



Skador hos betongöverbyggnader för spårväg

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

ERIC BENGTSSON, MARTIN ELIASSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2012
Examensarbete 2012:113

EXAMENSARBETE 2012:113

Skador hos betongöverbyggnader för spårväg

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

ERIC BENGTSSON, MARTIN ELIASSON

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2012

Skador hos betongöverbyggnader för spårväg

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

ERIC BENGTSSON, MARTIN ELIASSON

© ERIC BENGTSSON, MARTIN ELIASSON, 2012

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2012:113

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

Omslag:
Bilden visar en blockspricka invid en tidigare lagning på hållplatsläget
Grönsakstorget.

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2012

Skador hos betongöverbyggnader för spårväg

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

ERIC BENGTSSON, MARTIN ELIASSON
Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för konstruktionsteknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

De delar av Göteborgs spårvägsnät där överbyggnadskonstruktionen består av betong har trots motsatta förhoppningar krävt omfattande arbete för att åtgärda och reparera skador. Det största problemet har varit att orsakerna till dessa skador varit okänd.

Syftet med denna rapport var att utreda skadeorsaker genom att inventera laster och miljöpåverkningar samt att inventera skadebilden för att på så sätt identifiera samband däremellan. Arbetet har avgränsats till att behandla två olika överbyggnadskonstruktioner på fem olika geografiska platser.

Genom litteraturstudier har effekterna på betong av olika last- och miljöpåverkningar inventerats och skadebilden på de olika konstruktionerna har undersökts genom okulärbesiktning.

Undersökningen har visat att vissa potentiella laster och miljöpåverkningar inte ger någon direkt påverkan på betongen som material, men att negativ inverkan kan ske på konstruktionen i helhet. Lasten från busstrafiken har visat sig belasta plattkanter, något som svensk dimensioneringspraxis inte beaktar. En av konstruktionerna har dessutom visat sig underdimensionerad med avseende på intensiv busstrafik.

Skadebilden, oavsett konstruktionstyp, har visat sig till stor del bero på bussintensiteten på de olika geografiska sträckorna och de mest förekommande skadorna är hörn- och tvärgående sprickor samt fogskador. I en av konstruktionstyperna förekommer också vidhäftningsskador mellan betonggjutningar i olika skikt.

Många fogar har visat sig otäta och tillsammans med bristande dränering kan detta leda till försämrad bärighet i konstruktionen som helhet.

Nyckelord: Betong, busstrafik, Göteborg, skador, sprickor, spårväg, överbyggnad

Damages of concrete superstructures for tramway

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

ERIC BENGTSSON, MARTIN ELIASSON

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Structural Engineering

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The parts of the Gothenburg tramway network where the superstructure consists of concrete have, despite opposing expectations, required extensive work to handle and repair damages. The biggest problem has been that the causes of these damages are unknown.

The purpose of this report was to investigate the causes of the damages through an inventory of loads, environmental impacts and damages to identify relations between them. The work has been limited to process two different structures on five different geographic locations.

The effects on concrete subjected to various loads and environmental impacts were inventoried through literature studies and damages to the various superstructures were examined by visual inspections.

The study has shown that some of the potential loads and environmental impacts do not pose a direct impact on the concrete as material, but that adverse effects can occur in the structures. Loads from bus traffic have proven to stress the concrete slab edges. That is something that Swedish design practice disregards. One of the structures has been found to be undersized regarding intense bus traffic.

The damages, regardless of type of structure, have shown to largely depend on the intensity of bus traffic on the different geographic areas. The most common damages are corner cracks, transverse cracks and joint damages. On one type of structure debonding between concrete castings in different layers is a common damage.

Many joints have been shown to leak and, together with poor drainage, this can lead to loss of load bearing capacity of the structure as a whole.

Key words: Bus traffic, concrete, crack, damage, Gothenburg, superstructure, tramway

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	VII
1 INTRODUCTION	1
1.1 Problem	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Metod	2
2 BETONGÖVERBYGGNADERS DIMENSIONERING OCH UTFORMNING	3
2.1 Betong som överbyggnadsmaterial	3
2.2 Trafikkontoret och Göteborgs spårvägar	3
2.3 Dimensionering av betongöverbyggnad	3
2.3.1 Trafikkontorets dimensioneringsanvisningar	4
2.3.2 Trafikverkets krav på betongöverbyggnader	5
2.3.3 Dimensioneringsrekommendationer	6
2.4 Spåröverbyggnadskonstruktioner	7
2.4.1 Betongplatta + betong	7
2.4.2 Betongplatta och asfaltsyta	9
2.4.3 Edilonspår	9
2.5 Sträckor med betongöverbyggnad	10
2.5.1 Östra Hamngatan	10
2.5.2 Grönsakstorget	11
2.5.3 Drottningtorget	11
2.5.4 Järntorget	11
2.5.5 Södra vägen och Korsvägen	11
3 PÅVERKNINGAR	12
3.1 Trafiklaster	12
3.1.1 SPV 1	13
3.1.2 SPV 2	14
3.1.3 Buss	15
3.2 Temperaturspänning	16
3.3 Tidsberoende deformationer i betongen	17
3.3.1 Krypning	17
3.3.2 Krypning	18
3.4 Vattenpåverkan	19
CHALMERS, Bygg- och miljöteknik, Examensarbete 2012:113	III

3.4.1	Tjällyftning	19
3.4.2	Frostskador i betong	19
3.5	Armeringskorrosion	21
3.6	Sättningar	22
3.7	Analys av påverkan	22
4	TYPISKADOR	24
4.1	Sprickor	24
4.2	Fogskador	26
4.3	Vidhäftningsskador	27
5	OBSERVERADE SKADOR	29
5.1	Östra Hamngatan	29
5.2	Grönsakstorget	29
5.3	Drottningtorget	31
5.4	Järntorget	32
5.5	Södra vägen och Korsvägen	33
5.6	Sammanställning av observerade skador	35
6	DIMENSIONERING AV BETONGÖVERBYGGNAD I PMS OBJEKT	37
6.1	Beräknad trafikbelastning	37
6.2	Dimensioneringsprinciper	38
6.3	PMS Objekt	39
6.3.1	Trafikberäkningar	39
6.3.2	Tjälberäkningar	41
6.4	Resultat av beräkningar	43
7	ANALYS	44
8	SLUTSATS	47
9	REFERENSER	49
BILAGOR		

Bilagor

Normalsektion och arbetsbeskrivning: Betongplatta + betong	Bilaga	A
Översiktskarta av överbyggnadstyper	Bilaga	B
Normalsektion och arbetsbeskrivning: Östra hamngatan	Bilaga	C
Reparation av Östra hamngatan: Planritning	Bilaga	D
Dimensionering av Östra hamngatan i PMS objekt	Bilaga	E

Förord

Detta examensarbete är utfört på uppdrag av Göteborgs spårvägar, avdelning Banteknik, och har genomförts under första halvåret 2012.

Genom hela arbetsprocessen har författarna haft en god dialog och diskussioner om allt arbete. Eric Bengtsson fördjupat sig i betongöverbyggnaders dimensionering och utformning och Martin Eliasson har fördjupat sig i de olika påverkningarna.

Författarna vill passa på att tacka alla vi varit i kontakt med och som har hjälpt till att bidra med kunskap för att kunna genomföra projektet. Vi vill också tacka vår examinator och handledare Rasmus Rempling för den respons och feedback vi fått under projektets gång.

Göteborg juni 2012

Eric Bengtsson, Martin Eliasson

1 Introduktion

Under 1990-talet sökte Göteborgs stad alternativ till de traditionella överbyggnaderna av asfalt och makadam vid högt trafikerade spårsträckor och sträckor med spår- och hjulbunden trafik.

Problemet med överbyggnad av makadam är att den måste bytas med fem års intervaller och därmed ger upphov till relativt regelbundna trafikstörningar. Därför har olika former av fiberarmerade betongöverbyggnader byggts sedan tidigt 1990-tal.

Förhoppningarna i Göteborg var stora på att betongöverbyggnader kunde ersätta de av asfalt och makadam, och ett flertal olika metoder och komponenter prövades. Tanken var att erbjuda ett spår som varken rörde sig i vertikal- eller horisontalled samtidigt som det skulle vara långsiktigt kostnadseffektivt, det vill säga inte kräva samma regelbundna underhållsarbete som överbyggnader av makadam och asfalt.

1.1 Problem

Idag får funktionsentreprenören dagligen laga många av de betongkonstruktioner som byggts. Vissa slitlager har spruckit och delvis lossnat vilket utgör olägenheter och faror för fotgängare och hjulbunden trafik. Problemet är att orsakerna till varför dessa skador uppstår är oklara. Det finns dock teorier på Göteborgs spårvägar avdelning Banteknik, hädanefter GS Banteknik, om att skadorna uppstår på grund av undermålig dränering, det vill säga att vatten är orsaken till problemen.

1.2 Syfte

Det övergripande syftet med projektet var att utreda skadeorsaker i betongöverbyggnader för spårväg. Ett led i detta har varit att identifiera brister i konstruktionerna. För att möjliggöra detta skulle en inventering göras av de laster och miljöpåverkningar, vilket inkluderar vattenpåverkan, som verkar på spåröverbyggnader av betong och hur dessa påverkar konstruktionen. Skador som förekommer skulle identifieras och utifrån detta skulle samband mellan påkänningar och skador identifieras. Kortfattat var syftet med arbetet att redogöra för:

- Vad det finns för brister i överbyggnaderna.
- Hur skadebilden ser ut, det vill säga vad det är för skador som kan observeras i konstruktionerna.
- Vad det finns för möjliga samband mellan olika påkänningar och de observerade skadorna.

1.3 Avgränsningar

Projektet skulle fokusera på vissa utvalda geografiska platser och således inte behandlas alla områden med betongöverbyggnader. De platser som valdes ut var Östra hamngatan, Södra vägen och Korsvägen, Drottningtorget, Grönsakstorget och Järntorget.

Arbetet skulle avgränsa sig till att fokusera på två konstruktionstyper där beläggningen är av betong. Skadeinventering skulle göras utifrån synliga skador i betongbeläggningen, det vill säga slitlagret. Lasters och påverkningars effekt skulle utredas utifrån påkänningar i betongen och dess effekter på konstruktionen. Då betongen skulle vara i fokus ligger exempelvis asfaltskador i slitlager utanför avgränsningarna.

1.4 Metod

Genom att gå igenom projekteringsritningar har en grundlig uppfattning införskaffats om hur, och av vilka material, de olika överbyggnaderna är konstruerade. Detta för att om möjligt identifiera eventuella brister. Trafikkontorets projekterings- och utförandeanvisningar, hädanefter benämnt TPU, samt textdokument och standardritningar har använts som grundmaterial. Genom samtal med personal på GS Banteknik och andra aktörer inom branschen har utökad kunskap erhållits inom området såsom information om underhållsåtgärder och dess frekvens och effekt.

För att skapa förståelse om olika överbyggnadsmaterials egenskaper och samverkan har litteraturstudier genomförts varefter det insamlade materialet har sammanställas för att avgöra hur materialens egenskaper och belastning från omgivning påverkar konstruktionen.

För att kontrollera att överbyggnaden på Östra Hamngatan inte är underdimensionerad i förhållande till trafikbelastning eller tjällyftning har en ”ny” dimensionering gjorts i programmet PMS Objekt efter Trafikverkets krav. Dimensioneringen har gjorts utifrån beräknad trafikmängd från tidtabell och konstruktionsuppbyggnad utifrån ritningsmaterial. Östra Hamngata valdes på grund av den höga trafikintensiteten från såväl spårvagnar som bussar.

Genom fältstudier har en skadeinventering gjorts, där skador och de underhållsåtgärder som utförts har observerats rent visuellt. Genom att okulärbesiktiga platser med olika typer av konstruktionsmetoder och trafikbelastningar har skadetyper och dess omfattning identifierats. Detta för att ge en bild av skadornas omfattning. En bomknackning har genomförts på Södra vägen för att undersöka vidhäftningsskador.

2 Betongöverbyggnaders dimensionering och utformning

I det här kapitlet beskrivs vägkonstruktioner av betong samt de bakomliggande krav som finns på dessa konstruktioner. Här finns också beskrivningar av de överbyggnadskonstruktioner och de platser arbetet har fokuserats på.

2.1 Betong som överbyggnadsmaterial

Betong används för såväl väg- som spåröverbyggnader. De stora fördelarna med betongen är att den är slitstark och att den har god lastbärande förmåga vilket leder till att betongöverbyggnader har på ”vanliga vägar” en lång livslängd. Betongöverbyggnad används främst där stor trafikbelastning förekommer, såsom vid buss- och spårvagnshållplatser, hårt belastade vägar och lagerutrymmen (Svensk byggtjänst och Cementa, 2002, s. 9).

Ett sätt att förstärka en betongkonstruktion utan att använda konventionell armering är att använda stålfiberarmering. Fiberbetong används med fördel vid tunna konstruktioner på grund av fibrernas deformationstålighet och små dimensioner. Fibrerna ger betongmaterialet töjbarhet, bättre sprickfördelning och draghållfasthet. Grundmassan, den s.k. matrisen, ger materialet hållfasthet, styvhet och kontinuitet. Stålfibrerna är utspridda homogent i betongen och fibermängden kan variera (Ljungkrantz, Möller och Petersons, 1994, s. 965-966). Detta framgår av beskrivningarna av överbyggnadstyper i avsnitt 2.4.

2.2 Trafikkontoret och Göteborgs spårvägar

Trafikkontoret har som uppgift att genomföra de politiska beslut som fattats av trafikinämnden. De förvaltar väg- och bananläggningar i Göteborgs kommun och är således även ansvariga för spårvägsnätet. Trafikkontoret utför inga egna entreprenader utan agerar enbart som beställare av de arbeten som ska utföras (Trafikkontoret Göteborgs stad, 2012).

GS Banteknik har sedan 1997 ett funktionsavtal med Trafikkontoret vilket innebär att de ska sköta underhållet av spårvägsnätet så att det har god standard. GS Banteknik är en avdelning inom Göteborgs spårvägar AB som ägs av Göteborgs stad (Göteborgs Spårvägar, 2012)

2.3 Dimensionering av betongöverbyggnad

I avsnittet behandlas de krav och anvisningar som Trafikverket och Göteborgs stads trafikkontor ställer på betongöverbyggnader såväl som dimensioneringsrekommendationer av stålfiberarmerade betongöverbyggnader från rapporten

”Dimensionering av platsgjutna betongbeläggningar för kommunala ytor”. I denna rapport finns dimensioneringstabeller för stålfiberarmerade överbyggnader där erforderliga betongtjocklekar anges utifrån materialtyp i undergrund, trafikbelastning och betonegenskaper.

Det finns en hel rad nationella krav som måste uppfyllas vid den här typen av konstruktioner. Trafikkontorets anvisningar för projektering och utförande, TPU, kompletterar de anvisningarna som finns i Trafikverkets föreskrifter VGU och VVKVäg. VVKVäg är dock sedan 15 juni 2011 ersatt av TRVK Väg (Trafikverket, 2012). Det är således Trafikverkets krav som är gällande då inte Trafikkontorets anvisningar säger annorlunda.

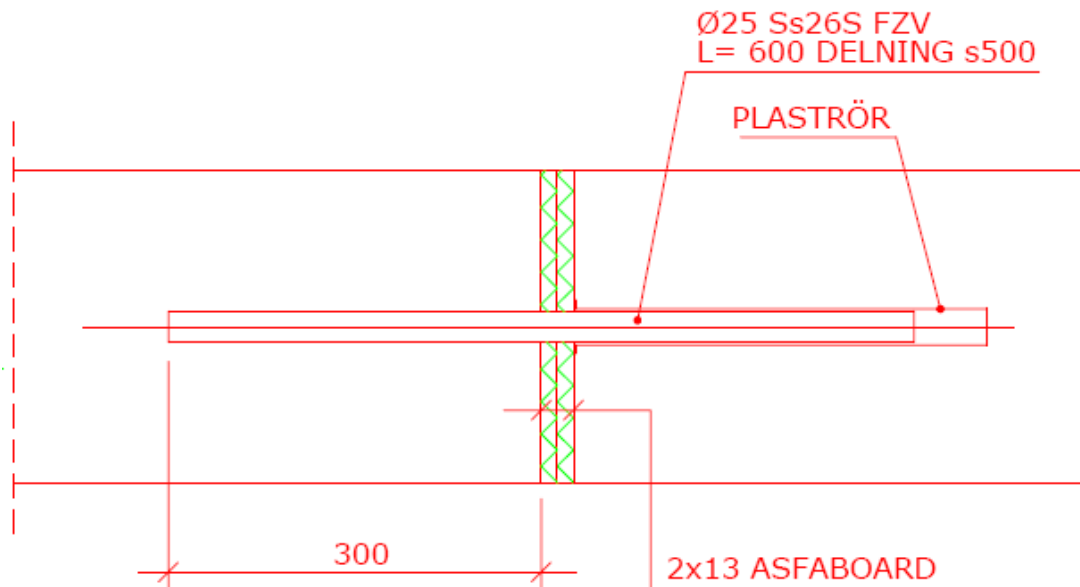
Nedan redovisas de anvisningar för dimensionering och utförande som Trafikkontoret har såväl som de krav Trafikverket ställer på betongöverbyggnader.

2.3.1 Trafikkontorets dimensioneringsanvisningar

Trafikkontoret i Göteborg ställer ett flertal olika krav på de betongkonstruktioner som används för spårtrafik vilka anges i TPU:s kapitel 16. En kontinuerlig betongplatta ska ha en minsta tjocklek på 250 millimeter alternativt 300 millimeter om en bullerreducerande markskiva används. Denna betong är stålfiberarmerad med en sprickfördelande funktion i konstruktionen.

För att betongen ska vara tillräckligt beständig och ha tillräcklig hållfasthet krävs att hållfasthetsklassen lägst ska vara C35/45, vilket ungefär motsvarar böjdrag-hållfasthetsklass T2,5, och exponeringsklasserna XD3, XF4. Vattencementtalet, vct, förhållandet mellan vattenhalten och cementhalten, ska vara högst 0,4. Betongen skall även vara resistent mot frysning och frysprovas enligt den så kallade ”Boråsmetoden” som innebär att maximal frostavskalning får vara högst 0,5 eller 1 kg/m² efter 56 fryscyklar ner till -18 °C då betongytan är exponerad för en saltlösning (Svenska betongföreningen, 2006, s. 29). Mängden stålfibrer varierar beroende på plattans tjocklek. Vid en 250 mm tjock platta ska stålfibermängden vara 35 kg/m³ och vid en 300 mm tjock platta 45 kg/m³.

Bottenplattorna gjuts i etapper om maximalt 25 meters längd och avgränsas mot nästa etapp med en dilationsfog (rörelsefog) enligt figur 1 nedan. Denna fog ska kunna röra sig axiellt men ändå kunna ta upp tvärkrafter. Grundavlopp placeras var 10:e meter samt vid lågpunkter, bortsett från vid överbyggnad av edilontyp.



Figur 1 Dilationfog som avgränsar gjutetapp på maximalt 25 meter i den undre plattan (Trafikkontoret Göteborgs stad, 2012).

Efter betonggjutning skall ytan avjämnas genom brädrivning enligt SS 81 20 04 och för att förhindra plastisk sprickbildning ska efterbehandling ske med vattenbegjutning alternativt övertäckning med plastfolie.

Innan trafik får belasta konstruktionen måste betongen uppnå en tryckhållfasthet på 20 MPa. För att säkerställa att betongen uppnått angiven hållfasthet bör verifiering göras genom provkuber. Alternativt till denna metod kan temperaturen i betongen mätas under härdningsförloppet och mognadsgraden bestämmas (Trafikkontoret Göteborgs stad, 2012).

I Trafikkontorets dimensioneringsanvisningar finns inga krav på livslängden hos överbyggnadskonstruktionerna. Därför används Trafikverkets normer i detta avseende.

2.3.2 Trafikverkets krav på betongöverbyggnader

De krav som finns specificerade för betongöverbyggnader är angivna i TRVK avsnitt 7.2.2. Vägkonstruktioner ska konstrueras så att tjällyftning under en medelvinter inte överstiger 20 millimeter och ska utföras i hållfasthetsklasserna SC 2,0, SC 2,7 eller SC 4,0.

För att förhindra uppkomsten av okontrollerade genomgående temperatur- och krympsprickor skall kontraktions- och sammanhållningsfogar utföras i betongbeläggningen. Fogarna ska vara vattentäta genom att tätning utförs med lämplig metod, exempelvis med vidhäftande fogmassa eller tätning med foglist (Trafikverket, 2011).

Enligt Trafikverkets krav ska betongöverbyggnader dimensioneras för en livslängd på 40 år (Vägverket, 2005).

2.3.3 Dimensioneringsrekommendationer

Utifrån brottskriterierna maximalt tillåten dragspänning i betonglagrets underkant och maximal tillåten vertikal töjning i terrassytan med hänsyn till utmattning finns dimensioneringstabeller för att bestämma erforderlig tjocklek på betongbeläggningar. Enligt Farhang (2004) är det dock den tillåtna dragspänningen i underkant som vanligtvis är det dimensionerande villkoret (Farhang, 2004, s. 14 & s. 26-28). Tabellvärden finns för stålfiberbetong med hållfasthetsklass K40 och K60, motsvarande C32/40 och C50/60, med sprickfördelande fiberarmering, residualhållfasthet $R_{10,x} = 80-90\%$, alternativt sprickhämmande fiberarmering, residualhållfasthet $R_{10,20} < 60\%$, se tabell 1-4 nedan. Då marken i Göteborg primärt består av lera redovisar denna rapport endast tabeller med denna terrassmaterialtyp. Busslasterna som användes för att ta fram dessa dimensioneringstabeller antas ha en bakaxel som belastar med 100 kN och en framaxel som är försummad (Farhang, 2004, s. 3).

Tabell 1 Dimensioneringstabell för stålfiberbetong K40 med sprickfördelande egenskaper, $R_{10,x} = 85\%$ (Farhang, 2004).

Betongöverbyggnad i Klimatzon 2	Trafikklass				
	B1	B2	B3	B4	B5
Antal bussar	1 st / vecka i 20 år	20 st/dygn i 20 år	60 st/dygn i 40 år	300 st/dygn i 40 år	1 367 st/dygn i 40 år
Antal passager	1 000	150 000	900 000	4 400 000	20 000 000
Lager av SF-betong T2,5	100	125	135	145	180
Total överbyggnadstjocklek på terrass av materialtyp 4	400	425	435	445	480

Tabell 2 Dimensioneringstabell för stålfiberbetong K40 med sprickhämmande egenskaper, $R_{10,20} < 60\%$ (Farhang, 2004).

Betongöverbyggnad i Klimatzon 2	Trafikklass				
	B1	B2	B3	B4	B5
Antal bussar	1 st / vecka i 20 år	20 st/dygn i 20 år	60 st/dygn i 40 år	300 st/dygn i 40 år	1 367 st/dygn i 40 år
Antal passager	1 000	150 000	900 000	4 400 000	20 000 000
Lager av SF-betong T2,5	110	140	150	155	180
Total överbyggnadstjocklek på terrass av materialtyp 4	410	440	450	455	480

Tabell 3 Dimensioneringstabell för stålfiberbetong K60 med sprickfördelande egenskaper, $R_{10,X} = 90\%$ (Farhang, 2004)

Betongöverbyggnad i Klimatzon 2	Trafikklass				
	B1	B2	B3	B4	B5
Antal bussar	1 st / vecka i 20 år	20 st/dygn i 20 år	60 st/dygn i 40 år	300 st/dygn i 40 år	1 367 st/dygn i 40 år
Antal passager	1 000	150 000	900 000	4 400 000	20 000 000
Lager av SF-betong T3,5	80	100	110	130	170
Total överbyggnadstjocklek på terrass av materialtyp 4	380	400	410	430	470

Tabell 4 Dimensioneringstabell för stålfiberbetong K60 med sprickhämmande egenskaper, $R_{10,20} < 60\%$ (Farhang, 2004)

Betongöverbyggnad i Klimatzon 2	Trafikklass				
	B1	B2	B3	B4	B5
Antal bussar	1 st / vecka i 20 år	20 st/dygn i 20 år	60 st/dygn i 40 år	300 st/dygn i 40 år	1 367 st/dygn i 40 år
Antal passager	1 000	150 000	900 000	4 400 000	20 000 000
Lager av SF-betong T3,5	85	105	115	130	170
Total överbyggnadstjocklek på terrass av materialtyp 4	385	405	415	430	470

2.4 Spåröverbyggnadskonstruktioner

Det används ett flertal olika spåröverbyggnadskonstruktioner av betong i Göteborg och utförandet av dessa har varierat och utvecklats under årens gång. Den första betongöverbyggnaden för spårväg i Göteborg byggdes 1993 på sträckan Ånäsvägen - Ejdergatan (Carlehöjd, 2012). Denna tidiga konstruktion var uppbyggd med en 150 mm tjock betongplatta, fiberbetong K40, som bärlager grundlagd på ett 400 mm tjockt förstärkningslager av 0-40 kross. Som ytterligare bärlager ovan betongplattan användes asfaltsgrus och ovan detta ett asfaltsslitlager. I senare konstruktioner har måttet på bottenplattan utökats först till 200 millimeter, sedan till 250 millimeter vilket är det nu gällande minimimåttet.

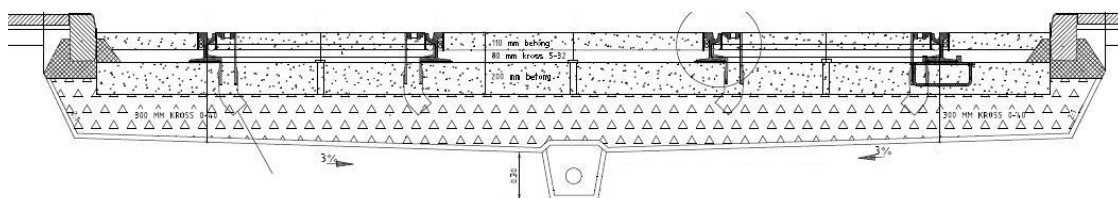
Det har även experimenterats med en metod med parallella bottenplattor, en under vardera avsnitt. Detta för att spara in på mängden betong.

I detta kapitel beskrivs de vanligaste typerna av betongöverbyggnader i Göteborg.

2.4.1 Betongplatta + betong

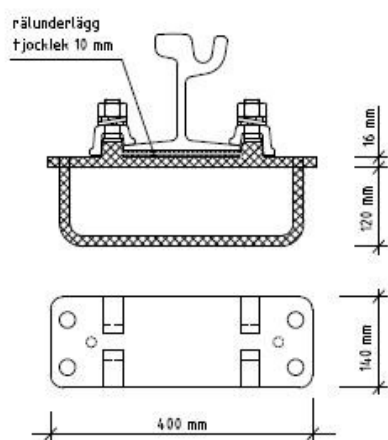
Denna typ av betongöverbyggnad består enligt standardritning, se bilaga A, av en undre betongplatta som vilar på ett lager av 300 mm krossmaterial. Denna platta, vilken rälerna vilar på, är 200 eller 250 mm tjock beroende på konstruktionens ålder, och är gjuten i 25-metersetapper som beskrivits i kapitel 2.3.1. Plattan har

grundavloppsrör i respektive spårmitt och mellan spåren, borrade med ett centrumavstånd av 10 meter, samt vid lokala lågpunkter. Det finns även avledare för vattnet som samlas i rillorna. Plattan är fiberarmerad med 20 kg stålfiber per m³. På plattan finns ett 80 millimeter lager kross av fraktionen 0-40, och ovanför ytterligare en fiberarmerad betongplatta med en tjocklek på 110 millimeter och ett fiberinnehåll på 70 kg stålfiber per m³. Tvärfogar är uppsågade med ett centrumavstånd av 5 meter. Figur 2 nedan visar en typsektion av konstruktionen. Detta här är en överbyggnads-konstruktion som inte längre projekteras.



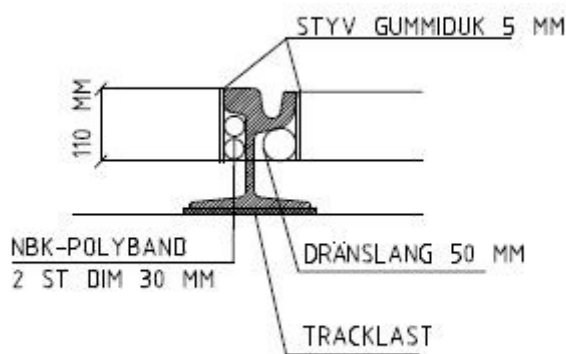
Figur 2 Typsektion av betongöverbyggnad, typ betong + betong (Trafikkontoret Göteborgs stad, 2012).

Rälerna fästs i betongen via så kallade rippenplattor. Dessa plattor är fastsvetsade i bågformade armeringsstänger vilka gjuts in i betongen med ett centrumavstånd av på 3 meter vid raksträckor, se figur 3 nedan. I nyare konstruktioner har man förstärkt med ytterligare svetsningar på grund av att de har haft en tendens att nötas av efter långvarig förslitning.



Figur 3 Infästning med rippenplatta (Trafikkontoret Göteborgs stad 2012).

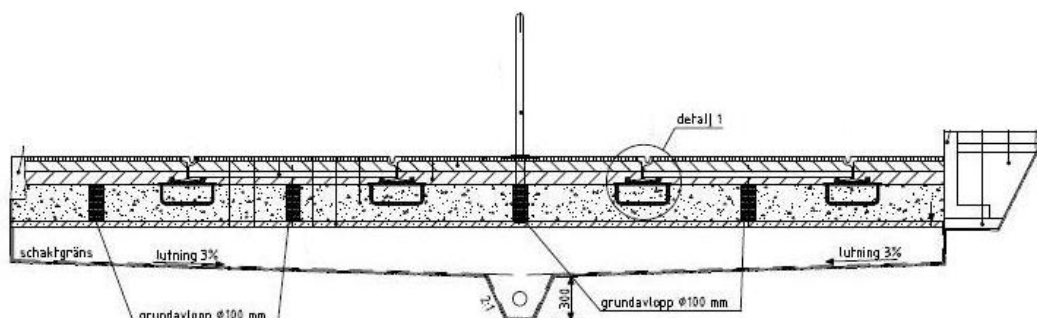
Mellan rälen och den övre betongplattan löper en fog i form av en gummiduk, se figur 4, vilken ska isolera rälen mot betongen och förhindra vatten från att tränga ner i konstruktionen. Under rillan löper en dränslang och på andra sidan, under rälhuvudet, finns två stycken NKB-polyband för utfyllnad.



Figur 4 Detalj av skyddsfog längs räl (Trafikkontoret Göteborgs stad 2012).

2.4.2 Betongplatta och asfaltsyta

Även den här konstruktionen, som illustreras i figur 5, har en 250 millimeter tjock platta som vilar på ett förstärkningslager av krossmaterial. Rälerna hålls på plats av rippenplattor så som beskrivits i avsnitt 2.4.1. Skillnaden är att här används bundna bärlager och asfaltslitlager upp till rälöverkant. Den här överbyggnaden ligger utanför projektets avgränsning.

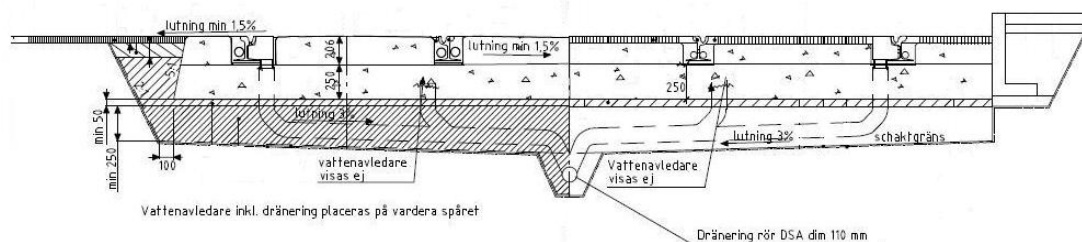


Figur 5 Typsektion av betongöverbyggnad med betongplatta och asfaltsyta (Trafikkontoret Göteborgs stad 2012).

2.4.3 Edilonspår

Denna konstruktion, se figur 6, består av två stålfiberarmerade betongplattor gjutna ovanpå varandra. Den understa är av samma typ som de tidigare beskrivna konstruktioner, 250-300 millimeter tjock, och ligger på ett förstärkningslager. Det bör dock nämnas att här inte finns något grundavlopp i bottenplattan förutom de vattenavledare som ska leda bort vatten från rillorna. Rälerna vilar på den undre plattan och omges av så kallat edilon-gummi vilken har till uppgift att hålla rälerna på plats och hindra vatten från att tränga in i konstruktionen. Det översta betonglagret är gjutet till rälöverkant, eventuellt med ett slitlager av asfalt. Tjockleken är normalt cirka 200 millimeter men kan vara mindre beroende på rältyp. Mängden stålfiber är

35 kg/m³. Kontraktionsfogar är uppsågade med ett centrumavstånd av 5 meter i det övre betonglagret. I vissa fall har konstruktionen ett asfaltsslitlager.



Figur 6 Typsektion av betongöverbyggnad av edilotyp (Trafikkontoret Göteborgs stad, 2012)

2.5 Sträckor med betongöverbyggnad

Då det finns ett flertal olika betongöverbyggnader i bruk på olika sträckor i Göteborg är det ett begränsat antal platser som studerats inom det aktuella projektet. Bilaga B visar en översiktskarta där de olika överbyggnadstyperna som finns i Göteborgs spårvägsnät redovisas. De sträckor som beskrivs mer ingående redovisas översiktligt i detta avsnitt.

2.5.1 Östra Hamngatan

År 2000 byggdes sträckan Kungportsplatsen – Södra Hamngatan om. Man valde den i Göteborg oprövade tekniken med en överbyggnad av edilotyp. Den har en 250 mm tjock fiberarmerad betongplatta som vilar på en bädd av stoppmakadam. På den ligger rälerarna, samt ytterligare ett platta av fiberarmerad betong med fogar med centrumavstånd 5 meter. Plattan är endast cirka 150 millimeter tjock på grund av att här ligger så kallad lågräl, det vill säga med lägre livhöjd. Residualhållfastheten, $R_{10,30}$, är 69 %, enligt bilaga C. På sträckan förekommer mycket tät trafik av både spårvagn och bussar.

Sommaren år 2011 utförde ÅF reparationer på Östra Hamngatan då vidhäftningsbrott uppstått mellan de två betonglagren. Det var två olika typer av reparationer som utfördes på denna sträcka, epoxiinjektering med dubbning av kemankare samt reparation av synliga skador med ingjutna C-byglar.

Reparationer med injektering och dubbning gjordes på en etapp mellan Södra Hamngatan och Drottninggatan på två ytor där vidhäftningsbrott, så kallade ”bom”, påträffats enligt bilaga D. I ytan med ”bom” borrades hål för kemankare ner till det undre betonglagret med ett hål per 2 m². Borrhålen rengjordes innan kemankare monterades och den kvarvarande delen av hålen fylldes sedan igen med bruk. För epoxiinjekteringen borrades sedan nya hål över det skadade området innan själva epoxin injekterades mellan de två betonglagren.

2.5.2 Grönsakstorget

Hållplatsen Grönsakstorget består av fyra stycken hållplatslägen, Läge A och B i nord-sydlig riktning och läge C och D i öst-västlig riktning. Överbyggnaden vid läge A och B är av typen betongplatta + betong med rippenplattor och läge C och D har överbyggnad av samma typ med asfaltyta. Skillnaderna mellan spårlägena är materialet i slitlagret samt trafiktypen.

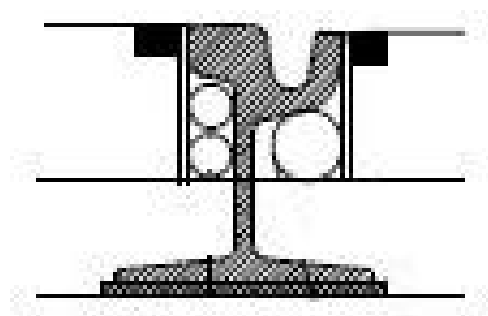
Läge A och B har ett slitlager av fiberbetong och trafikeras av såväl spårvagnar som stombussar. Läge C och D har slitlager av asfalt och trafikeras enbart av spårvagnar.

2.5.3 Drottningtorget

Överbyggnaden är av typen betongplatta + betong. Tillverkningsåret är 1994. Den understa betongplattan är därför endast 200 millimeter på grund av att detta vid tidpunkten var det gällande standardmåttet. Här passerar även en busslinje vid ett av hållplatslägena.

2.5.4 Järntorget

Vid hållplats Järntorget har överbyggnadstypen betong + betong använts. Konstruktionen är från 1998. Här har även fogmassa använts utanpå gummiduken som separerar rälen från betongen, figur 7 nedan. Här passerar även ett litet antal bussar vid ett av hållplatslägena.



Figur 7 Detalj som visar fogmassa längs räl.

2.5.5 Södra vägen och Korsvägen

Likt Östra Hamngatan är överbyggnaden här av edilotyp som sträcker sig från hållplats Berzeliigatan till och med hela området runt Korsvägen. Här används högräl vilket ger den övre betongplattan en höjd på cirka 200 millimeter. Betongkörbanan på Södra vägen trafikeras även av ett antal busslinjer samt även till viss del av icke kollektivtrafik. Två av de tre spårvagnshållplatslägena trafikeras även av bussar.

3 Påverkningar

Överbyggnadskonstruktionerna utsätts konstant för påverkan från sin omgivning. De faktorer som kan orsaka påfrestningar och skador i överbyggnadskonstruktionerna och som behandlas i denna rapport är:

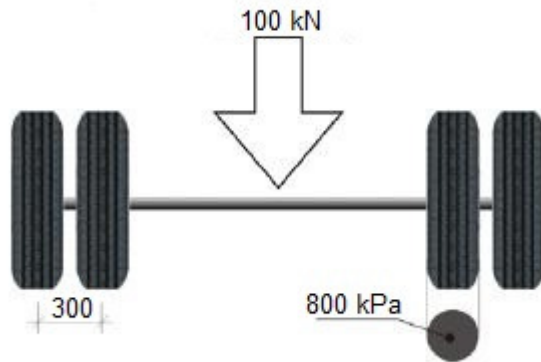
- Trafiklaster från buss och spårvagn
- Temperaturspänning
- Tidsberoende deformationer i form av krypning och krympning
- Vattenpåverkan
- Armeringskorrosion
- Sättningar

3.1 Trafiklaster

Det finns i TPU:n två stycken olika lastmodeller för spårvagnlaster, SPV 1 och SPV 2. De lastbestämmelser som finns i TPU:n är anpassade till Vägverkets tekniska beskrivning för broar, ATB Bro, samt Banverkets ändringar och tillägg till denna tekniska beskrivning, BV Bro. ATB Bro och BV Bro är dock sedan 1 juli 2009 ersatt av Trafikverkets tekniska krav TK Bro som i sin tur även har ersatts av TRVK Bro 11. TRVK Bro används från och med den 1 februari 2012 tillsammans med de tekniska råden i TRVR Bro samt TK Geo (Trafikverket, 2012).

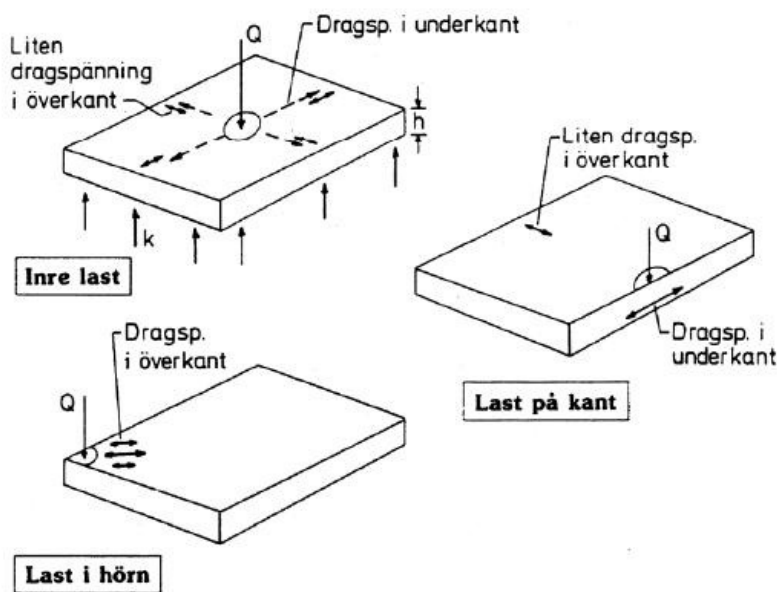
De bestämmelser om laster som anges i TPU:n är således anpassade för brokonstruktioner men skall även tillämpas för andra typer av konstruktioner som utsätts för påverkan av kollektivtrafiken. Placeringen av lastmodellerna, SPV 1 och SPV 2, i tvärled samt antalet bussfiler/spårvagnsspår anges i den objektstekniska beskrivningen för konstruktionen. Om detta inte anges förutsätts två stycken spårvagnsspår där lasten SPV 1 alternativt SPV 2 kan belasta båda spåren (Trafikkontoret Göteborgs stad, 2012).

Vägoverbyggnader dimensioneras utgående från en standardaxel som är definierad som en axel belastad med 100 kN enligt figur 8 (Trafikverket, 2011).



Figur 8 Definition av standardaxel som belastar med 100 kN (Trafikverket, 2011)

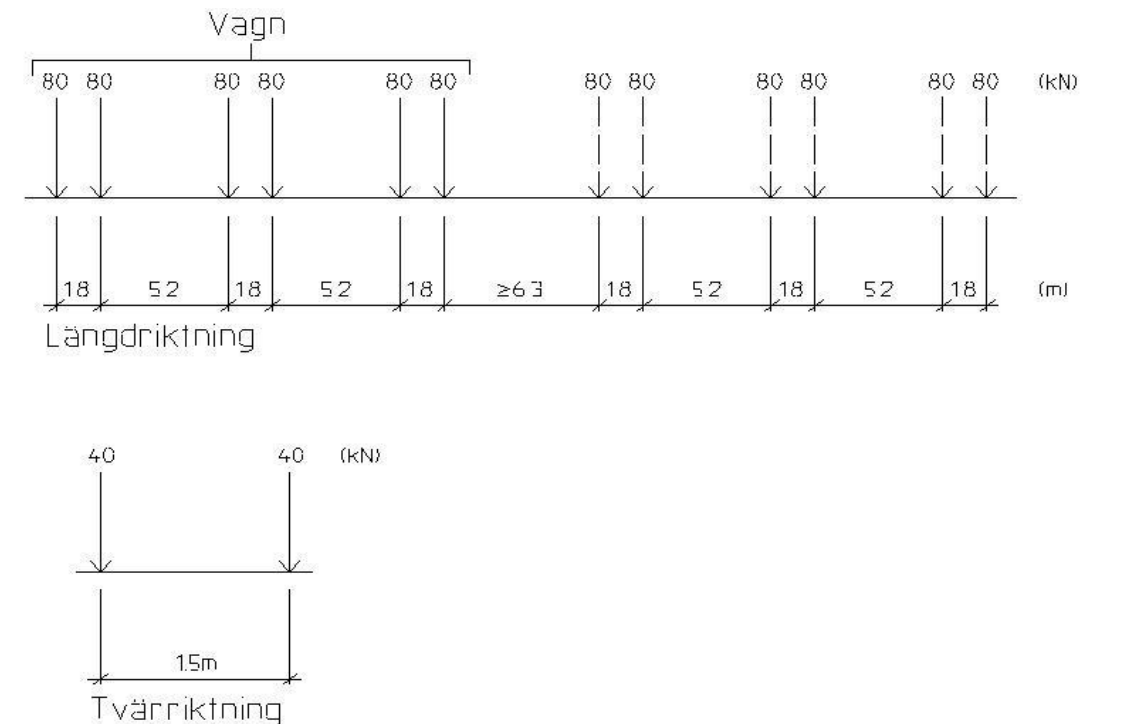
Spänningarna i en betongplatta är beroende av vart på plattan trafiken belastar och det finns tre typfall för trafikbelastningar enligt figur 9 nedan. I svensk dimensioneringspraxis beaktas dock bara lastfallet inre last, koncentrerad last placerad i plattmitt, som ger upphov till böjdragspänning i plattans underkant (Lövsjögård och Silfwerbrand, 2005, s. 23-24).



Figur 9 Tre olika typfall för trafikbelastning som orsakar spänningar i betongplatta (Petersson, 1990).

3.1.1 SPV 1

Vid dimensionering av en bro eller annan likvärdig konstruktion som belastas av kollektivtrafik, exempelvis en spåröverbyggnad, används lastmodell i figur 10. Ett tågsätt kan bestå av en eller två vagnar i figuren.



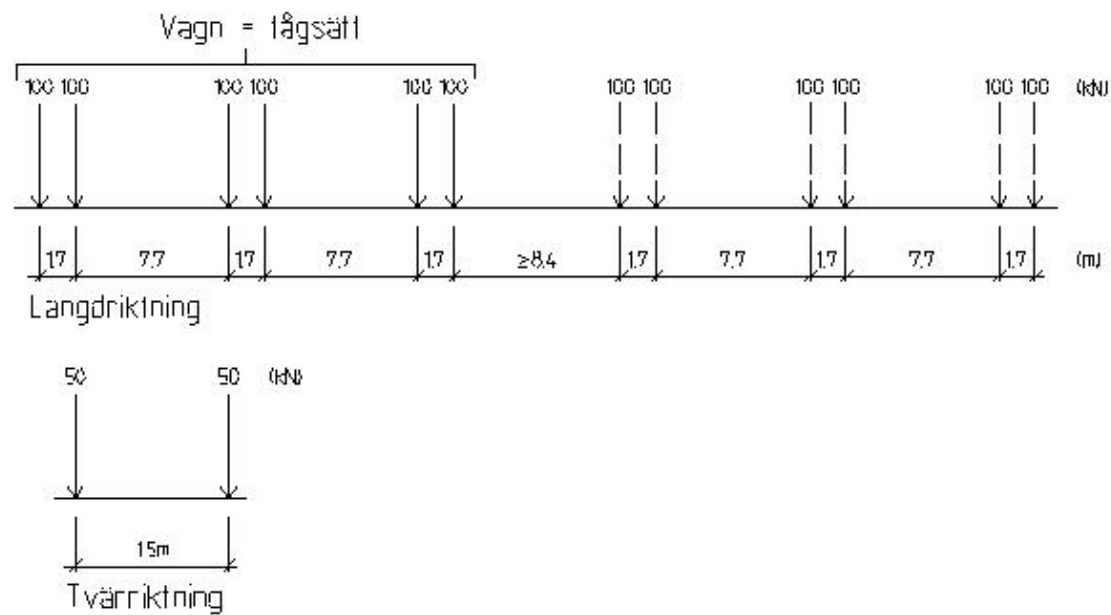
Figur 10 Belastning från spårvagn enligt lastmodell SPV 1 (Trafikkontoret Göteborgs stad, 2012)

Inverkan av dynamiska lasttillskott ska beaktas genom en dynamikkoefficient vid vertikala laster enligt BV Bro 21.2216. När en konstruktion dimensioneras ska spårvägslasten placeras på mest ogynnsamma sätt och då kan flera tågsätt samtidigt antas belasta konstruktionen med ett fritt avstånd ≥ 20 meter. Alternativt kan ett godtyckligt antal tågsätt placeras på det mest ogynnsamma sättet utan det fria avståndet ≥ 20 meter, men vid fler än fyra vagnar på rad behövs ingen hänsyn tas till dynamiska tillskott (Trafikkontoret Göteborgs stad, 2012).

3.1.2 SPV 2

Alternativt till spårvagnslast SPV 1 används SPV 2, enligt figur 11 nedan, vid dimensionering. Ett tågsätt består, till skillnad från SPV 1, enbart av en vagn då denna lastmodell används, men lasten ska placeras på mest ogynnsamma och flera tågsätt kan samtidigt belasta konstruktionen med ett fritt avstånd ≥ 20 meter. Dynamiska tillskott skall då beaktas genom, den i avsnitt 3.1.1 nämnda, dynamikkoefficienten. Alternativt kan ett godtyckligt antal tågsätt placeras efterföljande varandra på mest ogynnsamma sätt med ett fritt avstånd $\geq 8,4$ meter, som i figur. Dock tas ingen hänsyn till dynamiska tillskott vid fler än två direkt följande vagnar.

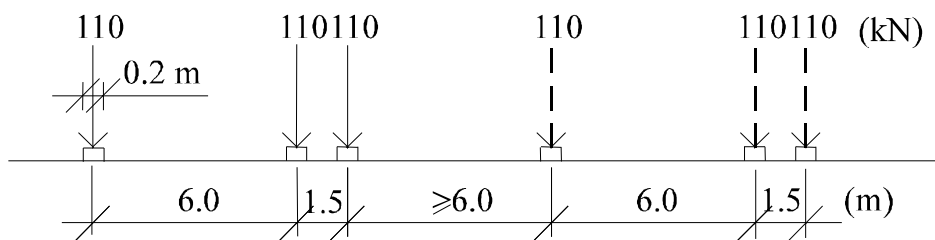
För att även tyngre transporter ska kunna framföras ska bron beräknas för en enstaka boogielast multiplicerad med faktorn 1,5 samt dynamikkoefficienten (Trafikkontoret Göteborgs stad, 2012).



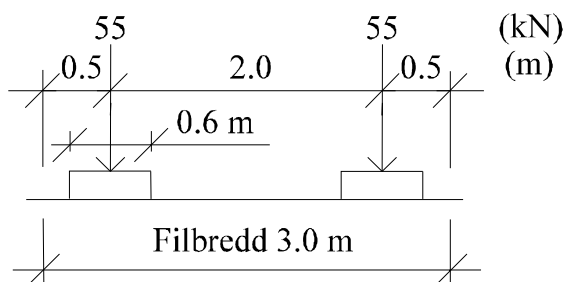
Figur 11 Belastning från spårvagn enligt lastmodell SPV 2 (Trafikkontoret Göteborgs stad, 2012)

3.1.3 Buss

Enligt TPU:n skall en busslast enligt figur 12 placeras på mest ogynnsamma sätt för varje enskild konstruktionsdel. I dessa laster är dynamiska tillskott inkluderade och om två eller fler bussar direkt följer varandra så skall lasterna i figur 12 reduceras med faktorn 1,4 (Trafikkontoret Göteborgs stad, 2012).



Längdriktning



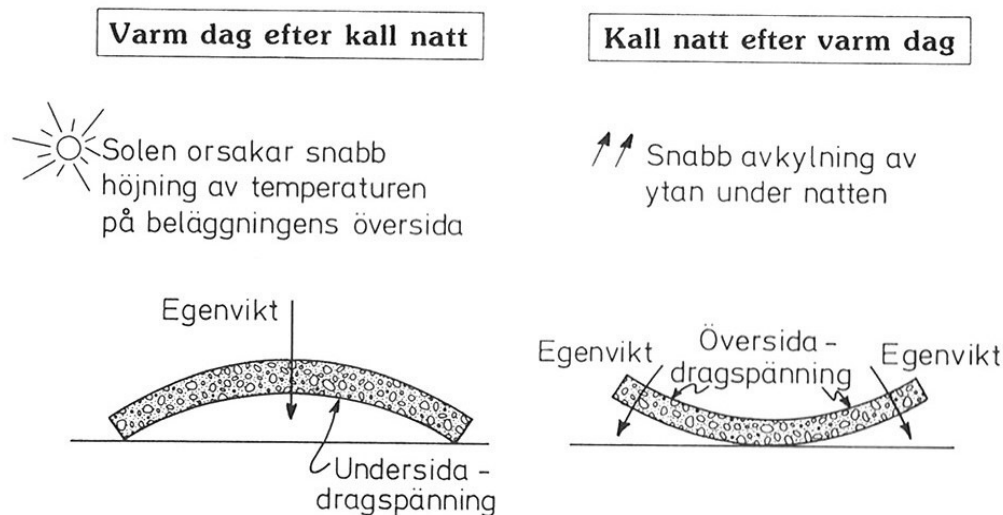
Tvärriktning

Figur 12 Belastning från buss enligt Göteborgs Stad trafikkontoret (Trafikkontoret Göteborgs stad, 2012)

Lastmodellen i ovan redovisade figur visar två efter varandra följande bussar med ett minimiavstånd på 6 meter mellan bakaxel på främre fordon och framaxel på efterföljande fordon. I avsnitt 3.7.1 används en buss, det vill säga tre axlar med 110 kN omräknat till standardaxlar, vid dimensionering av betongöverbyggnad.

3.2 Temperaturspänning

På grund av olika temperaturer i en betongbeläggningss över- och undersida uppstår temperaturspänningar i konstruktionen, så kallade välvningsspänningar. Dessa spänningar blir som störst då dygnstemperaturen varierar som mest, varm dag efter kall natt och vise versa. En hög temperatur i luften samtidigt som marken är kall gör att plattans översida vill bågna uppåt i plattmitt samtidigt som plattans egentygnd vill trycka ner plattans mitt. Detta gör att dragspänningar uppstår i underkant av plattan. Det motsatta gäller om det är en kall natt och marktemperaturen är hög. Plattans yta kyls snabbt ner och egentygnden ger upphov till dragspänningar i plattans översida enligt figur 13 (Petersson, 1990).



Figur 13 Temperaturspänningar i en betongplatta (Petersson, 1990)

Det som bestämmer storleken på välvningsspänningen är den så kallade temperaturgradienten och i Sverige är denna gradient angiven till $+0,06\text{ }^{\circ}\text{C/mm}$. Positiv gradient råder under dagen och ger ett dragspänningstillskott i plattans undersida som adderas till dragspänningarna från trafiklasten. Under natten råder en negativ gradient som ger tryckspänning i plattans undersida och således har en gynnsam effekt på konstruktionen, men denna beaktas inte i svensk dimensioneringspraxis (Petersson, 1990).

I ung betong kan det under härdningen uppstå stora temperaturskillnader i betongen. Tillsammans med förhindrad rörelsefrihet kan då spänningar uppstå vilka kan orsaka temperatursprickor i konstruktionen (Ljungkrantz, Möller och Petersons, 1994, s. 580).

3.3 Tidsberoende deformationer i betongen

Två tidsberoende deformationer som kan uppstå i betongkonstruktioner är krypning och krympning. Krympning är en spänningsoberoende deformation som beror av volymminskning på grund av kemiska reaktioner och vattenavgång vid uttorkning. Krympning utvecklas med tid och antas nå ett slutligt värde efter lång tid. Krypning är däremot en spänningsberoende deformation, men likt krympning så tillväxer den med tiden (Engström, 2008, s. 4-15 – 4-24).

Konstruktioner påverkas i praktiken av både spänning och uttorkning och det kan därför vara svårt att avgöra vad som är krypning och vad som är krympning (Ljungkrantz, Möller och Petersons, 1994, s. 474).

3.3.1 Krympning

Krypning förekommer i olika faser av betongens härdnandeförlopp.

Om nygjuten betong torkar ut under tillstyvnandet uppstår plastisk krympning som kan orsaka plastiska krympsprickor. Dessa sprickor uppträder normalt inom 1-3 timmar efter gjutning när betongytan blir torr, det vill säga när avdunstning är större än betongens vattenseparation. Sprickmönstret varierar kraftigt och är ofta oregelbundet med spricklängder från ett tiotal millimeter upp till två meter. Sprickbredder på 1-2 millimeter har uppmätts och genomgående sprickor har kunnat observeras i betongplattor på 200 millimeter. Plastisk krympning är betydligt större än uttorkningskrympning och risken för sprickbildning beror på hur snabb och stor krympningen är samt betongens töjbarhet. För att förhindra plastisk sprickbildning är det av stor vikt att förhindra avdunstningen under de 3–5 första timmarna efter gjutning efter vilket betongen hårdnar och blir styvare (Ljungkrantz, Möller och Petersons, 1994, s. 250-254).

Uttorkningskrympning är volymminskning som orsakas av vattenavgång till omgivningen i hårdnad betong och den beror främst på att cementpastan drar ihop sig då vatten lämnar porsystemet. Denna krympning kan ge upphov till sprickor och kantresning. Sprickor i exempelvis plattor kan uppkomma om det finns mothåll, det vill säga den fria krympningen förhindras så att dragspänningar uppstår (Ljungkrantz, Möller och Petersons, 1994, s. 525). Mothåll kan komma från en konstruktions inre, som krymper mindre än ytan där vattenavgång sker, eller från anslutande konstruktionsdelar som förhindrar fri krympning. Dessa sprickor är vanligtvis genomgående och uppstår vinkelrätt mot den riktning krympning vill ske (Ljungkrantz, Möller och Petersons 1994, s. 683-684) Sprickbredden hos krympsprickor kan minskas med ökad armeringsmängd och minskad diameter av armeringen (Ljungkrantz, Möller och Petersons 1994, s. 543).

Hastigheten med vilken krympning sker är beroende av konstruktionens tvärsnittsdimensioner och beskrivs med parametern V/A som är förhållandet mellan volym och omslutningsarea. Om två konstruktioner med väsentliga skillnader i förhållandet mellan volym och omslutningsarea är fast förbundna i varandra kan påkänningar leda till sprickbildning (Ljungkrantz, Möller och Petersons, 1994, s. 685).

I Trafikverkets krav på betongöverbyggnader finns föreskrivet att fogar ska utformas för att förhindra uppkomsten av okontrollerade krymp- och temperatursprickor.

3.3.2 Krypning

Enligt Ljungkrantz, Möller och Petersons (1994) är krypning ”beteckningen på den tidsberoende deformationen under kvarstående last” och krypningens storlek är beroende av såväl yttre faktorer som betongens egenskaper. De egenskaper som främst påverkar krypningen härstammar från cementpastans egenskaper. Allmänt sägs att betong med högre hållfasthet ger mindre krypning. Detta då cementpastans krytpal minskas av ett lågt vattencementtal eller ökad härdningsgrad vilket i sin tur ger ökad hållfasthet.

Det finns flera yttre faktorer som påverkar krypningens storlek. Fuktförhållandena har en stor inverkan men skiljer sig beroende på om det är en konstant fukthalt eller om fukthalten varierar. Vid en konstant fukthalt uppstår så kallad grundkrypning som är

större ju högre fukthalten är. Tillskott från förändrad fukthalt inverkar främst vid uttorkning och kallas således uttorkningskrypning. För att få så liten krypning som möjligt bör en konstruktion få torka ut innan den belastas (Ljungkrantz, Möller och Petersons 1994, s. 475).

3.4 Vattenpåverkan

Vatten kan påverka överbyggnaden på flera olika sätt. Vatten i krossmaterialen under betongen kan ge upphov till tjällyftning som då gör att terassytan betongen vilar på blir ojämn. Vatten kan även påverka betongens materialegenskaper genom nedbrytning av materialet. Ett allvarligt nedbrytningsfenomen i betongkonstruktioner är frostangrepp (Zandi Hanjari 2010, s. 1).

För att en vägkonstruktion ska ha god bärighet krävs uppsamling och avledning av dagvatten, så att detta inte tränger in i konstruktionen, samt tillräcklig dränering. En bristfällig dränering kan orsaka bärighetsnedsättning av en överbyggnadskonstruktion om material däri blir vattenmättade (Granhage, 2009, s. 51).

3.4.1 Tjällyftning

När marken fryser och vatten övergår till is uppstår undertryck i porer som gör att ofruset vatten längre ner i marken sugs upp. Samma process upprepas vid fallande temperaturer och den is som bildas, vilken har större volym än det ofrusna vattnet, ger upphov till en höjning av markytan. Tjällyftning är främst förekommande i kalla områden där marken har hög kapillaritet (Granhage, 2009, s. 41).

3.4.2 Frostskador i betong

Frostskador i betong orsakas av skillnaderna i termisk expansion av betong och is samt volymexpansionen av vatten som fryser i betongens porsystem. Dessa fenomen ger upphov till skador i form av frostavskalning respektive inre frostskador (Zandi Hanjari, 2010, s. 1).

När betong exponeras för fukt fylls porerna i betongen med vatten. Porer i betong innehåller alltid en viss mängd vatten som är mer eller mindre hårt bundet och då detta vatten fryser uppstår inre spänningar i betongen. Det hårt bundna vattnet, vattnet i de minsta porerna, fryser inte förrän vid väldigt låga temperaturer utan det är vattnet i de större porerna, kapillärporerna, som innehåller det så kallade "frysbara vattnet". Det är detta frysbara vatten som expanderar vid fasförändringen. När vatten blir is sker en volymökning på 9 % (Ljungkrantz, Möller och Petersons 1994, s. 727-728) (Svenska betongföreningen, 2006, s. 27).

Det finns tre olika mekanismer bakom spänningarna som uppstår vid frysning (Ljungkrantz, Möller och Petersons, 1994, s. 729-732):

- Frysning utan vattentransport (a)

Volymexpansionen av isen måste rymmas i en por då vattentransport inte är möjlig. Om poren inte har en luftfylld volym av samma storlek som isens volymexpansion, blir porväggen utsatt för dragspänningar som spränger sönder poren om mottrycket från porväggen inte är tillräckligt stort. Denna mekanism är aktuell för betong med porösa ballastkorn och betong med liten luftinblandning.

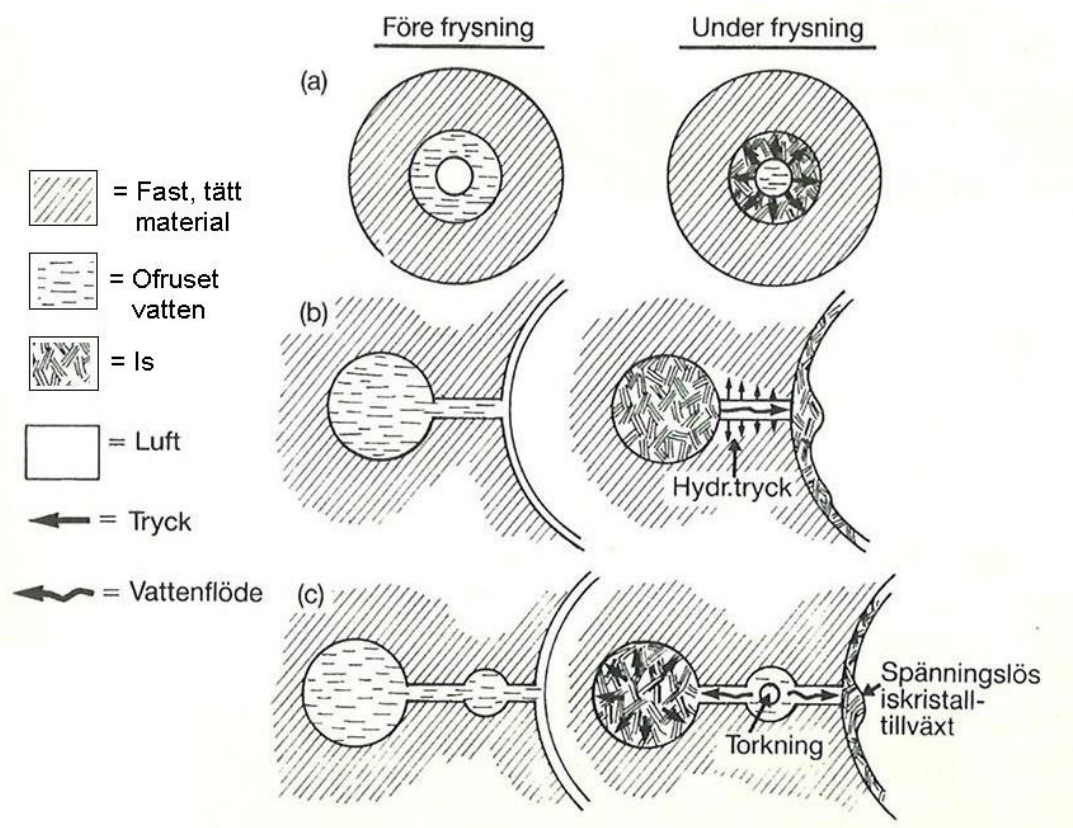
- Hydrauliskt tryck (b)

Om vatten transporteras, flödar, till en luftfylld por under frysning ökar porvattentrycket, hydrauliskt tryck, längs den sträcka vattnet transporteras och om det blir för högt brister betongen. Det hydrauliska trycket verkar bara vid temperatursänkning i betongen, det vill säga då ny is bildas. Denna mekanism har störst betydelse i betong med högt vattencementtal och grovporös ballast.

- Iskristalltillväxt (c)

Om isbildningar finns i kapillärporer och luftporer samtidigt som ofruset vatten finns i de mindre porerna uppträder denna mekanism som får det ofrusna vattnet att transportera sig till isen som har bildats. Detta på grund av att det ofrusna vattnet har ett större energiinnehåll. Detta gör således att isbildningarna växer, iskristalltillväxt, och utsätter porväggarna för tryck. Denna typ av mekanism är aktuell i betong med stor mängd icke frysbart vatten, det vill säga betong med lågt vattencementtal.

Dessa mekanismer illustreras i figur 14.



Figur 14 Mekanismerna som orsakar spänningar vid frysning av vatten i betong. (a) frysning utan vattentransport, (b) hydrauliskt tryck och (c) iskristalltillväxt (Ljungkrantz, Möller och Petersons, 1994)

Inre frostsador uppstår om den volymexpansion som sker då rent vatten fryser inte kan upptas av betongens porsystem. Det omgivande fasta, tätta materialet utsätts för spänningar och börjar spricka, vilket försämrar betongens hållfasthet och styvhet (Zandi Hanjari, 2010, s. 6).

Frostavskalning kan uppstå om en konstruktion utsätts för kyla i en salthaltig miljö, till exempel vid tösaltning eller nära salthaltigt vatten. Avskalning bryter ner betongen nära dess yta och kan ske då ytan är våt och temperaturen understiger 0 °C (Svenska betongföreningen, 2006, s. 30).

Enligt Jiang, Niu och Bai (2010) reduceras försämringen avseende inre mickrosprickbildning genom användning av stålfiber i betong i de fall då betongen utsätts för frysning och upptining. Fibervolymen är också av betydelse för betongens egenskaper vid frostpåverkan och en fiberhalt på 1,5 % ger den i detta avseende mest fördelaktiga betongen. En fiberhalt på 2 % ger ett sämre resultat men sådan fiberbetong är dock mer frostbeständig än oarmerad betong (Jiang, Niu och Bai, 2010).

3.5 Armeringskorrosion

Korrosion av armeringen i betongkonstruktioner ger upphov till två olika effekter:

- Volymen av armeringen ökar då rosten har större volym än stålet.
- Stålets tvärsnittsarea blir mindre.

Den ökade volymen ger upphov till ett inre tryck som kan orsaka bortspjälkning av täcksikt. Detta kan påverka konstruktionens bärförmåga beroende på var det sker. Minskningen av stålets tvärsnittsarea påverkar som regel alltid konstruktionens bärförmåga (Svenska betongföreningen, 2006, s. 49-50).

Korrosionsprocessen startar vanligtvis av två olika anledningar; karbonatisering eller kloridinträngning. Karbonatisering är när koldioxid i luften tränger in i betongen, reagerar med hydroxyljoner, OH^- , och därmed sänker pH-värdet vilket gör att stålet börjar korrodera. Kloridinträngning är då kloridjoner, exempelvis från tösalter eller havsvatten, ofta kapillärt transporteras in i betongen och tränger igenom stålets skyddande oxidfilm (Ljungkrantz, Möller och Petersons, 1994, s. 786-791).

Stålvolymer är lokalt liten i förhållande till konventionellt armerade konstruktioner. Även då stålfibrerna korroderar precis som armeringsstänger, och förlorar sin funktion om de är genomkorroderade, orsakar fibrernas volymökning ingen sprängning på grund av att volymen är så liten lokalt. Ett lågt vattencementtal gör även att karbonatiseringen sker långsamt (Ljungkrantz, Möller och Petersons 1994, s. 974-975).

3.6 Sättningar

Sättningar påverkar en vägkonstruktions kontakt med undergrunden så väl som lastfördelningen i konstruktionen. Ojämnheter på grund av sättningar innebär, enligt Svensk byggtjänst och Cementa (2002), att vägens profil avviker i längs- eller tvärled och det är framför allt lokala sättningar, så kallade differenssättningar, som kan orsaka sprickor i en betongbeläggning. Differenssättningar påverkar moment- och tvärkraftfördelningen i konstruktionen (Sällfors, 2009, s. 6.1). Möjliga orsaker till sättningar är att deformationer uppstår i undergrunden, att material i vägkroppen efterpackas av last från ovanliggande lager eller trafiklast, samt att material i vägkroppen eroderas bort om fogar i vägkonstruktionen är otäta (Svensk byggtjänst och Cementa, 2002, s. 245-246).

3.7 Analys av påverkan

Som redogjorts i kapitlet finns det ett flertal olika faktorer som påverkar konstruktionerna i olika grad. Med hänsyn till resultaten från litteraturstudier borde vissa påkänningar ha större inverkan än andra och vissa borde helt kunna uteslutas.

- Belastningsfall ”inre last”, se figur 9, är det som används i svensk dimensioneringspraxis. Då räl utgör en avgränsning av slitlagret och körlinje för buss och spårvagn i princip sammanfaller utgör bussar last på plattkant. Belastningsfallen ”last på kant” och ”last i hörn” är de typer av belastningar som motsvarar verkligheten bäst. Med belastningsfall ”last på kant” fås

dragspänningskoncentration i underkant av plattkant i längsriktning såväl som dragspänningar i överkant platta i tvärläng. Fallet ”last i hörn ger dragspänningar i överkant diagonalt plattan.

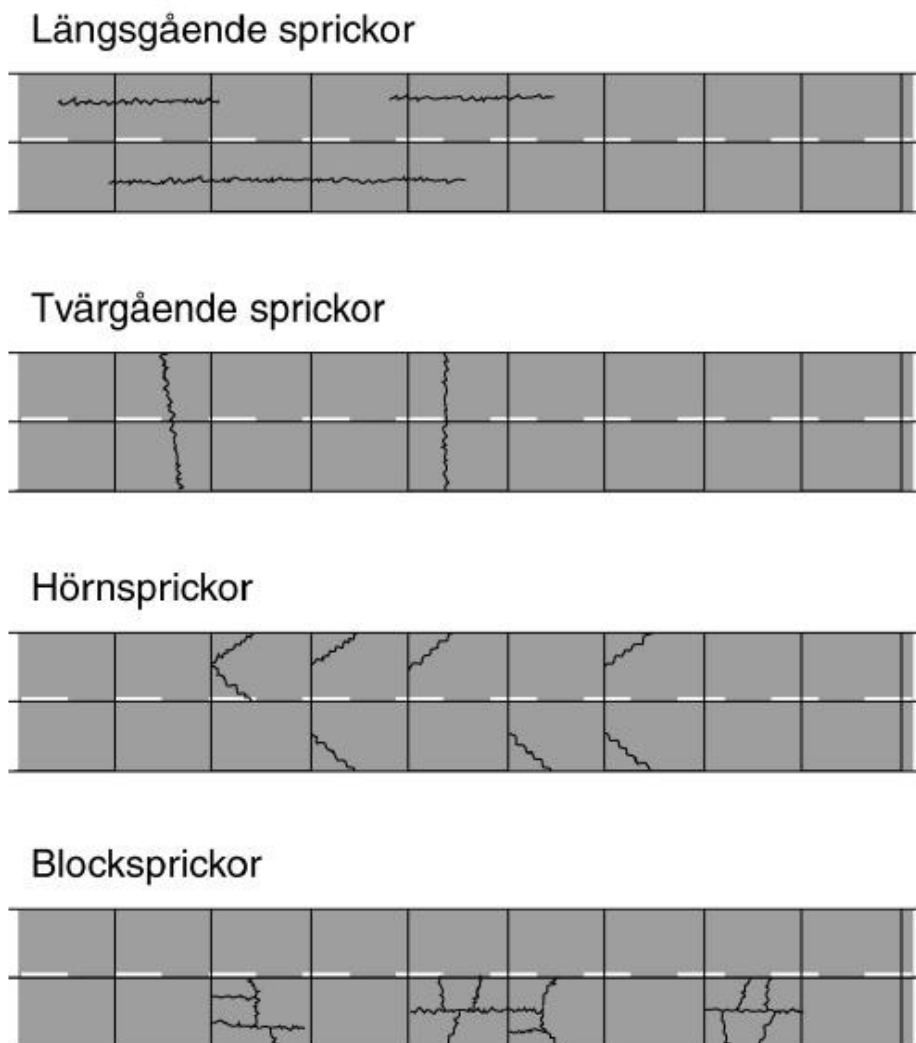
- Inre frostsador och frostavskalning borde inte utgöra betydande problem för betongen i konstruktionerna då betongen ska vara frostbeständig och frystestad. Fiberarmerad betong är dessutom bättre än oarmerad betong med avseende på frostbeständighet.
- Vattenpåverkan från dagvatten som tränger ner i konstruktionen och en bristfällig dränering kan leda till bärighetsnedsättning i konstruktionen. Även om betongen i sig inte skadas av vattnet så kan den indirekt påverkas av effekter likt de från differenssättningar vilka förändrar lastfördelningen i betongen och kan ge upphov till lokala spänningskoncentrationer.
- Tjällyftning torde inte ge stor påverkan då marken i Göteborg primärt består av lera, som är måttligt tjällyftande. Isbildning på grund av vatten som är stående i konstruktionen enligt principen ovan kan dock vara ett problem och orsaka lokala ojämnheter.
- En pågjutning får mothåll från den underliggande plattan så fri rörelse på grund av krympning och temperaturändring förhindras. Betongen är dock armerad så att fördelning ska ske av dessa sprickor som kan uppkomma av förhindrad rörelse.
- Konstruktioner av typen betongplatta + betong är underdimensionerade med hänsyn till intensiv bussbelastning. En 110 millimeter tjock platta med sprickfördelande egenskaper och hållfasthetsklass K60 klarar, enligt tabell 3, 900 000 busspassager under sin livslängd, vilken här är 40 år. Varje busspassage antas dessutom belasta konstruktionen med en axellast på 100 kN. Den bussmodell som ska användas enligt TPU:n har tre stycken axlar som var och en belastar konstruktionen med 110 kN. Även om den bussmodellen är överdriven i förhållande till verkligheten får det förmodas att stombussar belastar med mer än en axel på 100 kN. Den här jämförelsen har gjorts mot tabell 3, vilket är den med mest fördelaktiga egenskaper. Hållfasthetsklassen som jämförelsen är gjord mot såväl som fibrernas egenskaper är bättre än de egenskaper överbyggnadskonstruktionerna i denna rapport har. Spåröverbyggnaderna har lägre hållfasthetsklass än K60 och residualhållfastheten är troligtvis lägre än de 80-90 % som i kapitel 2.3.3 anges ska vara sprickfördelande. Detta syns tydligt i avsnitt 2.5.1 där residualhållfastheten hos stålfiberbetongen är 69 %. Det är alltså troligt att beläggningen på 110 mm klarar långt färre än de 900 000 passager på 40 år som tabell 3 anger.

4 Typskador

De skador som vanligen kan förekomma i betongöverbyggnader är sprickor, fogskador och vidhäftningsskador. Trafikverkets, dåvarande Vägverkets, allmänna tekniska beskrivning, ABT Väg, innehåller ett kapitel som beskriver skador och möjliga orsaker till dessa skador i betongvägar. De skador som beskrivs i ABT Väg är sprickor och fogskador. Vidhäftningsskador beskrivs dock inte i ABT Väg, men dessa skador kan uppstå i konstruktioner där gjutning har skett i två lager och är således av vikt att beskriva i detta kapitel.

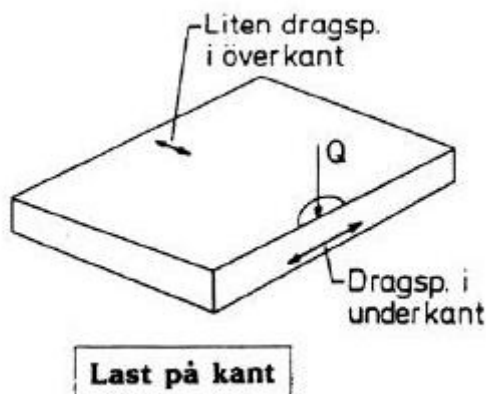
4.1 Sprickor

Det finns ett flertal olika sprickor som kan uppstå på betongvägar och dessa brukar delas in i fyra grupper enligt figur 15 nedan.



Figur 15 Fyra olika typer av sprickor som förekommer på betongvägar (Vägverket, 2005).

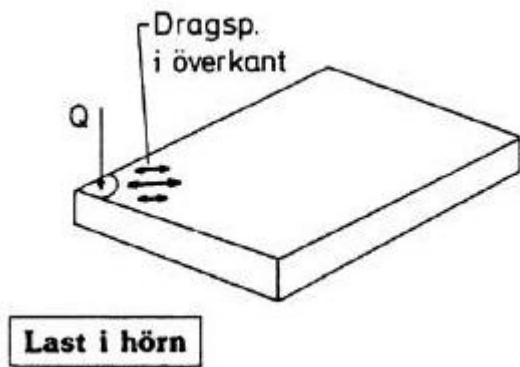
Längsgående sprickor är som namnet antyder en eller flera sprickor i vägens längdriktning och det finns flera möjliga orsaker till denna typ av spricka. Längsgående sprickanvisningar kan vara bristfälliga på grund av olämplig fogutformning, sågning av den längsgående fogen kan vara gjord för sent eller fogavståndet kan vara för stort. Betongtjockleken kan vara underdimensionerad i förhållande till trafiklasten vilket kan leda till sprickor (Vägverket, 2005). Att trafik belastar konstruktionen nära beläggningskanten är ytterligare en möjlig skadeorsak då en sådan belastning orsakar dragspänningar i plattans överkant i riktning tvärs konstruktionen enligt figur 16 nedan.



Figur 16 Last, Q , på plattkant som ger upphov till dragspänningar längs konstruktionen i underkant och tvärs konstruktionen i överkant (Petersson, 1990).

Tvärgående sprickor är sprickor som uppstår mellan sågade sprickanvisningar, fogar, tvärs konstruktionen. Likt längsgående sprickor kan orsakerna till dessa sprickor vara olämplig fogutformning, differanssättningar eller otillräcklig dimensionering av betongtjockleken för trafiklasten (Vägverket, 2005).

Diagonalt över plathörn kan så kallade hörnsprickor uppstå. Precis som för ovan nämnda spricktyper kan dessa uppstå om betongtjockleken inte är tillräckligt dimensionerad i förhållande till trafiken. Är fogarna inte tillräckligt täta kan material under plattan erodera bort och påkänningarna i plathörnet således bli större än det beräknade värdet (Vägverket, 2005). Trafiklast på plathörn ger även upphov till dragspänningar i plattöverkant diagonalt tvärs hörnet enligt figur 17. Dessa spänningar kan orsaka sprickor vinkelrätt spänningsriktningen som börjar i plattans överkant. Ytterligare orsak till hörnsprickor kan vara avsaknad av dymlingar, det vill säga ingjutna rundstänger som ska föra över tvärkrafter mellan plattorna och motverka relativa vertikala rörelser.

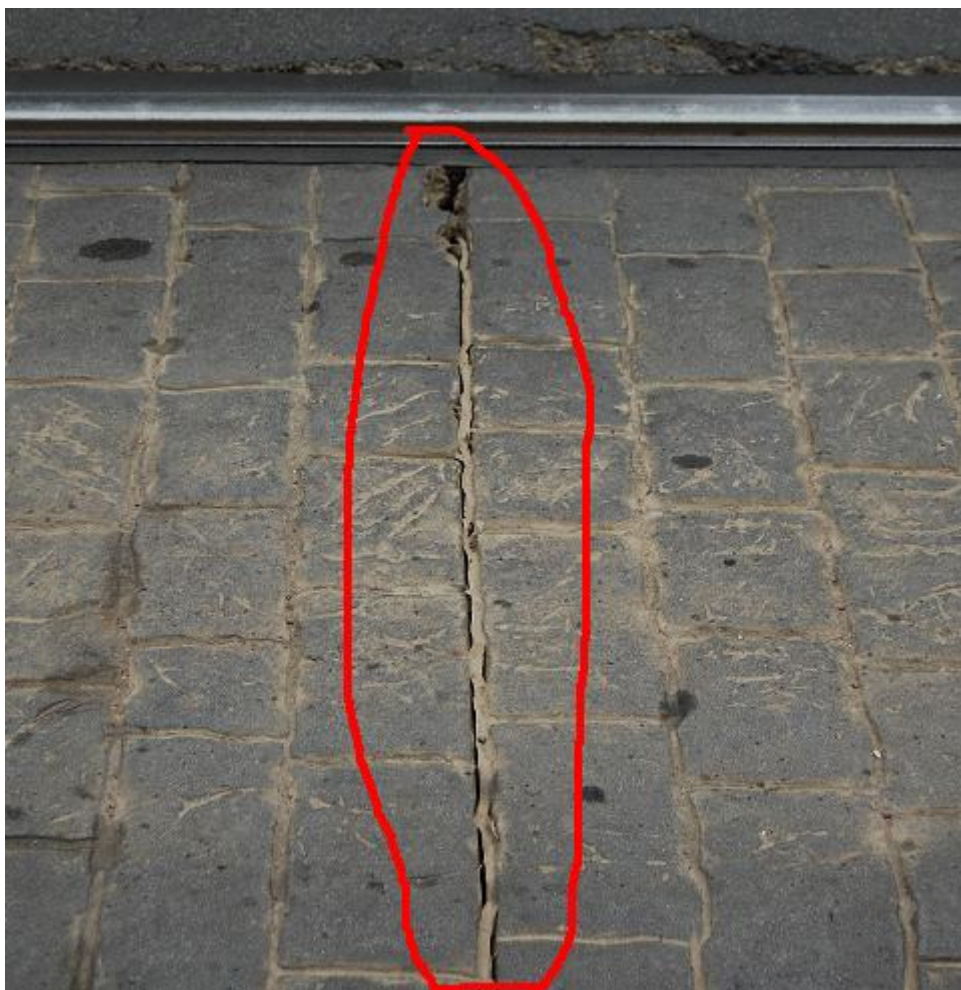


Figur 17 Last, Q , på plathörn som kan ge upphov till dragspänning i överkant vilket kan ge hörnsprickor tvärs spänningsriktningen (Petersson, 1990).

Blocksprickor är en kombination av längs- och tvärgående sprickor som med tiden utvecklats till ett blockmönster och orsakas av de faktorer som redovisats för de längs- och tvärgående sprickorna ovan (Vägverket, 2005).

4.2 Fogskador

Med fogskador åsyftas främst att fogmaterial inte tätar fogen så som det är tänkt. Detta kan bero på att vidhäftningen mellan betong och fogmaterial är för dålig, att fogmaterialet förlorat sina elastiska egenskaper eller att fogen är för bred för fogmaterialets kapacitet (Svensk byggtjänst och Cementa, 2002, s. 236). I figur 18 visas en fogskada på betongöverbyggnad på Östra Hamngatan.



Figur 18 Otät fog på Östra hamngatan.

Skador på fogarnas kanter, det vill säga på betongkanterna i fogarna, kan göra kanterna ojämna och försämra konstruktionens täthet. Orsaker till detta kan vara att fogarna sågas för tidigt, att sprickor bildats vid sågningen eller att fordon med dubbdäck nött kanterna (Vägverket, 2005).

4.3 Vidhäftningsskador

Då betong gjuts ovanpå en befintlig platta är det viktigt att de båda lagren fäster vid varandra, det vill säga får god vidhäftning. Enligt Ljungkrantz, Möller och Petersons (1994) är vidhäftningsförmågan sammanhängande med betongens skjuvhållfasthet som i sin tur har att göra med tryckhållfastheten (Ljungkrantz, Möller och Petersons, 1994, s. 441-442). Zonen mellan gjutytorna utsätts för påkänningar, främst skjuvpåkänning, av lasterna som verkar på konstruktionen. För att undersöka om vidhäftning finns mellan de två betonglagren, utförs så kallad "bom-knackning". Det går till väga så att knackning med en hammare utförs på betongen för att utskilja om det låter ihåligt eller stumt. Om ljudet är stumt är vidhäftningen god och i annat fall så är den bristfällig och så kallat "bom" är påträffad (Bring, 1967).

Vidhäftningen mellan ett befintligt betonglager och en pågjutning beror på ett flertal olika aspekter, så som hållfasthet hos den befintliga betongen, ytans behandling och styrka, pågjutningsmaterialets egenskaper och själva utförandet. Det finns också ett flertal olika faktorer som kan försämra vidhäftningen. Det är viktigt att yta som ska gjutas är helt ren från damm och smuts. Om krympningen av den pågjutna betongen är större än hos den befintliga sker ofta brott med början längs kanter och hörn i konstruktionen. Inverkan av klimatfaktorer, exempelvis vatten och frost, försämrar också vidhäftningsförmågan genom att ytskikten bryts ner (Ljungkrantz, Möller och Petersons, 1994, s. 444-446).

5 Observerade skador

Genom fältstudier gjordes iakttagelser på de för rapporten aktuella platserna. På en del håll är skadorna i fråga väldigt långt gångna och det har förekommit försök till lagningar. Omfattningen på skadorna skiljer sig också mellan de olika platserna.

5.1 Östra Hamngatan

Längs överbyggnaden på Östra Hamngatan förekommer det omfattande skador i form av sprickor i de övre betongplattorna, framför allt på de yttersta där bussarlasterna verkar. Det handlar främst om tvärgående sprickor och hörnsprickor. De övre plattorna har i flera fall utsatts för vidhäftningsbrott och en del av dem har lossat helt och ligger löst ovanpå den undre plattan, se figur 19. Detta kan lätt uppfattas visuellt och hörs även när hjulbunden trafik passerar.



Figur 19 Del av platta som ligger löst.

Vid fältstudierna identifierades tvärgående sprickor i det övre betonglagret på många håll, där laster från hjulbunden trafik verkar och vidhäftningsbrott uppstått. Då den övre betongplattan ligger helt löst leder detta till en rad problem så som buller, vatten som läcker in i konstruktionen och ej leds bort samt trasiga fogar.

På Östra hamngatan har vidhäftningsbrott identifierats på flertalet ställen vid undersökning utförd av ÅF enligt Bilaga D.

5.2 Grönsakstorget

Hållplatsläge A och B, betongslitlager:

En konstruktionsdetalj som är problematisk i den här typen av överbyggnad är bristen på dränering då grundavloppen sitter glest. Grundavloppen som ska leda ner vattnet genom konstruktionen har en tendens att proppas igen av partiklar som förs med av dagvattnet och grundavloppen förlorar då sin funktion (Bessvi, 2012). Detta medför att vatten blir stående i konstruktionen. Vid underhållsarbeten borras ofta nya dräneringshål för att försöka åtgärda problemet.

Rippenplattorna har i vissa fall blivit utsatta för korrosion till den grad att armeringsstängerna släppt och plattan således lossnat (Boberg, 2005). Är denna platta inte infäst innebär det att när spårvagnar passerar på rälen så kan plattan nöta mot betongens yta vilket i sin tur leder till skador i betongen.

Gummiduken som ska skilja rälen från betongen har i många fall lossnat. Även i den här konstruktionen identifierades omfattande sprickor på det övre betonglagret, framför allt där lasterna från hjulbunden trafik verkar. Det handlar här om tvär-, hörn- och blocksprickor, se figur 20.



Figur 20 Sprickbildning, asfaltslagning samt lossad längsgående gummiduk.

Det mellersta lagret av krossmaterial har i vissa fall brutits ner till mindre fraktioner eller eroderat bort, vilket gör fördelning av lasten från den hjulbundna trafiken ojäm (Bessvi, 2012).

Det är främst områdena på ytersidan av rälna, där busstrafikens hjul passerar, som har blivit reparerade genom ifyllning av asfalt. Vissa delar mellan rälna har också reparerats på samma sätt vilket syns i figur 21.



Figur 21 Reparation med asfalt.

Skador i hållplatsläge C och D, asfaltslitlager:

På grund av att det är samma typ av bottenplatta som föregående konstruktion förekommer det samma problematik med bristfällig dränering och rostskadade rippenplattor.

En annan vanligt förekommande skada i den här typen av överbyggnad är att asfaltslitlagret intill rälerna snabbt nöts ut och spricker och måste lagas eller bytas ut. Denna frågeställning ligger dock utanför det aktuella projektets avgränsningar.

5.3 Drottningtorget

I överbyggnaden vid Drottningtorget har observerats att rälerna i alla fyra hållplatslägen "hänger löst" på den västra sidan av konstruktionen och bågnar ner då spårvagn passerar. Just på den västra sidan har också de översta betonglagren till stor del bytts ut mot ett asfaltslitlager som i sin tur har slitits ut invid rälerna. I figur 22 syns också att lera har trängt upp och ligger synlig längs en av rälerna, vilket sker när vagnar passerar. Detta är ett tecken på att vatten är stående i konstruktionen. Att rälerna "hänger löst" kan tyda på att bottenplattan vid den aktuella sidan har satt sig och/eller att rälunderläggen eroderat bort.



Figur 22 Lera och vatten tränger upp invid rälen där asfalten förvunnit.

Här finns dock inte samma uppenbara problem med sprickbildning, trots att konstruktionen är densamma som vid Grönsakstorget, läge A och B.

5.4 Järntorget

I överbyggnaden vid Järntorget har inga större skador iakttagits, bortsett från enstaka sprickbildningar och nivåskillnader mellan vissa betongplattor, se figur 23, vid hållplatsläge C och D där bussar passerar med låg frekvens.



Figur 23 Nivåskillnad mellan två betongplattor.

En antydning till nivåskillnad mellan räl och betongslitlager finns där enbart spårvagnstrafik förekommer, vilket syns i figur 24. Fogmassan har även här, tillsammans med gummiduken, tenderat att släppa och erodera bort.



Figur 24 Nivåskillnad mellan räl och betongslitlager.

5.5 Södra vägen och Korsvägen

På Södra vägen har tvärgående sprickor i stor omfattning observerats tvärs över hela betongslitlagret på koncentrerade ytor, se figur 25. Tvärgående sprickor finns längs hela sträckan, dock inte lika tätt som visas i figuren.



Figur 25 Tvärgående sprickor.

Flertalet tvärfogar är breda, det vill säga de överstiger de 2-3 millimeter som rekommenderas för fogar utan fogmassa (Svensk byggtjänst och Cementa, 2002, s. 210). Tätningsmassa har även lossnat vid sågade tvärfogar som ska vara täta, se figur 26.



Figur 26 Tätningsmassa i fog som inte sluter tätt.

Vid Korsvägens hållplatslägen har flertalet hörnsprickor observerats och där hörnen på plattan i princip är avspjälkad, se figur 27. De yttersta plattorna där busslaster verkar har tagit stor skada då omfattande asfaltslagningar har utförts.



Figur 27 Hörnspricka där hjulbunden trafik verkar.

För att undersöka om vidhäftningsskador är lika omfattande på denna sträcka som de är på Östra Hamngatan har bomknackning, som beskrivs i kapitel 4.3, utförts. Resultaten från denna undersökning visar att bom inte förekommer i någon större omfattning. Ett fåtal bom har påträffats men dessa är i anslutning till sprickskador och områden som reparerats med asfalt.

5.6 Sammanställning av observerade skador

Då skadeobservation gjorts under enstaka tillfällen det första halvåret 2012 är det omöjligt att bestämma tidpunkten för skadors uppkomst. All observation har även gjorts i konstruktioner som varit i bruk under flera år så att eventuella skador i ung betong kan inte identifieras.

Otäta fogar har observerats vid alla undersökta platser. Det är främst tvärgående fogar där stor sprickbredd har observerats som antingen saknar tätande fogmassa helt eller fogmassan har lossat från fogkant. Detta leder till att konstruktionen är otät. Vatten kan då tränga ner i konstruktionen och laster på grund av vattenpåverkan kan skada konstruktionen. I överbyggnader av typen betongplatta + betong är det dessutom vanligt att fogmassa mellan plattkant och räl är väldigt skadad eller helt saknas. I edilonkonstruktionerna är det edilongummit, vars uppgift är att både hålla rälerna på plats samt att vara tät, som utgör fog mellan räl och plattkant.

På Södra vägen finns vidhäftningsskador enbart i anslutning till sprickskador och områden reparerade med asfalt. Reparation med asfalt görs i regel då skadan på

överbyggnaden är såpass omfattande att den utgör en fara för trafikanter. Sprickor förekommer dock där inga vidhäftningsskador identifierats. På Östra Hamngatan råder motsatta förhållanden det vill säga mängden vidhäftningsskador överstiger antalet sprickskador och vidhäftningsskador finns där inga synliga skador observerats.

Utifrån resultatet att ingen frostavskalning har kunnat observeras på beläggningsytor i kombination med att betongen ska vara frostbeständig borde inte skador av den här typen vara aktuell för dessa konstruktioner.

De vanligaste sprickskador som har observerats är hörnsprickor och tvärgående sprickor. Hörnsprickor finns främst där överbyggnaden är av betongplatta + betong i kombination med tät bussartrafik, så som på hållplatsläge A och B på Grönsakstorget. Det är dock inte uteslutande på denna konstruktionstyp dessa skador uppstår utan de finns även där överbyggnaden är av edilotyp och bussar trafikerar sträckan, exempelvis Korsvägens hållplatslägen.

6 Dimensionering av betongöverbyggnad i PMS Objekt

PMS Objekt är ett Windowsbaserat verktyg som Trafikverket använder för analys och design av vägöverbyggnader (Trafikverket, 2011). Genom att använda PMS Objekt för att dimensionera en betongöverbyggnad för kollektivtrafik kan man bedöma om en befintlig överbyggnad svarar mot dagens krav samt vilka töjningar som uppstår i de olika materiallagren i överbyggnadskonstruktionen. Som exempel valdes överbyggnaden på Östra Hamngatan och som indata användes normalsektionsritning för överbyggnaden vid Östra Hamngatan, se bilaga C, samt trafikbelastningar uträknade från aktuell tidtabell från fordon som trafikerar sträckan.

6.1 Beräknad trafikbelastning

Trafikbelastningen beräknades genom att undersöka vilka kollektivtrafiklinjer som trafikerade sträckan mellan hållplatserna Brunnsparken och Kungssportsplatsen samt hur många gånger per vardag varje linje trafikerade sträckan i en riktning. I detta fall beräknades den södergående trafiken och antal beräknade passager per linje finns redovisat i tabellerna 5 och 6 fördelat på trafikslag.

Tabell 5 Antal södergående spårvagnspassager per linje.

Linjenummer:	Antal södergående passager (fordon/vardag)
3	109
4	111
5	105
7	115
10	106
Totalt	546

Tabell 6 *Antal södergående busspassager per linje.*

Linjenummer:	Antal södergående passager (fordon/vardag)
18	110
42	47
50	87
52	53
58	55
300	23
330	23
771	38
Röd express	48
Orange express	33
Grön express	100
Flygbuss	58
Totalt	675

Då trafikintensiteten på fredagkvällar är något högre än övriga vardagskvällar antogs att 5 extra fordon på fredagar fördelades jämnt över antalet vardagar.

Exempel: 100 passager måndag-fredag + 10 extra passager fredag = $100 + 10/5 = 102$ passager/vardag.

6.2 Dimensioneringsprinciper

Överbyggnader dimensioneras med hänsyn till trafikbelastning och rådande klimat (Vägverket, 2005). Då PMS Objekt användes för att undersöka om överbyggnads-konstruktionen på Östra hamngatan klarar trafikverkets krav har följande antaganden gjorts.

- Axellaster från spårvagnar och bussar är de som redovisas i avsnitt 3.1.1 och avsnitt 3.1.3.
- Vid tjälberäkningen beaktades inte trafikbelastningarna. Tjälberäkningen gjordes utifrån aktuell klimatzon och materialegenskaper och tjocklekar i överbyggnad.

- Trafikbelastningar beräknades separat för spårvägstrafik och för hjulbunden trafik, då fordonen har olika antal ekvivalenta standardaxlar.
- Vid beräkning av trafikbelastning bortsågs från den övre betongplattan, det vill säga 150 millimetern betong, se bilaga C. Detta gör att beräknad töjning i det bundna lagret blir större betongplattans tjocklek ses som mindre än verkliga. Slutsatsen av detta är att beräkningarna blir på den säkra sidan. Anledningen till denna förenkling är att få jämförbara resultat ifrån spår- och hjulbunden trafik.
- Trafikbelastningen av spårtrafiken och den hjulbundna trafiken adderades för att kunna jämföra om den överstiger tillåten belastning.

6.3 PMS Objekt

Antagna ingångsvärden valdes utifrån klimatzon, referenshastighet på sträckan samt dimensionerad livslängd. Överbyggnadsgeometrin valdes utifrån normalsektionsritning över Östra Hamngatan enligt tabell 7.

Tabell 7 Antagna ingångsvärden och överbyggnadsgeometri.

Klimatzon	1
Referenshastighet (km/h)	50
Dimensionerande livslängd (år)	20
körfält (styck per riktning)	1
Vägbredd (meter)	6,9
Väggrensbredd (meter)	0
Körfältsbredd (meter)	3,5*

*Egentlig körfältsbredd 3,45 meter men programmet avrundar till en decimal.

6.3.1 Trafikberäkningar

Trafikberäkningar gjordes först för spårtrafiken med nedan följande indata:

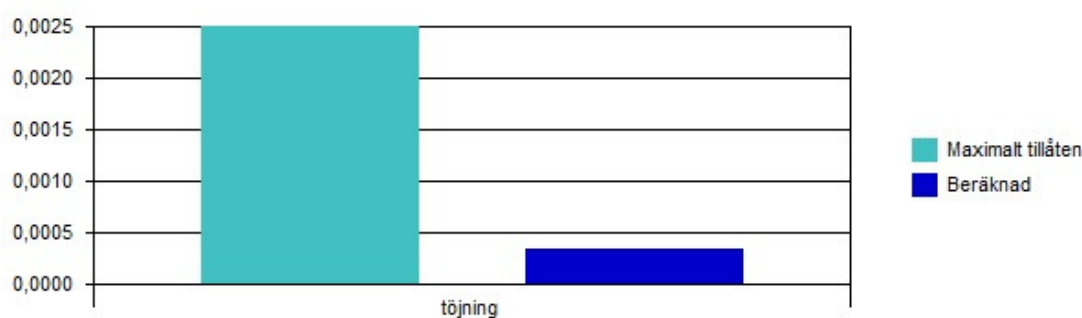
- Årsdygnstrafik per körfält: 546 fordon
- Antagen trafikförändring per år: 0 %
- Andel tunga fordon: 100 %
- Standardaxlar per tungt fordon: 9,6 stycken

Med dessa indata beräknades ekvivalent antal standardaxlar, $N_{ekv, spårvagn} = 38\,263\,680$. Detta gjordes med utgångspunkt i att ingen procentuell trafikförändring sker under dimensioneringsperioden och att alla spårvagnar betraktas som tunga fordon, det vill säga överstiger 3,5 ton i vikt.

Nästa steg i dimensioneringen var att definiera undergrundsmaterial och överbyggnadens uppbyggnad.

Materialet i undergrunden består av lera och lagren i överbyggnaden, utom det översta lagret betong som försummas i spårvägsberäkningarna, är 600 millimeter tjockt. Betongbeläggningen är 250 millimeter tjock av draghållfasthetsklass T 2,5.

Resultatet av bärighetsberäkningarna gav att tillåtet antal standardaxlar för konstruktionen med hänsyn till tillåten töjning i underkant av det bundna lagret är $N_{till,bb} = 2\,928\,674\,653$. Övriga resultat från bärighetsberäkningarna för spårvägslasten är att den ackumulerade dragtöjningen i det bundna lagret varierar årstidsvis mellan 0,000019–0,000028 och att den ackumulerade trycktöjningen i terrassytan varierar årstidsvis mellan 0,000019–0,000137. För mer detaljer hänvisas till bilaga E. Trycktöjningen i terrassytan från enstaka last visas i figur 28.



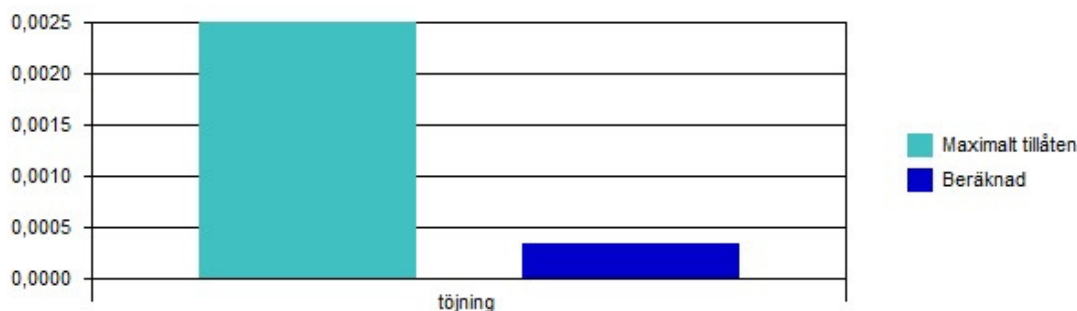
Figur 28 Förhållande mellan maximalt tillåten trycktöjning och beräknad trycktöjning utifrån spårvagnsbelastning.

Trafikbelastningar från den hjulbundna trafiken beräknades på likvärdigt sätt med följande ingångsdata:

- Årsdygnstrafik per körfält: 675 fordon
- Antagen trafikförändring per år: 0 %
- Andel tunga fordon: 100 %
- Standardaxlar per tungt fordon: 3,3 stycken

Samma antaganden gjordes vid denna beräkning, det vill säga, den årliga trafikförändringen valdes till 0 % och alla bussar klassades som tunga fordon. Utifrån dessa indata beräknades ekvivalent antal standardaxlar, $N_{ekv,buss} = 16\,260\,750$. Konstruktionens uppbyggnad antogs fortfarande vara samma som för spårvagnslasten, det vill säga betongbeläggning med 250 millimeters tjocklek med draghållfasthetsklass T2,5.

Resultat från bärighetsberäkningar för busslaster visar att ekvivalent antal standardaxlar från bussar, $N_{ekv,buss}$, kraftigt understiger de för överbyggnaden tillåtna antalet standardaxlar, $N_{till,bb}$. Övriga resultat från beräkningar visar att den ackumulerade dragtöjningen i det bundna lagret varierar årstidsvis mellan 0,000019–0,000028 och att den ackumulerade trycktöjningen i terrassytan varierar årstidsvis mellan 0,000019–0,000137. För mer detaljer hänvisas till bilaga E. Trycktöjningen i terrassytan från enstaka last visas i figur 29.



Figur 29 Förhållande mellan maximalt tillåten trycktöjning och beräknad trycktöjning utifrån spårvagnsbelastning.

6.3.2 Tjälberäkningar

Då tjälberäkningar genomfördes togs hela betongkonstruktionens tjocklek i beaktande då den har en värmeisolerande förmåga som i sin tur påverkar beräknat tjällyft. Lageruppbyggnaden i konstruktionen ser ut enligt figur 30 och det bör noteras att betongen här antogs vara 400 millimeter tjock.

Konstruktionens uppbyggnad

Terrass och överbyggnadstyp | Tjocklek och styvhetmoduler | Övriga egenskaper

	Material	Tjocklek [mm]	Vinter [MPa]	Tjäl.vinter [MPa]	Tjällossning [MPa]	Senvår [MPa]
1	Cementbetong T2,5	400	32000	32000	32000	32000
2	Obundet bärlager	50	1000	150	300	450
3	Förstärkningslager krossat mate	300	450	450	450	450
4	Skyddslager	0	1000	1000	70	85
T	4b - Lera	0	1000	1000	30	40

Total tjocklek bunda lager: 400 mm Total tjocklek ovan övre terrassyta: 750 mm

Lägg till material... Byt ut... Flytta upp

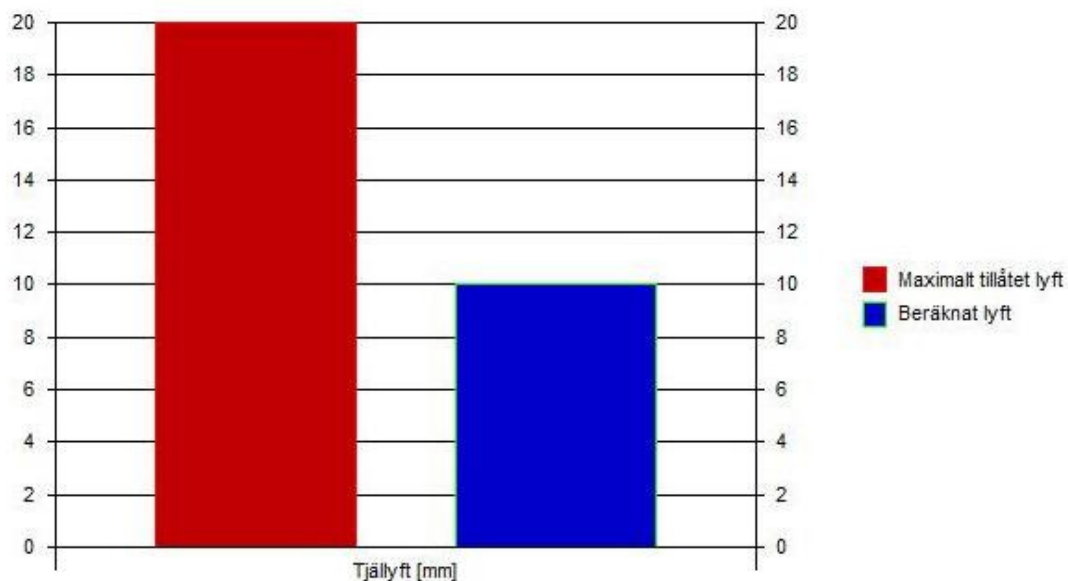
Lägg till undergrund... Ange terrassyta... Ta bort Flytta ner

Spar material Förändrad överbyggnadstyp - för att kunna återanvändas till annat avsnitt måste den sparas! OK Avbryt

Figur 30 Antagen lageruppbyggnad för konstruktionen vid beräkning avseende tjällyftning.

När tjälberäkningarna utfördes i programmet erhöles ett beräknat tjällyft som är beroende av temperaturdata. Det finns ett flertal olika väderstationer att välja mellan och den som är den geografiskt närmsta är Högen och den dimensionerande säsongen för denna station är 1995/1996.

Resultaten från denna beräkning visar att det beräknade tjällyftet är 10 millimeter och att det maximalt tillåtna är 20 millimeter enligt figur 31. Mer detaljerad information finns att läsa i bilaga E.



Figur 31 Förhållandet mellan maximalt tillåten och beräknad tjällyftning.

6.4 Resultat av beräkningar

Att skillnaden mellan beräknad och tillåten töjning för spårvagnslast respektive busslast är snarlika är inte förvånande då de motsvarar snarlikt antal ekvivalenta standardaxlar. Den beräknade töjningen på grund av busslasten är dock klart överdriven i dessa beräkningar då det övre betonglagret inte har inkluderats.

Dock kan konstateras att överbyggnaden gott och väl klarar kraven på maximalt tillåten töjning i underkant bundet lager även då övre betongplattan förbisetts.

$$N_{ekv, spårvagn} + N_{ekv, buss} \leq N_{till, bb} \rightarrow 38\,263\,680 + 16\,260\,750 \leq 2\,928\,674\,653$$

Enligt beräkningar utförda i PMS Objekt föreligger ingen risk att tjällyft ska överstiga de 20 millimeter vilket är tillåtet enligt Trafikverkets krav.

Det kan således konstateras att överbyggnaden på Östra Hamngatan är tillräckligt dimensionerad med hänsyn till trafiklast och tjällyftning med de antaganden som är gjorda. Det är snarare så att konstruktionen är överdimensionerad med avseende på lagertjocklekar.

7 Analys

I avsnitt 3.7 analyseras olika påkänningar och deras möjlighet att påverka konstruktionerna. Utgående från avsnitt 3.7 och de skador som observerats analyseras i detta kapitel samband mellan orsaker och skador.

Då skadeinventeringen är gjord långt efter betongkonstruktionernas härdning finns ingen möjlighet att bedöma om temperatur- och/eller krympsprickor uppstått i betongens unga ålder. Arbetsutförandet är inte känt, men undermåligt utförd produktion påverkar konstruktionens livslängd och egenskaper. Inom ramarna för projektet har ingen undersökning gjorts för att identifiera sättningar. Dock kan det konstateras att sättningar påverkar lastfördelningen i betongen vilket kan leda till sprickskador.

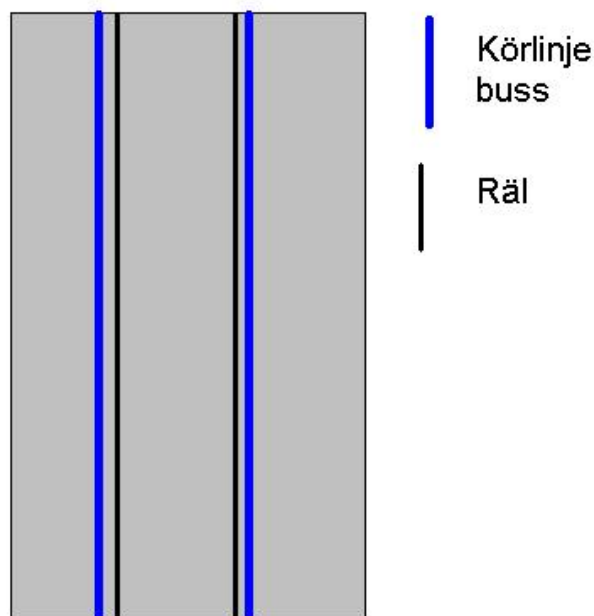
Överbyggnader med betongplatta + betong har visat sig vara underdimensionerade med avseende på den övre plattan i de fall då bussar trafikerar dessa i stor utsträckning. Detta märks tydligt då man jämför Grönsakstorget med Drottningtorget och Järntorget. Det är mycket omfattande sprickskador vid Grönsakstorget där två stombusslinjer trafikerar. Vid Drottningtorget går nästan inga bussar och sprickskadorna är få trots att spårvagnstrafiken där är mycket mer omfattande. Sprickmängden vid Järntorget är inte så omfattande, men skillnader kan ses på det hållplatsläget som är trafikerat av bussar. Variationen på sprickutbredning tyder på att livslängden på konstruktioner uppnås tidigare än den dimensionerade livslängden där bussintensiteten är hög. Betongplatta + betong finns, som tidigare nämnts i avsnitt 2.4.1, inte med i nuvarande TPU och projekteras således inte längre, vilket talar för att Trafikkontoret anser att konstruktionen är undermålig.

Otäta fogar där vatten kan tränga in försämrar också konstruktionens bärighet. Är konstruktionen otät i plathörn, det vill säga där två fogar möts, och materialet under plattan eroderar bort eller ger ett ojämnt upplag för plattan samtidigt som bussar trafikerar hörnet kan hörnsprickor initieras från ovankant platta. Vid tvärgående fogar kan tvärgående sprickor initieras i ovankant platta i närhet av fog om underlaget är ojämnt, då omfördelning av påkänningar lokalt kan leda till böjspänningskoncentration som uppnår hållfastheten.

Hörnsprickornas uppkomst borde minska då betongen är stålfiberarmerad och inte konventionellt armerad i underkant, det vill säga betongen har ingen dimensionerad tryckzon eller dragzon. En fiberarmerad platta ska kunna ta upp dragspänning lika bra i överkant som i underkant. Det finns inga dymlingar för lastöverföring genom fogar i den övre plattan. Därutöver tar dimensioneringspraxis i Sverige ingen hänsyn till last i hörn som trots allt är ett belastningsfall som förekommer.

En konstruktion av edilotyp har i kapitel 6 dimensionerats i PMS Objekt för att undersöka om den uppfyller de krav som trafikverket ställer med hänsyn till trafikbelastning och tjällyftning. Med de antaganden som gjordes visade sig konstruktionen klara kraven med god marginal. Då det trots allt finns en omfattande skadebild på båda de platser där denna konstruktion undersökts och att de antaganden som gjordes vid dimensioneringen var ”på säkra sidan” så tyder det på PMS Objekt inte är optimalt vid dimensionering av spåröverbyggnader. Resultat från föreliggande arbete visar att last på kant och i hörn inte beaktas i svensk dimensioneringspraxis.

Vid last på kant blir de lokala spänningarna större än om belastningen sker centriskt på plattan. Busslaster på spåröverbyggnad belastar dock nästan alltid plattkant och plathörn på den övre plattan, då körlinjen mellan buss och spårvagn i princip sammanfaller som i figur 32 varvid spänningskoncentrationer uppstår i plattkant och plathörn.



Figur 32 Körlinje för busstrafik sammanfaller med räl och belastar således plattkant och plathörn på den övre plattan.

Vidhäftningsskador mellan betongplattor i edilonkonstruktioner uppträder enligt resultat i studien i större omfattning där den övre betongplattan är av mindre tjocklek, det vill säga där lågräl används. Vid samma belastning blir, enligt elasticitetsteori, skjuvspänningarna större i vidhäftningszonen i konstruktioner med tunnare övre platta. Det här stämmer överens med de observationer som gjorts där mindre vidhäftningsskador påträffats på Södra vägen än vad som finns på Östra Hamngatan. Vidhäftningsskador ger sämre bärförmåga hos konstruktionerna. Anledningen till att vidhäftningsskador uppstår kan inte med säkerhet fastställas, men faktum att trafikbelastning sker på kanter i kombination med en otät konstruktion kan vara en bidragande orsak. Spänningskoncentration vid plattkant och påverkan från klimatkfaktorer i ytskiktet mellan plattorna kan innebära att vidhäftningsförmågan uppnås.

Ytterligare anledning till att vidhäftningsskador uppstår kan vara att konstruktionen inte är dimensionerad med avseende på skjuvning. Betongöverbyggnader dimensioneras, som redovisas i avsnitt 2.3.3, normalt med hänsyn till kriteriet maximalt tillåten dragspänning i betonglagrets underkant. Det är möjligt att efter ett visst antal lastväxlingar så uppnås betongens, på grund av utmattning, försämrade skjuvhållfasthet.

Som konstateras i avsnitt 3.5 föreligger ingen risk för sprängning av betongen vid korrosionsangrepp på fibrerna däremot så kan de förlora sin funktion. I en otät fog mellan två plattor där fibrerna är exponerade kan korrosion påverka

lastöverföringsförmågan mellan plattorna. Korrosionsangrepp kan även ske på anslutningsdetaljer så som rippenplattor.

Då det inte funnits möjlighet att utföra mer djupgående studier av konstruktionerna, exempelvis i form av att ta provbalkar eller borrhärlor i konstruktionerna har det varit omöjligt att avgöra hur överbyggnaden ser ut under slitlagret och hur väl det stämmer överens med typritningar som använts som underlag. En mer omfattande utredning hade varit av intresse och förslag på vidare studier ges i kapitel 8.

8 Slutsats

Då det är väldigt svårt att definitivt redogöra för en skadas exakta orsak utan fördjupade försök och studier, har det i detta projekt gjorts analyser på en teoretisk nivå. Okulärt besiktigade skador har sammankopplas med teoretiskt möjliga påverkningar på konstruktionerna. Utifrån vad som kommit fram i analysen har ett antal slutsatser kunnat dras. Eventuella brister i överbyggnaderna, vanliga skador och möjliga samband mellan påverkningar och skador presenteras här i kortfattad form. Även vad studien bidragit med avseende ny kunskap samt förslag på vidare studier presenteras.

Då det kommer till brister i konstruktionslösningar kan följande konstateras:

- Lastfall ”inre last”, det vill säga en punktbelastning från hjul belastar plattmitt, används enligt dimensioneringspraxis. Detta lastfall är dock inte det som speglar verkligheten bäst, då räler i körbanan gör att trafikbelastning i princip alltid sker på plattkant på den övre betongplattan.
- Konstruktionernas otäthet och brist på dränering är av betydelse för bärförmågan. Betongen i sig bedöms däremot inte ta skada av vattenpåverkan i form av frostsador. Betongen kan dock påverkas indirekt om vatten fryser i konstruktionen, eller om andra material i konstruktionen eroderar eller blir vattenskadade.

De vanligaste skadorna som förekommer i betongöverbyggnader är:

- Sprickskador, då främst hörn- och tvärgående sprickor. Dessa kan bero på att överbyggnader av typen betongplatta + betong är underdimensionerade för trafiklast vid sträckor med hög bussintensitet. Fogskador och otäta fogar kan ge upphov till sprickor i båda konstruktionstyperna om underliggande material påverkas av vatten som ger ett ojämnt upplag för betongplattor.
- Fogskador i form av att fogar inte sluter tätt på grund av avsaknad av fogmassa, eller att fogmassan har spruckit alternativt lossnat från kant. Fogskador kan bero på undermålig fogmassa eller bristande arbetsutförande men det är inget som har behandlats i den aktuella studien.
- Vidhäftningsskador är bristfällig vidhäftning i zonen mellan två betongplattor som ligger på varandra. Anledningen till att vidhäftningsskador uppstår kan dock inte med säkerhet fastställas, men faktum att trafikbelastning sker på kanter i kombination med en otät konstruktion kan vara en bidragande orsak. Spänningskoncentration vid plattkant och påverkan från klimatfaktorer i ytskiktet mellan plattorna kan då innebära att vidhäftningsförmågan uppnås.

Vad har projektet gett för ny kunskap:

- Överbyggnader av typen betongplatta + betong är underdimensionerade med avseende på tät busstrafik. Detta avser den övre plattan, inte hela konstruktionen.

- Att trafikbelastning från busstrafik sker på plattkant och plattmitt, inte i plattmitt, vilket antas i dimensioneringspraxis.
- Projektet har gett underlag för fördjupade studier om de samband som finns mellan påverkningar och skador.

Förslag till fortsatt arbete:

- Hur vibrationerna från spårtrafiken påverkar konstruktion som helhet såväl som betongen?
- Utföra försök för att undersöka vidhäftningshållfastheten mellan betongplatta och pågjutning.
- Göra undersökningar för att se hur väl verklighet överensstämmer med ritningsmaterial.
- Undersöka hur skadebilden ser ut längre ner i konstruktionen.
- Med utgångspunkt i denna rapport mer grundligt undersöka en specifik skadetyper och undersöka skadebilden längre ner i konstruktionen.
- Undersöka hur överbyggnader kan dimensioneras/konstrueras så att den skadebild som finns idag undviks?

9 Referenser

Bring, Christer (1967): *Vidhäftning mellan hårdnat betongunderlag och pågjutet golvsikt*. Stockholm: Kungliga tekniska högskolan

Engstöm, Björn (2008): *Beräkning av betongkonstruktioner*. Göteborg: Avdelningen för konstruktionsteknik. Chalmers tekniska högskola

Farhang, Ali. A. (2004): *Dimensionering av platsgjutna betongbeläggningar för kommunala ytor*. Stockholm: Tekniska högskolan

Granhage, Leif (2009): *Kompendium i vägbyggnad*. Göteborg: Avdelningen för geologi och geoteknik. Chalmers tekniska högskola

Göteborgs spårvägar (2012) *Banteknik*. Tillgänglig på internet: <http://www.goteborgssparvagar.se/banteknik> (2012-02-02)

Jiang, L, Niu, D & Bai, M (2010): *Experiment Study on the Frost Resistance of Steel Fiber Reinforced Concrete*. (Advanced Materials Research EISSN 1662-8985). Schweiz: Trans tech publications

Ljungkrantz, C, Möller, G & Petersons, N (red.) (1994): *Betonghandbok, Material*. 2 utg. Solna: Svensk byggtjänst

Lövsjögård, M & Silfwerbrand, J (2005): *Temaundersökning: Skadeutredning busshållplatser*. (uppdragsrapport nr 2005-152). Stockholm: Cement och betong institutet

Petersson, Örjan (1990): *Dimensionering av oarmerade betongvägar: Design of plain jointed concrete pavements (PJCP)*. Stockholm: Cement och betonginstitutet (CBI)

Svenska betongföreningen (2006): *Vägledning för livslängdsdimensionering av betongkonstruktioner*. Stockholm: Svenska betongföreningen

Svensk byggtjänst och Cementa (2002): *Betong på mark: handbok. Platsgjutna lösningar*. Stockholm: Svensk byggtjänst

Sällfors, Göran (2009): *Geoteknik: jordmateriallära, jordmekanik*. 4. uppl.

Trafikkontoret Göteborgs stad (2012) *Trafikkontoret*. Tillgänglig på internet: <http://www.goteborg.se/wps/portal/trafikkontoret> (2012-02-02)

Trafikkontoret Göteborgs stad (2012) *Trafikkontorets projekterings- och utförandeanvisningar TPU*. Tillgänglig på internet: <http://www.tpu.tkgbg.se> (2012-02-02)

Trafikverket (2012): *Tekniska krav och råd*. Tillgänglig på Internet: <http://www.trafikverket.se> (2012-03-05)

Trafikverket (2011): *Trafikverkets tekniska krav Vägkonstruktion TRVK Väg*. Borlänge: Trafikverket. Tillgänglig på Internet: <http://www.trafikverket.se> (2012-03-05)

Vägverket (2005): *Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion ATB väg*. Borlänge: Vägverket. Tillgänglig på Internet: <http://www.trafikverket.se> (2012-03-05)

Zandi Hanjari, Kamyab (2010): *Structural behaviour of deteriorated concrete structures*. Diss. (sammanfattning) Göteborg: Chalmers tekniska högskola, 2010

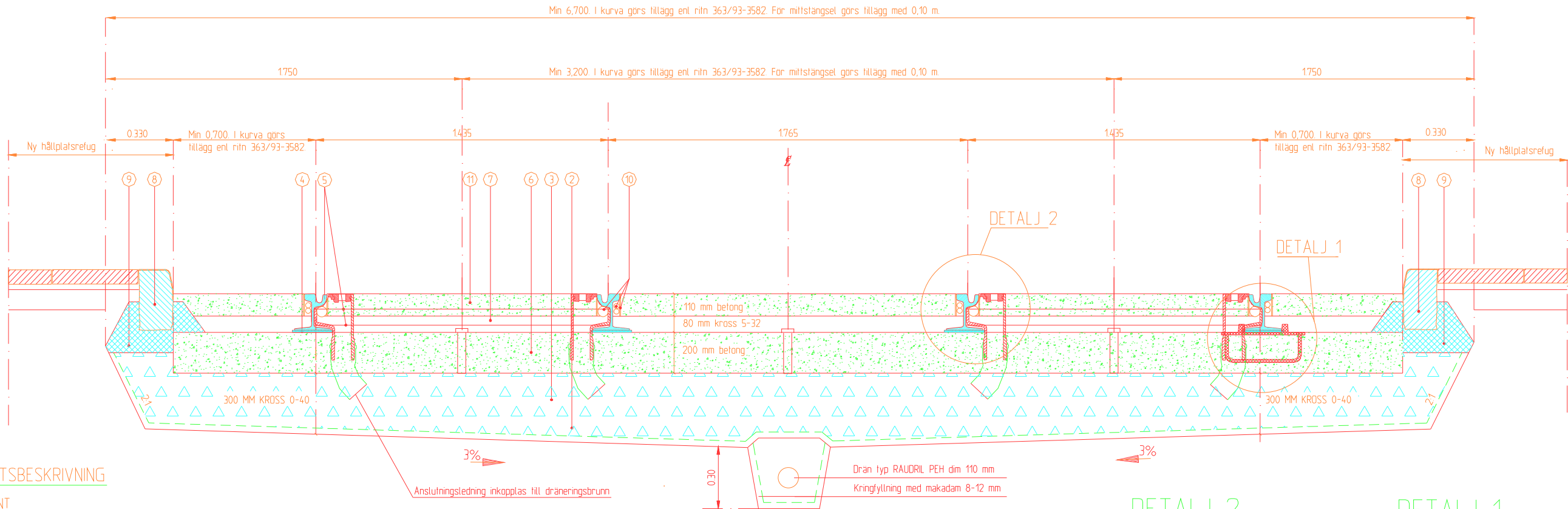
Muntligt referenser:

Bessvi, Roy. Personlig intervju, Arbetsledare Göteborgs spårvägar avdelning Banteknik, kontinuerlig kontakt under våren 2012

Boberg, Peter. Personlig intervju, Projektör Göteborgs spårvägar avdelning Banteknik, kontinuerlig kontakt under våren 2012

Carlehöjd, Jan. Personlig intervju, projektör ÅF, 2012-04-03

UTFÖRANDE VID HÅLLPLATS



ARBETSBESKRIVNING

ALLMÄNT

FÖR UTFÖRANDE OCH MATERIAL GÄLLER VÄG 94, BRD 94 OCH BBK 94, DÄR EJ ANNAT ANGES BETRÄFFANDE LUTNINGAR AV TERRASS- OCH ASFALTYTAN M M, SE TVÄR- OCH LÅNGSEKTIONER Å ARBETSRTNINGAR.

ARBETENA UTFÖRS I FÖLJANDE ORDNING:

1 SCHAKT TILL TERRASSYTAN

SCHAKTARBETENA UTFÖRS FÖRSIKTIGT SÅ ATT TERRASSEN INTE BLIR UPPLUCKRAD ELLER STÖRD. TERRASSEN SKALL PACKAS MED FYRA ÖVERFARTER MED CA 2,5 TONS VIBRERANDE TANDEMVALT MED EN LINJELAST CA 10 KN/M (EXVIS VÄLT TYP DYNAPAC CC 10 ELLER CG 10). VID TERRASS MED DÅLIG BÄRGHET FÅR EN LÄTTARE PACKNINGSMASKIN ANVÄNDAS. TERRASSEN SKALL HELA TIDEN VARA VALDRANERAD.

INNAN UTFYLNING ENLIGT PUNKT 3 NEDAN UTFÖRS, SKALL TERRASSEN ÖVERTÄCKAS MED EN PLASTFIBERDUK AV BRUKSKLASS 2. DUKEN SKALL DRAS UPP UTMED SCHAKTSLÄNTEN TILL 0,30 M UNDER BLIVANDE KÖRBANEYTA. DUKEN SKALL UTLÄGGAS SÅ ATT DEN LIGGER RELATIVT SPAND ÖVER TERRASS- RESP SLÄNTYTAN.

2 DRÄNERING OCH ANSLUTNINGSLEDNINGAR

DRÄNERINGSANORDNINGARNA UTFÖRS ENLIGT OVNAMNDA ARBETSRTNINGAR. ANSLUTNINGSLEDNINGAR DIM 110 MM FÖR SPÄRVATTENAVLEDARE, DRAS UPP TILL ÖK BETONGPLATTA. KRÖKVINKEL UTFÖRS MED 2 ST 45° BÖJAR.

3 UTLÄGGNING AV ÖVERBYGGNADSMATERIALEN

MATERIALEN SKALL UTGÖRAS AV KROSSMATERIAL 0-40 MM MED NORMALT TJOCKLEK 300 MM. VID VAGOMBYGGNADENS AVSLUTNINGAR ÄR DOCK TJOCKLEKEN CA 500 MM. HALTEN 0,074 MATERIAL FÅR EJ VARA HÖGRE ÄN 7 %.

MATERIALPROVER SKALL SKICKAS TILL GATUBOLAGETS GEOTEKNISKA LABORATORIUM VID MINST 3 TILLFÄLLEN. VID VARJE TILLFÄLLE EN SERIE AV CA 3 REPRESENTATIVA PROVER PÅ CA 20 KG VARDERA.

KROSSMATERIALEN UTLÄGGS FÖRSIKTIGT MED HJÄLP AV EN LATT OCH BREDBANDAD BANDTRAKTOR OCH SÅ ATT EN GOD BLANDNING AV MATERIALEN ERHÅLLS (ALLTSÅ ANHOPNING AV ENSARTAT MATERIAL SKALL UNDVIKAS, I SYNNERHET I FYLNINGENS ÖVERYTA). I AKTUELLA FALL SKALL ANHOPNING AV ENSARTAT MATERIAL VID YTAN JUSTERAS, EXEMPELVIS MEDELST OMFÖRDELNING AV MATERIAL EL DYL.

KROSSMATERIALET UTLÄGGS I ETT LAGER OCH PACKAS MED 6 ÖVERFARTER MEDELST EN VIBRERANDE TANDEMVALT MED VIKTEN 6 TON (=LINJELAST 20 KN/M), EXEMPELVIS AV TYP CC 20 ELLER CG 21 DEN FÖRSTA OCH SISTA ÖVERFARTEN UTAN VIBRATION. VID YTOR SOM ÄR SVÅRA ATT PACKA MED TANDEMVALT, SKALL PACKNINGEN UTFÖRAS MED EN 600 KG VIBROPLATTA, MED 6 ÖVERFARTER.

KÖRNING MED ARBETSMASKINER ELLER FORDON FÅR INTE SKE PÅ DE PACKADE MATERIALEN, I ANNAT FALL MÅSTE MATERIALEN FÖRST JUSTERAS OCH SEDAN ÅTERPACKAS INNAN GJUTNING AV BETONGEN FÅR SKE.

4 TRACKLAST TJOCKLEK 10 MM, BREDD 180 MM.

5 INSTALLATION AV RÄLER, SPÄRHÅLLARE OCH -VÄXLAR M M

INSTALLATIONEN UTFÖRS SÅ ATT BETONGEN INTE SKADAS. RÄLSEN UPPALLAS C/C 5,0 M OCH FÖRSES MED SPÄRHÅLLARE C/C 2,0 M. RÄLSEN FASTSÄTTS MED KLÄMPLATTA ENLIGT DETALJ 1 C/C 2,0 M. SPÄRVATTENAVLEDARE PLACERAS ENLIGT LEDNINGSPLAN.

6 UNDERGJUTNING AV BETONG (TJOCKLEK 200 MM).

BETONGKVALITE K 40, VCT 0,45 OCH ANLÄGGNINGSCEMENT, LUFTPORBINDANDE MEDEL, FRYSTESTAD ENLIGT SS 137244. 20 KG STÅLFIBER PER M3 L=60/0,8 MM. BETONGEN SKALL UTLÄGGAS MED SÄDAN NOGGRANNHET ATT ÖVERYTAN LIGGER I NIVÅ MED R U K. BETONGENS ÖVERYTA SKALL VARA JÄMN SÅ ATT GOD AVVÄTNING ERHÅLLS. GRUNDAVLOPP 0 50 MM, SOM TACKS MED ALUMINIUMNÄT AV STRÄCKMETALL 10x6 354 A. GRUNDAVLOPPEN PLACERAS I RESP SPÄRMITT C/C 1,0 M SAMT MELLAN SPÄREN.

TVÄRFOG UTFÖRS C/C 1,0 M. EPOXIBEHANDLADE DYMLINGAR, SLÄTSTÅL Ø 16 MM, LÄNGD 600 MM, LÄGGS C/C 300 MM TVÄRS DENNA TVÄRFOG. BETONGEN FÅR EJ BELASTAS TIDIGARE ÄN 3 DYGN EFTER GJUTNING. TRAFIK DIREKT PÅ BETONGYTAN MED ARBETSFORDON ELLER ANNAN BILTRAFIK FÅR EJ FÖREKOMMA.

7 UTLÄGGNING AV KROSSMATERIAL

5-32 MM (TJOCKLEK 80 MM) ÖVERYTAN SKALL LIGGA NÅGOT HÖGRE ÄN ÖK SPÄRHÅLLARE. UTLÄGGNING OCH PACKNING AV KROSSMATERIALEN UTFÖRS FÖRSIKTIGT SÅ ATT INFÄSTNINGEN MED RIPPENPLATTOR INTE SKADAS. PACKNING UTFÖRS MED 400 KG VIBROPLATTA OCH MED 4 ÖVERFARTER.

8 KANTSTEN TYP GF 1 VID HÅLLPLATS MED BUSSTRAFIK

9 MOTSTÖD AV BETONG

10 SKYDDISOLERING MOT RÄLEN

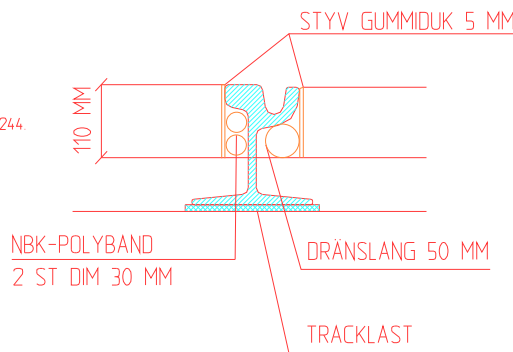
MELLAN INSIDA RÄL OCH SPÄRHÅLLAREN LÄGGS DRÄNSLANG DIM 50 MM OCH PÅ MOTSATT SIDA 2 ST NBK- POLYBAND DIM 30 MM. STYV GUMMIDUK 5 MM TJOCK FASTES PÅ RÄLEN SOM ISOLERING MOT BETONGEN.

11 UTLÄGGNING AV BETONG (TJOCKLEK 110 MM)

BETONGKVALITE K 40, VCT 0,45 OCH ANLÄGGNINGSCEMENT, LUFTPORBILDANDE MEDEL, FRYSTESTAD ENLIGT SS 137244. 70 KG STÅLFIBER PER M3 L=60/0,8 MM. BETONGEN SKALL UTLÄGGAS MED SÄDAN NOGGRANNHET ATT ÖVERYTAN LIGGER I NIVÅ MED R U K. DYMLINGAR LÄGGS I BLIVANDE TVÄRFOGAR, VILKET UTFÖRS ENLIGT PUNKT 2.241 I CEMENTAS HANDBOK. VIBRERING AV BETONGEN GÖRS MED VIBROSTAV NEDSTICK C/C 0,3 M OCH DAREFTER DRAGES YTAN ÖVER MED EN FIBERRULLE. BETONGYTAN SLODAS OCH PÅFÖRES 2 KG/M2 SVART HÄRDCEMENT. EFTER GENOMFUKTNING SLODAS YTAN IGEN OCH YTTRELLIGARE ETT LAGER MED 1 KG/M2 RÖD HÄRDCEMENT PÅFÖRES. NY SLODNING EFTER GENOMFUKTNING GÖRS, VAREFTER DEN FÄRDIGSLODADE YTAN STÅLGLÄTTAS OCH ETT SLÄPPMEDEL PÅFÖRES. MÖNSTRING AV YTAN UTFÖRS MED MÖNSTERVERKTYG TYP STORGATSTENS MÖNSTER, SOM ANPASSAS TILL BLIVANDE C/C FÖR TVÄRFOGAR. EFTER HÄRDNING UTFÖRS EN HÖGTRYCKSVÄTNING OCH NÄR YTAN SLUTLIGEN HAR TÖRKAT SPRUTAS NY HÄRDARE PÅ MED CIRKA 0,2 KG/M2. TVÄRFOGAR GÖRS C/C 4,0 M GENOM ATT FOGSPÅR UPPTAGES I DEN HÄRDANDE YTAN.

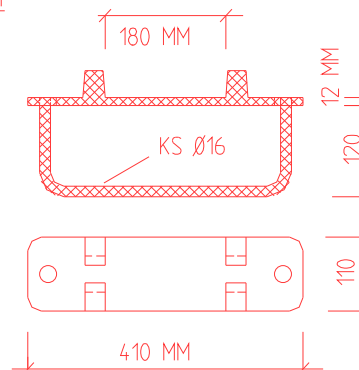
DETALJ 2

SKYDDISOLERING MOT RÄLEN



DETALJ 1

KLÄMPLATTA RÄNNRÄL SKALA 1:5

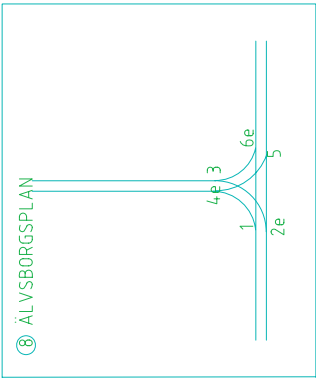
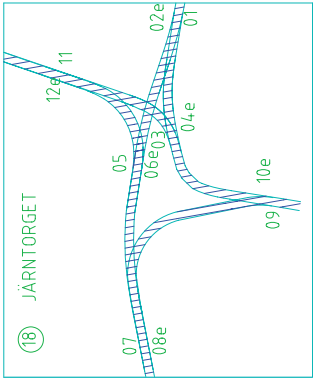
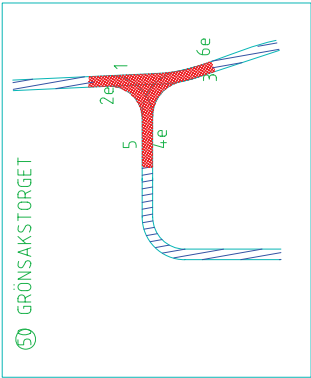
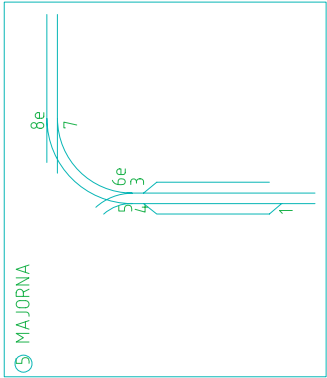


ANVISNINGAR

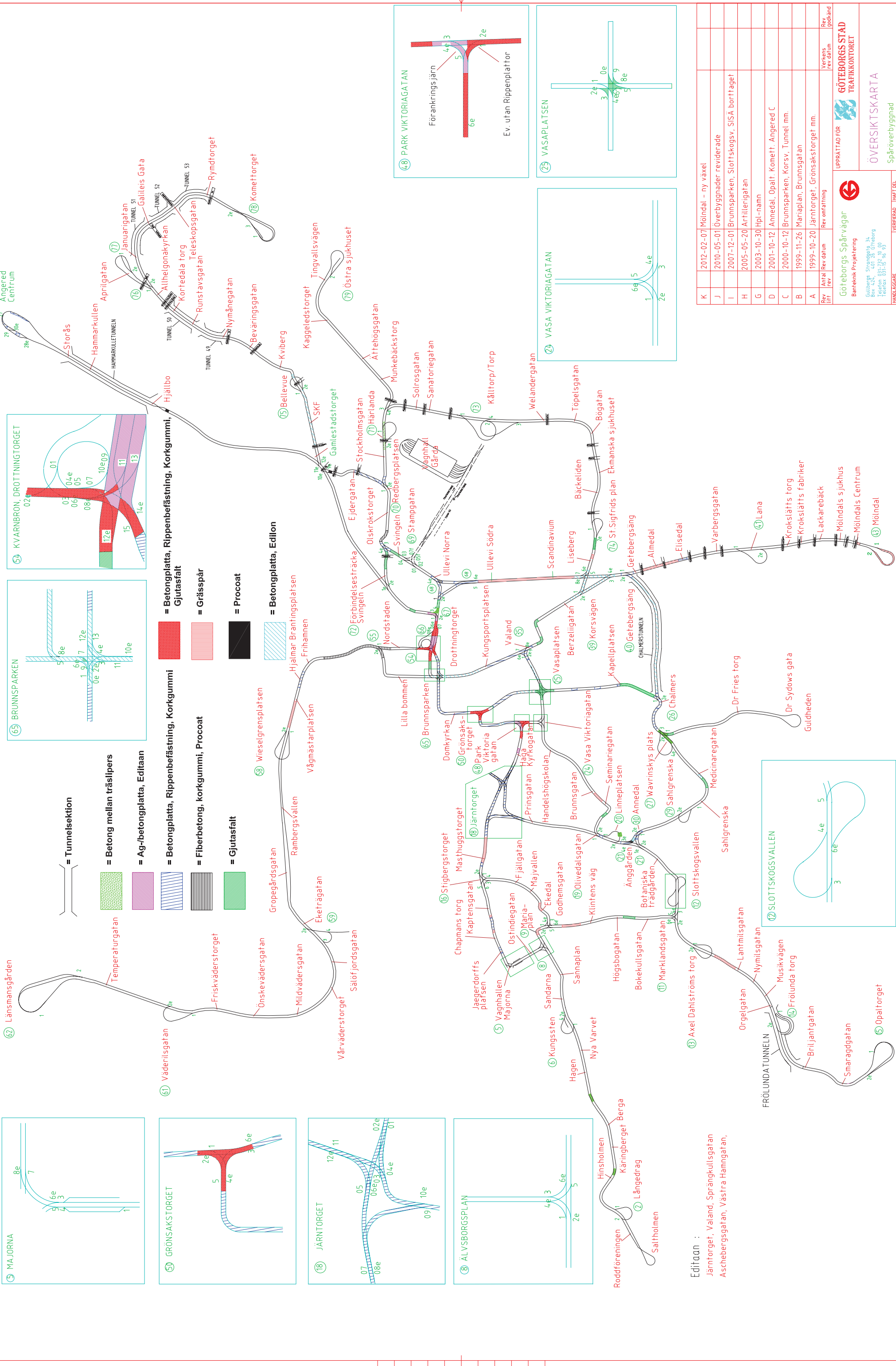
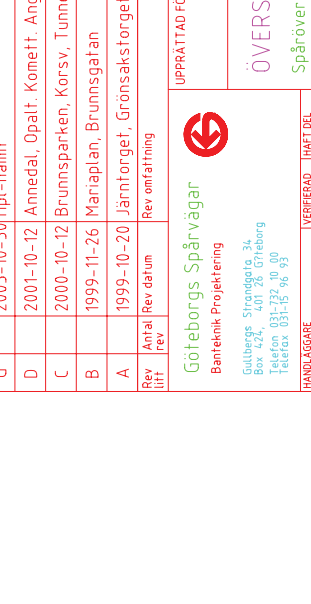
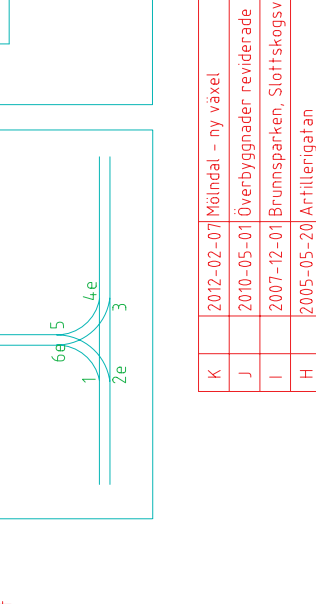
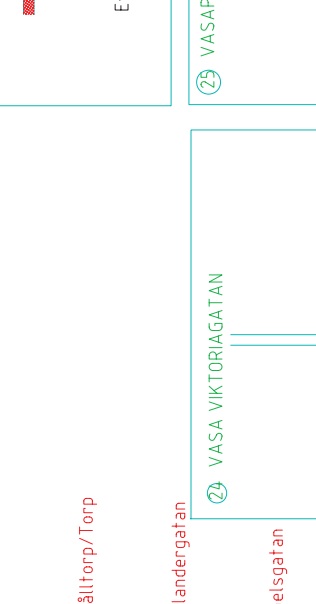
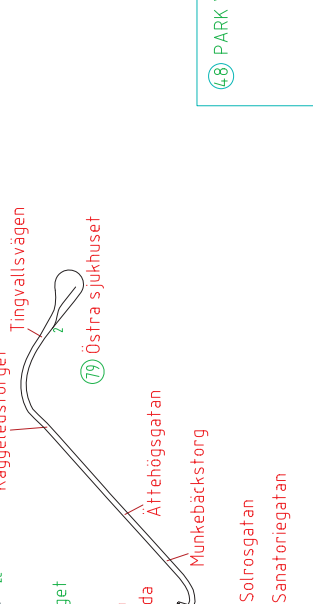
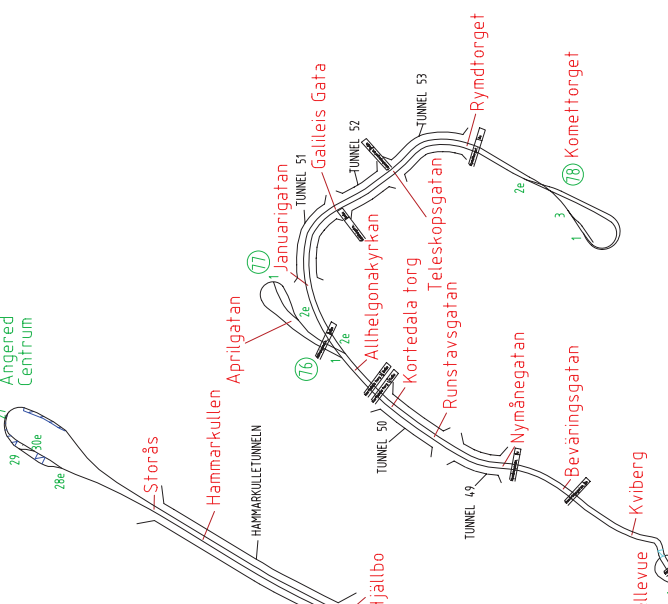
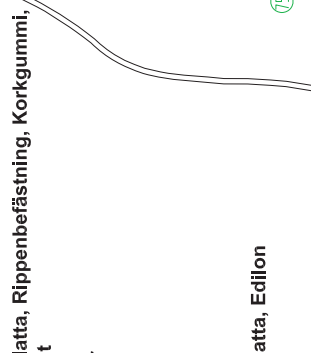
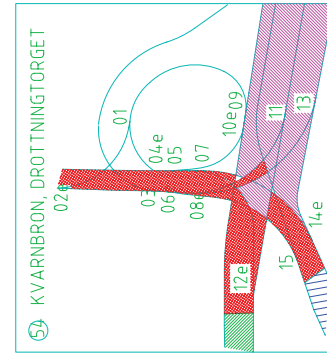
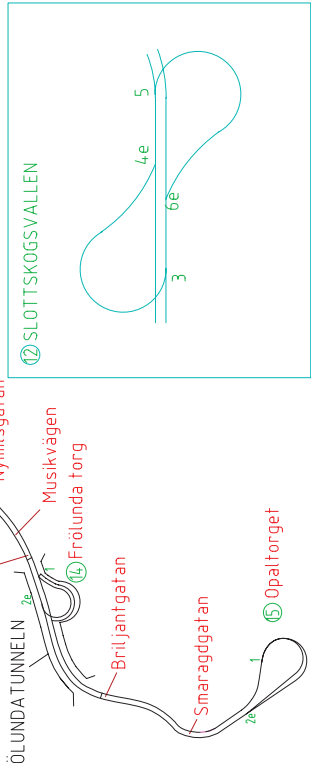
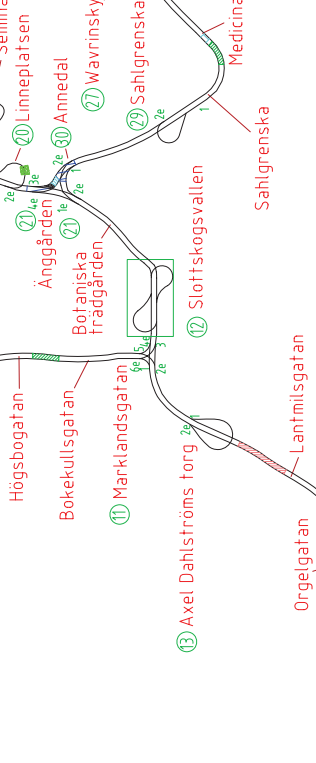
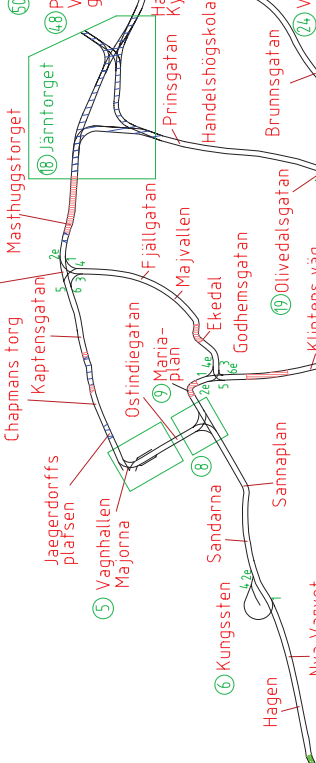
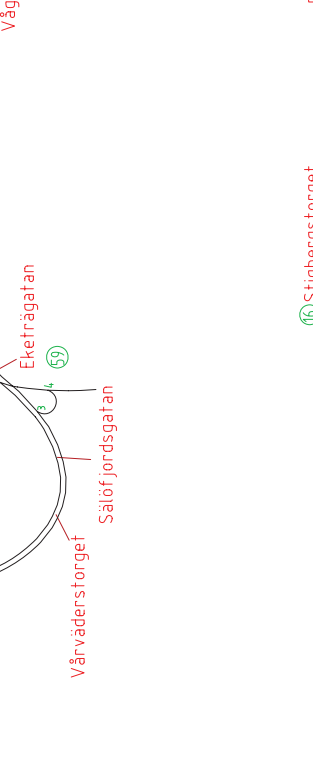
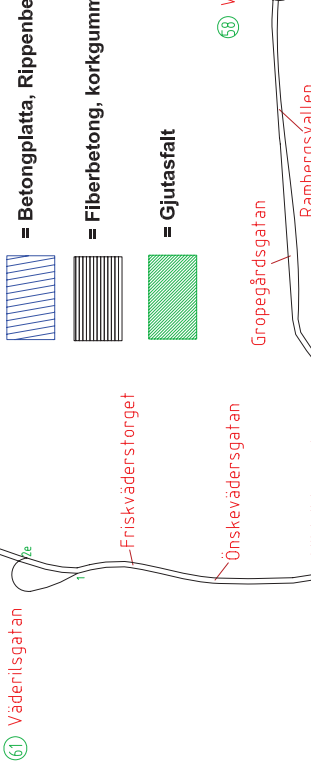
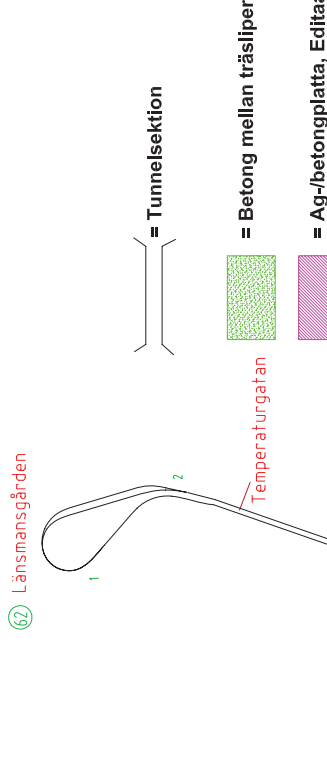
Mått i meter där ej annat anges.

Ritningen är under omarbetning

C	3	99-09-16	Text under arbetsbeskrivning		J C
B		98-03-01	TEXT UNDER PUNKT 6 OCH 11, MÅTT mellan spår och spår-hpl		J C
A		94-05-25	ANVISNINGAR TEXT OCH MÅTT SAMT DETALJ 2		J C
Rev	Antal	Rev datum	Rev omfattning	Verkens rev datum	Rev godkänd
GATUBOLAGET			GÖTEBORGS GATU AB TEKNIK BOX 1086 405 23 GÖTEBORG TEL 031/62 80 00		
HÄNLAGGARE JAN CARLEHÖJD			KVAL SKRIBD		
RITAD/SWIG-PL JCSPAR3			KONSTR AV		
GÖTEBORG 93-12-01			RITNINGAR		
			SKALA 1:20		
			OBJEKTSNR 363/93-3523		
			REV		



Editaan :
Järntorget, Valand, Sprängkullsgatan
Äschebergsgatan, Västra Hamngatan,



Göteborgs Spårvägar
Banteknik Projekttering
Gullbergs Strömgöta 34
Box 424, 401 28 Göteborg
Telefon 031-737 10 00
Telefax 031-55 96 93

UPPRÄTTAD FÖR
GÖTEBORGS STAD
TRAFIKKONTORET

ÖVERSIKTSKARTA

Spåröverbyggnad

Växelnumrering

Tunnlar

SKALA

REVISION

20540

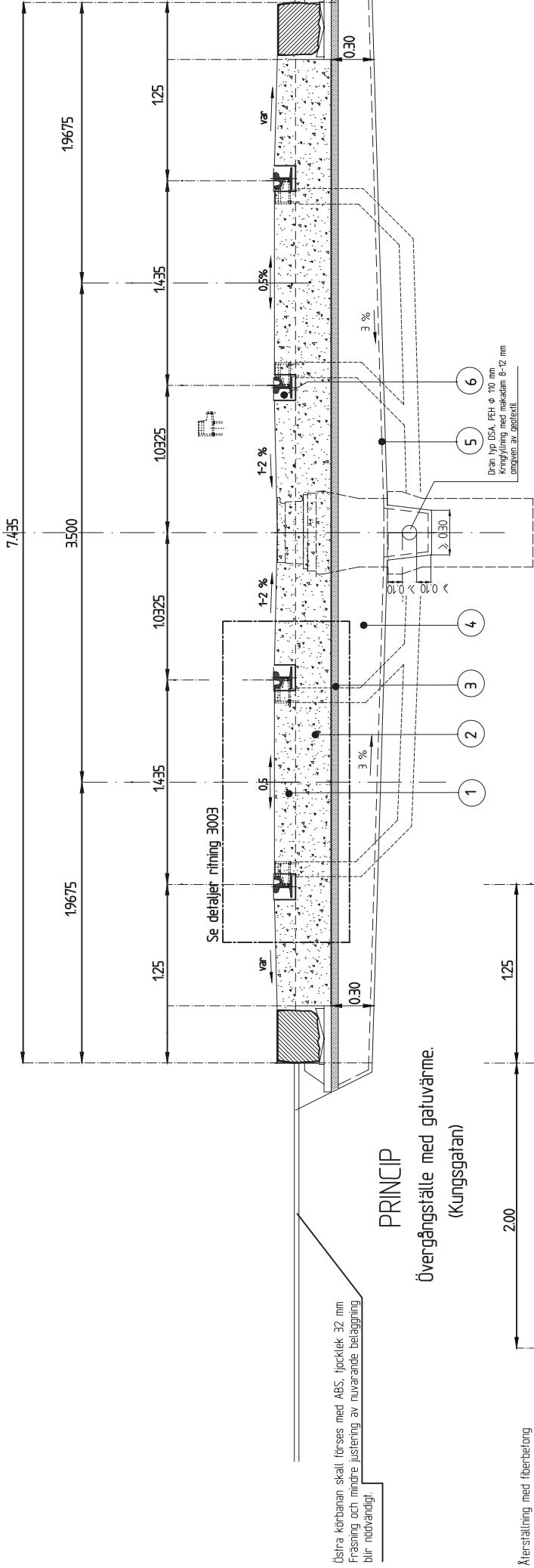
J

Princip

ÖSTRA HAMNGATAN

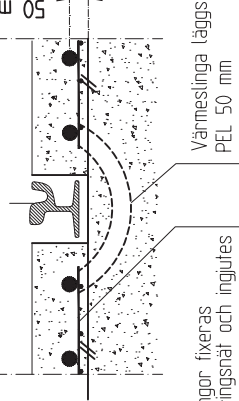
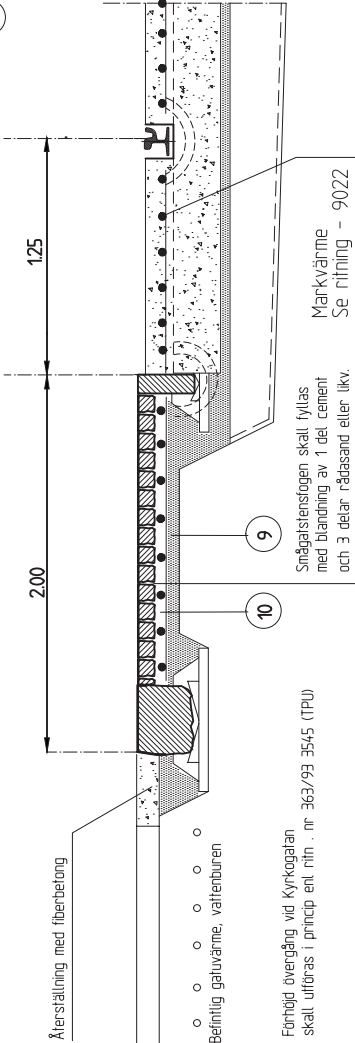
SEKTION 3/157.3 - ~3/467, 4/157.3 - ~4/468.8

ℓ

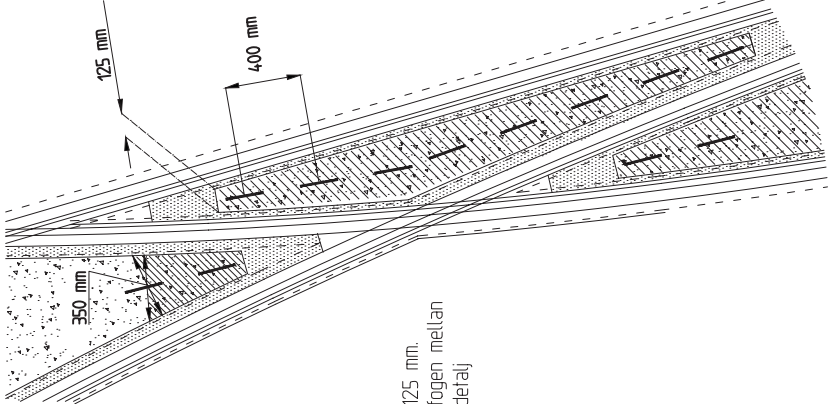


PRINCIP

Övergångsställe med gatuvärme.
(Kungsgatan)



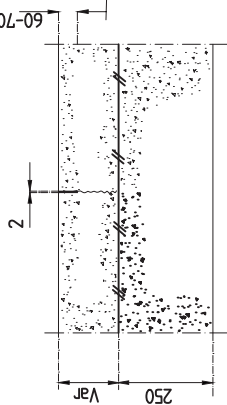
Detalj , skala 1:10



Detalj , skala 1:10

Den övre betongplattans bredd får inte underslita 125 mm.
I partier mellan 125 mm och 350 mm kompletteras fogen mellan
plattforma med bygglar. Se vidstående planskiss och detalj

Kontraktionsfogar s 5 m



Fogar

Föreskrifter för betongplattforma
Allmänt
För utförande och material gäller gällar, typ, typning nr 363/93-3564
bro 94, + suppl. 4 och btk 94, där ej annat anges.

Betong
Btg i k 40, vct (0.45. Anläggningscement.
Frostbeständig enligt ss 13 72 44, metod a.
Miljöklass b4. Max stenstorlek 16 mm.

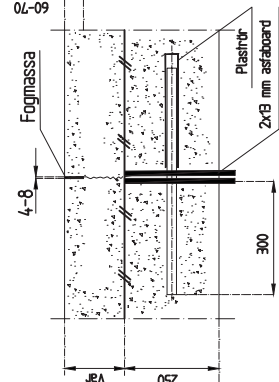
Stålfiberarmering
Stålfiber 35 kg/m3, typ dramix rc-80/60-bn.
residualhållfasthet r10.30 (69%).

Efterbehandling

Efterbehandling
Efterbehandling utförs enligt bro 94, 4.4.43.
Före gjutning av de övre betongplattforma ska den
undre betongplattform vattenbäddas. Utförande tilläggss-
kontrolleras enligt btk 94, 9.6.4.6.

Vid gjutning av de övre betongplattforma ska ytan
bearbetas med fiberrulle för att undvika fibrer i
överytan.
Fasning av betongbjörn, 10 mm, ska göras strax efter
att betongen har börjat hårdna.

Dilatationsfogar med kontraktionsfogar s 25 m



Ursparingar genomföringar etc

Ursparingar utförs för växel- värmelådar,
vattenavledare, kopplingslådar. Placeringar fram-
går av ledningsplaner -4001-4002, -4003.
Även vid vissa svetskarvar görs ursparing
med hänsyn tagen till svetsutrustning.

För värmelådar och detektlådar görs ursparing
även i den undre betongplattform. Se tillverkarens måttteckning.

Genomföringar för bl a strömförsörjning, jordning,
återledning, avlopp från värmelådaroch växthus samt
regnvattenavledare framgår av ledningsplanerna 4001,
4002,4003.

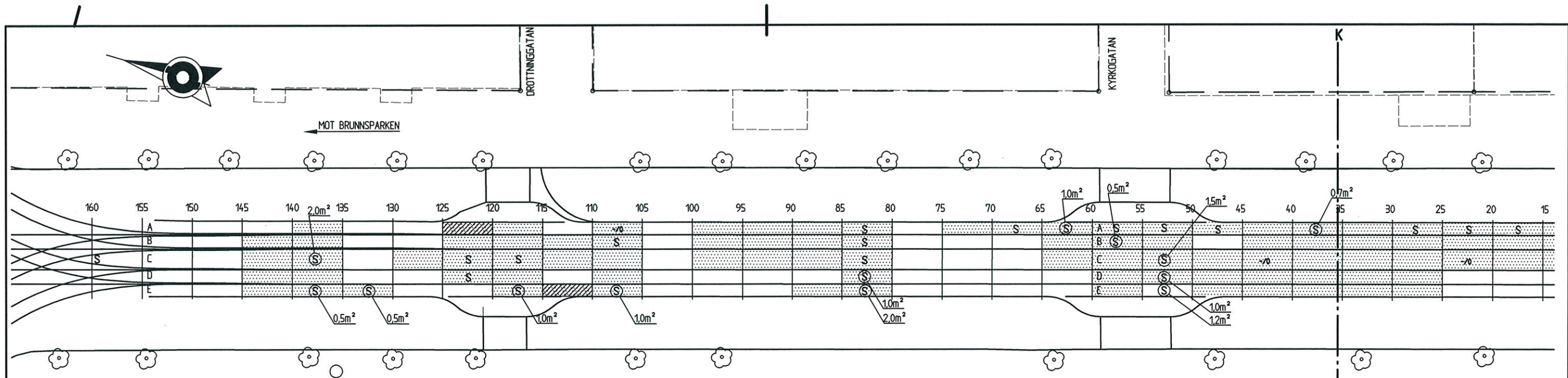
Trafikering

Nygiuten spåravsningsplatta får ej trafikeras innan den har
uppnått en hållfasthet av 20 mpa.

NR	BENÄMNING	MATERIAL	HÄNVISNING
1	Betongplatta, strukturerad och pigmenterad	Fiberbetong	Se föreskrifter nedan 1801-1803
2	Betongplatta	Fiberbetong	Se föreskrifter nedan 250
3	Bärlager obundet	Kross 0-18 mm	Väg 94, kap 5.55
4	Förstärkninglager	Kross	Väg 94, kap 5.6
5	Materialavskiljande skikt	Geotextil , bruksklass 3	Väg 94, kap 4.8.2.1
6	Fixering av rät	Cortelast Edlon med tillbehör	Se rth-3003 och tillv.anv.
9	Bärlager obundet	Kross	Väg 94, kap 5.55
10	Sältgrus	Kornkurva enl. Tks anm.	ca 65

FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG

Rev	Ändr	Rev datum	Rev omfattning	Rev	Rev datum	Rev omfattning
1	1	2000-04-10	PH02	1	2000-04-10	PH02
UPPRÄTTAD FÖR						
GATUBOLAGET KONSULT						
BOX 1066						
405 23 GÖTEBORGS						
TEL 031/62 80 00						
HÄNDELSE						
J.Carlehöjd						
INGE-FEL						
RITAD/ANSKR						
B-1 Karlsson						
587/99						
2000-03-24						
SKALA						
BÄCKEN						
RÄNNING						
1:50						
1298/99						
1298/99-3001						



PLAN 1200

LINJE	A	B	C	D	E	FOTO nr.
-60	-	-	0	-	-	
-55	-	-	-/0	-	-	
-50	0	-	S 0	0	0	
-45	0	0	S 0	0	-/0	34
-40	0	0	-	-	-	
-35	-/0	-	-	0	0	
-30	0	-	-/0	0	-	
-25	0	0	S 0	0	0	33
-20	S 0	S 0	S 0	S 0	S 0	32
-15	0	0	0	-	0	
-10	0	S 0	0	-	S 0	31
-5	-	-	0	-	S 0	
0	S 0	-	S 0	0	S 0	29,30
5	S 0	0	S 0	0	S 0	27,28
10	S 0	0	S 0	-	-	25,26
15	S 0	0	0	-	-	24
20	S 0	0	-/0	-	-	23
25	S 0	0	0	0	0	22
30	0	0	0	0	0	
35	S 0	0	0	0	0	21
40	0	0	-/0	0	0	
45	S 0	-	0	0	0	19
50	S 0	0	S 0	S 0	-	18
55	S 0	S 0	S 0	S 0	S 0	16,17
60	S 0	0	0	-	-	14,15
65	S 0	-	-	-	-	12,13
70	0	-	-	-	-	11
75	-	-	-	-	-	
80	S 0	S 0	S 0	S 0	0	10,10B
85	0	0	0	-	0	
90	0	0	0	-	-	
95	0	0	0	-	-	
100	-	-	-	-	-	
105	-/0	S 0	0	0	0	9
110	-	0	0	-	0	
115	0	0	S 0	0	0	8
120	0	0	S 0	S 0	-	6,7
125	-	-	0	-	-	
130	-	-	-	-	S 0	5
135	0	0	S 0	0	S 0	2,3,4
140	-	0	0	0	0	
145	-	-	-	-	-	
150	-	-	-	-	-	
155	-	-	-	-	-	
160	-	-	S	-	-	1

FYLLNAD AV TABELL

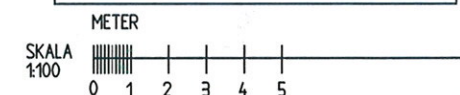
- MARKERAR ATT FÄLTET UNDERSÖKTS
- 0 MARKERAR "BOM" INOM FÄLTET
- x MARKERAR ATT DET INTE FINNS NÅGON BETONGPLATTA I FÄLTET
- S MARKERAR SYNLIG SKADA
- /0 MARKERAR FÄLT MED ENSTAKA "BOM"



SKRAFFERING SOM VISAR FÄLT MED "BOM"

RITNINGEN ÄR KVALITETSSÄKRAD ENLIGT
VERKSAMHETSHANDBOK FÖR KONSULTUPPDRAG.

KONSTRUKTÖRSANSVAR: INGVAR LARSSON
ORT: GÖTEBORG DATUM: 2011-06-30



ALLMÄNNA ANVISNINGAR OCH FÖRESKRIFTER ENLIGT -5701

REPARATIONSETAPP 2011
S 2,0 BETECKNAR
REPARATIONSYTA MED
UPPSKATTAD AREA

BETECKNAR YTA SOM
EPOXINJEKTERAS SAMT
FÖRANKRAS MED 3 ST
KEMANKARE c/c 2,0m

A	REPARATIONSETAPP 2011	2011-09-28
BET	ANDRINGEN AVSER	DATUM

BYGGHANDLING

ÅF Infrastructure
Kvaternbergsgatan 2
Box 1553
401 51 Göteborg
Tel: 031-815 00 00
www.afconsult.com

UPPDRAG NR	HANDLÄGGARE
557925	LUDWIG LUNDBERG
DATUM	UPPDRAGSANSVARIG
2011-06-30	INGVAR LARSSON

Göteborgs Stad
Trafikkontoret

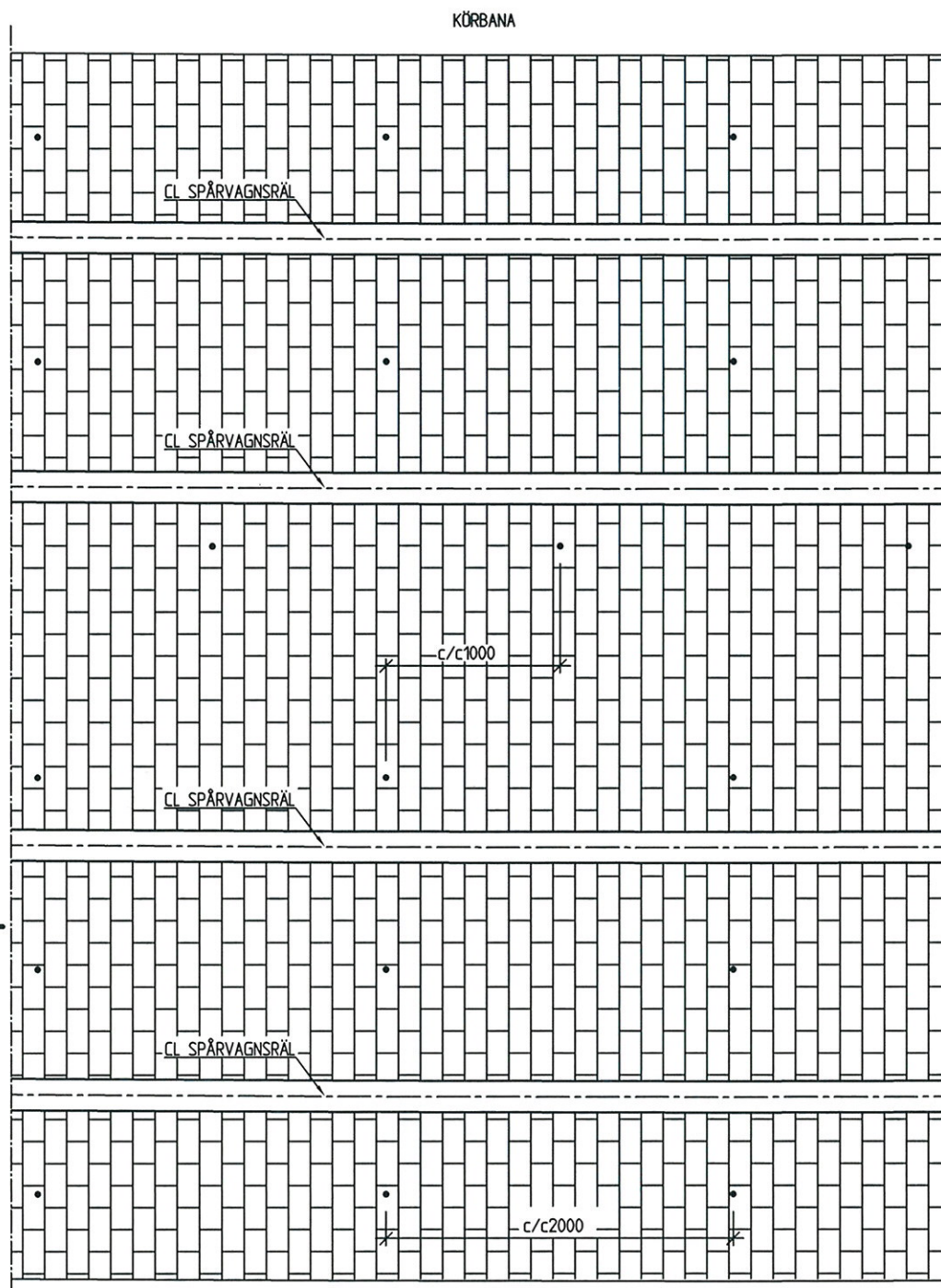
FÖR. HANDLÄGGARE
ALBERTO PINA

FÖR. DIARIENR
1461/08

FORMAT
A1

ÖSTRA HAMNGATAN
REPARATION AV SPÅRPLATTA
KARTERING AV SPÅRPLATTA
PLAN OCH TABELL

RITNINGSNUMMER
1461/08-5703 A



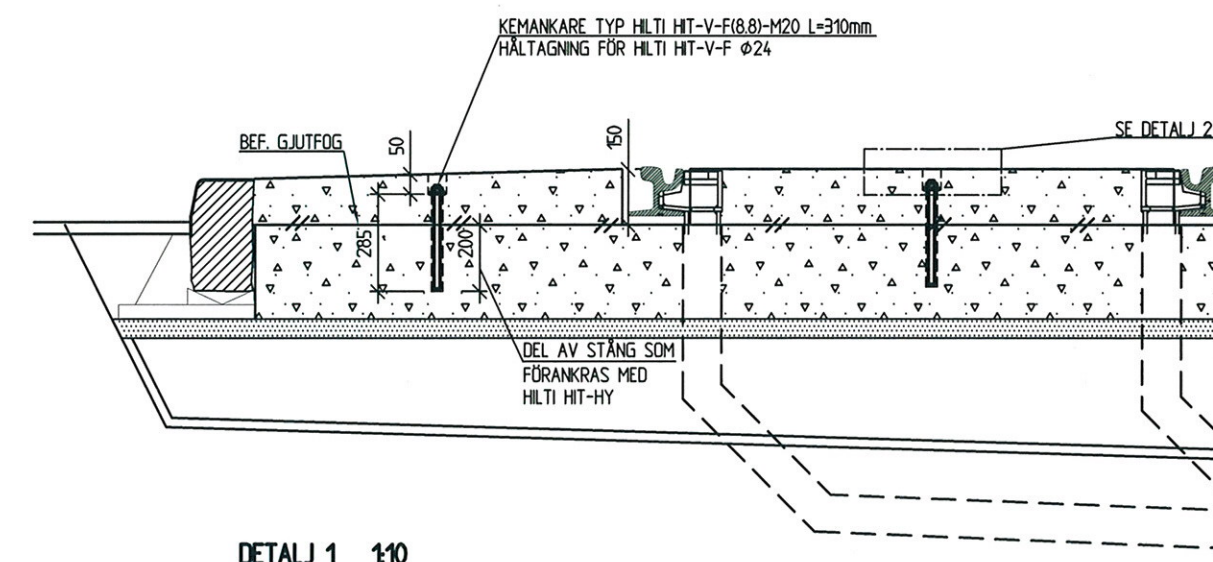
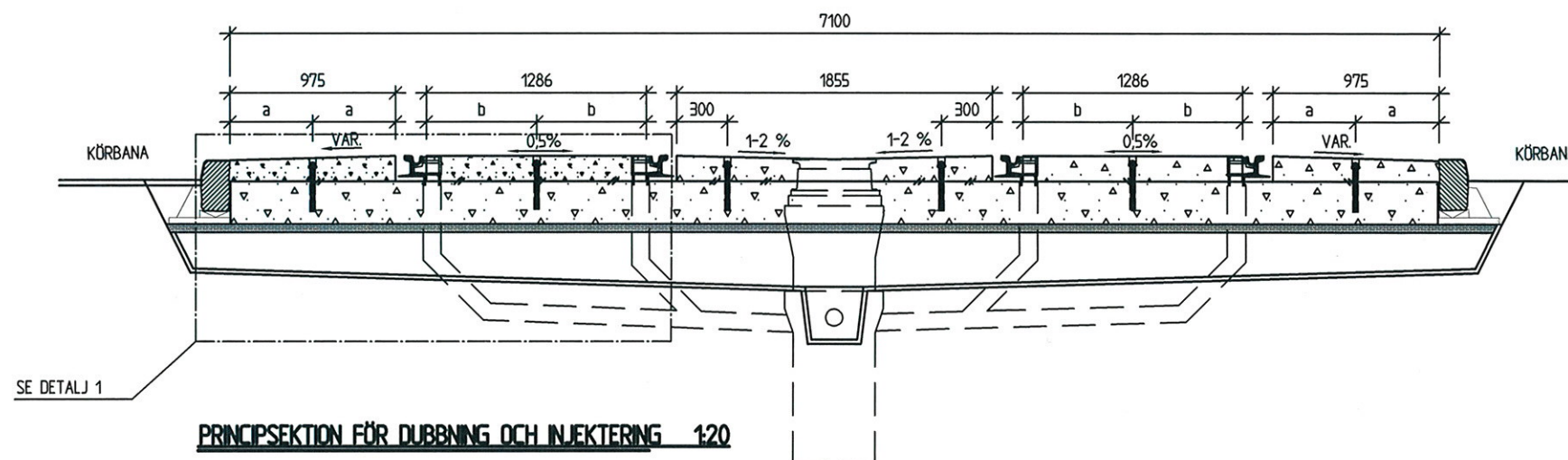
PLAN SPÅRPLATTA 120

• SYMBOLISERAR PLACERING AV HAKANKARE

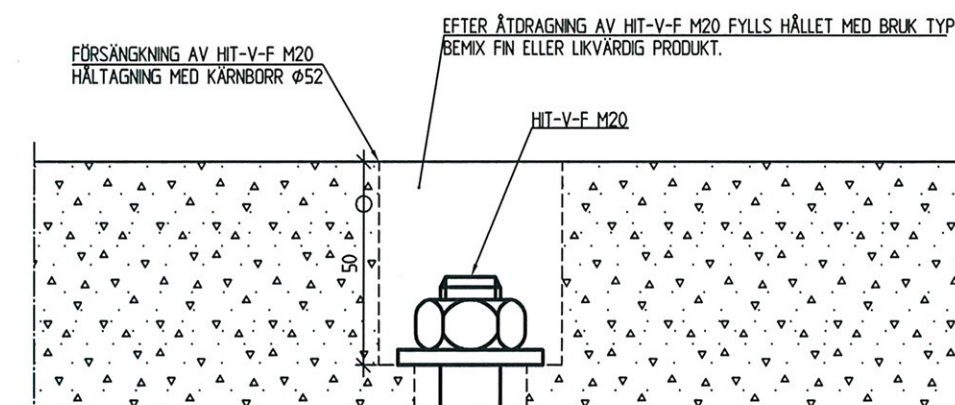
ARBETSORDNING:

- OMLEDNING AV TRAFIK ENLIGT TILLFÄLLIG TRAFIKANORDNINGSPÅN.
- SKADAT OMRÅDE IDENTIFIERAS MHA RITNING -5703 SAMT "BOM" KNACKNING PÅ PLATS.
- HÅL FÖR HAKANKARE BORRAS I YTA MED "BOM", PLACERING LIKT PLAN SPÅRPLATTA (ca. 1 HÅL PER 2 m²).
- HÅL RENGÖRS MED TRYCKLUFT.
- HAKANKARE MONTERAS OCH DRAS ÅT MED FÖRESKRIVET MOMENT (120 Nm).
- KVARVARANDE DEL AV HÅL Fylls IGEN MED BRUK.
- HÅL FÖR EPOXINJEKTERING BORRAS CENTRALT ÖVER DET SKADADE OMRÅDET MED ERFODERLIGT c/c AVSTÅND.
- c/c AVSTÅNDET KAN VARIERA MELLAN 0,3-2 m BEROENDE PÅ HUR ÖPPEN SPRICKAN ÄR.
- EPOXINJEKTERING UTFÖRS MED EPOXI TYP SWEPOX EP-IN-07 ELLER LIKVÄRDIG PRODUKT.

BORRNING AV HÅL FÖR EPOXINJEKTERING SAMT INJEKTERING UTFÖRS ENLIGT TILLVERKARENS ARBETSANVISNINGAR.



DETALJ 1 110



DETALJ 2 11

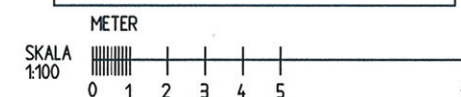
EFTER ÅTDRAGNING AV HIT-V-F M20 Fylls HÅLLET MED BRUK TYP BEMIX FIN ELLER LIKVÄRDIG PRODUKT.

FÖRSÄNGNING AV HIT-V-F M20
HÅLTAGNING MED KÄRNBORR Ø52

HIT-V-F M20

RITNINGEN ÄR KVALITETSSÄKRAD ENLIGT
VERKSAMHETSHANDBOK FÖR KONSULTUPPDRA.

KONSTRUKTÖRSANSVAR: INGVAR LARSSON
ORT: GÖTEBORG DATUM: 2011-06-30



REPARATIONSETAPP 2011
HAKANKARE=KEMANKARE I
DENNA ETAPP

A	REPARATIONSETAPP 2011	2011-09-28
BET	ANT	ANDRNINGEN AVSER

BYGGHANDLING

ÅF Infrastructure
Kvarnbergsgatan 2
Box 1551
401 51 Göteborg
Tel: 031-825 00 00
www.aiconsult.com

UPPDRA NR	HANDLÄGGARE
557925	LUDWIG LUNDBERG
DATUM	UPPDRASSANSVARIG
2011-06-30	INGVAR LARSSON

Göteborgs Stad Trafikkontoret		ÖSTRA HAMNGATAN REPARATION AV SPÅRPLATTA INJEKTERING OCH DUBBNING SPÅRPLATTA PLAN, SEKTION OCH DETALJER	
FÖR. HANDLÄGGARE	FÖR. DIARIENR	FORMAT	RITNINGNUMMER
ALBERTO PINA	1461/08	A1	1461/08-5704 A

Skapad med PMS Objekt version 4.2

Utskriftsdatum: 2012-05-14 14:11

Projektinformation - Östrahamngatan

Skapat: 2012-05-14 13:47

Kommentarer till projektet

Avsnittsinformation - Östrahamn spår

Avsnitt nr:	1
Avsnittstyp:	NYBYGGNAD
Skapat datum:	2012-05-14 13:47
Vägnummer:	1
Klimatzon:	Klimatzon 1
Referenshastighet(km/h):	50
Antal körfält:	1
Län:	Västra Götaland
Dimensioneringsperiod(år):	20
Avsnittslängd(m):	100
Vägbredd(m):	6,9
Vägrensbredd(m):	0
Vägstyp:	Normal sektion
Körfältsbredd riktning 1:	3,5
Körfält:	"Riktning 1"
StartpunktX:	
StartpunktY:	
StartpunktZ:	
SlutpunktX:	
SlutpunktY:	
SlutpunktZ:	
Släntriktning riktning 1:	
Släntriktning riktning 2:	
Stödremsa:	0
Skapat av:	
Organisation:	

Kommentarer till avsnittet

Anmärkningar

1. Tjällyftsberäkningen uppfyller inte kraven enligt ATB VÄG

Trafikberäkning avsnitt

Beräkningsmetod:	Beräkning enligt ATB VÄG
ÅDTk:	546
Antagen trafikförändring per år(%):	0
Andel tunga fordon(%):	100
Standardaxlar per tungt fordon:	9,6
Beräknat antal standardaxlar:	38 263 680

Konstruktionens uppbyggnad

Överbyggnadstyp:	edilonspårätt
Egen överbyggnadstyp:	JA
Materialtyp, övre terrass:	4b - Lera
Tjälfarlighetsklass övre terrass:	3 - Måttligt tjällyftande

Lager

Lageröversikt

Lager	Tjocklek(mm)	Förändrat	Namn	
1	250	NEJ	Cementbetong T2,5	
2	50	NEJ	Obundet bärlager	
3	300	NEJ	Förstärkningslager krossat material	
4	0	NEJ	Skyddslager	
5	0	NEJ	4b - Lera	ÖVRE TERRASS

Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 600

Styvhetsmoduler [MPa]

Lager	Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
1	32000	32000	32000	32000	32000	32000
2	1000	150	300	450	450	450
3	450	450	450	450	450	450
4	1000	1000	70	85	100	100
5	1000	1000	30	40	50	50

Övriga egenskaper

Lager	Lyft	ω	ρ	η	σ_r	λ_{ofr}	λ_{fr}
1	NEJ	0,01	2400	0,09	0,27	1,2	1,2
2	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
3	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
4	NEJ	0,13	1900	0,28	0,88	1,8	2,43
5	JA	0,24	1600	0,4	0,96	1,52	2,51

Bärighetsberäkning

Beräkningsmetod: Egen

Korrigeringsfaktor för dränering(FD): 1,0

Antal axellaster, ackumulerad avseende:

Krav i underkant bitumenlager

Ntill, bb: 2 928 674 653

Nekv: 38 263 680

Kvot: 0,01

Terrassytekrav

Ntill, te: 515 081 233

Nekv * 2: 76 527 360

Kvot: 0,15

Vertikala trycktöjningar(strain)

Töjning i terrassytan, enstaka last(strain)

Beräknad: 0,0004

Största tillåtna: 0,0025

Kvot: 0,14

Töjningar i detalj(strain)

Dragtöjning i bitumenlager, ackumulerad

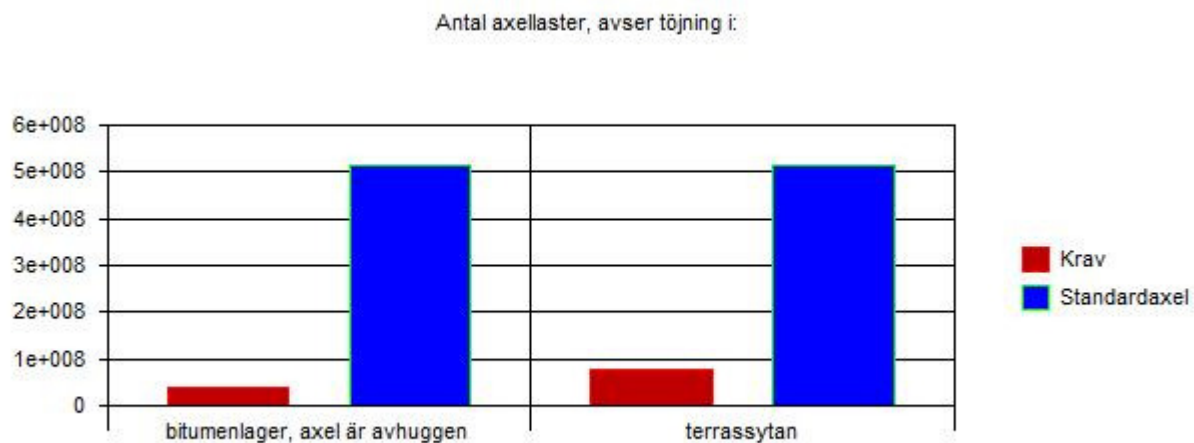
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000019	0,000020	0,000028	0,000027	0,000026	0,000026

Trycktöjning i terrassytan, ackumulerad

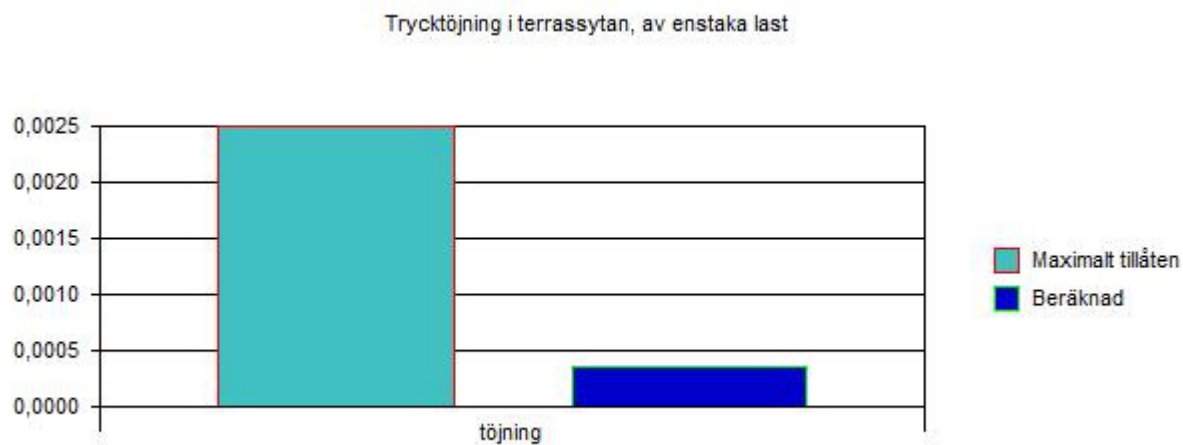
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000020	0,000019	0,000137	0,000124	0,000114	0,000114

Trycktöjning i terrassytan, enstaka last

Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000051	0,000048	0,000355	0,000320	0,000294	0,000294



Antal axellaster, avser töjning i bitumenlager och terrassyta



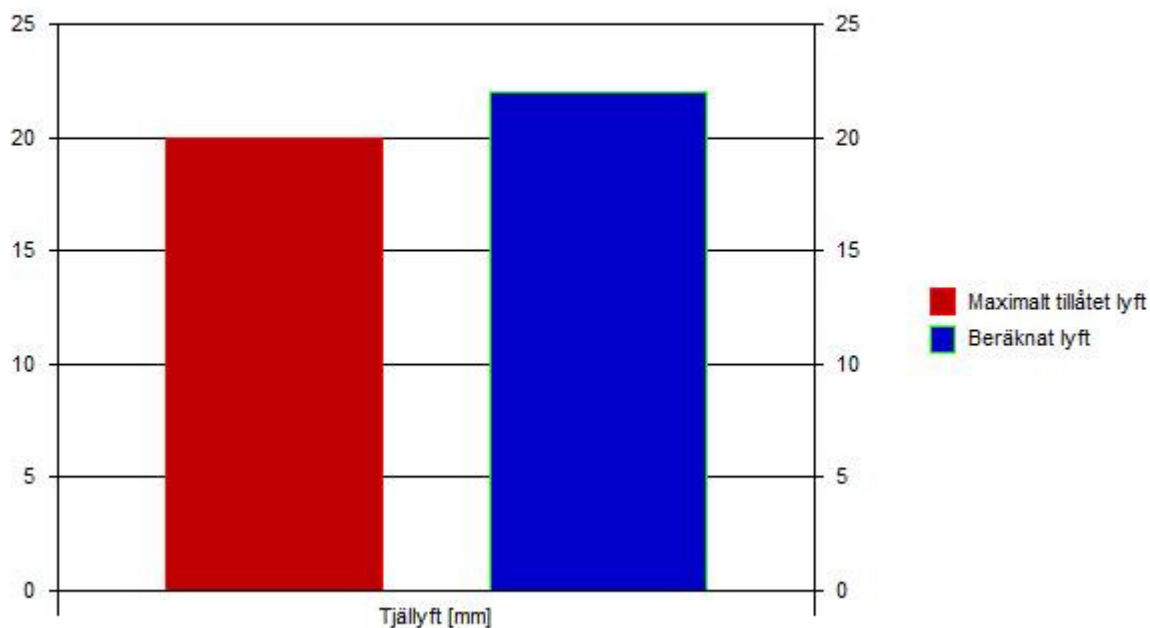
Trycktöjning i terrassyta, av enstaka last

Tjälberäkning

VViS Id:	1423
Beräknat lyft(mm):	22
Maximalt beräknat tjäldjup(mm):	722
Max tillåtet lyft(mm):	20
Lyfthastighet ovan terrass(mm/dag):	0,5
Lyfthastighet under terrass(mm/dag):	1,5
Grundvattentemperatur(C):	7,0
Kvot:	1,10
VViS stationsnamn:	Högen
X koordinat:	6407961
Y koordinat:	1282583
Z koordinat:	0
Använd säsong:	95/96

Kommentar:

Max tillåtet tjällyft och beräknat tjällyft



Max tillåtet tjällyft och beräknat tjällyft

Avsnittsinformation - östrahamn buss

Avsnitt nr: 2
Avsnittstyp: NYBYGGNAD
Skapat datum: 2012-05-14 13:47
Vägnummer: 2
Klimatzon: Klimatzon 1
Referenshastighet(km/h): 50
Antal körfält: 1
Län: Västra Götaland
Dimensioneringsperiod(år): 20
Avsnittslängd(m): 100
Vägbredd(m): 6,9
Vägrensbredd(m): 0
Vägartyp: Normal sektion
Körfältsbredd riktning 1: 3,5
Körfält: "Riktning 1"
StartpunktX:
StartpunktY:
StartpunktZ:
SlutpunktX:
SlutpunktY:
SlutpunktZ:
Släntriktning riktning 1:
Släntriktning riktning 2:
Stödremsa: 0
Skapat av:
Organisation:

Kommentarer till avsnittet

Anmärkningar

1. Tjällyftsberäkningen uppfyller inte kraven enligt ATB VÄG

Trafikberäkning avsnitt

Beräkningsmetod:	Beräkning enligt ATB VÄG
ÅDTk:	675
Antagen trafikförändring per år(%):	0
Andel tunga fordon(%):	100
Standardaxlar per tungt fordon:	3,3
Beräknat antal standardaxlar:	16 260 750

Konstruktionens uppbyggnad

Överbyggnadstyp:	edilonspårrätt
Egen överbyggnadstyp:	JA
Materialtyp, övre terrass:	4b - Lera
Tjälfarlighetsklass övre terrass:	3 - Måttligt tjällyftande

Lager

Lageröversikt

Lager	Tjocklek(mm)	Förändrat	Namn	
1	250	NEJ	Cementbetong T2,5	
2	50	NEJ	Obundet bärlager	
3	300	NEJ	Förstärkningslager krossat material	
4	0	NEJ	Skyddslager	
5	0	NEJ	4b - Lera	ÖVRE TERRASS

Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 600

Styvhetsmoduler [MPa]

Lager	Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
1	32000	32000	32000	32000	32000	32000
2	1000	150	300	450	450	450
3	450	450	450	450	450	450
4	1000	1000	70	85	100	100
5	1000	1000	30	40	50	50

Övriga egenskaper

Lager	Lyft	ω	ρ	η	σ_r	λ_{ofr}	λ_{fr}
1	NEJ	0,01	2400	0,09	0,27	1,2	1,2
2	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
3	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
4	NEJ	0,13	1900	0,28	0,88	1,8	2,43
5	JA	0,24	1600	0,4	0,96	1,52	2,51

Bärighetsberäkning

Beräkningsmetod: Egen

Korrigeringsfaktor för dränering(FD): 1,0

Antal axellaster, ackumulerad avseende:

Krav i underkant bitumenlager

Ntill, bb: 2 928 674 653

Nekv: 16 260 750

Kvot: 0,01

Terrassytekrav

Ntill, te: 515 081 233

Nekv * 2: 32 521 500

Kvot: 0,06

Vertikala trycktöjningar(strain)

Töjning i terrassytan, enstaka last(strain)

Beräknad: 0,0004

Största tillåtna: 0,0025

Kvot: 0,14

Töjningar i detalj(strain)

Dragtöjning i bitumenlager, ackumulerad

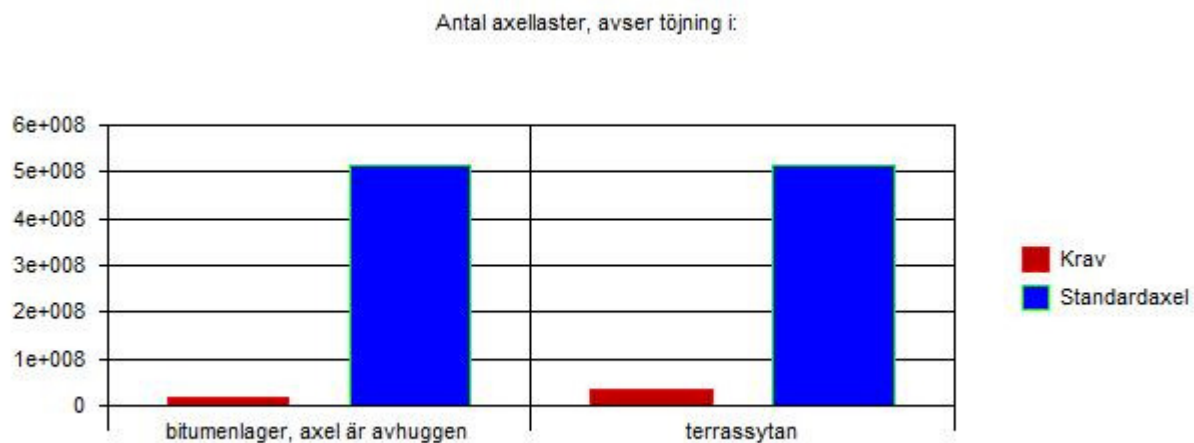
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000019	0,000020	0,000028	0,000027	0,000026	0,000026

Trycktöjning i terrassytan, ackumulerad

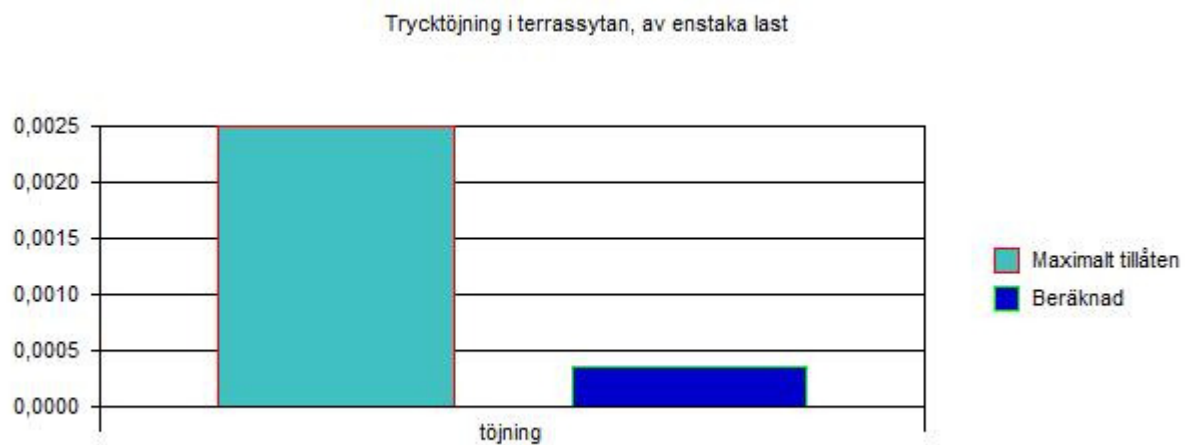
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000020	0,000019	0,000137	0,000124	0,000114	0,000114

Trycktöjning i terrassytan, enstaka last

Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000051	0,000048	0,000355	0,000320	0,000294	0,000294



Antal axellaster, avser töjning i bitumenlager och terrassyta



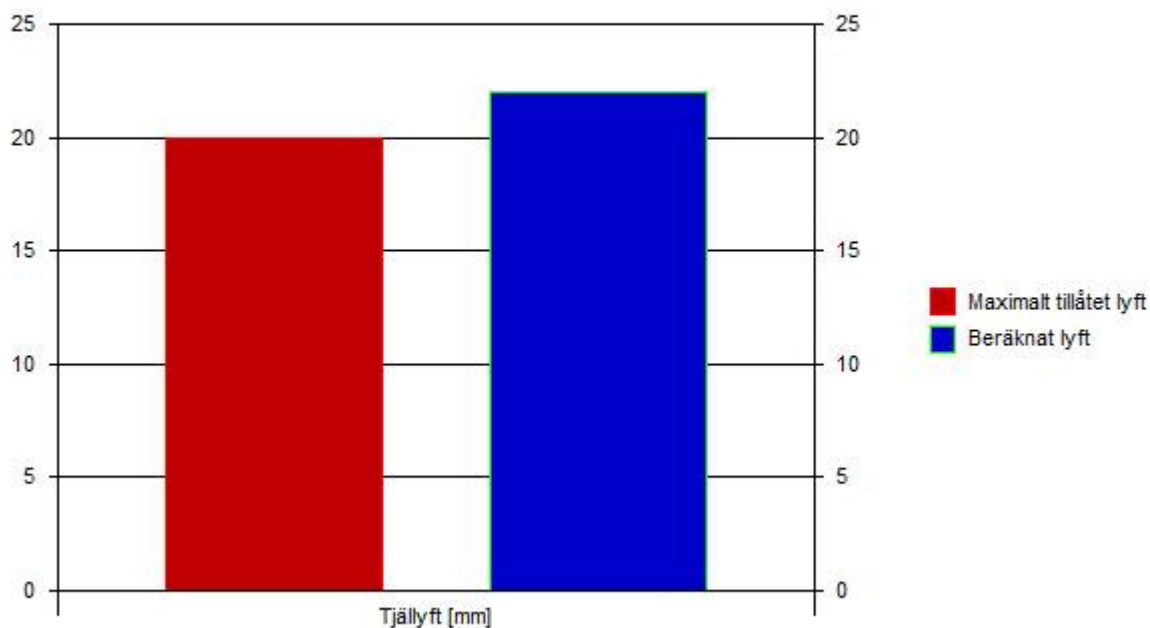
Trycktöjning i terrassyta, av enstaka last

Tjälberäkning

VViS Id:	1423
Beräknat lyft(mm):	22
Maximalt beräknat tjäldjup(mm):	722
Max tillåtet lyft(mm):	20
Lyfthastighet ovan terrass(mm/dag):	0,5
Lyfthastighet under terrass(mm/dag):	1,5
Grundvattentemperatur(C):	7,0
Kvot:	1,10
VViS stationsnamn:	Högen
X koordinat:	6407961
Y koordinat:	1282583
Z koordinat:	0
Använd säsong:	95/96

Kommentar:

Max tillåtet tjällyft och beräknat tjällyft



Max tillåtet tjällyft och beräknat tjällyft

Avsnittsinformation - Östrahamn Tjäle

Avsnitt nr: 3
Avsnittstyp: NYBYGGNAD
Skapat datum: 2012-05-14 14:04
Vägnummer: 3
Klimatzon: Klimatzon 1
Referenshastighet(km/h): 50
Antal körfält: 1
Län: Västra Götaland
Dimensioneringsperiod(år): 20
Avsnittslängd(m): 100
Vägbredd(m): 6,9
Vägrensbredd(m): 0
Vägartyp: Normal sektion
Körfältsbredd riktning 1: 3,5
Körfält: "Riktning 1"
StartpunktX:
StartpunktY:
StartpunktZ:
SlutpunktX:
SlutpunktY:
SlutpunktZ:
Släntriktning riktning 1:
Släntriktning riktning 2:
Stödremsa: 0
Skapat av:
Organisation:

Kommentarer till avsnittet

Anmärkningar

Inga anmärkningar finns för avsnittet.

Trafikberäkning avsnitt

Beräkningsmetod:	Beräkning enligt ATB VÄG
ÅDTk:	675
Antagen trafikförändring per år(%):	0
Andel tunga fordon(%):	100
Standardaxlar per tungt fordon:	3,3
Beräknat antal standardaxlar:	16 260 750

Konstruktionens uppbyggnad

Överbyggnadstyp:	tjäleedilon
Egen överbyggnadstyp:	JA
Materialtyp, övre terrass:	4b - Lera
Tjälfarlighetsklass övre terrass:	3 - Måttligt tjällyftande

Lager

Lageröversikt

Lager	Tjocklek(mm)	Förändrat	Namn	
1	400	NEJ	Cementbetong T2,5	
2	50	NEJ	Obundet bärlager	
3	300	NEJ	Förstärkningslager krossat material	
4	0	NEJ	Skyddslager	
5	0	NEJ	4b - Lera	ÖVRE TERRASS

Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 750

Styvhetsmoduler [MPa]

Lager	Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
1	32000	32000	32000	32000	32000	32000
2	1000	150	300	450	450	450
3	450	450	450	450	450	450
4	1000	1000	70	85	100	100
5	1000	1000	30	40	50	50

Övriga egenskaper

Lager	Lyft	ω	ρ	η	σ_r	λ_{ofr}	λ_{fr}
1	NEJ	0,01	2400	0,09	0,27	1,2	1,2
2	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
3	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
4	NEJ	0,13	1900	0,28	0,88	1,8	2,43
5	JA	0,24	1600	0,4	0,96	1,52	2,51

Bärighetsberäkning

Beräkningsmetod: Egen

Korrigeringsfaktor för dränering(FD): 1,0

Antal axellaster, ackumulerad avseende:

Krav i underkant bitumenlager

Ntill, bb: 71 757 303 524
 Nekv: 16 260 750
 Kvot: 0,00

Terrassytekrav

Ntill, te: 14 780 161 364
 Nekv * 2: 32 521 500
 Kvot: 0,00

Vertikala trycktöjningar(strain)

Töjning i terrassytan, enstaka last(strain)

Beräknad: 0,0002
 Största tillåtna: 0,0025
 Kvot: 0,06

Töjningar i detalj(strain)

Dragtöjning i bitumenlager, ackumulerad

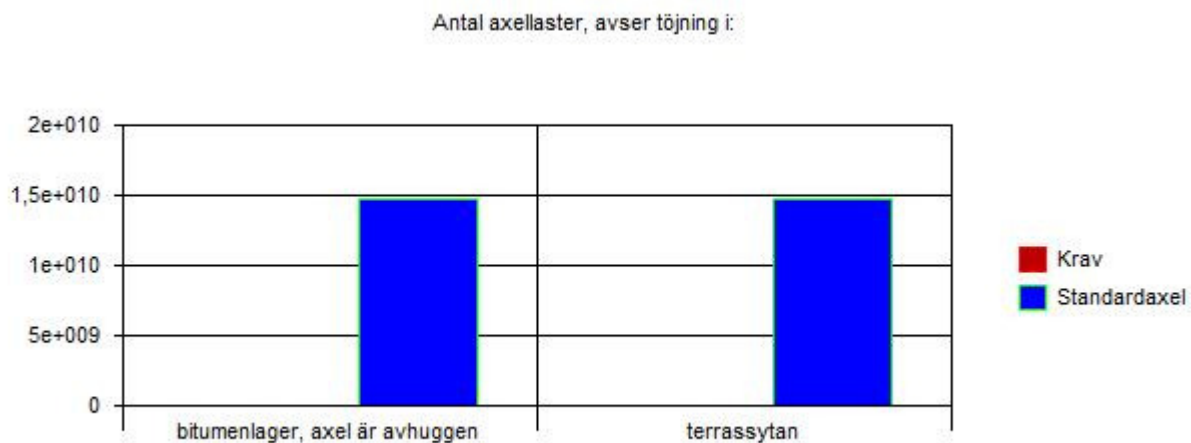
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000008	0,000009	0,000013	0,000012	0,000012	0,000012

Trycktöjning i terrassytan, ackumulerad

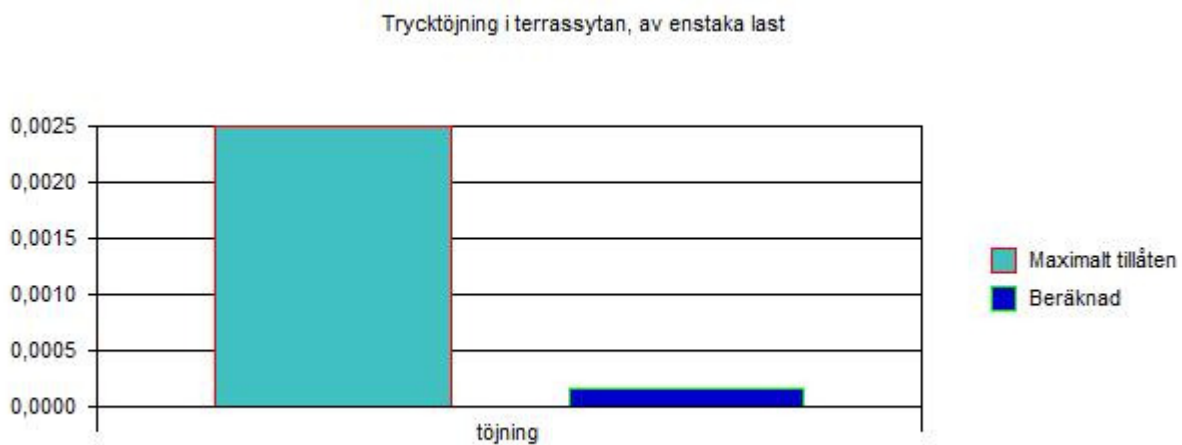
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000010	0,000009	0,000059	0,000053	0,000049	0,000049

Trycktöjning i terrassytan, enstaka last

Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000026	0,000024	0,000152	0,000138	0,000128	0,000128



Antal axellaster, avser töjning i bitumenlager och terrassyta



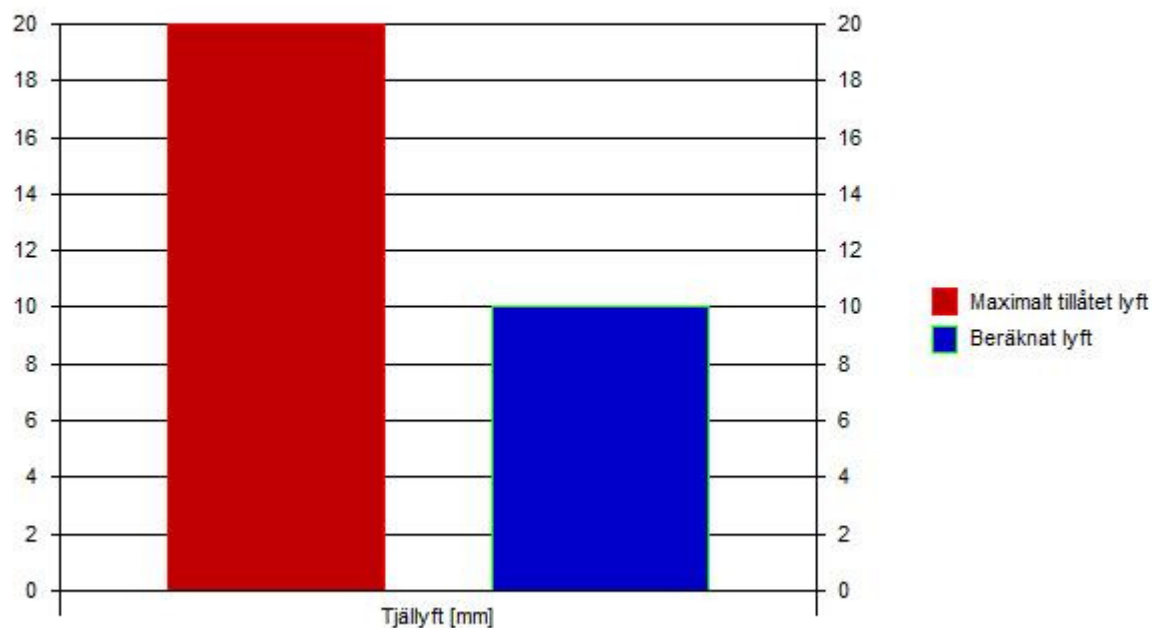
Trycktöjning i terrassyta, av enstaka last

Tjälberäkning

VViS Id:	1423
Beräknat lyft(mm):	10
Maximalt beräknat tjäldjup(mm):	750
Max tillåtet lyft(mm):	20
Lyfthastighet ovan terrass(mm/dag):	0,5
Lyfthastighet under terrass(mm/dag):	1,5
Grundvattentemperatur(C):	7,0
Kvot:	0,50
VViS stationsnamn:	Högen
X koordinat:	6407961
Y koordinat:	1282583
Z koordinat:	0
Använd säsong:	95/96

Kommentar:

Max tillåtet tjällyft och beräknat tjällyft



Max tillåtet tjällyft och beräknat tjällyft