_{stöd} \cdot \rho_{stöd} = 1.432 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, stöd

$$m_{arm.tot} := m_{arm.vb} + m_{arm.kb} + m_{arm.bp} + m_{arm.stöd} = 11.487 \cdot \text{ton}$$

Massa, armering, totalt

Pållängd

$$L_{pål1} := 493.3 \text{m}$$

Längd för pålar stöd 1 enligt
141K2004

$$L_{pål2} := 461 \text{m}$$

Längd för pålar stöd 2 enligt
141K2004

Formarbete

$$A_{\text{form.vb}} := (2b_{\text{kb}} + b_{\text{vb}}) \cdot L + h_{\text{kb}} \cdot L = 170.52 \text{ m}^2$$

Formarbete, överbyggnad

$$A_{\text{form.bp}} := 2 \left[2(b_{\text{bp}} + l_{\text{bp}}) \cdot h_{\text{bp}} \right] = 29.92 \text{ m}^2$$

Formarbete, bottenplatta
vid stöd 1 & 2

$$A_{\text{form.stöd}} := 2 \left[2(b_{\text{stöd}} + l_{\text{stöd}}) h_{\text{stöd}} \right] = 31.812 \text{ m}^2$$

Formarbete, stöd 1 & 2

$$A_{\text{form.tot}} := A_{\text{form.vb}} + A_{\text{form.bp}} + A_{\text{form.stöd}} = 232.252 \text{ m}^2$$

Massa beläggning

(TRVK Bro 11 B.3.1.1)

$$g_{\text{gjutasf}} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad t_{\text{gjutasf}} := 0 \text{ mm}$$

$$g_{\text{asfbtg}} := 23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad t_{\text{asfbtg}} := 110 \text{ mm}$$

$$G_{\text{belä}} := b_{\text{vb}} \cdot L \cdot (g_{\text{gjutasf}} \cdot t_{\text{gjutasf}} + g_{\text{asfbtg}} \cdot t_{\text{asfbtg}}) = 366.597 \cdot \text{kN}$$

Egentyngd balkar

$$g_{\text{balk}} := m_{\text{stål}} \cdot g = 151.334 \text{ m} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Summering egentyngd befintlig

$$g_{\text{räcke}} := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{\text{tot.bef}} := 1.35 \left[(m_{\text{platta}} + m_{\text{arm.kb}} + m_{\text{arm.vb}}) g + G_{\text{belä}} + 2g_{\text{räcke}} \cdot L + g_{\text{balk}} \right] = 2348.236 \cdot \text{kN}$$

$$G_{\text{stöd}} := (\rho_{\text{btg}} \cdot V_{\text{stöd}} + m_{\text{arm.stöd}}) \cdot g = 139.389 \cdot \text{kN}$$

FRP

$$g_{\text{FRP}} := 210 \text{ g} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 2.059 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$G_{\text{FRP}} := g_{\text{FRP}} \cdot b_{\text{vb}} \cdot L = 298.407 \cdot \text{kN}$$

Egentynd FRP-däck

$$b_{\text{FRP.kb}} := 500 \text{ mm}$$

Bredd kantbalk

$$G_{\text{FRP.kb}} := 2 \cdot b_{\text{FRP.kb}} \cdot L \cdot g_{\text{FRP}} = 86.495 \cdot \text{kN}$$

Egentynd 2 kantbalkar

Summering egentyngd FRP-alternativ

$$G_{\text{FRP.tot}} := 1.35 (G_{\text{FRP}} + G_{\text{FRP.kb}} + G_{\text{belä}} + 2g_{\text{räcke}} \cdot L) = 1127.923 \cdot \text{kN}$$

Laster

Trafiklaster enligt Eurocode LM1.

(SS-EN-1991-2 4.3.2) Nationella parametrar TRVFS2011:12 tab. 7.1)

$$b_{\text{lf1}} := 3 \text{ m}$$

Bredd lastfält 1

$$b_{\text{lf2}} := b_{\text{vb}} - b_{\text{lf1}} = 3.9 \text{ m}$$

Bredd övrig vägbana

$$q_{1k} := 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{2k} := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1k} := 300 \text{ kN}$$

$$Q_{2k} := 200 \text{ kN}$$

$$\alpha_{Q1} := 0.9$$

$$\alpha_{Q2} := 0.9$$

$$\alpha_{q1} := 0.7$$

$$\alpha_{q2} := 1$$

$$q_{1red} := q_{1k} \cdot \alpha_{q1} = 6.3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{2red} := q_{2k} \cdot \alpha_{q2} = 2.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1red} := Q_{1k} \cdot \alpha_{Q1} = 270 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{2red} := Q_{2k} \cdot \alpha_{Q2} = 180 \cdot \text{kN}$$

Laster i brottsgränstillstånd (multipliceras med faktor 1.5 på grund av huvudlast)

(SS-EN 1990 Bilaga A2 tab A 2.4(A))

$$q_{1uls} := q_{1red} \cdot 1.5 = 9.45 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{2uls} := q_{2red} \cdot 1.5 = 3.75 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{1uls} := Q_{1red} \cdot 1.5 = 405 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{2uls} := Q_{2red} \cdot 1.5 = 270 \cdot \text{kN}$$

$$Q_{tot.trafik} := (q_{1uls} \cdot b_{lf1} + q_{2uls} \cdot b_{lf2}) \cdot L = 902.475 \cdot \text{kN}$$

Reaktionskraft ner i mark

$$R_{mark.bef} := \frac{G_{tot.bef} + G_{stöd} + Q_{tot.trafik}}{2} + Q_{1uls} + Q_{2uls} = 2.37 \cdot \text{MN}$$

Kraft ner i
marken per stöd

$$R_{mark.FRP} := \frac{G_{FRP.tot} + G_{stöd} + Q_{tot.trafik}}{2} + Q_{1uls} + Q_{2uls} = 1.76 \cdot \text{MN}$$

Ratio för kraft ner i mark mellan befintlig bro och FRP-alternativ

$$\alpha := \frac{R_{mark.FRP}}{R_{mark.bef}} = 0.743$$

Pållängd för FRP-alternativ

$$(L_{pål1} + L_{pål2}) \cdot \alpha = 708.621 \text{ m}$$

Bilaga J

Konstruktionsnummer	14-1550-1	
Brotyp	Spännarmerad betongbro	
Livslängd	100	år
Diskonteringsränta	3,5%	
ÅDT på bron	15000	ford./dygn
Andel lastbilar	5%	
Antal personbilar	14250	ford./dygn
Antal lastbilar	750	ford./dygn
Hastighet på bron och under bron	70	km/h
ÅDT under bron påfart från Gamla Kungsbackavägen	3800	ford./dygn
Andel lastbilar	5,3%	
Antal personbilar	3600	ford./dygn
Antal lastbilar	200	ford./dygn
ÅDT under bron avfart från E6/E20 södergående riktning	13200	ford./dygn
Andel lastbilar	5,3%	
Antal personbilar	12500	ford./dygn
Antal lastbilar	700	ford./dygn
ÅDT under bron avfart från E6/E20 norrgående riktning	7550	ford./dygn
Andel lastbilar	7,3%	
Antal personbilar	7000	ford./dygn
Antal lastbilar	550	ford./dygn
ÅDT under bron påfart till E6/E20 södergående riktning från Söderleden	8100	ford./dygn
Andel lastbilar	6,2%	
Antal personbilar	7600	ford./dygn
Antal lastbilar	500	ford./dygn
ÅDT under bron påfart till E6/E20 norrgående riktning från Söderleden	9150	ford./dygn
Andel lastbilar	9,0%	
Antal personbilar	8325	ford./dygn
Antal lastbilar	825	ford./dygn
ÅDT under bron påfart till E6/E20 norrgående riktning från Pepparedsleden	12000	ford./dygn
Andel lastbilar	8,3%	
Antal personbilar	11000	ford./dygn
Antal lastbilar	1000	ford./dygn
ÅDT under bron påfart till E6/E20 S-ående riktning f. Pepparedsleden	12603	ford./dygn
Andel lastbilar	7,6%	
Antal personbilar	11647	ford./dygn
Antal lastbilar	956	ford./dygn
Timkostnad, personbil	167	SEK/h
Timkostnad, lastbil	347	SEK/h
Brolängd	116	m
Brobredd (exkl. kantbalkar)	20,3	m
Area, beläggning	2354,8	m ²

Investeringskostnader befintlig konstruktion 14-1550-1

15

Enhetspris	
Formarbete	550 SEK/m ²
Pålar	481 SEK/m
Betong	1 800 SEK/m ³
Slakarmering	13 200 SEK/ton
Spännarmering	380 SEK/m
Tätskikt och beläggning	1 610 SEK/m ²

Materialkostnader

Pålar[m]	Formarbete[m ²]	Betong[m ³]	Slakarmering[ton]	Spännarmering [m]	Tätskikt och bel. [m ²]	Kostnad [SEK]
Pålar	9892					4 762 543
Vägbana		2640	114		2355	7 898 400
Balkar		Räknas in i vägbanan	110	5440		5 979 143
Kantbalk		115	7			229 801
Bottenplatta		334	59			2 157 608
Stöd		795	84			2 633 459
Totalkostnad						23 660 954 kr

Användarkostnader

Konstruktionstid [dygn]	Påverkade personbilar per dygn	Påverkade lastbilar per dygn	Justerad hastighet (medel) [km/h]	Längd temporär väg [m]	Normal väg [m]	Kostnad [SEK]
Etapp 1 - Påf. fr. G:a K-backa	60	3600	200	50	3000	977 160
Etapp 1 - Avf. fr. E20 S	60	19500	1250	38	200	548 266
Etapp 2 - Avf. fr. E20 N	60	7000	550	50	800	722 663
Etapp 2 - Påf. fr. S-led E20 S	60	38572	3281	51	550	649 717
Etapp 3 - Påf. fr. S-led E20 N	90	8325	825	77	7100	10 634 117
Etapp 3 - Påf. fr. P-led E20 N	90	11000	1000	78	6600	13 228 800
Etapp 3 - Påf. fr. P-led E20 S	90	11647	956	70	3400	1 997 445
Totalkostnad						28 758 168 kr

Underhåll och reparationer befintlig konstruktion 14-1550-1

Direkta kostnader

Aktivitet		Intervall [år]	Enhetskostnad [SEK/enhet]	Kvantitet	Kostnad/gång	Totalt nuvärde
Kantbalkar	Utbyte [m]	45	10 000	232	2 320 000	598 289
	Impregnering [m]	10	270	232	62 640	145 658
Räcke	Utbyte av ståndare [st]	45	2 300	141	323 150	83 335
	Utbyte av navföljare [m]	45	400	281	112 400	28 986
Vägbana	Utbyte av tätskikt [m²]	40	1 300	2355	3 061 240	968 470
	Utbyte av beläggning [m²]	10	500	2355	1 177 400	2 737 839
Avskaffning	Kantbalk, betong [ton]	45	1 100	100	109 736	28 299
	Kantbalk, armering [ton]	45	500	7	3 591	926
	Beläggning [m²]	10	40	2355	94 192	219 027
Totaltallkostnad					4 808 978 kr	

Användarkostnader

Aktivitet		Intervall [år]	Tidsåtgång [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Normal väg [m]	Kostnad/gång	Nuvärde
Kantbalk	Utbyte	45	126	14250	750	50	120	228 096	58 822
	Impregnering	10	0,42	14250	750	50	120	754	1 754
Vägbana	Utbyte av tätskikt	40	28	14250	750	30	120	168 960	53 453
	Utbyte av beläggning	10	1	14250	750	30	120	6 034	14 032
Totaltallkostnad								128 061 kr	

Avskaffningskostnad

Kostnad per ton		Antal	Kostnad	Nuvärde
Betong	1100	8270	9 097 151	291 656
Stål	-500	477	-238661	-7651
Asfalt	40	413	16 531	530
Totaltallkostnad			284 534 kr	

Investeringskostnader FRP 14-1550-1

	Enhetspris
FRP-däck	8 976 SEK/m ²
Formarbete	550 SEK/m ²
Pålar	481 SEK/m
Betong	1 800 SEK/m ³
Stål, balkar	24 500 SEK/ton
Armering	13 200 SEK/ton
Beläggning	600 SEK/m ²

Materialkostnader

	Pålar[m]	Formarbete[m ²]	FRP [m ²]	Betong[m ³]	Stål, balkar [ton]	Armering[ton]	Beläggning [m ²]	Kostnad [SEK]
Pålar	4127							1 986 879
Kantbalk			232					2 082 432
Vägbana			2355				2355	22 549 565
Balkar					371			9 095 748
Bottenplatta		334		661		59		2 157 608
Stöd		795		602		84		2 633 459
							Totalkostnad	40 505 691 kr

Användarkostnader

	Konstruktions- tid [dygn]	Påv. person- bilar per dygn	Påv. last- bilar per dygn	Just. hastighet (medel) [km/h]	Temporär väg [m]	Normal väg [m]	Kostnad [SEK]
Et. 1 - Påf. fr. G:a K-backa	0,125	3600	200	50	3000	2500	2 036
Et. 1 - Avf. fr. E20 S	0,125	19500	1250	38	200	200	1 142
Et. 2 - Avf. fr. E20 N	0,125	7000	550	50	800	500	1 506
Et. 2 - Påf. fr. S-led E20 S	0,125	38572	3281	51	550	650	1 354
Et. 3 - Påf. fr. S-led E20 N	0,125	8325	825	77	7100	1500	14 770
Et. 3 - Påf. fr. P-led E20 N	0,125	11000	1000	78	6600	1200	18 373
Et. 3 - Påf. fr. P-led E20 S	0,125	11647	956	70	3400	3300	2 774
					Totalkostnad		41 954 kr

Underhåll och reparationer FRP 14-1550-1

Direkta kostnader

	Aktivitet	Intervall [år]	Enhetskostnad [SEK/enhet]	Kvantitet	Kostnad/gång	Totalt nuvärde
Vägbana	Utbyte, beläggning [m ²]	10	500	2355	1 177 400	2 781 342
Stål	Ommålning [m ²]	30	1 700	3707	6 302 589	3 330 519
Avskaffning	Beläggning [m ²]	10	40	2355	94 192	219 027
					Totalkostnad	6 330 888 kr

Användarkostnader

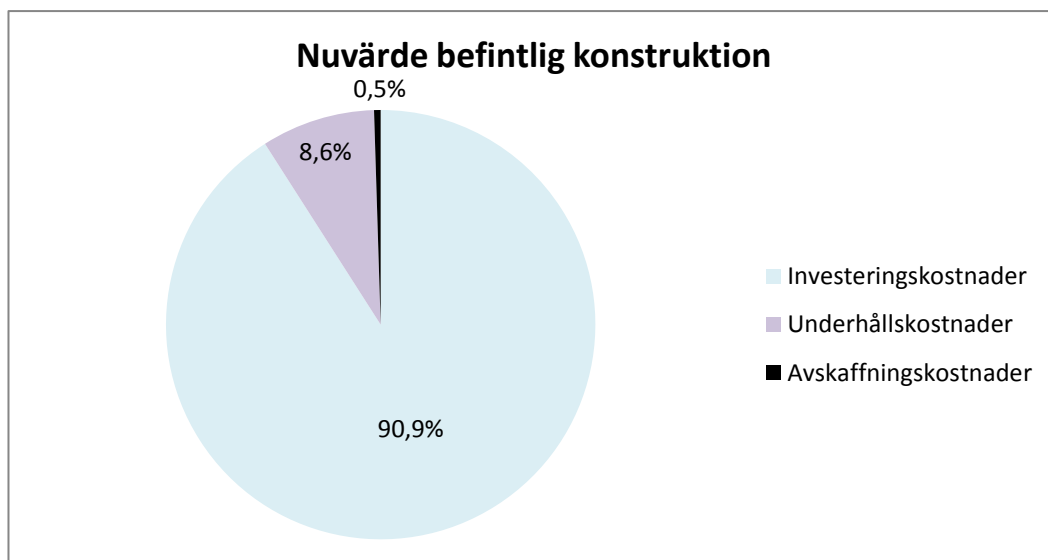
	Aktivitet	Intervall [år]	Tidsåtgång [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Normal väg [m]	Kostnad/gång	Nuvärde
Vägbana	Utbyte av beläggning	10	1	14250	750	30	120	6 034	14 032
Stål	Ommålning	30	3	8810	676	50	200	5 849	3 091
					(ÅDT per körbana, medelvärde)		Totalkostnad		17 122 kr

Avskaffningskostnad

	Kostnad per ton	Antal	Kostnad	Nuvärde
FRP	1100	259	284 900	9 134
Betong	1100	3157	3 472 700	111 335
Stål	-500	515	- 257 500	- 8 255
Asfalt	40	413	16 520	530
			Totalkostnad	112 743 kr

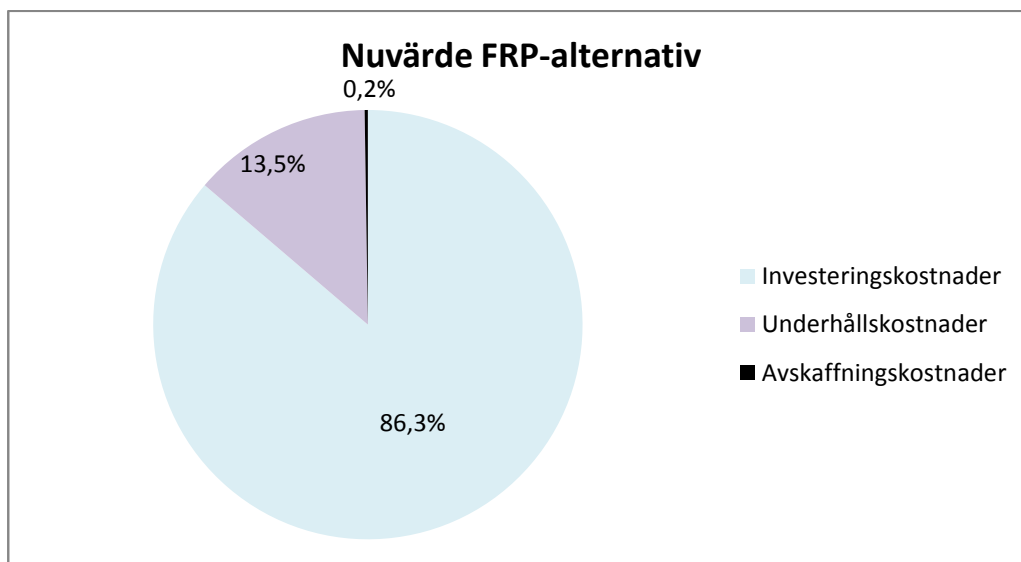
Resultat FRP 14-1550-1

Befintlig konstruktion	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	23 660 954	28 758 168	52 419 122
Underhållskostnader	4 808 978	128 061	4 937 039
Avskaffningskostnader	284 534		284 534
Totalkostnad	28 754 466 kr	28 886 229 kr	57 640 695 kr



Resultat FRP 14-1550-1

FRP-alternativ	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	40 505 691	41 954	40 547 646
Underhållskostnader	6 330 888	17 122	6 348 010
Avskaffningskostnader	112 743		112 743
Totalkostnad	46 949 322 kr	59 077 kr	47 008 399 kr



Bilaga K

Konstruktionsnummer	15-1591-1	
Brotyp	Plattringsbro	
Livslängd	100	år
Diskonteringsränta	3,5%	
ÅDT på bron	8640	ford./dygn
Andel lastbilar	11%	%
Antal personbilar	7650	ford./dygn
Antal lastbilar	990	ford./dygn
Hastighet på bron	110	km/h
ÅDT under bron	-	ford./dygn
Andel lastbilar	-	%
Antal personbilar	-	ford./dygn
Antal lastbilar	-	ford./dygn
Timkostnad, personbil	167	SEK/h
Timkostnad, lastbil	347	SEK/h
Brolängd	12,8	m
Brobredd (exkl. kantbalkar)	19,4	m
Area, beläggning	247,5	m ²

Investeringskostnader befintlig konstruktion 15-1591-1

	Enhetspris	
Formarbete	550	SEK/m ²
Pålar	538	SEK/m
Betong	1 800	SEK/m ³
Armering	13 200	SEK/ton
Tätsikt och beläggning	1 610	SEK/m ²

Materialkostnader

	Pålar[m]	Formarbete[m ²]	Betong[m ³]	Armering[ton]	Tätsikt och beläggning [m ²]	Kostnad[SEK]
Pålar	980					527 423
Kantbalk		64	31	6		163 461
Vägbana		286	149	27	248	1 176 165
Bottenplatta		99	169	15		559 550
Stöd		409	126	18		683 160
Totalkostnad						3 109 759 kr

Användarkostnader

	Konstruktionstid [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Längd, omväg [m]	Normal väg [m]	Kostnad [SEK]
På bron	90	7650	990	50	300	200	610 116
Totalkostnad						610 116 kr	

Underhåll och reparationer befintlig konstruktion 15-1591-1

Direkta kostnader

Aktivitet		Intervall [år]	Enhetskostnad [SEK/enhet]	Kvantitet	Kostnad/gång	Totalt nuvärde
Kantbalk	Utbyte [m]	45	36 000	26	918 720	236 922
	Impregnering [m]	10	300	26	7 656	17 803
Räcke	Utbyte av ståndare [st]	45	2 300	24	55 200	14 235
	Utbyte av navföljare [m]	45	400	48	19 200	4 951
Vägbana	Utbyte av tätskikt [m²]	40	1 700	248	420 825	133 134
	Utbyte av beläggning [m²]	10	700	248	173 281	402 934
Avskaffning	Kantbalk, betong [ton]	45	1 100	77	84 582	21 812
	Kantbalk, armering [ton]	45	- 500	6	- 2 768	- 714
	Beläggning [m²]	10	40	248	9 902	23 025
Totalkostnad					854 104 kr	

Kostnaden för kantbalken räknas upp med en faktor 3 då den har stora dimensioner samt har ett bullerskydd som behöver demonteras och monteras.

Användarkostnader

Aktivitet		Intervall [år]	Tidsåtgång [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Normal väg [m]	Kostnad/gång	Nuvärde
Kantbalk	Utbyte	45	21	7650	990	50	300	111 412	28 731
	Impregnering	10	0,17	7650	990	50	300	884	2 056
Vägbana	Utbyte av tätskikt	40	4	7650	990	50	300	21 221	6 714
	Utbyte av beläggning	10	0,33	7650	990	50	300	1 768	4 112
Totalkostnad								41 613 kr	

Avskaffningskostnad

Kostnad per ton		Antal	Kostnad	Nuvärde
Betong	1100	1185	1303173	41 780
Stål	-500	65	-32531	- 1 043
Asfalt	40	82	3287	105
Totalkostnad			40 842 kr	

Investeringskostnader FRP 15-1591-1

	Enhetspris	
FRP-däck	14 850	SEK/m ²
Formarbete	550	SEK/m ²
Pålar	538	SEK/m
Betong	1 800	SEK/m ³
Armering	13 200	SEK/ton
Beläggning	600	SEK/m ²

Materialkostnader

	Pålar[m]	Formarbete[m ²]	FRP [m ²]	Betong[m ³]	Armering[ton]	Beläggning [m ²]	Kostnad [SEK]
Pålar	592						318 663
Kantbalk			26				378 972
Vägbana			248			248	3 824 555
Bottenplatta		99		169	15		559 550
Stöd		409		126	18		683 160
	Totalkostnad						5 764 900 kr

Användarkostnader

	Konstruktionstid [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Längd temporär väg [m]	Normal väg [m]	Kostnad [SEK]
På bron	0,5	7 650	990	50	300	200	3 390
	Totalkostnad						3 390 kr

Underhåll och reparationer FRP 15-1591-1

Direkta kostnader

Aktivitet		Intervall [år]	Enhetskostnad [SEK/enhet]	Kvantitet	Kostnad/gång	Totalt nuvärde
Vägbana	Utbyte av beläggning [m²]	10	700	248	173 281	402 934
Avskaffning	Beläggning [m²]	10	40	248	9 902	23 025
					Totalkostnad	425 959 kr

Användarkostnader

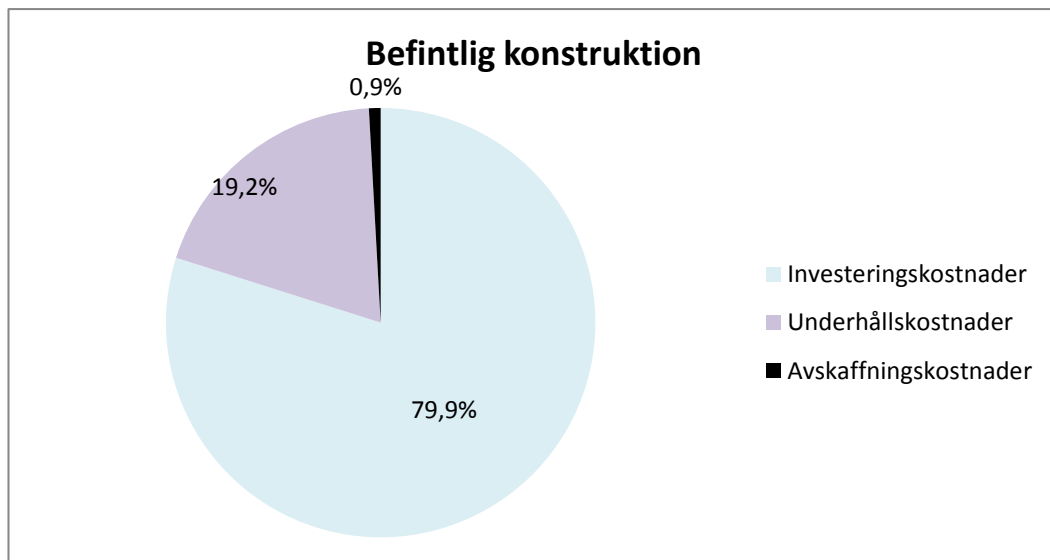
Aktivitet		Intervall [år]	Tidsåtgång [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Normal väg [m]	Kostnad/gång	Nuvärde
Vägbana	Utbyte av beläggning	10	0,33	7650	990	50	300	926	2 154
								Totalkostnad	2 154 kr

Avskaffningskostnad

Kostnad per ton		Antal	Kostnad	Nuvärde
FRP	1100	27	30 037	963
Betong	1100	736	810 145	25 973
Stål	-500	33	- 16 395	- 526
Asfalt	40	82	3 287	105
			Totalkostnad	26 516 kr

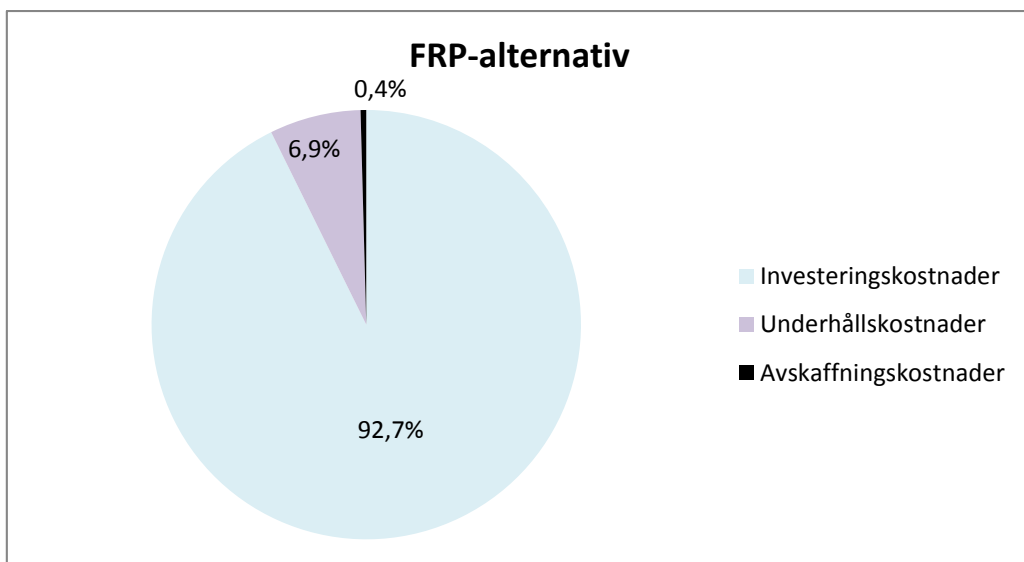
Resultat befintlig konstruktion 15-1591-1

Befintlig konstruktion	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	3 109 759	610 116	3 719 875
Underhållskostnader	854 104	41 613	895 717
Avskaffningskostnader	40 842		40 842
Totalkostnad	4 004 705 kr	651 729 kr	4 656 434 kr



Resultat FRP 15-1591-1

FRP-alternativ	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	5 764 900	3 390	5 768 290
Underhållskostnader	425 959	2 154	428 113
Avskaffningskostnader	26 516		26 516
Totalkostnad	6 217 376 kr	5 544 kr	6 222 919 kr



Bilaga L

Konstruktionsnummer	14-1670-1	
Brotyp	Spännarmerad betong	
Livslängd	100	år
Diskonteringsränta	3,5%	
ÅDT på bron	200	ford./dygn
Andel lastbilar	3%	
Antal personbilar	195	ford./dygn
Antal lastbilar	5	ford./dygn
Hastighet på bron	70	km/h
Hastighet under bron	110	km/h
ÅDT under bron E6 södergående riktning	9985	ford./dygn
Andel lastbilar	15,5%	
Antal personbilar	8442	ford./dygn
Antal lastbilar	1543	ford./dygn
ÅDT under bron E6 norrgående riktning	10324	ford./dygn
Andel lastbilar	16,6%	
Antal personbilar	8606	ford./dygn
Antal lastbilar	1718	ford./dygn
Timkostnad, personbil	167	SEK/h
Timkostnad, lastbil	347	SEK/h
Brolängd	62	m
Brobredd (exkl. kantbalkar)	5,9	m
Area, beläggning	365,8	m ²

Investeringskostnader befintlig konstruktion 14-1670-1

Enhetspris	
Formarbete	550 SEK/m ²
Pålar	572 SEK/m
Betong	1 800 SEK/m ³
Slakarmering	13 200 SEK/ton
Spännarmering	380 SEK/m
Tätsikt och beläggning	1 610 SEK/m ²

Materialkostnader

	Pålar[m]	Formarbete[m²]	Betong[m³]	Slakarmering[ton]	Spännarmering [m]	Tättskikt och bel. [m²]	Kostnad [SEK]
Pålar	415						237 380
Vägbana		209	95	17		366	1 100 856
Balk		311	195	16	744		1 010 340
Kantbalk		123	30	5			193 763
Bottenplatta		46	57	5			194 672
Stöd		79	24	3			132 301
Totalkostnad							2 869 312 kr

Användarkostnader

	Konstruktionstid [dygn]	Påverkade personbilar per dygn	Påverkade lastbilar per dygn	Justerad hastighet (medel) [km/h]	Längd temporär väg [m]	Normal väg [m]	Kostnad [SEK]
Södergående riktning	150	8442	1543	58	200	200	469 888
Norrgående riktning	150	8606	1718	58	200	200	491 172
På bron	150	195	5	70	3000	180	207 270
Totalkostnad							1 168 330 kr

Underhållskostnader befintlig konstruktion 14-1670-1

Direkta kostnader

Aktivitet	Intervall [år]	Enhetskostnad [SEK/enhet]	Kvantitet	Kostnad/gång	Totalt nuvärde
Kantbalk	Utbyte [m]	45	124	1 364 000	351 753
	Impregnering [m]	10	124	33 480	77 852
Räcke	Utbyte av ståndare [st]	45	79	182 160	46 976
	Utbyte av navföljare [m]	45	158	63 360	16 339
Vägbana	Utbyte av tätskikt [m²]	40	366	621 860	196 735
	Utbyte av beläggning [m²]	10	366	182 900	425 302
Avskaffning	Kantbalk, betong [ton]	45	76	83 135	21 439
	Kantbalk, armering [ton]	45	5	-	702
	Beläggning [m²]	10	366	14 632	34 024
Totalkostnad					1 169 719 kr

Användarkostnader

Aktivitet	Intervall [år]	Tidsåtgång [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Normal väg [m]	Omväg [m]	Kostnad/gång	Nuvärde
Kantbalk	Utbyte	45	63	195	5	20	-	4 785	1 234
	Impregnering	10	0,17	195	5	20	-	13	15
Vägbana	Utbyte av tätskikt	40	5	195	5	70	3000	6 909	2 186
	Utbyte av beläggning	10	0,33	195	5	70	3000	461	1 071
Totalkostnad									4 506 kr

Avskaffningskostnad

	Kostnad per ton	Antal	Kostnad	Nuvärde
Betong	1100	1003	1 103 196	35 369
Stål	-500	61	-30326	-972
Asfalt	40	64	2 575	83
			Totalkostnad	34 479 kr

Investeringskostnader FRP 14-1670-1

	Enhetspris
FRP-däck	8 976 SEK/m ²
Formarbete	550 SEK/m ²
Pålar	572 SEK/m
Betong	1 800 SEK/m ³
Stål, balkar	24 500 SEK/ton
Armering	13 200 SEK/ton
Beläggning	600 SEK/m ²

Materialkostnader

	Pålar[m]	Formarbete[m ²]	FRP [m ²]	Betong[m ³]	Stål, balkar [ton]	Armering[ton]	Beläggning [m ²]	Kostnad [SEK]
Pålar	241							137 809
Kantbalk			124					1 113 024
Vägbana			366				366	3 502 901
Balkar					50			1 219 218
Bottenplatta		46		57		5		194 672
Stöd		79		24		3		132 301
Totalkostnad								6 299 925 kr

Användarkostnader

	Konstruktionstid [dygn]	Påverkade personbilar per dygn	Påverkade lastbilar per dygn	Justerad hastighet (medel) [km/h]	Längd temporär väg [m]	Normal väg [m]	Kostnad [SEK]
S-gående riktning	0,08	8442	1543	58	200	200	261
N-gående riktning	0,08	8606	1718	58	200	200	273
På bron	1	195	5	70	3000	180	1 382
Totalkostnad							1 916 kr

Underhåll och reparationer FRP 14-1670-1

Direkta kostnader

Aktivitet	Intervall [år]	Enhetskostnad [SEK/enhet]	Kvantitet	Kostnad/gång	Totalt nuvärde
Vägbana					
Utbyte av beläggning [m²]	10	500	366	182 900	425 302
Stål					
Ommålning [m²]	30	1 700	530	900 218	475 708
Avskaffning					
Beläggning [m²]	10	40	366	14 632	34 024
				Totalkostnad	935 035 kr

Användarkostnader

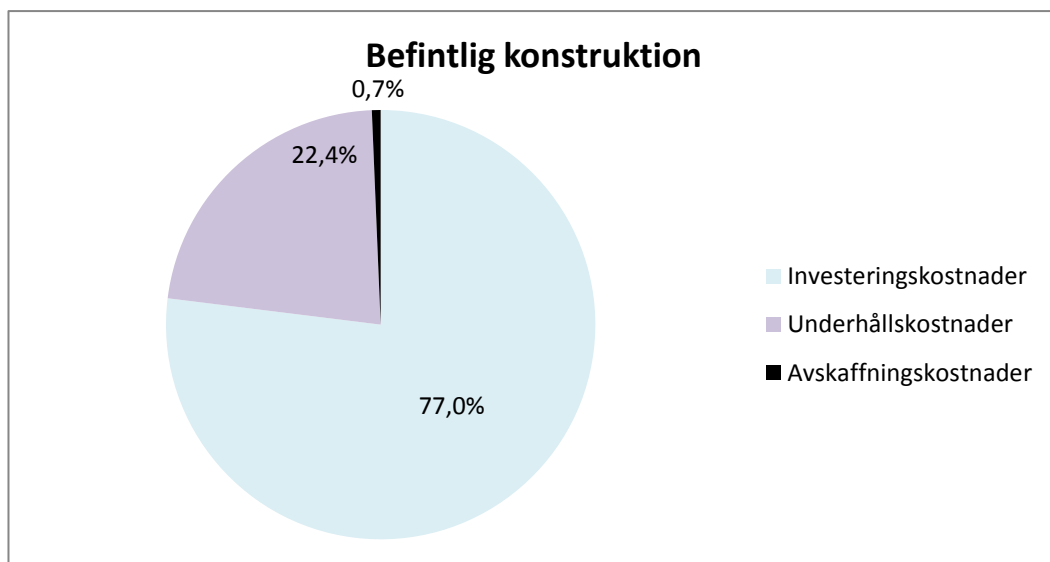
Aktivitet	Intervall [år]	Tidsåtgång [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Normal väg [m]	Omväg [m]	Kostnad/gång	Nuvärde
Vägbana									
Utbyte av beläggning	10	0,33	195	5	70	180	3000	461	1 071
Stål									
Ommålning S-gående vägbana	30	0,42	8442	1543	50	200	-	926	489
Ommålning N-gående vägbana	30	0,42	8606	1718	50	200	-	968	512
						Totalkostnad		2 072 kr	

Avskaffningskostnad

	Kostnad per ton [SEK]	Antal	Kostnad	Nuvärde
FRP	1100	49	53 878	1 727
Betong	1100	202	222 563	7 135
Stål	-500	58	-29131	- 934
Asfalt	40	64	2 575	83
			Totalkostnad	8 011 kr

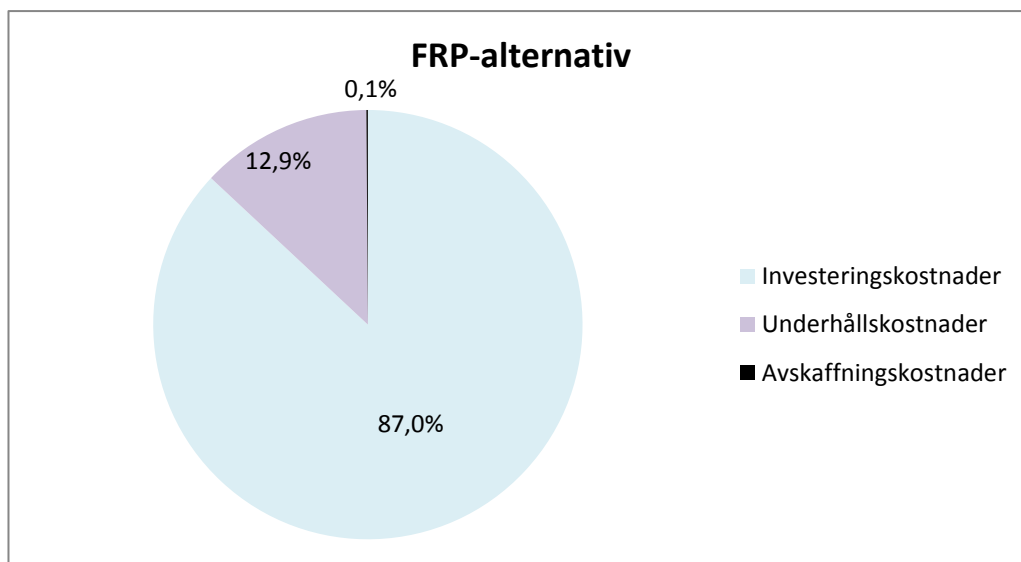
Resultat befintlig konstruktion 14-1670-1

Befintlig konstruktion	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	2 869 312	1 168 330	4 037 642
Underhållskostnader	1 169 719	4 506	1 174 225
Avskaffningskostnader	34 479		34 479
Totalkostnad	4 073 509 kr	1 172 836 kr	5 246 346 kr



Resultat FRP 14-1670-1

FRP-alternativ	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	6 299 925	1 916	6 301 840
Underhållskostnader	935 035	2 072	937 107
Avskaffningskostnader	8 011		8 011
Totalkostnad	7 242 970 kr	3 988 kr	7 246 958 kr



Bilaga M

Konstruktionsnummer	15-1726-2	
Brotyp	Samverkansbro	
Livslängd	100	år
Diskonteringsränta	3,5%	
ÅDT på bron	4800	ford./dygn
Andel lastbilar	12%	
Antal personbilar	4210	ford./dygn
Antal lastbilar	590	ford./dygn
Hastighet på bron	110	km/h
Timkostnad, personbil	167	SEK/h
Timkostnad, lastbil	347	SEK/h
Brolängd	76	m
Brobredd (exkl. kantbalkar)	9,25	m
Area, beläggning	703	m ²
Exponerad stålarea	742	m ²

Investeringskostnader befintlig konstruktion 15-1726-2

	Enhetspris
Formarbete	550 SEK/m ²
Pålar	503 SEK/m
Betong	1 800 SEK/m ³
Stål, balkar	24 500 SEK/ton
Armering	13 200 SEK/ton
Tätskikt och beläggning	1 160 SEK/m ²

Materialkostnader

	Pålar[m]	Formarbete[m²]	Betong[m³]	Stål, balkar [ton]	Armering[ton]	Tätskikt och bel. [m²]	Kostnad [SEK]
Pålar	1310						658 883
Kantbalk		Räknas in i vägbana	29		5		120 093
Vägbana		835	211		38	703	2 155 580
Balkar				77			1 879 150
Bottenplatta		102	129		12		440 424
Stöd		262	105		15		526 110
						Totalkostnad	5 780 241 kr

Användarkostnader

	Konstruktionstid [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Längd temporär väg [m]	Kostnad [SEK]
På bron	150	8470	1160	50	200	594 658
Totalkostnad						594 658 kr

Underhåll och reparationer befintlig konstruktion 15-1726-2

Direkta kostnader

Aktivitet	Intervall [år]	Enhetskostnad		Kvantitet	Kostnad/gång	Totalt nuvärde
		[SEK/enhet]				
Kantbalkar		45	11 000	152	1 672 000	431 181
		10	270	152	41 040	95 431
Räcke		45	2 300	86	197 800	51 009
		45	400	172	68 800	17 742
Vägbana		40	1 300	703	913 900	289 126
		10	500	703	351 500	817 352
Stål		30	1 700	742	1 261 842	666 804
Avskaffning		45	1 100	72	79 085	20 395
		45	- 500	5	- 2 588	- 667
		10	40	703	28 120	65 388
Totalkostnad					2 453 761 kr	

Användarkostnader

Aktivitet	Intervall [år]	Tidsåtgång [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Normal väg [m]	Kostnad/gång	Nuvärde
Kantbalk		45	84	8470	1160	50	333 008	85 877
		10	0,17	4210	590	50	330	768
Vägbana		40	7	8470	1160	50	27 751	8 779
		10	0,5	8470	1160	50	1 982	4 609
Totalkostnad							100 033 kr	

Avskaffningskostnad

Kostnad per ton		Antal	Kostnad	Nuvärde
Betong	1100	1182	1 300 643	41 699
Stål	-500	146	-73037	-2342
Asfalt	40	215	8 605	276
Totalkostnad			39 633 kr	

Investeringskostnader FRP 15-1726-2

	Enhetspris
FRP-däck	8 976 SEK/m ²
Formarbete	550 SEK/m ²
Pålar	503 SEK/m
Betong	1 800 SEK/m ³
Stål, balkar	24 500 SEK/ton
Armering	13 200 SEK/ton
Beläggning	600 SEK/m ²

Materialkostnader

	Pålar[m]	Formarbete[m ²]	FRP [m ²]	Betong[m ³]	Stål, balkar [ton]	Armering[ton]	Beläggning [m ²]	Kostnad [SEK]
Pålar	979							492 441
Kantbalk			152					1 364 352
Vägbana			703				703	6 731 928
Balkar					98			2 396 394
Bottenplatta		102		129		12		440 424
Stöd		262		105		15		526 110
Totalkostnad								11 951 650 kr

Användarkostnader

	Konstruktionstid [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Längd temporär väg [m]	Normal väg [m]	Kostnad [SEK]
På bron	3	8470	1160	50	200	200	11 893
Totalkostnad							11 893 kr

Underhåll och reparationer FRP 15-1726-2

Direkta kostnader

Direkta kostnader		Intervall [år]	Enhetskostnad [SEK/enhet]	Kvantitet	Kostnad/gång	Totalt nuvärde
Aktivitet						
Vägbana	Utbyte av beläggning [m ²]	10	700	703	492 100	1 144 293
Stål	Ommålning [m ²]	30	1 700	1038	1 765 130	932 760
Avskaffning	Beläggning [m ²]	10	40	703	28 120	65 388
					Totalkostnad	2 142 441 kr

Användarkostnader

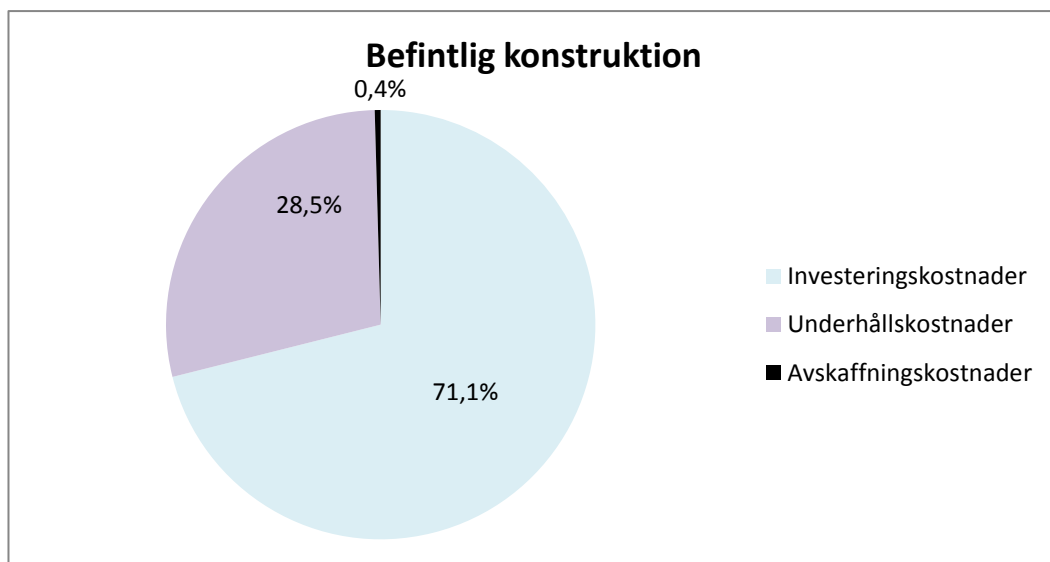
Användarkostnader		Intervall [år]	Tidsåtgång [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Normal väg [m]	Kostnad/gång	Nuvärde
Aktivitet									
Vägbana	Utbyte av beläggning [m ²]	10	0,5	8470	1160	50	200	1 982	4 609
								Totalkostnad	4 609 kr

Avskaffningskostnad

Avskaffningskostnad		Kostnad per ton	Antal	Kostnad	Nuvärde
FRP		1100	86	94 050	3 015
Betong		1100	583	641 583	20 569
Stål		-500	124	-62024	-1988
Asfalt		40	215	8 605	276
				Totalkostnad	21 872 kr

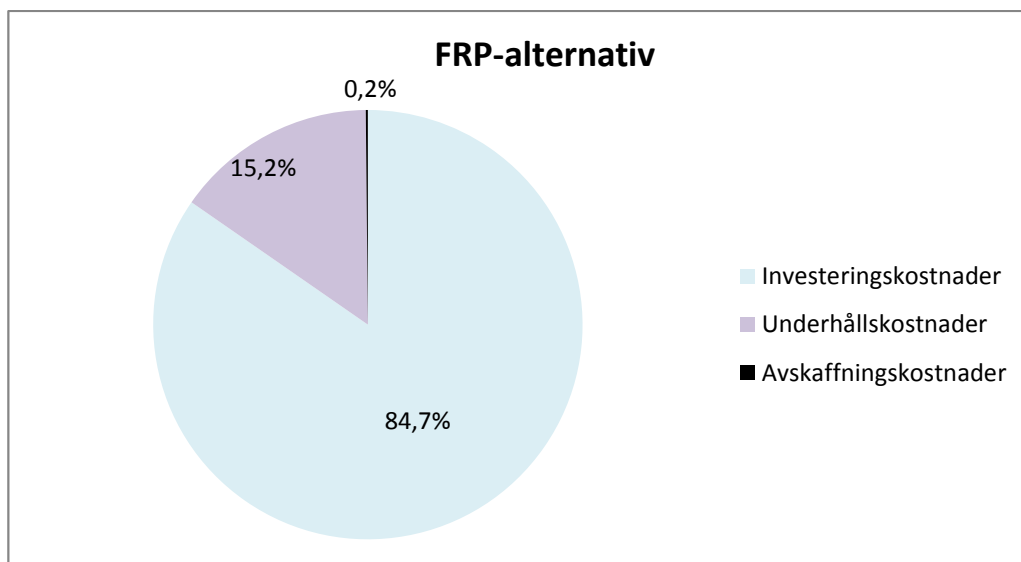
Resultat befintlig konstruktion 15-1726-2

Befintlig konstruktion	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	5 780 241	594 658	6 374 899
Underhållskostnader	2 453 761	100 033	2 553 795
Avskaffningskostnader	39 633		39 633
Totalkostnad	8 273 635 kr	694 691 kr	8 968 327 kr



Resultat FRP 15-1726-2

FRP-alternativ	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	11 951 650	11 893	11 963 543
Underhållskostnader	2 142 441	4 609	2 147 050
Avskaffningskostnader	21 872		21 872
Totalkostnad	14 115 962 kr	16 502 kr	14 132 465 kr



Bilaga N

Konstruktionsnummer	14-879-1	
Brotyp	Plattramsbro	
Livslängd	100	år
Diskonteringsränta	3,5%	
ÅDT på bron	10648	ford./dygn
Andel lastbilar	2%	
Antal personbilar	10417	ford./dygn
Antal lastbilar	232	ford./dygn
Hastighet på och under bron	70	km/h
ÅDT under bron påfart till väg 160	3850	ford./dygn
Andel lastbilar	4%	%
Antal personbilar	3700	ford./dygn
Antal lastbilar	150	ford./dygn
ÅDT under bron , avfart från väg 160	4700	ford./dygn
Andel lastbilar	4%	
Antal personbilar	4500	ford./dygn
Antal lastbilar	200	ford./dygn
Timkostnad, personbil	167	SEK/h
Timkostnad, lastbil	347	SEK/h
Brolängd	17,4	m
Brobredd (exkl. kantbalkar)	12	m
Area, beläggning	208,8	m ²

Materialkostnader

Användarkostnader

	Konstruktionstid [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Längd temporär väg [m]	Normal väg [m]	Kostnad [SEK]
På bron	90	10417	232	30	650	600	2 144 934
Under bron, påfart 160	90	3700	150	30	450	750	258 409
Under bron, avfart 160	90	4500	200	30	200	350	123 135
Totalkostnad							2 526 478 kr

Underhåll och reparationer befintlig konstruktion 14-879-1

Direkta kostnader

Aktivitet	Intervall [år]	Enhetskostnad [SEK/enhet]	Kvantitet	Kostnad/gång	Totalt nuvärde
Kantbalk					
Utbyte [m]	45	12 000	35	417 600	107 692
Impregnering [m]	10	300	35	10 440	24 276
Räcke					
Utbyte av ståndare [st]	45	2 300	27	62 100	16 015
Utbyte av navföljare [m]	45	400	54	21 600	5 570
Vägbana					
Utbyte av tätsikt [m ²]	40	1 700	209	354 960	112 297
Utbyte av beläggning [m ²]	10	700	209	146 160	339 870
Kantbalk, betong [ton]	45	1 100	15	16 077	4 146
Kantbalk, armering [ton]	45	500	1	526	136
Beläggning [m ²]	10	40	209	8 352	19 421
Totalkostnad				629 151 kr	

Användarkostnader

Aktivitet	Intervall [år]	Tidsåtgång [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Normal väg [m]	Kostnad/gång	Nuvärde
Kantbalk								
Utbyte	45	21	10417	232	50	150	32 759	8 448
Impregnering	10	0,17	10417	232	50	150	260	605
Utbyte av tätsikt	40	5	10417	232	30	150	25 999	8 225
Utbyte av beläggning	10	0,33	10417	232	30	150	1 733	4 030
Totalkostnad							21 308 kr	

Avskaffningskostnad

	Kostnad per ton	Antal	Kostnad	Nuvärde
Betong	1 100	621	683 403	21 910
Stål	500	39	19 375	621
Asfalt	40	54	2 142	69
			Totalkostnad	21 357 kr

Investeringskostnader FRP 14-879-1

	Enhetspris
FRP-däck	22 605 SEK/m ²
Formarbete	550 SEK/m ²
Betong	1 800 SEK/m ³
Armering	13 200 SEK/ton
Beläggning	600 SEK/m ²

Materialkostnader

	Formarbete[m ²]	FRP [m ²]	Betong[m ³]	Armering[ton]	Beläggning [m ²]	Kostnad [SEK]
Kantbalk		35				786 654
Vägbana		209			209	4 845 204
Bottenplatta	54		34	3		131 509
Stöd	276		73	10		417 798
Totalkostnad						6 181 165 kr

Användarkostnader

	Konstruktionstid [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Längd temporär väg [m]	Normal väg [m]	Kostnad [SEK]
På bron	0,5	10417	232	30	650	600	11 916
Under bron, påfart till väg 160	0,08	3700	150	30	450	750	239
Under bron, avfart till väg 161	0,08	4500	200	30	200	350	114
Totalkostnad						Totalkostnad	12 270 kr

Underhåll och reparationer FRP 14-879-1

Direkta kostnader

Aktivitet		Intervall [år]	Enhetskostnad [SEK/enhet]	Kvantitet	Kostnad/gång	Totalt nuvärde
Vägbana	Utbyte av beläggning [m ²]	10	700	209	146 160	339 870
Avskaffning	Beläggning [m ²]	10	40	209	8 352	19 421
					Totalkostnad	359 291 kr

Användarkostnader

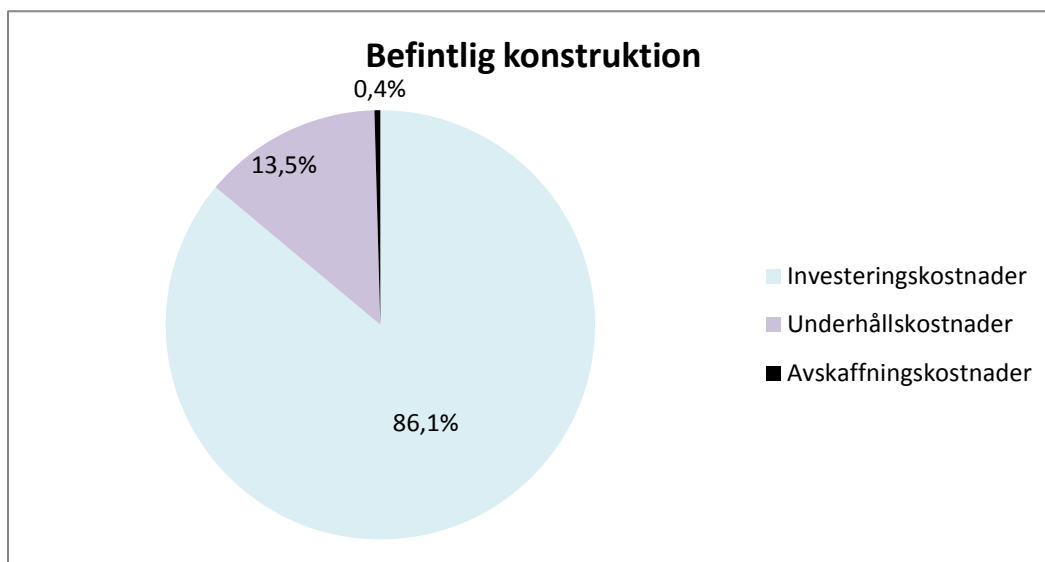
Aktivitet		Intervall [år]	Tidsåtgång [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Normal väg [m]	Kostnad/gång	Nuvärde
Vägbana	Utbyte av beläggning	10	0,33	10417	232	30	150	1 733	4 030
								Totalkostnad	4 030 kr

Avskaffningskostnad

Kostnad per ton		Antal	Kostnad	Nuvärde
FRP	1 100	24	26 796	859
Betong	1 100	267	294 096	9 429
Stål	500	13	- 6 634	- 213
Asfalt	40	54	2 142	69
			Totalkostnad	10 144 kr

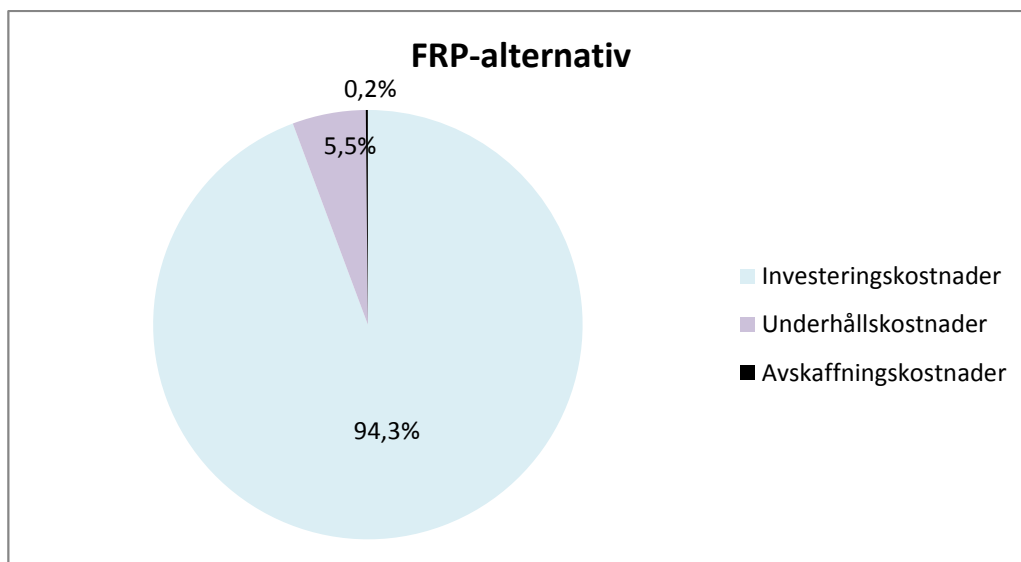
Resultat befintlig konstruktion 14-879-1

Befintlig konstruktion	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	1 628 210	2 526 478	4 154 688
Underhållskostnader	629 151	21 308	650 460
Avskaffningskostnader	21 357		21 357
Totalkostnad	2 278 719 kr	2 547 786 kr	4 826 505 kr



Resultat FRP 14-879-1

FRP-alternativ	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	6 181 165	12 270	6 193 434
Underhållskostnader	359 291	4 030	363 321
Avskaffningskostnader	10 144		10 144
Totalkostnad	6 550 599 kr	16 300 kr	6 566 899 kr



Bilaga O

Konstruktionsnummer	15-1520-1	
Brotyp	Samverkansbro	
Livslängd	100	år
Diskonteringsränta	3,5%	
ÅDT på bron	1967	ford./dygn
Andel lastbilar	7%	
Antal personbilar	1830	ford./dygn
Antal lastbilar	137	ford./dygn
Hastighet på bron	70	km/h
Timkostnad, personbil	167	SEK/h
Timkostnad, lastbil	347	SEK/h
Brolängd	21	m
Brobredd (exkl. kantbalkar)	6,9	m
Area, beläggning	144,9	m ²
Exponerad stålarea	215	m ²

Investeringskostnader befintlig konstruktion 15-1520-1

	Enhetspris	
Formarbete	550	SEK/m ²
Pålar	471	SEK/m
Betong	1 800	SEK/m ³
Stål, balkar	24 500	SEK/ton
Armering	13 200	SEK/ton
Tätskikt och beläggning	1 610	SEK/m ²

Materialkostnader

	Pålar[m]	Formarbete[m ²]	Betong[m ³]	Stål, balkar [ton]	Armering[ton]	Tätskikt och bel. [m ²]	Kostnad [SEK]
Pålar	954						449 475
Kantbalk		Räknas in i vägbana	7		1		29 466
Vägbana		171	36		7	145	478 351
Balkar				17			405 132
Bottenplatta		30	25		2		91 658
Stöd		32	10		1		54 801
	Totalkostnad						1 508 883 kr

Användarkostnader

	Konstruktionstid [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Längd temporär väg [m]	Normal väg [m]	Kostnad [SEK]
På bron	55		1830	50	2900	2700	377 365
	Totalkostnad						377 365 kr

Underhåll och reparationer befintlig konstruktion 15-1520-1

Direkta kostnader

Aktivitet	Intervall [år]	Enhetskostnad [SEK/enhet]	Kvantitet	Kostnad/gång	Totalt nuvärde
Kantbalk	Utbyte [m]	45	12 000	42	504 000
	Impregnering [m]	10	300	42	12 600
Räcke	Utbyte av ständare [st]	45	2 300	43	99 360
	Utbyte av navföljare [m]	45	400	86	34 560
Vägbana	Utbyte av tätskikt [m²]	40	1 700	145	246 330
	Utbyte av beläggning [m²]	10	700	145	101 430
Stål	Ommålning [m²]	30	1 700	215	366 306
Avskaffning	Kantbalk, betong [ton]	45	1 100	18	19 404
	Kantbalk, armering [ton]	45	-	1	-
	Beläggning [m²]	10	40	145	5 796
				Totalkostnad	719 483 kr

Användarkostnader

Aktivitet	Intervall [år]	Tidsåtgång [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Normal väg [m]	Kostnad/gång	Nuvärde
Kantbalk	Utbyte	45	14	1830	137	150	14 126	3 643
	Impregnering	10	0,13	1830	137	150	126	293
Vägbana	Utbyte av tätskikt	40	2	1830	137	150	2 018	638
	Utbyte av beläggning	10	0,25	1830	137	150	252	587
							Totalkostnad	5 161 kr

Avskaffningskostnad

Kostnad per ton	Antal [ton]	Kostnad	Nuvärde
Betong	1100	197	216 356
Stål	-500	28	-14012
Asfalt	40	37	1 466
		Totalkostnad	6 534 kr

Investeringskostnader FRP 15-1520-1

	Enhetspris	
FRP-däck	25 124	SEK/m ²
Formarbete	550	SEK/m ²
Pålar	471	SEK/m
Betong	1 800	SEK/m ³
Armering	13 200	SEK/ton
Beläggning	600	SEK/m ²

Materialkostnader

	Pålar[m]	Formarbete[m ²]	FRP [m ²]	Betong[m ³]	Armering[ton]	Ytsikt[m ²]	Kostnad [SEK]
Pålar	709						333 760
Kantbalk			42				1 055 208
Vägbana			145			145	3 727 408
Bottenplatta		30		25	2		91 658
Stöd		32		10	1		54 801
						Totalkostnad	5 262 835 kr

Användarkostnader

	Konstruktionstid [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Längd temporär väg [m]	Normal väg [m]	Kostnad [SEK]
På bron	0,5	1830	137	50	2900	2700	3 431
						Totalkostnad	3 431 kr

Underhåll och reparationer FRP 15-1520-1

Direkta kostnader

Aktivitet		Intervall [år]	Enhetskostnad [SEK/enhet]	Kvantitet	Kostnad/gång	Totalt nuvärde
Vägbana	Utbyte av beläggning [m ²]	10	700	145	101 430	235 858
Avskaffning	Beläggning [m ²]	10	40	145	5 796	13 478
					Totalkostnad	249 335 kr

Användarkostnader

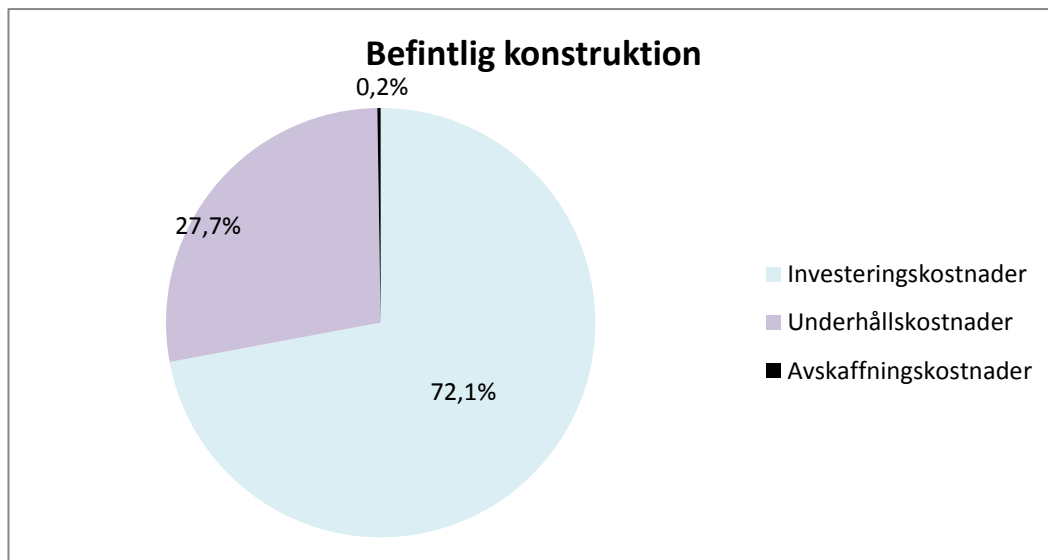
Aktivitet		Intervall [år]	Tidsåtgång [dygn]	Påverkade bilar/dygn	Påverkade lastbilar/dygn	Justerad hastighet [km/h]	Normal väg [m]	Kostnad/gång	Nuvärde
Vägbana	Utbyte av beläggning [m ²]	10	0,21	1830	137	30	150	210	489
								Totalkostnad	489 kr

Avskaffningskostnad

Kostnad per ton		Antal	Kostnad	Nuvärde
FRP	1100	19	20 559	659
Betong	1100	88	97 334	3 121
Stål	-500	4	- 1 848	- 59
Asfalt	40	37	1 466	47
			Totalkostnad	3 767 kr

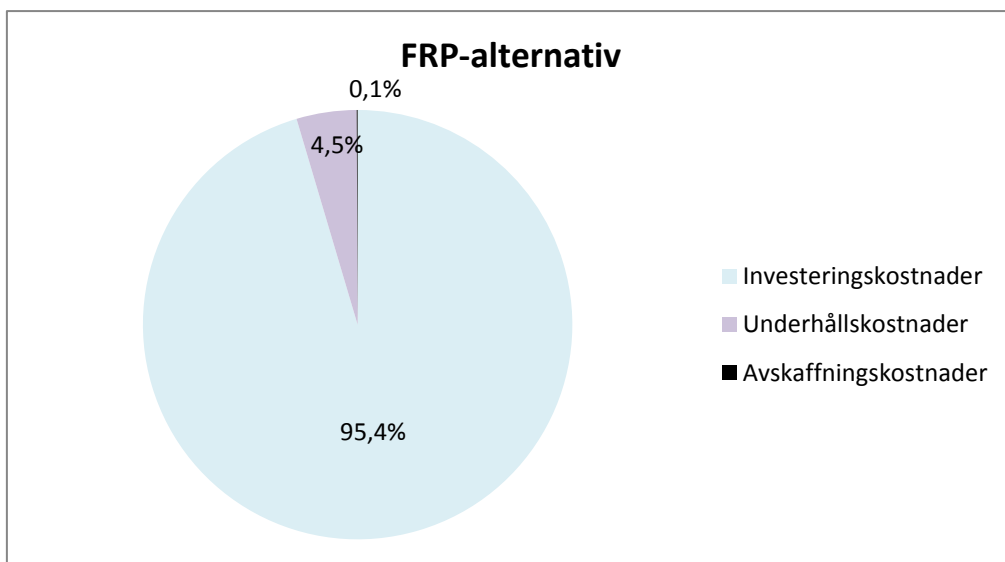
Resultat befintlig konstruktion 15-1520-1

Befintlig konstruktion	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	1 508 883	377 365	1 886 248
Underhållskostnader	719 483	5 161	724 644
Avskaffningskostnader	6 534		6 534
Totalkostnad	2 234 900 kr	382 526 kr	2 617 426 kr



Resultat FRP 15-1520-1

FRP-alternativ	Direktkostnader	Användarkostnader	Nuvärde
Investeringskostnader	5 262 835	3 431	5 266 266
Underhållskostnader	249 335	489	249 824
Avskaffningskostnader	3 767		3 767
Totalkostnad	5 515 938 kr	3 919 kr	5 519 857 kr



Bilaga P – Trafikomläggning

1. Bro I – Mölndal

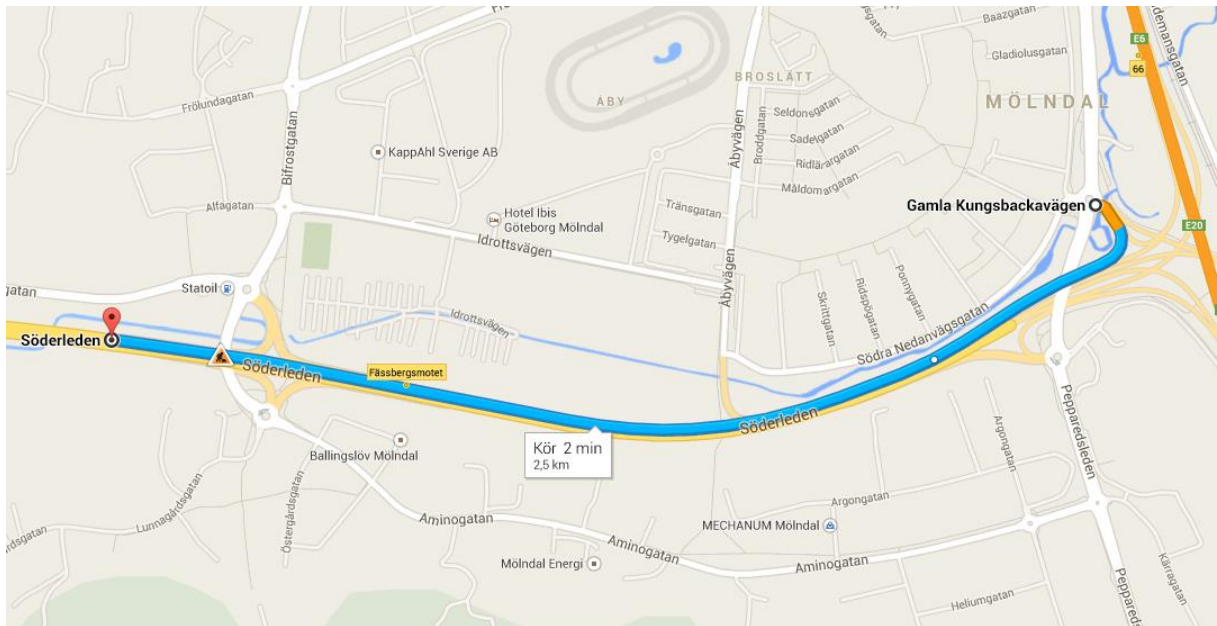
Trafikomläggning vid byggnation

Etapp 1

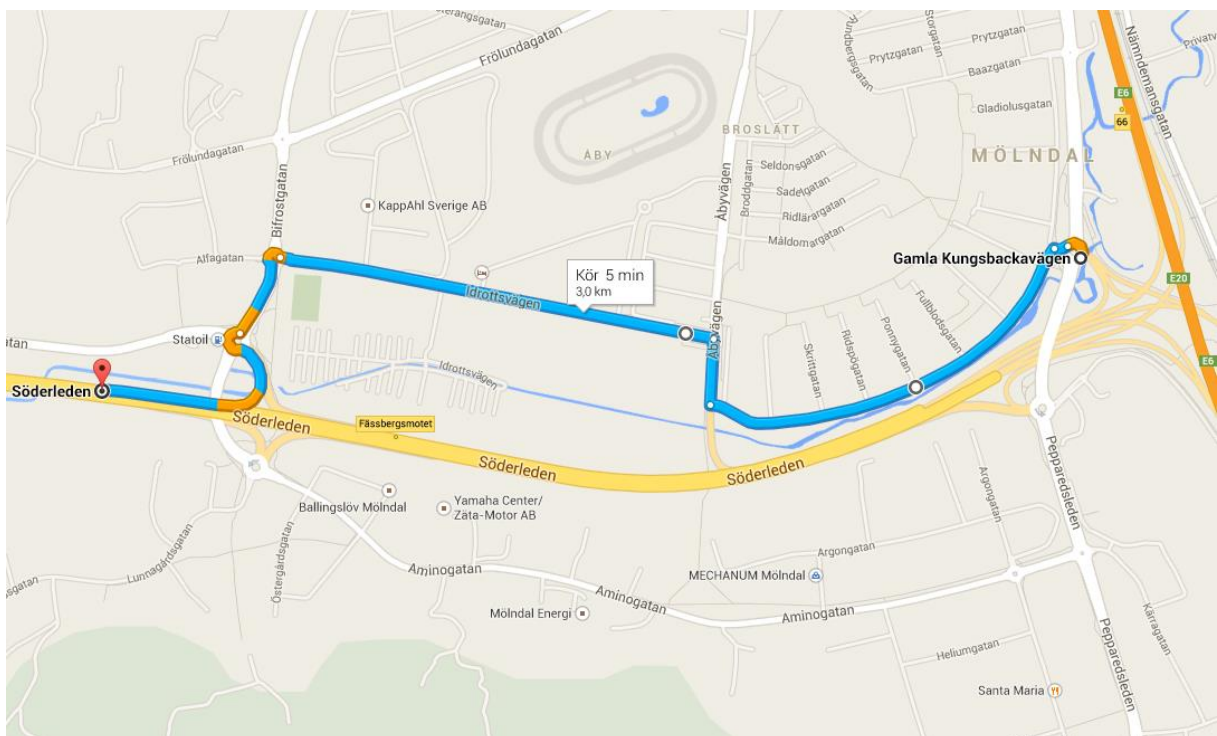
Första etappen under byggnationen av Möndalsbron utgår från norra sidan och sträcker sig fram till första mittstödet. Etapp 1 påverkar avfarten från Gamla Kungsbackavägen samt avfarten från E6/E20 södergående riktning, se Figur 1.1. Ordinarie väg för respektive vägbana visas i Figur 1.2 och Figur 1.4. Trafiken från Gamla Kungsbackavägen leds om via Södra Nedanvägsgatan och Idrottsvägen vilket framgår av Figur 1.3. Hastigheten reduceras till 50 km/h. Avfarten från E6/E20 leds över till vägbanan intill och hastigheten reduceras till 30 km/h på en 100-meterssträcka precis under bron. Innan och efter denna sträcka läggs hastigheten om till 50 km/h under 50 meter. Trafiken på båda avfarterna från E6/E20 kommer alltså köra på samma vägbana under bron, se Figur 1.5.



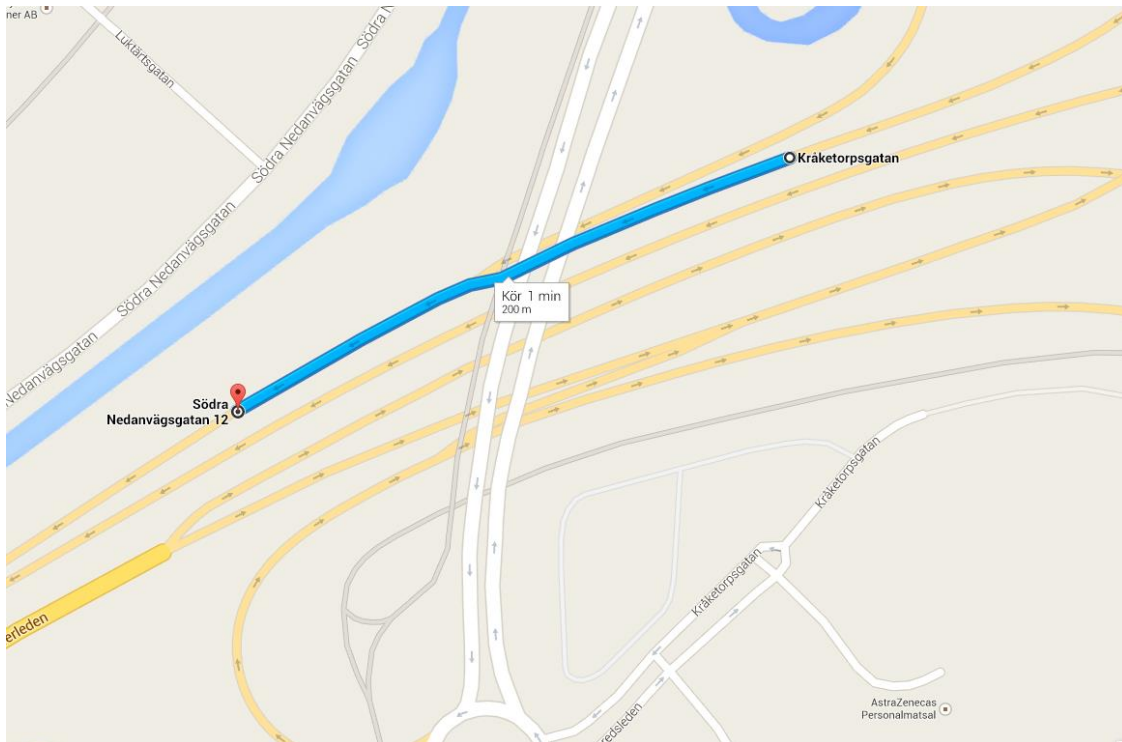
Figur 1.1 Påverkade vägbanor under etapp 1.



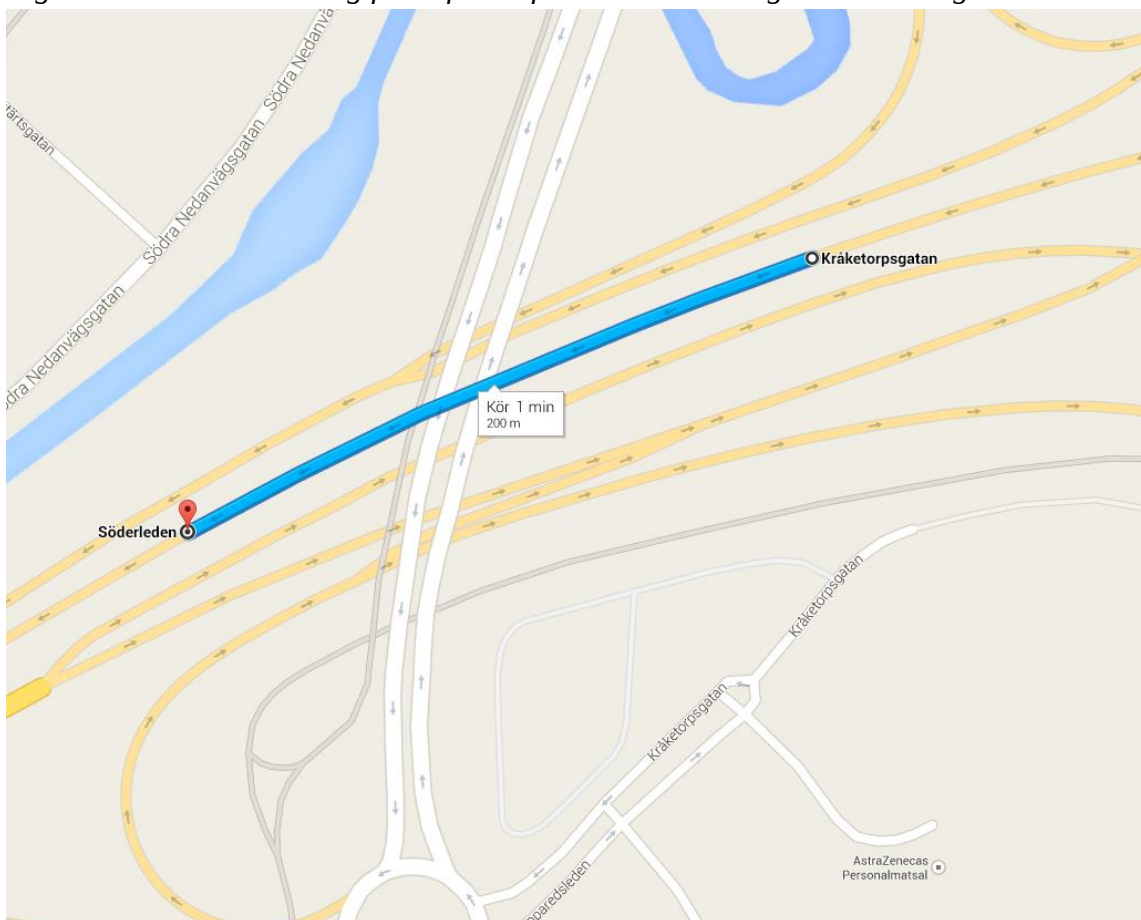
Figur 1.2 Ordinarie väg för avfarten från Gamla Kungsbackavägen.



Figur 1.3 Omväg via Södra Nadvägsgratan och Idrottssvagen.



Figur 1.4 Ordinarie väg för avfarten från E6/E20 södergående riktning.



Figur 1.5 Trafiken leds över till intelligande vägbana.

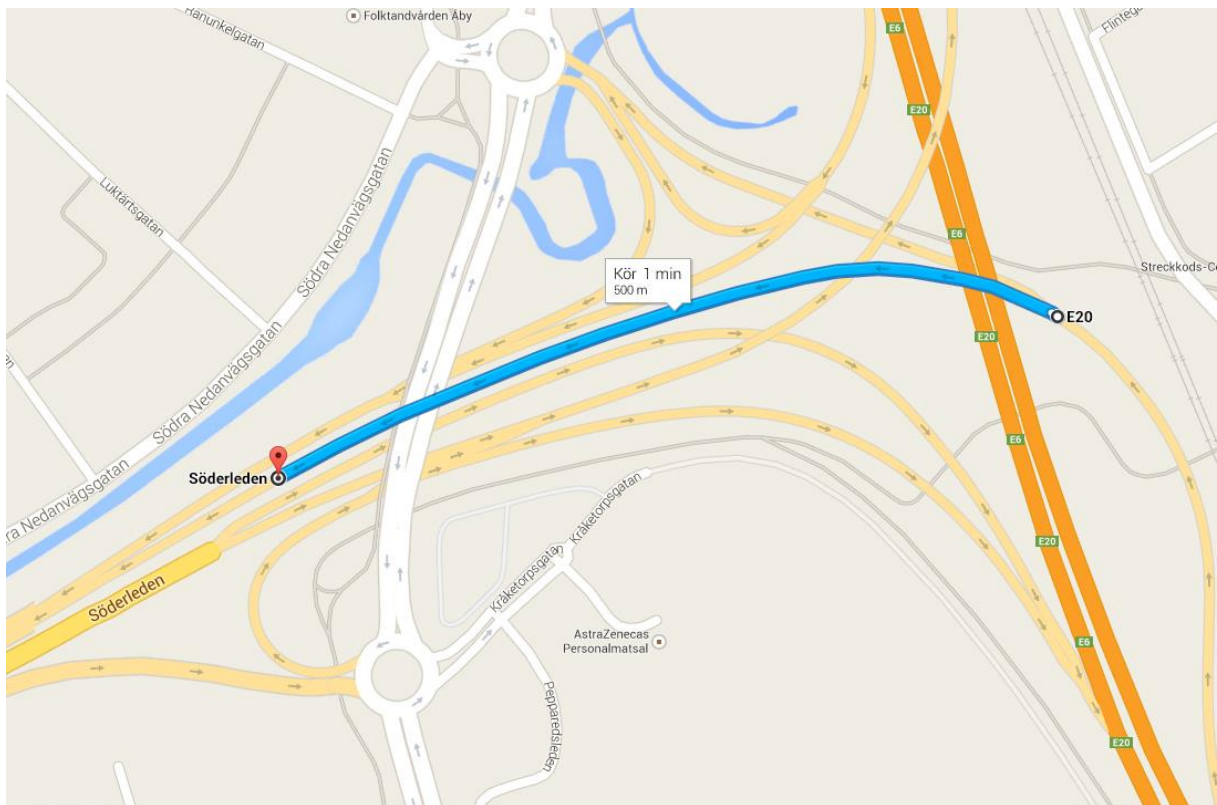
Etapp 2

Etapp 2 sträcker sig över de två nästkommande vägbanorna där den ena är avfarten från E6/E20 norrgående riktning och den andra påfarten till E6/E20 södergående, se Figur 1.6. Avfarten omdirigeras först till Gamla Kungsbackavägen för att sedan ledas vidare ut på Söderleden, vilket visas i Figur 1.8. Reducerad hastighet blir 50 km/h.

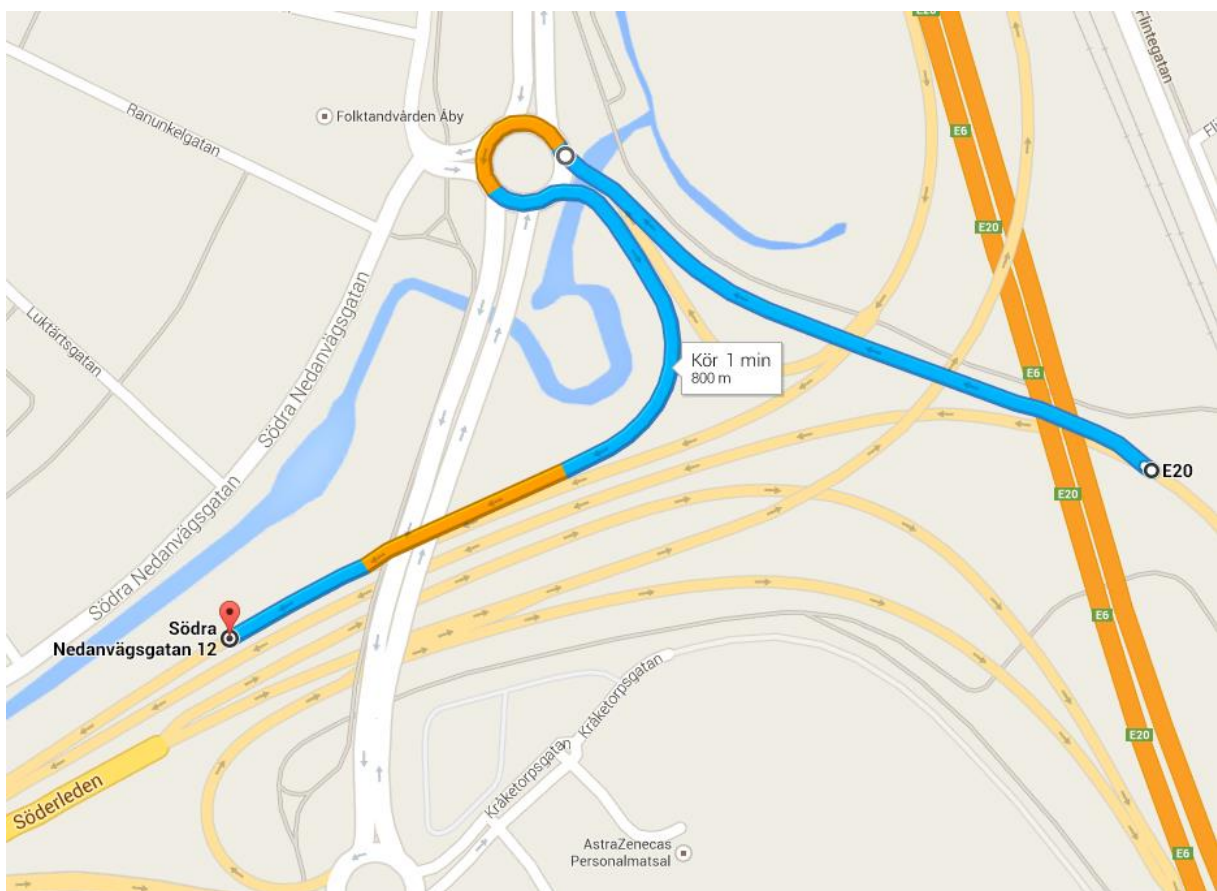
Trafiken från påfarten till E6/E20 leds över strax innan bron till vägbanan intill, se Figur 1.10. Reducerad hastighet blir 30 km/h under de första 150 meterna och påverkar alla tre vägar som löper under brons södra del.



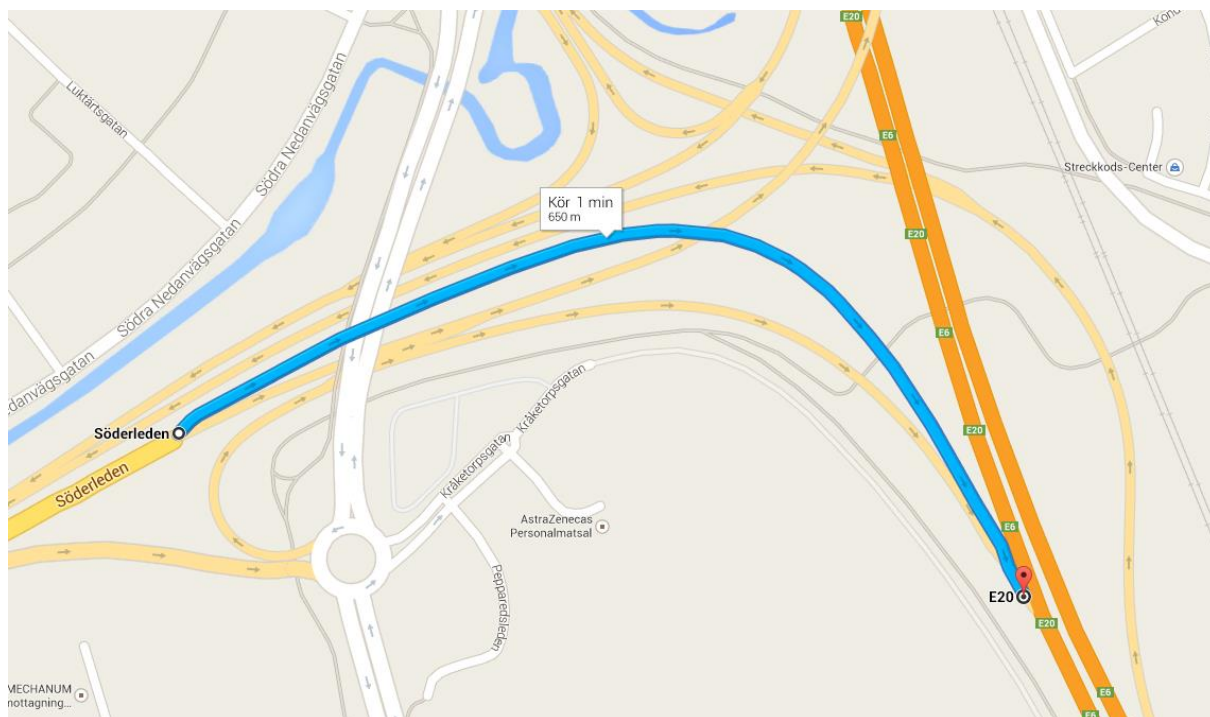
Figur 1.6 Påverkade vägbanor vid etapp 2.



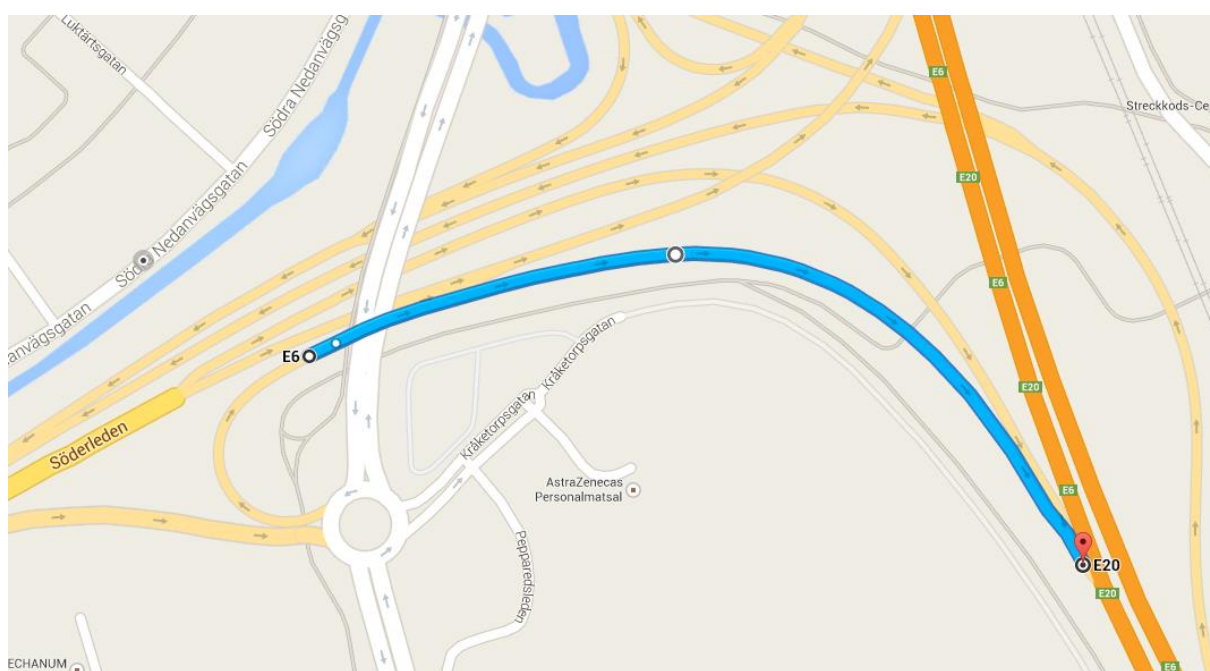
Figur 1.7 Ordinarie väg för avfarten från E6/E20.



Figur 1.8 Omväg via Gamla Kungsbackagatan.



Figur 1.9 Ordinarie väg för påfart till E6/E20.



Figur 1.10 Ny väg för trafik till E6/E20.

Etapp 3

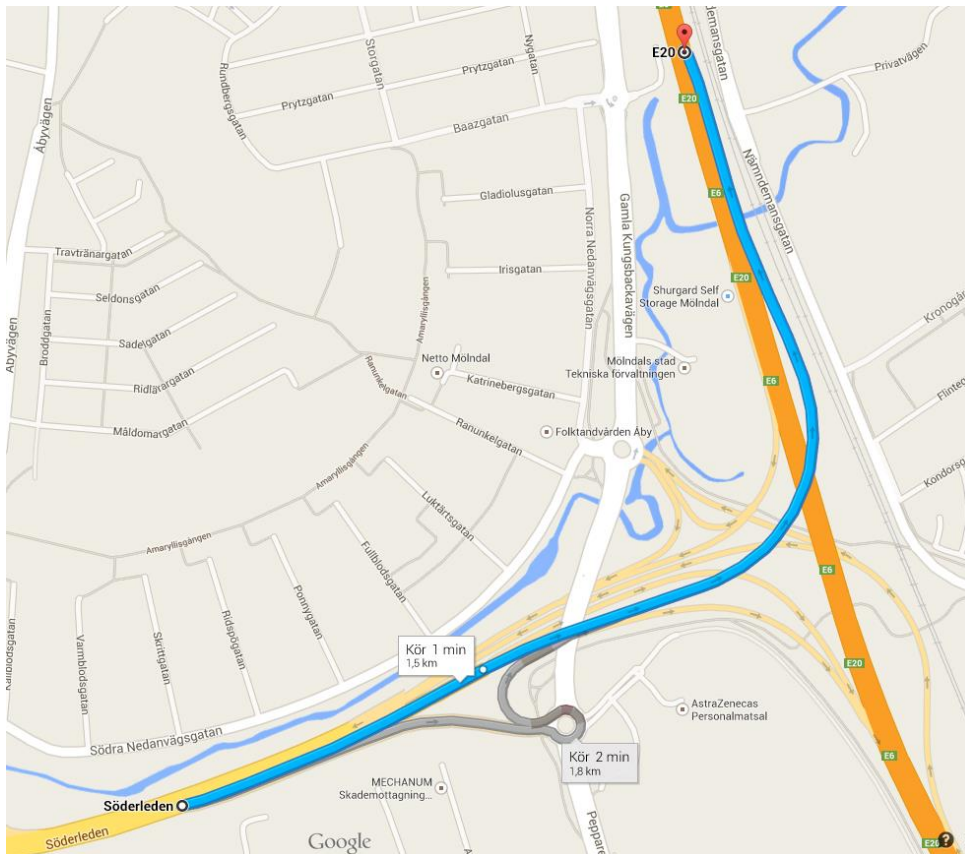
Sista etappen för Mölndalsbron påverkar de tre sista vägbanorna som är markerade i Figur 1.11. Den första vägen är en påfart från Söderleden till E6/E20 norrgående riktning, se Figur 1.12. Trafiksituationen kräver en längre omväg via Pepparedsleden vilket framgår av Figur 1.13. Hastigheten under de första tre kilometerna på Pepparedsleden är 70 km/h för att sedan övergå till 90 km/h på motorvägen.

Nästa väg tar trafiken från Pepparedsleden/Kråketorpsgatan till E6/E20 norrgående riktning, Figur 1.14. Trafiken läggs om via Pepparedsleden enligt Figur 1.15 och hastigheten blir som ovan.

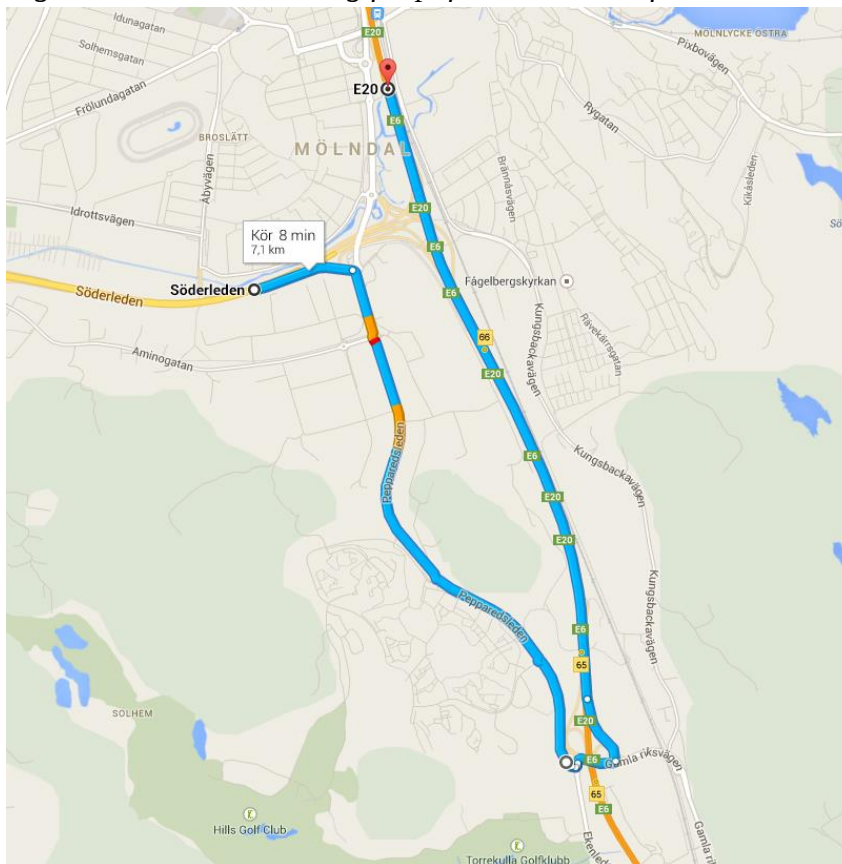
Den sista vägbanan är påfarten till E6/E20 södergående riktning från Pepparedsleden/Kråketorpsgatan, Figur 1.16. Vid etapp 3 leds trafiken istället via Pepparedsleden och ut på motorvägen.



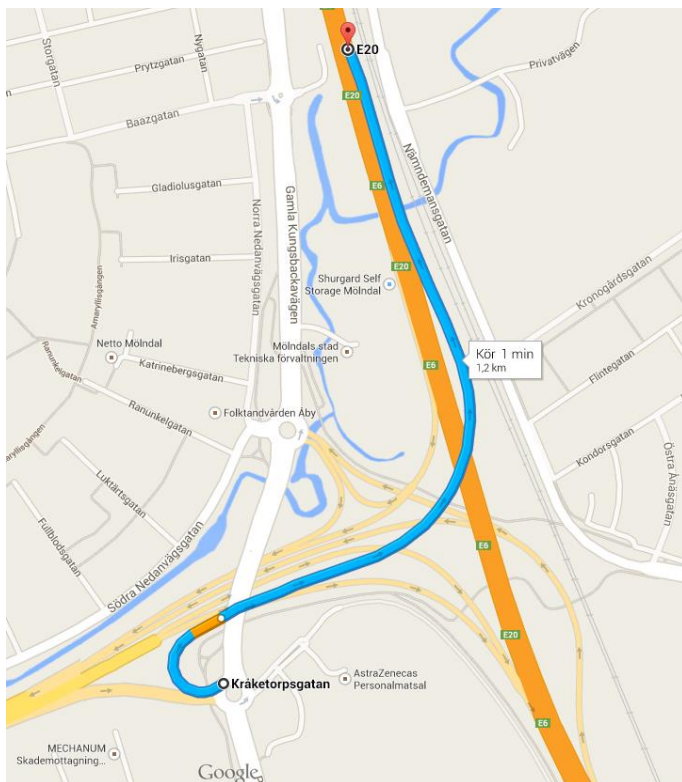
Figur 1.11 Påverkade vägbanor för etapp 3.



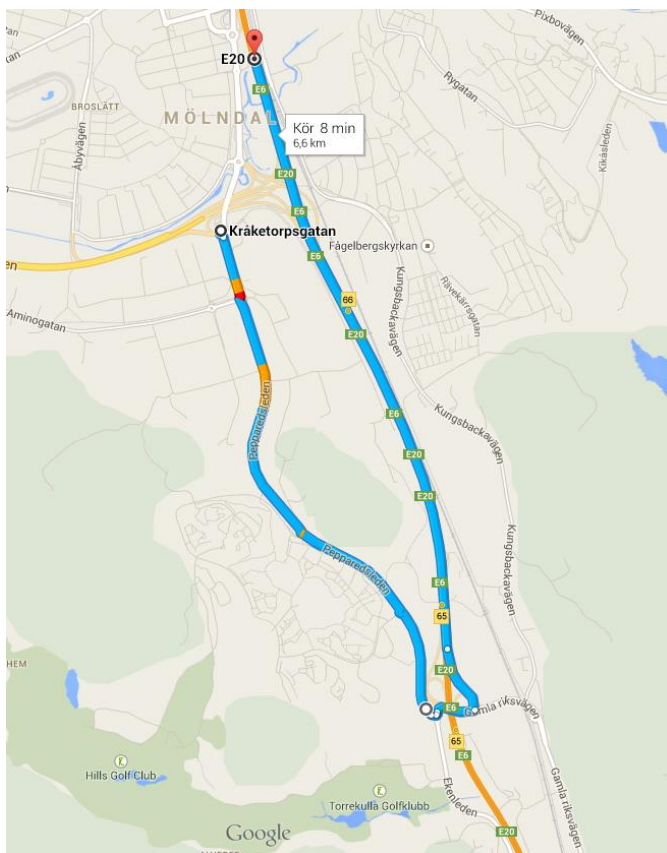
Figur 1.12 Ordinarie väg för påfart till E6/E20 från Söderleden.



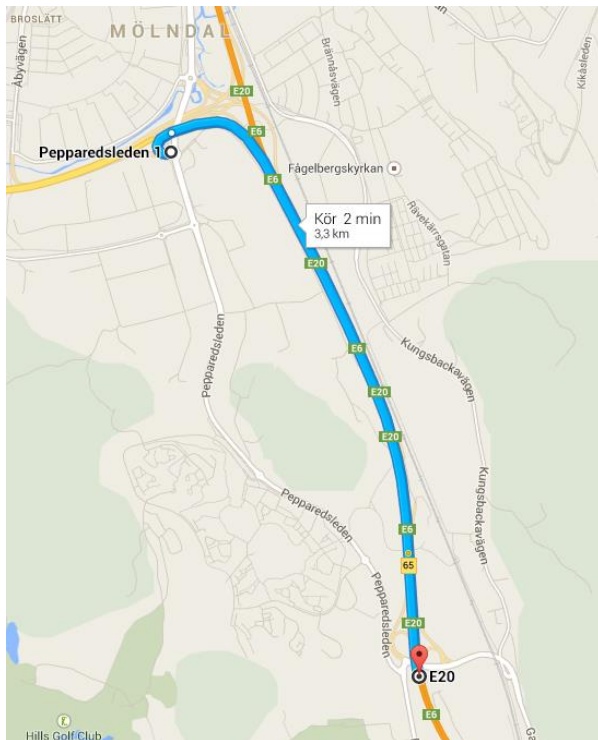
Figur 1.13 Omväg för påfart till E6/E20 via Pepparedsleden.



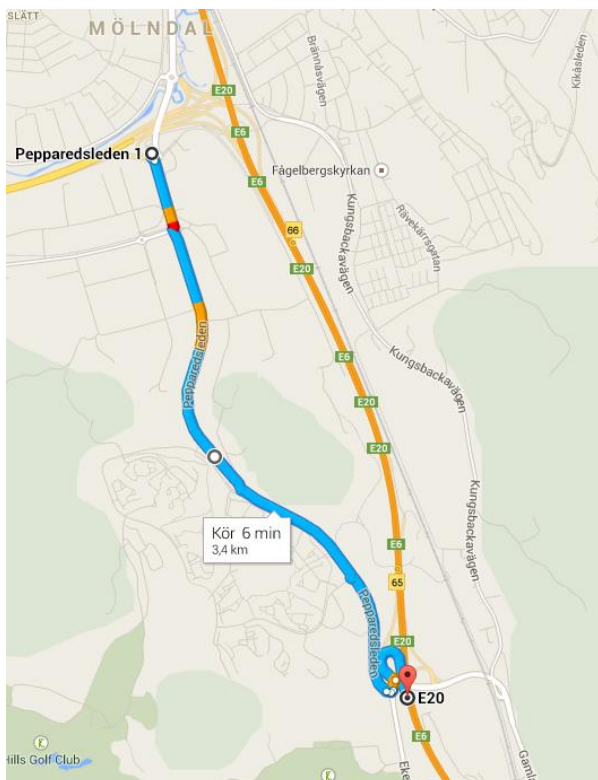
Figur 1.14 Ordinarie väg för påfart till E6/E20 norrgående riktning från Pepparedsleden.



Figur 1.15 Omväg för påfarten till E6/E20 norrgående riktning via Pepparedsleden.



Figur 1.16 Ordinarie väg för påfarten till E6/E20 södergående riktning från Pepparedsleden/Kråketorpsgatan.

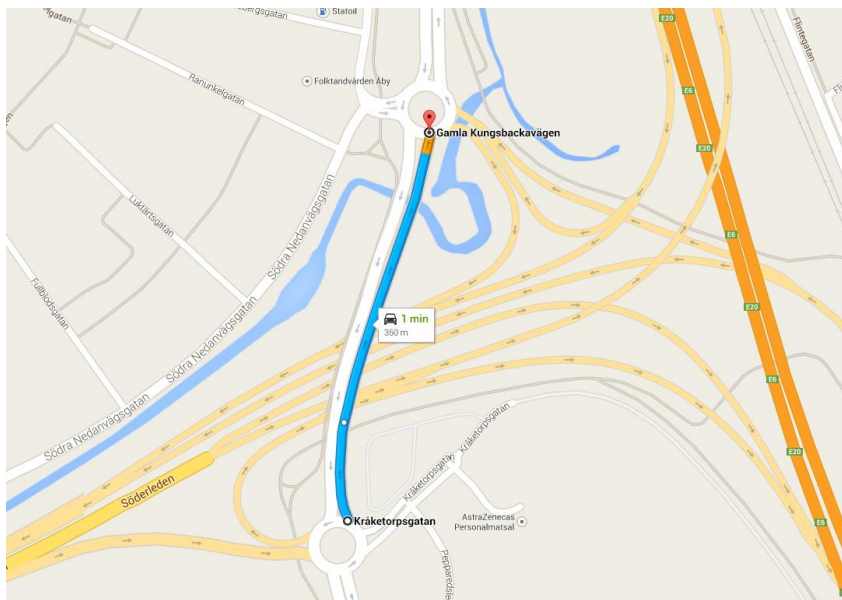


Figur 1.17 Temporär väg till E6/E20 via Pepparedsleden.

Trafikomläggning vid underhåll

Byte av isolering och ytskikt görs i två etapper. Först stängs ena körriktningen av och leds över till andra körriktningen. När arbetet är klart på den sidan leds trafiken över dit och samma process kan genomföras. Den justerade hastigheten blir 30 km/h.

Vid byte av kantbalk stängs körfältet vid brokanten av och hastigheten för trafiken intill reduceras till 50 km/h. Arbetet utförs på ena sidan först och sedan den andra.



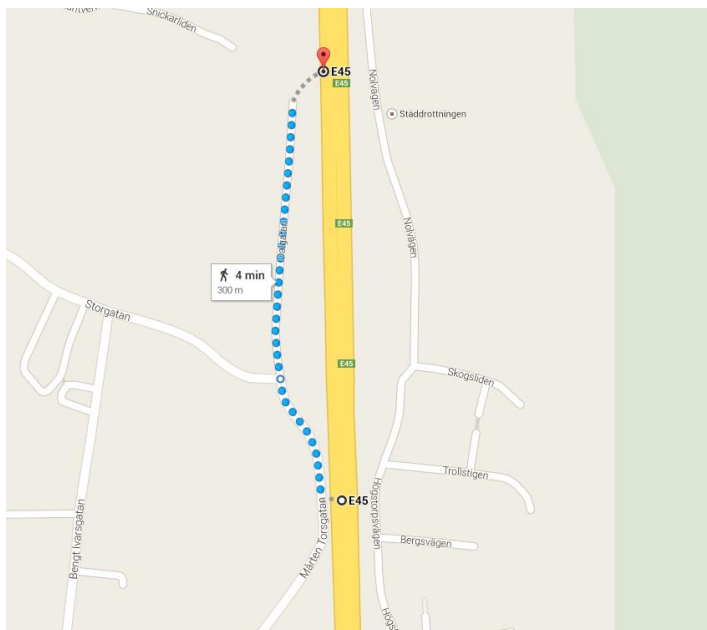
Figur 1.18 Sträcka som påverkas vid underhåll.

2. Bro II – Lilla Edet

Trafikomläggning vid byggnation

Vid byggnationen av bro 15-1591-1 byggdes en temporär väg intill E45:an. Trafiken leddes in på Mårten Torsgatan och vidare på Dalgatan för att sedan komma ut på E45:an igen, se Figur 2.1. Hastigheten reducerades till 50 km/h.

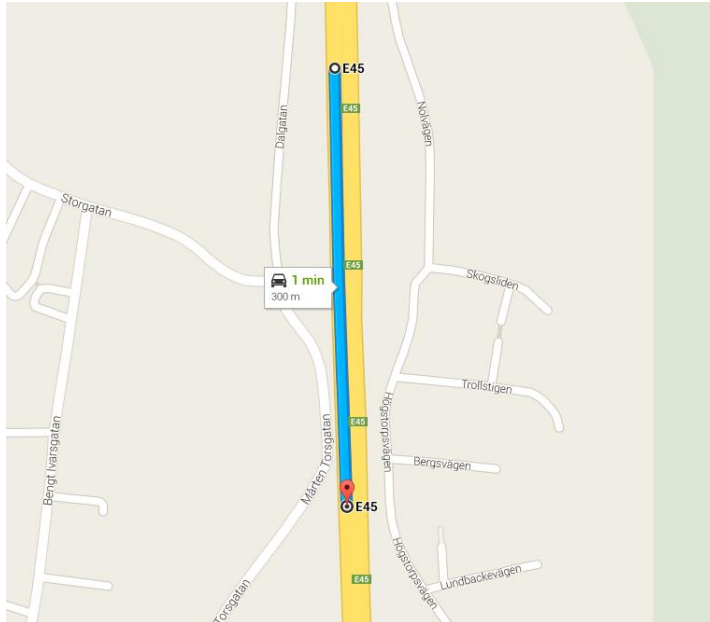
Angående trafiken som korsar gamla E45:an från Storgatan över till bostadsområdet på andra sidan är trafiken där så pass liten att tillskottet till användarkostnaderna därifrån försummas.



Figur 2.1 Omväg vid byggnation av bro 15-1591-1.

Trafikomläggning vid underhåll

Vid byte av ytskikt och isolering genomförs arbetet i vardera körriktning separat. 2+2 körfält blir alltså 1+1 körfält med reducerad hastighet på 50 km/h. För bytet av kantbalk stängs körfältet intill av och även här tar man varje sida för sig.

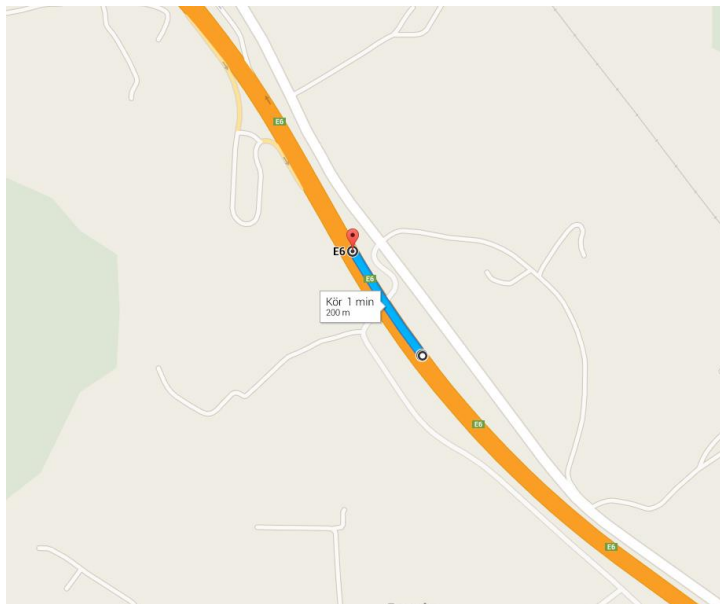


Figur 2.2 Sträcka som påverkas vid underhåll.

3. Bro III – Hogstorp

Trafikomläggning vid byggnation

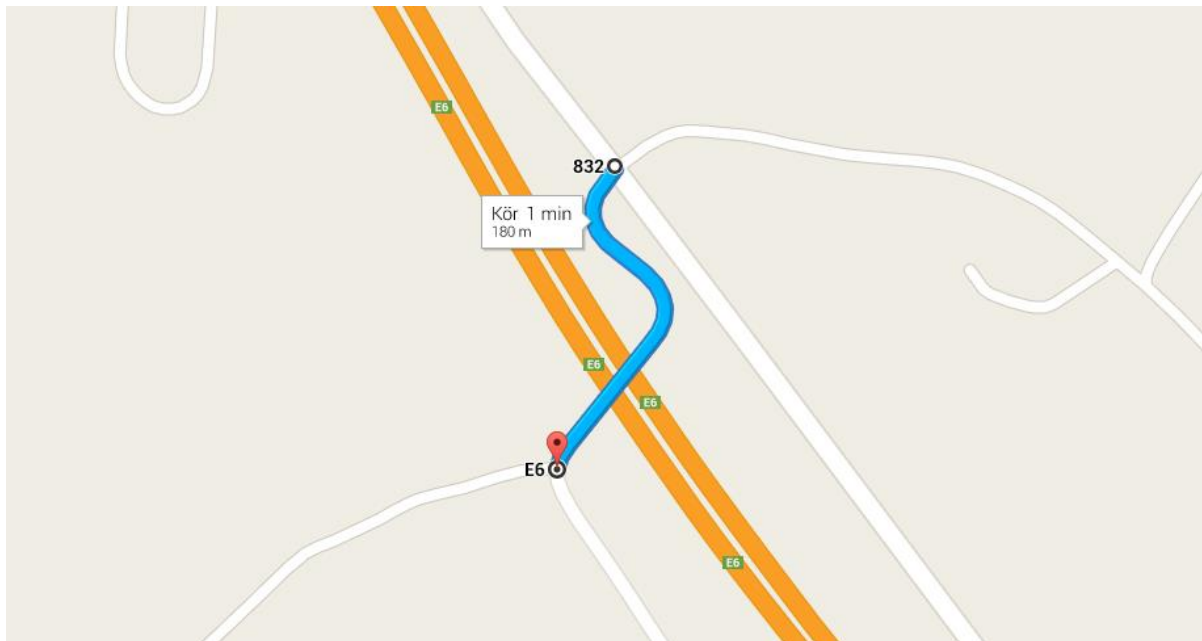
Bron byggs i en etapp med hjälp av provisoriska stöd. Ett körfält i vardera riktning är öppet och hastigheten reduceras till 70 km/h under 100 meter och till 50 km/h i 100 meter.



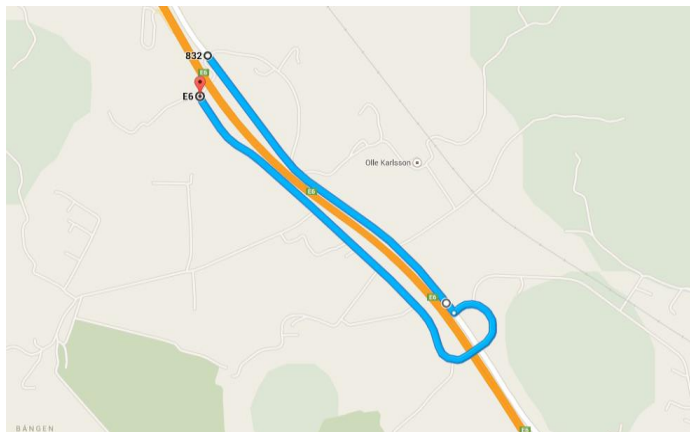
Figur 3.1 Sträcka där hastigheten är reducerad.

Trafikomläggning vid underhåll

Då denna bro är så pass smal stängs den av helt både vid byte av isolering och ytskikt samt vid byte av kantbalk.



Figur 3.2 Ordinarie väg över bron.



Figur 3.3 Omväg vid byte av isolering, ytskikt och kantbalk.

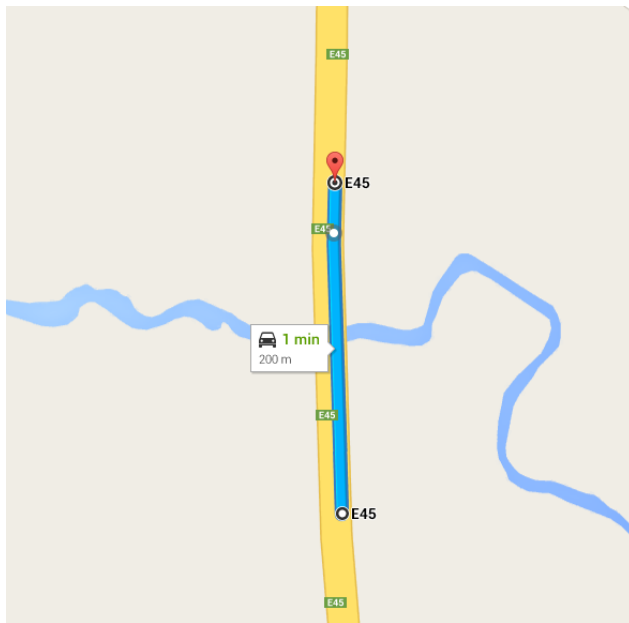
4. Bro IV – Gårdaån

Trafikomläggning vid byggnation

Då bro 15-1726-2 byggs leds trafiken över på tvillingbron och hastigheten reduceras till 50 km/h under en sträcka på 200 meter.

Trafikomläggning vid underhåll

När ytskikt och isolering byts ut leds trafiken över till tvillingbron 15-1726-2 och hastigheten reduceras till 50 km/h under 200 meter. Vid byte av kantbalk stängs ett körfält av i taget.

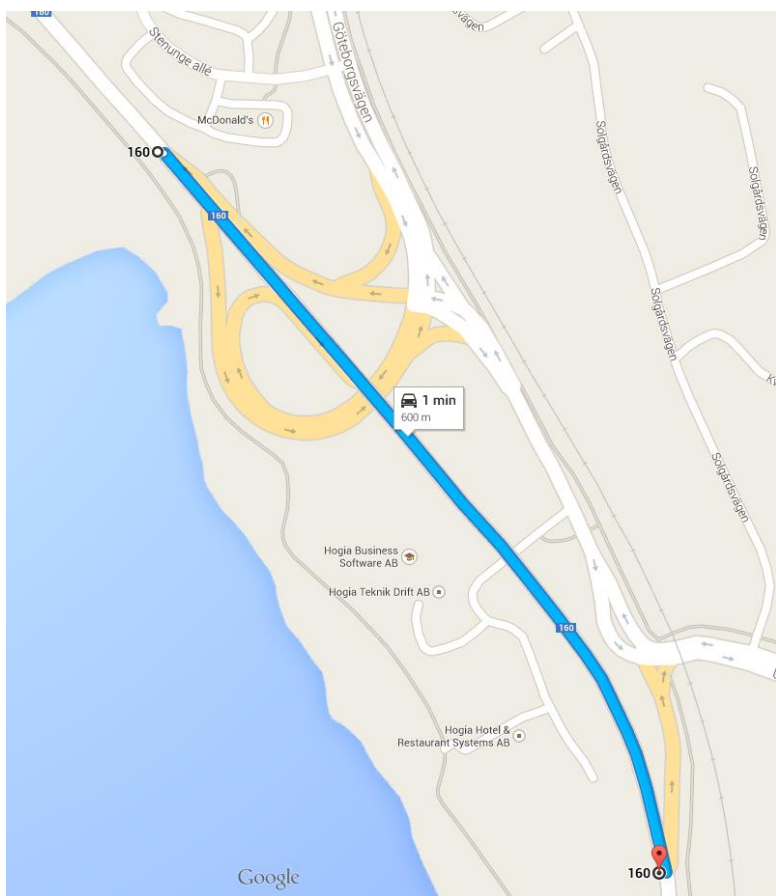


Figur 4.1 Sträck som påverkas vid underhåll av bro 15-1726-2.

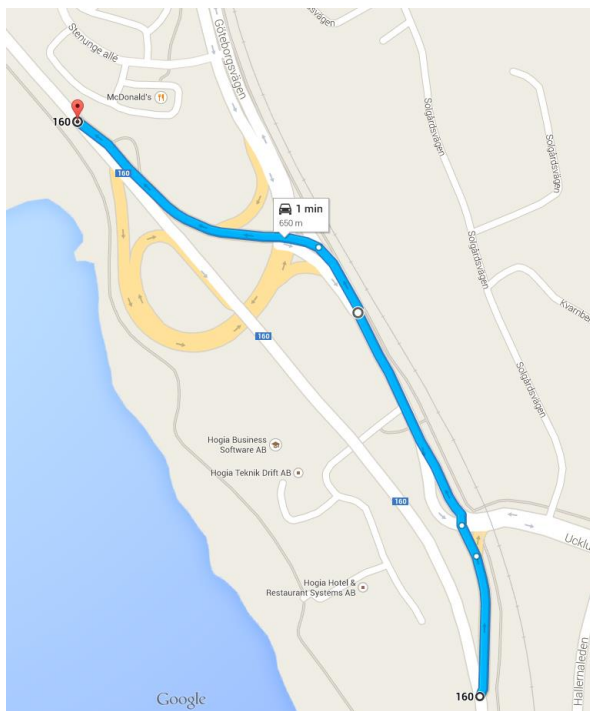
5. Bro V – Nösnäs

Trafikomläggning vid byggnation

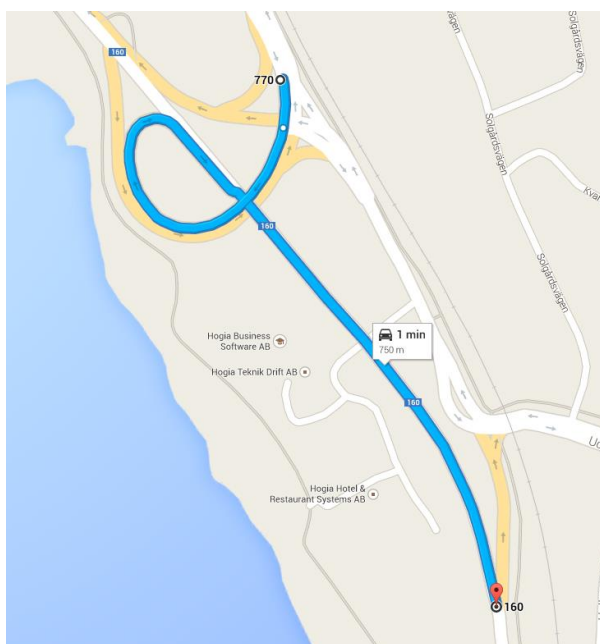
Bro 14-879-1 vid Nösnäs byggs i en etapp och all trafik över och under bron leds om via Göteborgsvägen. Trafiken på väg 160 med ordinarie körväg enligt Figur 5.1 leds om via Göteborgsvägen, se Figur 5.2. Påfarten till väg 160 från Göteborgsvägen leds om enligt Figur 5.4. ordinarie väg visas i Figur 5.3. Avfarten från väg 160 med ordinarie väg enligt Figur 5.5 till Göteborgsvägen läggs om enligt Figur 5.6. För alla omläggningar gäller hastigheten 50 km/h.



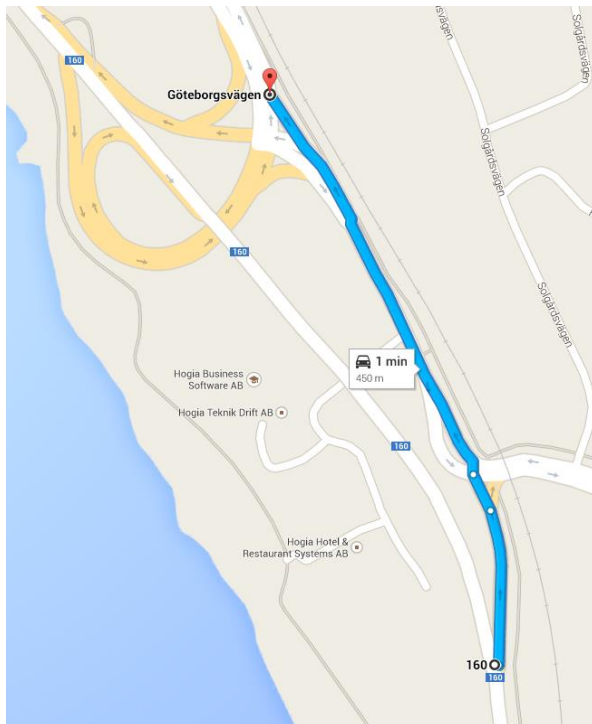
Figur 5.1 Ordinarie väg över bron till och från Tjörn via väg 160.



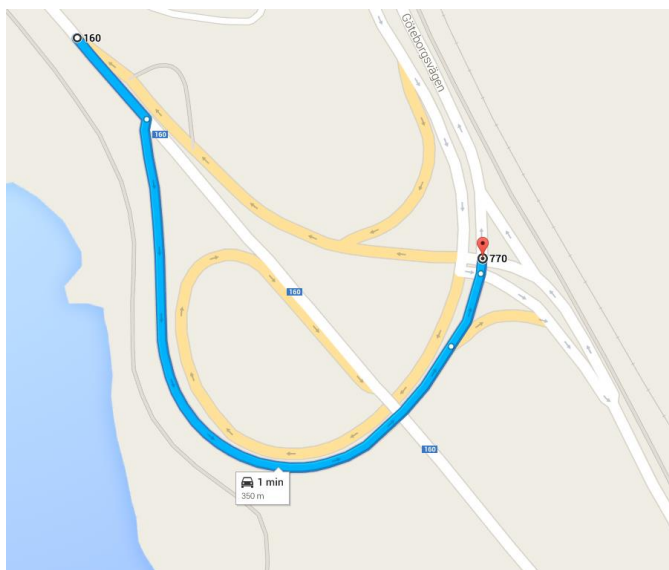
Figur 5.2 Omväg för trafiken till och från Tjörn (från väg 160).



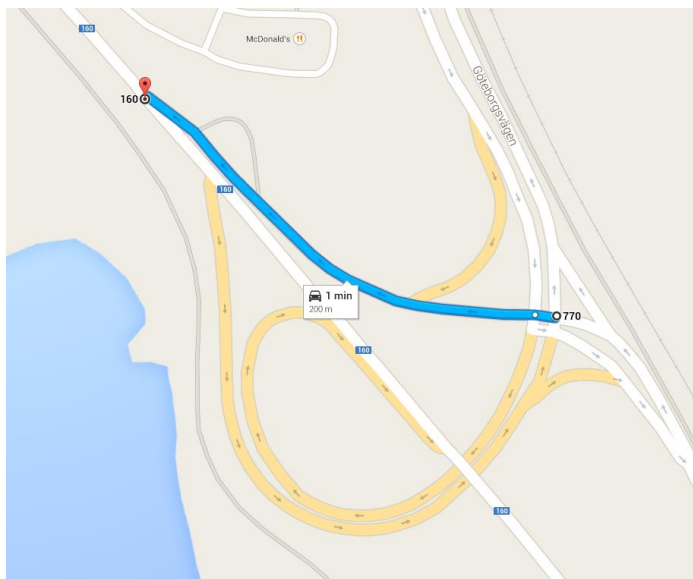
Figur 5.3 Ordinarie väg för påfarten till väg 160 från Göteborgsvägen.



Figur 5.4 Tillfällig väg för trafiken från Göteborgsvägen till väg 160.



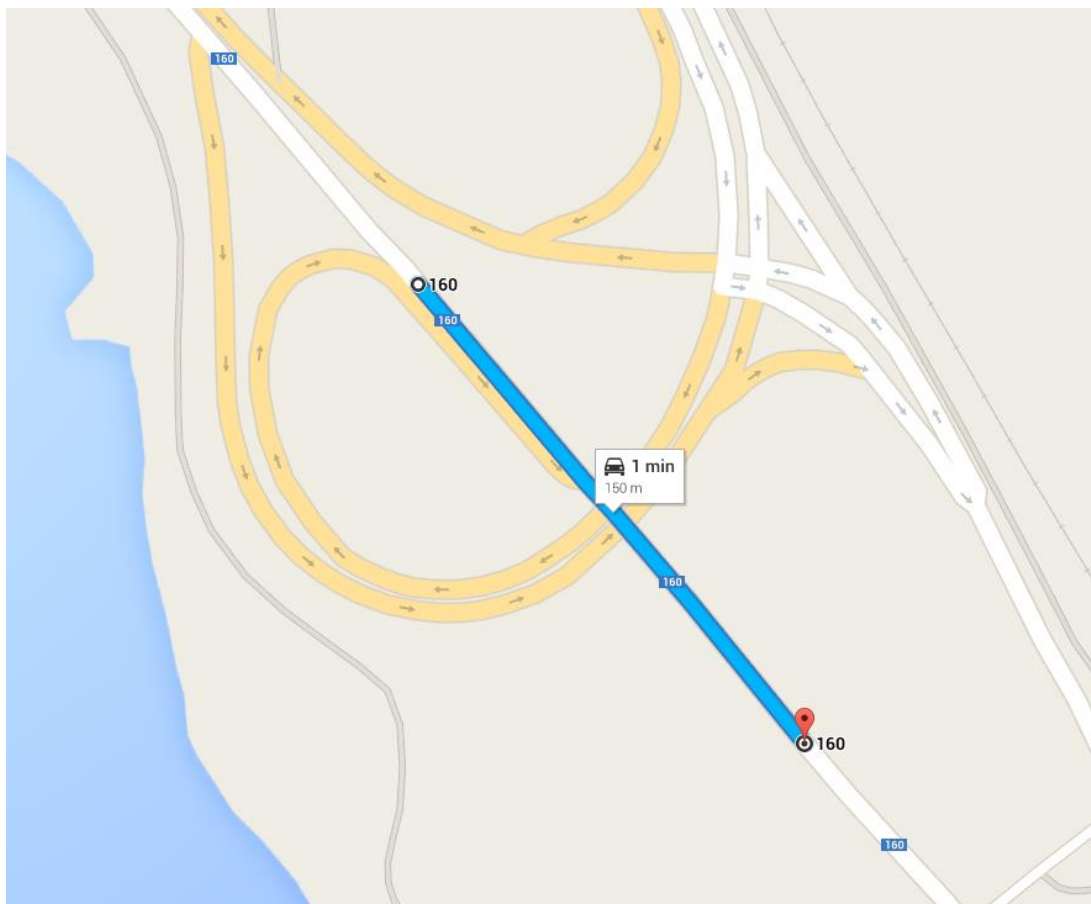
Figur 5.5 Ordinarie väg för avfart från väg 160 till Göteborgsvägen.



Figur 5.6 Tillfällig väg för avfarten från väg 160 till Göteborgsvägen.

Trafikomläggning vid underhåll

Vid byte av ytskikt och isolering stängs en brohalva av i taget och hastigheten reduceras till 30 km/h eftersom körfälten som används måste smalas av. Vid byte av kantbalk stängs körfältet intill av och hastigheten reduceras till 50 km/h.

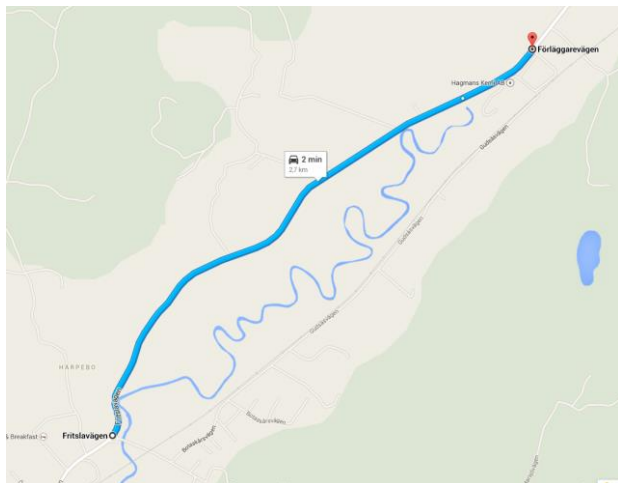


Figur 5.7 Sträcka där hastigheten reduceras vid underhåll.

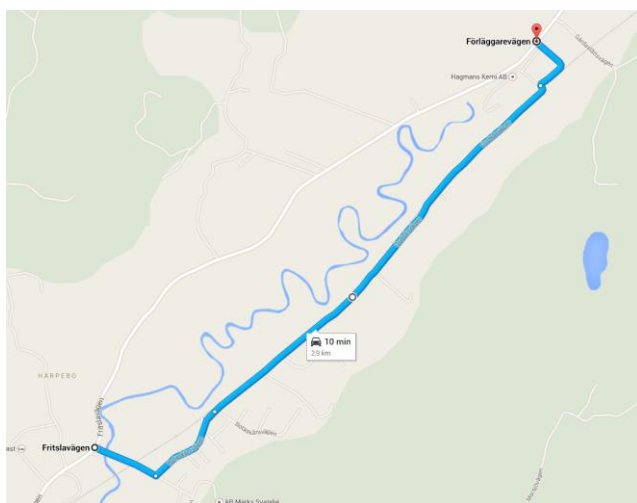
6. Bro VI – Fritsla

Trafikomläggning vid byggnation

Byggnationen av bro 15-1520-1 över Häggån görs i en etapp och trafiken på Fritslavägen läggs om via Gudsåsvägen enligt Figur 6.2. Reducerad hastighet blir 50 km/h.



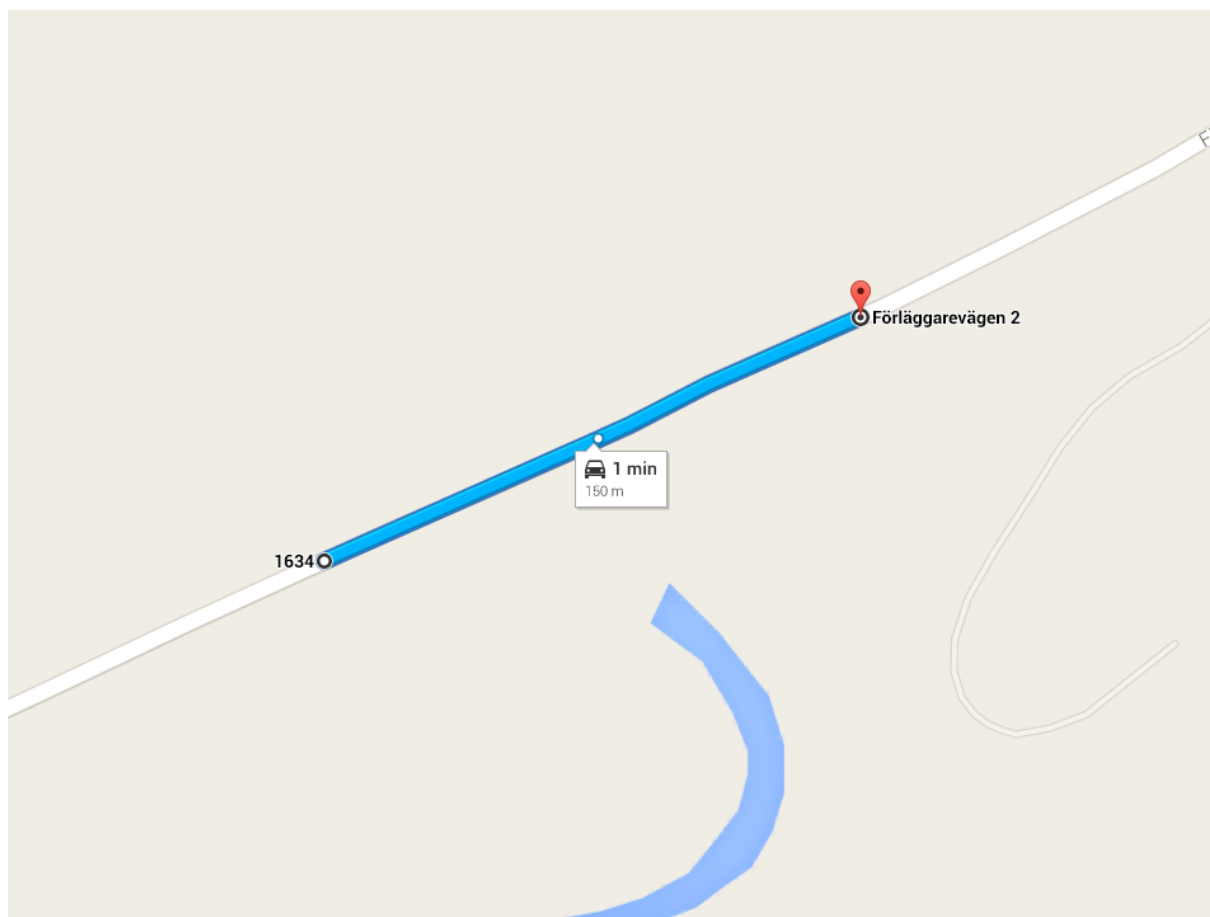
Figur 6.1 Ordinarie väg över bron längs med Fritslavägen.



Figur 6.2 Omväg via Gudsåsvägen.

Trafikomläggning vid underhåll

Vid underhåll stängs ena körfältet av och det andra blir då signalreglerat. En approximation till det här blir att hastigheten reduceras till 30 km/h under en sträcka på 150 meter.



Figur 6.3 Sträcka som påverkas vid underhåll.





281/262

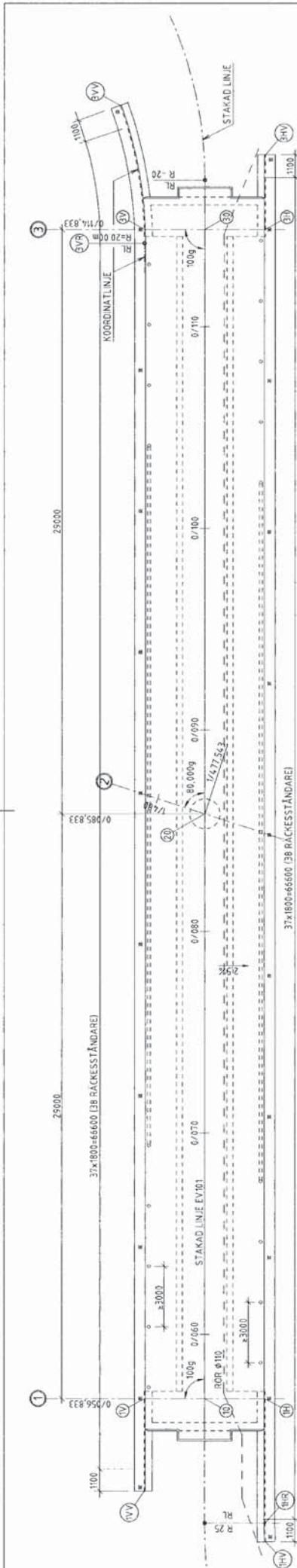
24X 02



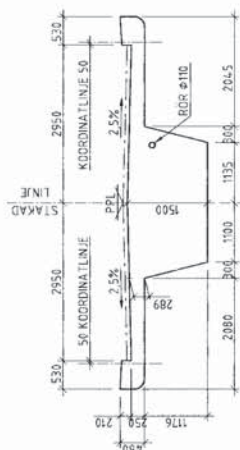




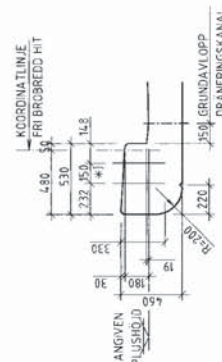
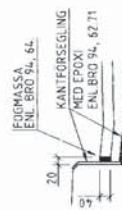
	TELEFONO Tel. 051 - 743 28 60 Fax 051 - 743 28 81	REMITTENTE GÖTEBORG DAVID CRONA	DATA 2011-05-20	OGGETTO 545322	NUMERO 144K2014	REV B
---	--	--	---------------------------	--------------------------	---------------------------	-----------------



PLAN 1:100

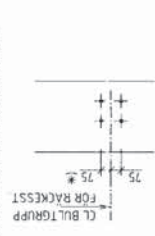


SEKTION A-111 1:50



SEKTION KANTBALK 1:20

* MÄTT KONTROLLERAS PÅ PLATS



PLAN KANTBALK 1:20

BULLGRUPP FÖR RÄCKESTÄNDARE
* MÄTT KONTROLLERAS PÅ PLATS

KOORDINATER:

PKT	X	Y
1HV	6472791.130	1527569.166
1HR	6472791.865	1527569.715
1VW	6472796.803	1527565.960
1H	6472796.736	1527573.520
1V	6472800.429	1527568.791
3H	6472842.448	1527609.218
3V	6472846.148	1527604.480
3HV	6472845.364	1527611.496
3VR	6472845.602	1527604.068
3VW	6472851.737	1527607.330

ÖVRIGA PUNKTER SE RITN. -103, -104 OCH -105

PLUSHÖJDER:

SEKT	PKT	A	B	C	D	E
0/055	64.865	64.922	64.785	64.712	64.462	
0/060	854	910	774	700	451	43.274
0/065	794	851	714	641	391	214
0/070	733	790	653	580	330	153
0/075	672	729	592	519	269	92
0/080	611	668	531	458	208	31
0/085	550	607	470	397	147	42
0/090	489	546	409	336	86	909
0/095	428	485	348	275	75	848
0/100	367	424	287	214	63	564
0/105	306	363	226	153	903	726
0/110	245	302	165	92	842	655
0/115	184	241	104	31	781	

FÖRESKRIFTER OCH ANVÄNINGAR
SE RITN. -102

BROANDEN OCH VINGAR
SE RITN. -112

SLAKARBERING
SE RITN. -113, -114

SPÄNNARBERING
SE RITN. -115

MARKERAR AVVÄGNINGSÖBB
MARKERAR GRUNDVÄLLOPP
MARKERAR DRAINERINGSKANAL

ÖVERBYGGNING
ÖVERBYGGNADEN UTFÖRS
UTAN ÖVERBYGGNING

ÖVERBYGGNING
ÖVERBYGGNADEN UTFÖRS
UTAN ÖVERBYGGNING

ÖVERBYGGNING
ÖVERBYGGNADEN UTFÖRS
UTAN ÖVERBYGGNING

ÖVERBYGGNING
ÖVERBYGGNADEN UTFÖRS
UTAN ÖVERBYGGNING

ÖVERBYGGNING
ÖVERBYGGNADEN UTFÖRS
UTAN ÖVERBYGGNING

O 1670 f

GOOTAGEN AV VÄGVERKET, SEKTION BRO OCH TUNNELTEKNIK,
ENLIGT BREV DATERAT 2003-02-28 MED DIARIENUMMER
O 1670 2003-182

E	RELATIONSREVIDERING	050105	1/2	
D	RELATIONSREVIDERING	031103	1/2	
B	L. BRÖCKE	030826	1/2	
A	1. BEFÖR VV KONTROLL	030307	1/2	
1	1. BEFÖR VV KONTROLL	030307	1/2	

RELATIONSRTING 2005-01-05
VAG E6 TORP-GLA BORG
DELEN GEDENKPELLEN-HOGSTORP
O 1670 VAGPORT UNDER ENSKILD VAG
S KUNGSBOL Å VAG E6

VAG E6 TORP-GLA BORG
DELEN GEDENKPELLEN-HOGSTORP
O 1670 VAGPORT UNDER ENSKILD VAG
S KUNGSBOL Å VAG E6

VAG E6 TORP-GLA BORG
DELEN GEDENKPELLEN-HOGSTORP
O 1670 VAGPORT UNDER ENSKILD VAG
S KUNGSBOL Å VAG E6

VAG E6 TORP-GLA BORG
DELEN GEDENKPELLEN-HOGSTORP
O 1670 VAGPORT UNDER ENSKILD VAG
S KUNGSBOL Å VAG E6

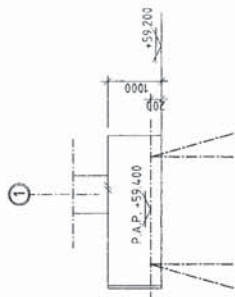
VAG E6 TORP-GLA BORG
DELEN GEDENKPELLEN-HOGSTORP
O 1670 VAGPORT UNDER ENSKILD VAG
S KUNGSBOL Å VAG E6

VAG E6 TORP-GLA BORG
DELEN GEDENKPELLEN-HOGSTORP
O 1670 VAGPORT UNDER ENSKILD VAG
S KUNGSBOL Å VAG E6

VAG E6 TORP-GLA BORG
DELEN GEDENKPELLEN-HOGSTORP
O 1670 VAGPORT UNDER ENSKILD VAG
S KUNGSBOL Å VAG E6

VAG E6 TORP-GLA BORG
DELEN GEDENKPELLEN-HOGSTORP
O 1670 VAGPORT UNDER ENSKILD VAG
S KUNGSBOL Å VAG E6

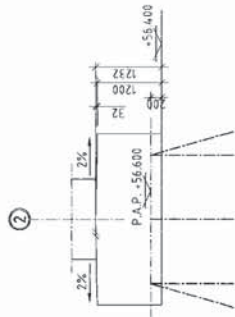
VAG E6 TORP-GLA BORG
DELEN GEDENKPELLEN-HOGSTORP
O 1670 VAGPORT UNDER ENSKILD VAG
S KUNGSBOL Å VAG E6



ELEVATION A-103.150
PÅLKRAFTER EFTER SLAGNING.

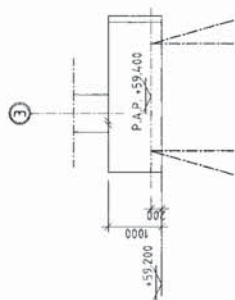
$P_{max} = +551 \text{ kN}$
 $P_{min} = -9 \text{ kN}$

MATERIAL I GRUNDEN:
LEIRA PÅ BERG
 $C_{uk} = 16 \text{ MPa}$ $\gamma_R = 1.5$



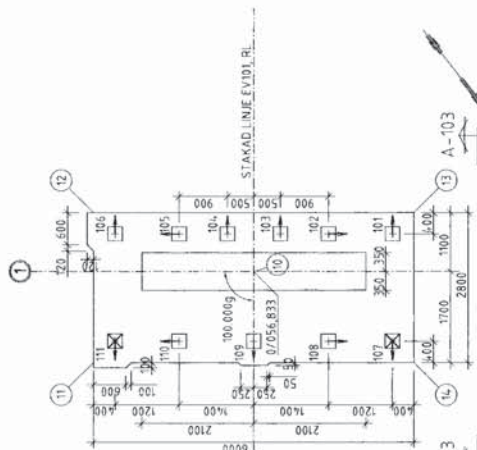
ELEVATION B-103.150
PÅLKRAFTER EFTER SLAGNING.

$P_{max} = +181 \text{ kN}$
 $P_{min} = +57 \text{ kN}$



ELEVATION C-103.150
PÅLKRAFTER EFTER SLAGNING.

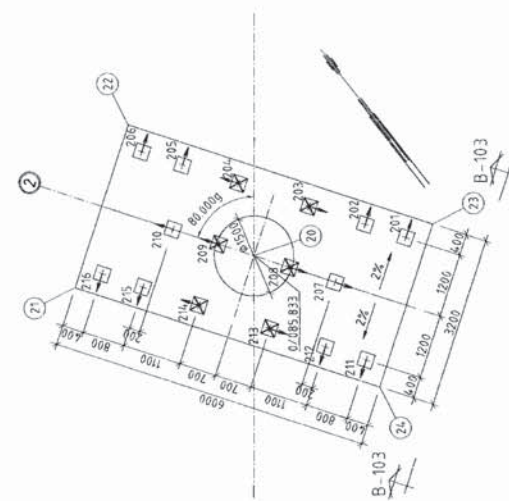
$P_{max} = +1042 \text{ kN}$
 $P_{min} = -22 \text{ kN}$



PLAN, BOTTENPLATTA 150

MARKERAR BETONGPÅLÄR SP2
PÅLUTNING 3 ST I PILENS RIKTNING
MEDELPÅLLÄNGD 14 m.

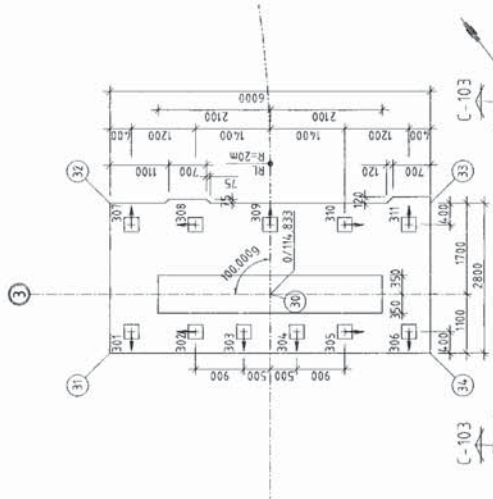
KOORDINATER	X	Y
PUNKT		
10	6472798.532	1527571.155
11	6472799.009	1527567.744
12	6472601.296	1527569.468
13	6472797.603	1527574.197
14	6472795.396	1527572.473



PLAN, BOTTENPLATTA 150

MARKERAR BETONGPÅLÄR SP2
PÅLUTNING 3 ST I PILENS RIKTNING
MEDELPÅLLÄNGD 6 m.

KOORDINATER	X	Y
PUNKT		
20	6472821.038	1527569.005
21	6472823.030	1527566.000
22	6472824.020	1527568.653
23	6472819.847	1527592.009
24	6472818.057	1527569.356



PLAN, BOTTENPLATTA 150

MARKERAR BETONGPÅLÄR SP2
PÅLUTNING 3 ST I PILENS RIKTNING
MEDELPÅLLÄNGD 15 m.

KOORDINATER	X	Y
PUNKT		
30	6472844.294	1527606.854
31	6472845.274	1527603.813
32	6472847.401	1527605.536
33	6472843.788	1527610.285
34	6472841.581	1527608.541

O 1670 b

GÖDTAGEN AV VÄRVERKET, SEKTION BRÖD OCH TUNNELTEKNIK,
ENLIGT BREV DATERAT 2003-01-21 MED DIARENUMMER
O 1670 2003 60

A. 3	UTTÖKN AV BPL EFTER PÅSLAGN.	030227	C2	030220	O 1670 2003 168
MP	MARKERAR BETONGPÅLÄR	SP2	SP2	SP2	SP2
RELATIONSRIKTNING	2005-01-05				
VAG E5 TORP-GLABORG					
DELEN GÖDEKNIPPELN-HÖGSTORP					
O 1670 VAGPORT UNDER ENSKILD VAG					
I S KUNISBOL, Å VAG E5					
STUD 1, 2 OCH 3	MP	MP	MP	MP	MP
PÅLPLAN OCH BOTTENPLATTA, MÅTT					
2003-01-03 MAGNUS PERSSON					
103					



SKALA 1:100

0 1 2 5 10

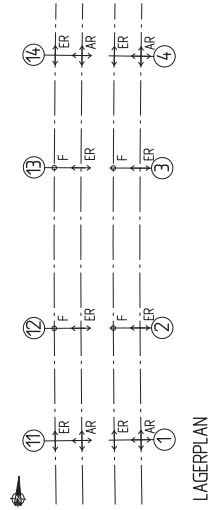
METRO

SE RITNING /2022
RITNINGAR FÖR LAGER UPPRÄTTAS AV ENTREPRENÖR.

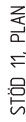
■ LYFTPUNKT FÖR DONKRAFT VID BYTE AV LAGER:
 ST00 11: 300x300 mm
 ST00 14: 300x300 mm

■ LYFTKRAFT VID RESP. DONKRAFT:
 ST00 11: 1100 kN
 ST00 14: 1100 kN

	SAMMANSTÄLLNING 1 (2)	SE RITNING /2021
	SAMMANSTÄLLNING 2 (2), FÖRESKRIFTER	SE RITNING /2022
	STÖD 11, 14, PÅLNING	SE RITNING /2123
	STÖD 11, 14, ARMERING	SE RITNING /2227



15-1726-2



SAMMANFALLER EJ MED STODLINJE 11.

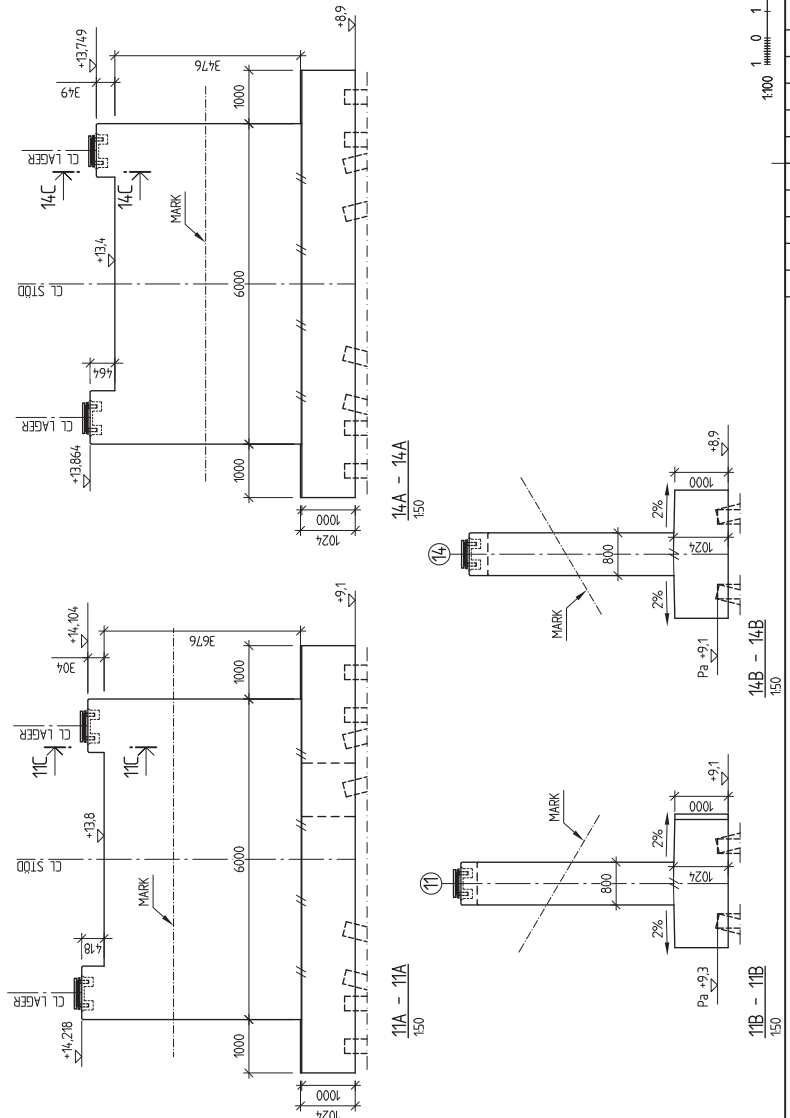
SAMMANFALLER EJ MED STODLINJE 14.

PUNKT	KOORDINATENTABELL	
	X	Y
11	6 434 34,3248	1 551 405,803
112	6 434 34,5645	1 551 405,681
113	6 434 34,6050	1 551 413,671
114	6 434 34,3465	1 551 437,992
115	6 434 34,6459	1 551 407,240
116	6 434 34,7691	1 551 472,234
117	6 434 34,7520	1 551 472,283
118	6 434 34,7520	1 551 472,283
119	6 434 34,7520	1 551 472,283
120	6 434 34,7520	1 551 472,283
121	6 434 34,7520	1 551 472,283
122	6 434 34,7520	1 551 472,283
123	6 434 34,7520	1 551 472,283
124	6 434 34,7520	1 551 472,283
125	6 434 34,7520	1 551 472,283
126	6 434 34,7520	1 551 472,283
127	6 434 34,7520	1 551 472,283
128	6 434 34,7520	1 551 472,283
129	6 434 34,7520	1 551 472,283
130	6 434 34,7520	1 551 472,283
131	6 434 34,7520	1 551 472,283
132	6 434 34,7520	1 551 472,283
133	6 434 34,7520	1 551 472,283
134	6 434 34,7520	1 551 472,283
135	6 434 34,7520	1 551 472,283
136	6 434 34,7520	1 551 472,283
137	6 434 34,7520	1 551 472,283
138	6 434 34,7520	1 551 472,283
139	6 434 34,7520	1 551 472,283
140	6 434 34,7520	1 551 472,283
141	6 434 34,7520	1 551 472,283
142	6 434 34,7520	1 551 472,283
143	6 434 34,7520	1 551 472,283
144	6 434 34,7520	1 551 472,283
145	6 434 34,7520	1 551 472,283
146	6 434 34,7520	1 551 472,283
147	6 434 34,7520	1 551 472,283
148	6 434 34,7520	1 551 472,283
149	6 434 34,7520	1 551 472,283
150	6 434 34,7520	1 551 472,283
151	6 434 34,7520	1 551 472,283
152	6 434 34,7520	1 551 472,283
153	6 434 34,7520	1 551 472,283
154	6 434 34,7520	1 551 472,283
155	6 434 34,7520	1 551 472,283
156	6 434 34,7520	1 551 472,283
157	6 434 34,7520	1 551 472,283
158	6 434 34,7520	1 551 472,283
159	6 434 34,7520	1 551 472,283
160	6 434 34,7520	1 551 472,283
161	6 434 34,7520	1 551 472,283
162	6 434 34,7520	1 551 472,283
163	6 434 34,7520	1 551 472,283
164	6 434 34,7520	1 551 472,283
165	6 434 34,7520	1 551 472,283
166	6 434 34,7520	1 551 472,283
167	6 434 34,7520	1 551 472,283
168	6 434 34,7520	1 551 472,283
169	6 434 34,7520	1 551 472,283
170	6 434 34,7520	1 551 472,283
171	6 434 34,7520	1 551 472,283
172	6 434 34,7520	1 551 472,283
173	6 434 34,7520	1 551 472,283
174	6 434 34,7520	1 551 472,283
175	6 434 34,7520	1 551 472,283
176	6 434 34,7520	1 551 472,283
177	6 434 34,7520	1 551 472,283
178	6 434 34,7520	1 551 472,283
179	6 434 34,7520	1 551 472,283
180	6 434 34,7520	1 551 472,283
181	6 434 34,7520	1 551 472,283
182	6 434 34,7520	1 551 472,283
183	6 434 34,7520	1 551 472,283
184	6 434 34,7520	1 551 472,283
185	6 434 34,7520	1 551 472,283
186	6 434 34,7520	1 551 472,283
187	6 434 34,7520	1 551 472,283
188	6 434 34,7520	1 551 472,283
189	6 434 34,7520	1 551 472,283
190	6 434 34,7520	1 551 472,283
191	6 434 34,7520	1 551 472,283
192	6 434 34,7520	1 551 472,283
193	6 434 34,7520	1 551 472,283
194	6 434 34,7520	1 551 472,283
195	6 434 34,7520	1 551 472,283
196	6 434 34,7520	1 551 472,283
197	6 434 34,7520	1 551 472,283
198	6 434 34,7520	1 551 472,283
199	6 434 34,7520	1 551 472,283
200	6 434 34,7520	1 551 472,283

COORDINATTABELL

PUNKT	LAGERTYP	+h UK. LAGER
115	FR-4 40 E	+14,258
116	FR-4 40 A	+14,144
14:5	FR-4 40 E	+13,904
14:6	FR-4 40 A	+13,789

LAGERTYPER



15-1726-2 c

GOUTAGEN AV TRAFIKVERKET, TEKNIK OCH MILJÖ, ENHET BYGGNADSVÄRK ENLIGT BREV DATERAT 2017-11-18 MED BILLAGNINGAR TRAVAT 2017/3120					
A	B	C	D	E	F
RELATIONSKRÄVNING	RELATIONSKRÄVNING	Tm	2017-11-23	-	-
U	L	UTBUDS BEL. FÖR PÅSLAGNING S100 m	2017-09-28	2017-09-24	TRAVAT 2017/1197
RENT	ANM.	Kommunen avstår	OBJEKT	SÄLTAVEN	TRYCKSAMMANFATT
BYGGHANDLING			RELATIONSHANDLING		
VAG E4:5					
GÖTEBORGS-TROLLHÄTTAN					
DELEN TINGBERG-HONEBACK					
BRO ÖVER VÄGEN 65					
KOMMUN K M 4/240					
STÖD 11, 14, MÅTT					
15-11726 - 2			A1 SE FIGUR		
GRANTID 10			3		
54 53 03			3 K 22 23		
RIKARD MIGELL			B		

A vertical number line with tick marks at every integer from 1 to 10. The numbers 1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 are written next to their respective tick marks, with 0 in the middle.

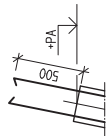
ANVISNINGAR
SE RITNING /2022

BETECKNINGAR

- ☐ BETECKNAR SPRETSBUREN PÅLE AV BETONG, SLAGEN 4:1 PLENS RIKTNING.
- ☐ BETECKNAR DRAGFÖRANKRAD SPRETSBUREN PÅLE AV BETONG, SLAGEN 4:1 PLENS RIKTNING.
- + INMÄTT LÅGE EFTER PÅLSLAGNING.

HÄNVISNINGAR

SAMMANSTÄLLNING 1 (2)
SAMMANSTÄLLNING 2 (2), FÖRESKRIFTER
STÖD 11, 14, PÅLNING
STÖD 11, 14, PÅLNING
SE RITNING /2022
SE RITNING /2022



DETALL, DRAGFÖRANKRAD PÅLE
150

INMÄTNINGSPROTOKOLL, STÖD 11

PÅLE	A	B	VINKEL α GRAD	LUTNING (X:1)	PÅLÅNGD (m)
1	-610	-3500	200	4,2	21,74
2	-640	-2760	290	4,7	22,40
3	-670	-1230	293	4,2	23,16
4	-560	1290	105	4,5	20,51
5	-720	2140	108	4,5	20,50
6	-580	3510	199	4,2	21,99
7	770	-3420	397	4,2	23,68
8A	760	-2310	0	4,5	22,79
9	860	-1190	303	4,5	23,67
10	920	1300	96	4,2	20,37
11	780	2830	0	4,0	22,13
12	790	3420	3	4,2	22,17

INMÄTNINGSPROTOKOLL, STÖD 14

PÅLE	A	B	VINKEL α GRAD	LUTNING (X:1)	PÅLÅNGD (m)
1	-690	-3510	200	4	26,44
2	-650	-2250	295	4,2	25,08
3	-650	-1320	293	4,3	25,37
4	-650	1310	102	3,9	27,15
5	-630	2220	102	4	27,11
6	-640	3530	199	4,3	27,28
7	760	-3500	398	4,2	24,38
8	750	-2550	399	4	24,66
9	720	-1260	300	4,2	25,70
10	730	1260	101	4,2	27,13
11	790	2700	398	4,3	25,36
12	680	3480	2	4	25,55

STÖD 14, PÅLPLAN

150
DRAGNA PÅLAR EFTER KONTROLLBERÄKNING: 1-6 OCH 9-10



14A - 14A
150

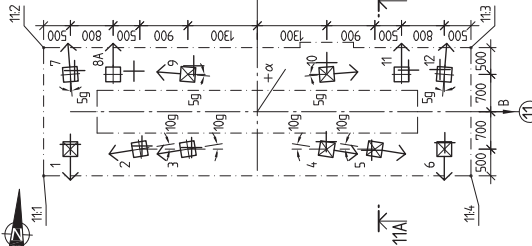
KOORDINATTABELL, STÖD 14

PUNKT	X	Y
14.1	6 434 454,420	1 551 402,983
14.2	6 434 417,819	1 551 402,919
14.3	6 434 418,032	1 551 410,916
14.4	6 434 415,633	1 551 410,980

BERÄKNADE PÅLÅSTER, STÖD 14

	FÖRE SLAGNING			EFTER SLAGNING		
	IV	VA	VB	VI	VB	VI
Phax	1014	889	547	ΔP	1040	866
Phin	-35	40	163	231	-53	146
					18	229

BETÄRFANDE ERF. LASTKAPACITET SE RITN. /2022



STÖD 11, PÅLPLAN

150
DRAGNA PÅLAR EFTER KONTROLLBERÄKNING: 1, 4-6 OCH 9-10



11A - 11A
150

KOORDINATTABELL, STÖD 11

PUNKT	X	Y
11.1	6 434 343,248	1 551 405,803
11.2	6 434 345,645	1 551 405,681
11.3	6 434 346,050	1 551 413,671
11.4	6 434 343,653	1 551 413,792

BERÄKNADE PÅLÅSTER, STÖD 11

	FÖRE SLAGNING			EFTER SLAGNING		
	IV	VA	VB	VI	VB	VI
Phax	1018	901	553	ΔP	955	488
Phin	-38	34	163	231	-93	115
					-6	232

BETÄRFANDE ERF. LASTKAPACITET SE RITN. /2022

15-1726-2 a

GÖTTAGEN AV TRAFIKVERKET, TEKNIK OCH MILJÖ, ENHET BYGGNADSVÄRK
ENLIGT BREV DATERAT 2015-11-18 MED DÄRENUMMER TRVAT 2017/3120

REK	ANT	ANMÄRKNING	TYP	DATUM	TYP	DATUM
C	-	RELATIONSREVIDERING		2017-11-23	-	-
B	3	PÅLAR EFTER SLAGNING STÖD 11		2017-03-28	2017-09-24	TRVAT 2017/197
A	3	PÅLAR EFTER SLAGNING STÖD 14		2017-02-01	2017-02-16	TRVAT 2017/209

BYGGHANDLING		RELATIONSHANDLING	
VÄG E4:5		VÄG E4:5	

GÖTEBORG-TROLLHÄTTAN
DELEN TINGBERG-HÖNEBACK

TRAFIKVERKET

NGCA

BRO FÖR VÄG E4:5
ÖVER GÅRDÅN, KM 4,7240

FÖRESLAGSSTROM		FÖRESLAGSSTROM	
2017-10-25	2017-10-25	2017-10-25	2017-10-25
RC7 TRs	RMI	RC7 TRs	RMI
RIKARD HJELL		RIKARD HJELL	

INHOUSE TECH		INHOUSE TECH	
2017-10-25	2017-10-25	2017-10-25	2017-10-25
RC7 TRs	RMI	RC7 TRs	RMI
RIKARD HJELL		RIKARD HJELL	

1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 m

Photo: 12 11 27 20:51 File: O:\PROJUS\61871144801\02\K\finder\5452334.dwg

••) TILLSKÄRS EFTER DIGITALT UNDERLAG

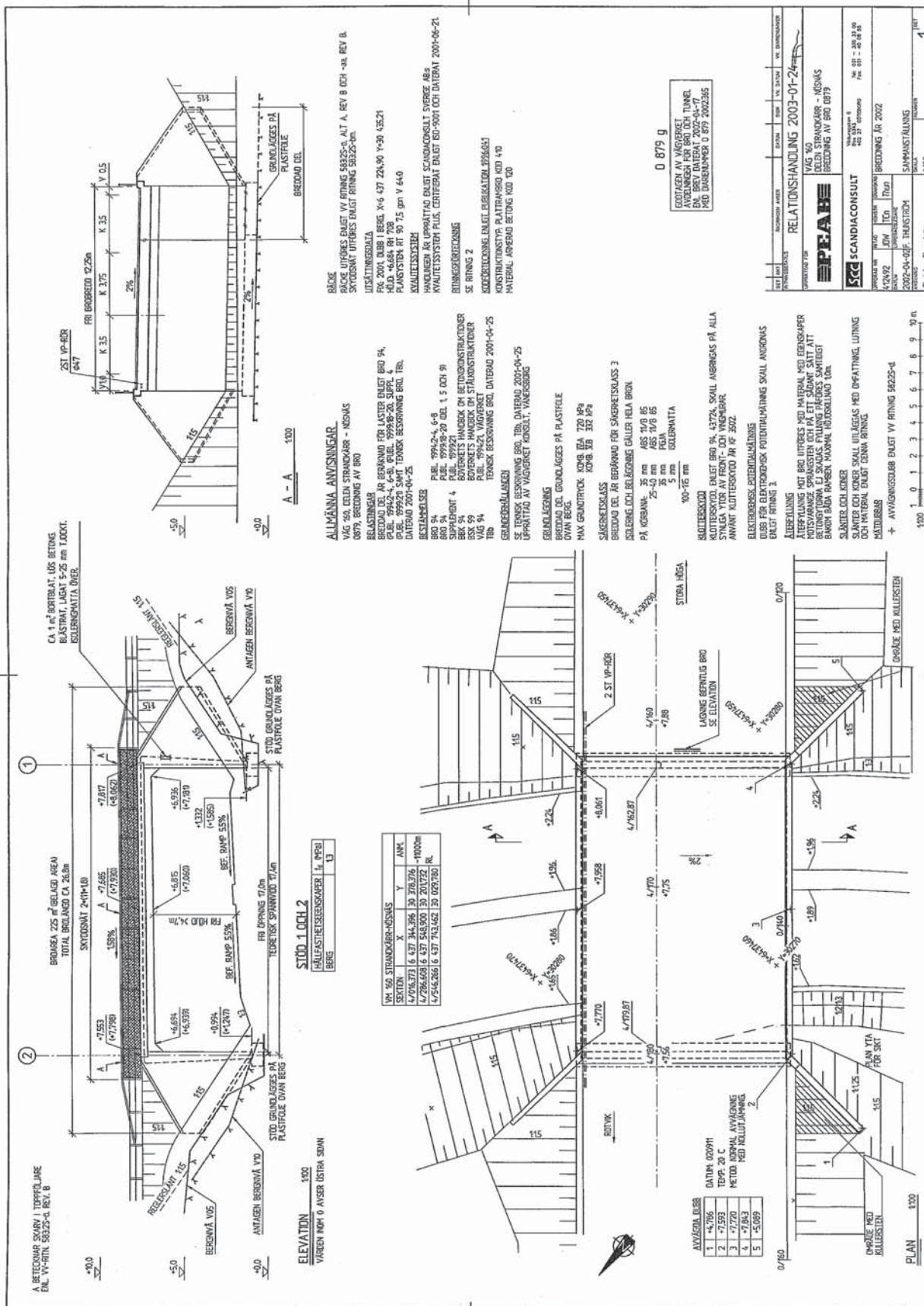
... THE ONLY ONE WHO CAN DIGITALLY IMPROVE A...

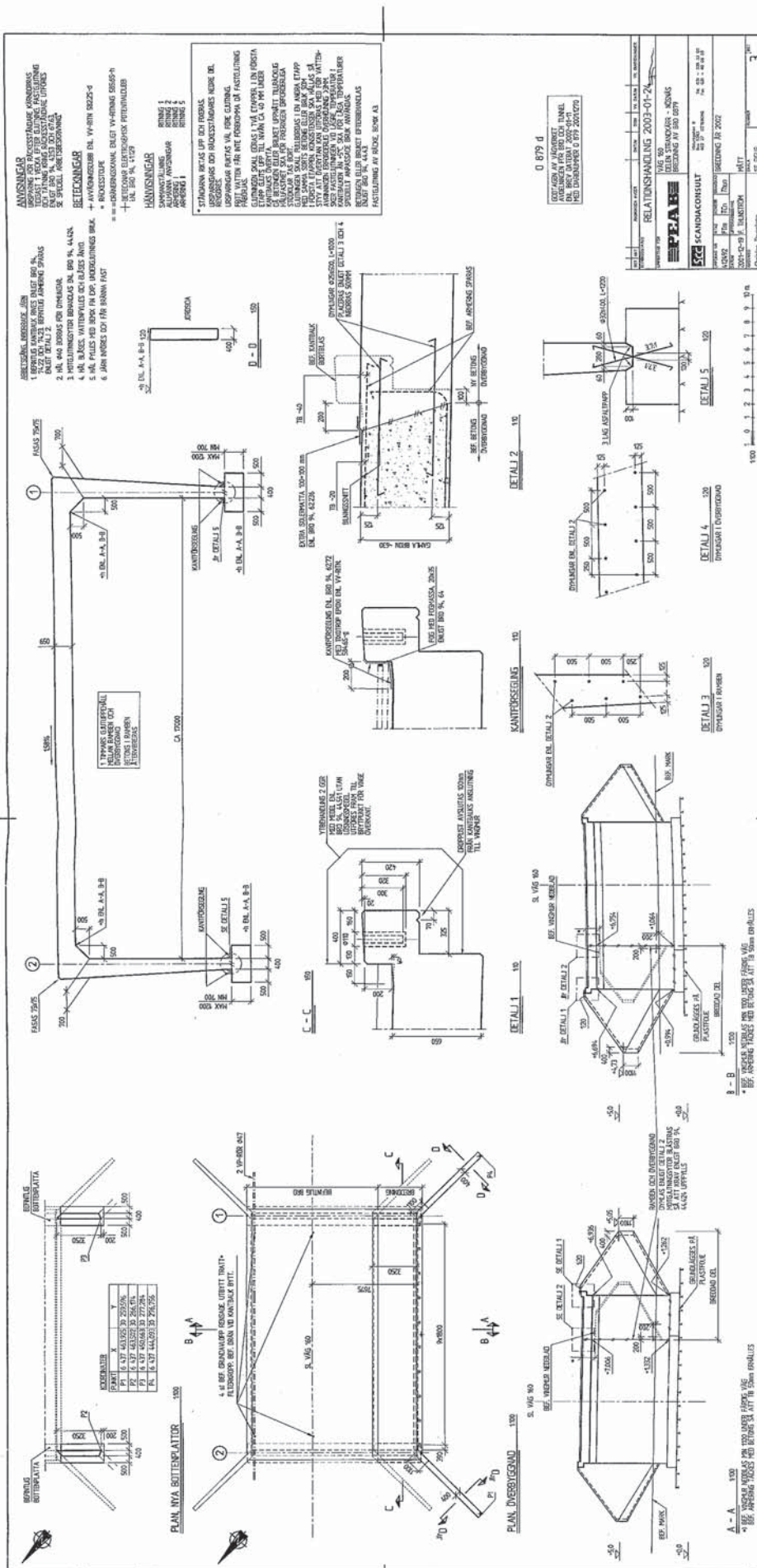
HÄNVISNINGAR

Godtagen av Trafikverket, Teknik och miljö, Enhet Byggnadsverk
enligt brev daterat 2012-01-12 med diarienummer TRVAT 2011/3493

SKALA 1:100
0 1 2 5 10
METER

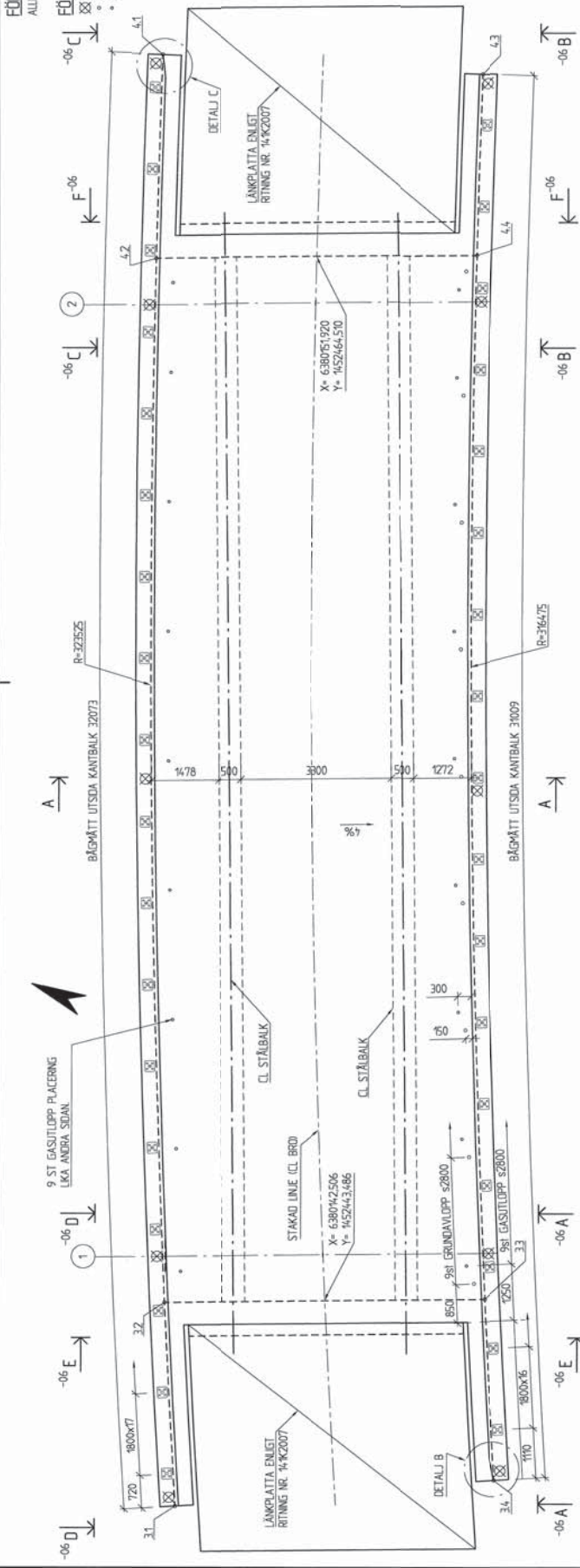






FÖRESKRIFTER
ALLMÄNNA FÖRESKRIFTER SE RITNING 14-K2002

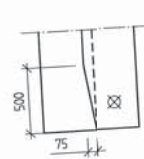
FÖRKLÄRNINGAR
• BETECKNAR AVVÄGNINGSBÄR
• BETECKNAR GRUNDAVLÖPP
• BETECKNAR GASUTLÖPP



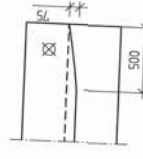
PLAN 150
• AVVÄGNINGSBÄR
• GRUNDAVLÖPP
• GASUTLÖPP

KOORDINATLISTA		
KOORDINAT NR	X	Y
3.1	6380143773	1452438009
3.2	6380145726	1452442044
3.3	6380139287	1452444577
3.4	6380137498	1452441349
4.1	6380156802	1452467250
4.2	6380155139	1452463069
4.3	6380150178	1452469669
4.4	6380148701	1452465952

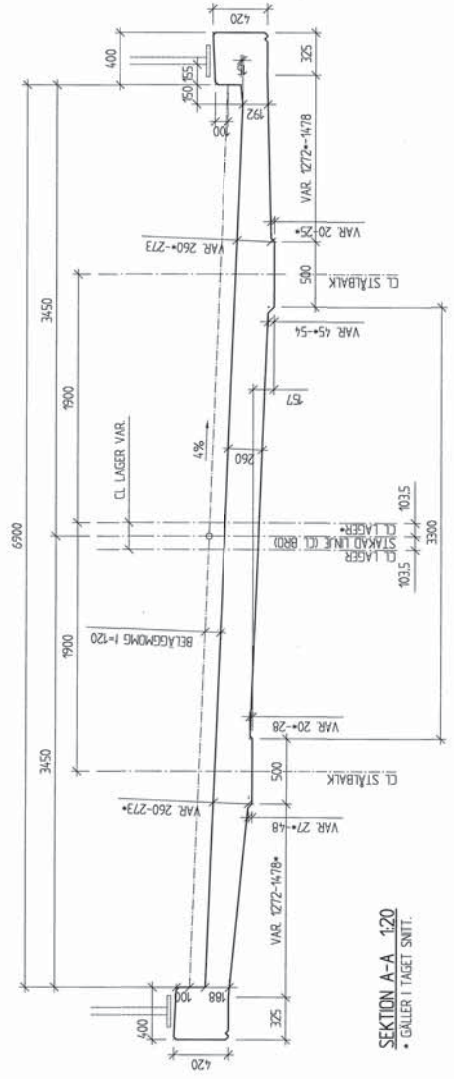
15-1520-1d
GÖTTAGEN AV TRAFIKVERKET, TEKNIK OCH MILJÖ ENLIGT BREV DATERAT 2010-04-09 MED DARENUMMER 15-1520 2010288



DETALJ B 120



DETALJ C 120



SEKTION A-A 120
• GALLER I TAGET SNITT.

RELATIONSÖVERSIKT

BYGGHANDLING	RELATIONSÖVERSIKT
VÄG 1634 BRO ÖVER HÄGGÅN VID ÅRA TORP	
BRO 15-1520-1 ÖVER HÄGGÅN VID ÅRA TORP SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT II, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT III, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT IV, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT V, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT VI, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT VII, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT VIII, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT IX, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT X, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XI, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XII, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XIII, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XIV, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XV, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XVI, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XVII, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XVIII, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XIX, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XX, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XXI, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XXII, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XXIII, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XXIV, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XXV, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XXVI, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XXVII, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XXVIII, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XXIX, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	
MÄTT XXX, ÖVERBYGGNAD	
SV FRTSLA PÅ VÄG 1634	

