

# CHALMERS



## Kollaps av GC-bro S950 i Kil

En analys av brons verkningsätt

*Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad*

KRISTIAN JOHNSON

MARTIN MALO

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
*Avdelningen för konstruktionsteknik*  
*Stål- och träbyggnad*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2006  
Examensarbete 2006:1



EXAMENSARBETE 2006:1

# Kollaps av GC-bro S950 i Kil

En analys av brons verkningsätt

*Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad*

KRISTIAN JOHANSSON  
MARTIN MALO

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
*Avdelningen för konstruktionsteknik*  
*Stål- och träbyggnad*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2006

Kollaps av GC-bro S950 i Kil

En analys av brons verkningssätt

*Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad*

KRISTIAN JOHNSON

MARTIN MALO

© KRISTIAN JOHNSON & MARTIN MALO, 2006

Examensarbete 2006:1

Institutionen för bygg och miljöteknik

Avdelningen för konstruktionsteknik

*Stål- och träbyggnad*

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Framsida:

Tredimensionell illustration av GC-bro S950. I bilden visas broöverbyggnaden, brons landfästen och pelare med bottenplattor.

Reproservice/ Institutionen för bygg- och miljöteknik Göteborg 2006

Failure of pedestrian bridge S950 in Kil  
An analysis of the bridge's behaviour  
Master's Thesis in the Master's Programme Structural Engineering  
KRISTIAN JOHANSSON  
MARTIN MALO  
Department of Civil and Environmental Engineering  
*Division of Structural Engineering*  
*Steel and Timber Structures*  
Chalmers University of Technology

## **ABSTRACT**

On Tuesday the 29th of March 2005 a pedestrian steel bridge collapsed over the former route 61 in Kil, Värmland. The bridge had a total span about 30 metres with intermediate columns at about 7 metres from the western support. A primary technical investigation of the collapse concluded that the failure of an anchor bolt used in the supports of the bridge had caused the collapse. The reason for the failure of the bolt could not be determined.

Throughout this Master's thesis the behaviour of the structure has been investigated in order to gain understanding of the global structural behaviour of the bridge, especially the southwestern support. The investigation has been carried out using two and three-dimensional models for calculation. The main modelling has been carried out using the FE-based programme I-DEAS. The analysis included several loading cases including temperature-, vertical- and horizontal loads. It has also been analysed with respect to various deviations such as increased column length and decreased friction at the supports. The influence of these deviations has been checked due to the fact that the true length of the columns and the real friction has not been possible to determine. The deviations do also create conditions for increased loading of the southwestern support.

To evaluate the results of the calculations, information about the capacity of the support is needed. Apart from the broken anchor bolt the foundation where the bolt was fastened also was damaged. After the damages of the foundation had taken place the anchor bolt transfers the force through bending. For a certain load on the bridge the bolt has been loaded to bending failure, as the whole structure has been displaced 45 millimetres at the southwestern support. Due to the global behaviour of the structure two different three-dimensional models are used; one describing the behaviour before the damages on the foundation takes place and another describing the behaviour after the damage of the foundation.

Without considering any deviations, decreased temperature yields major loading of the foundation. Large horizontal loads are needed in order to reach loading at the capacity level of the foundation and the anchor bolt respectively. The force on the foundation that makes it fail is larger than the force needed to cause the failure of the bolt. Anyway the corresponding horizontal load on the bridge damaging the foundation is smaller than the load causing the failure of the bolt. This depends on the way the structure distributes the load between its supports. At increased column

length and reduced friction, decreased temperature and horizontal loads turns out to increase the forces acting on the southwestern support.

To cause the damage of the foundation and the anchor bolt, large horizontal loads are needed. If the bridge behaviour has been ideal, as it was designed, such large forces can only be produced by a vehicle collision. If the column has been too at the time of installation long or the friction at the southern supports was some how reduced, extreme wind loads might have been sufficient to caused the damages on the support. The damages on the foundation might even have been caused by a major decrease of the temperature. There is no doubt that the design of the support was improper and another detailing should have been chosen. In combination with the instability of the pendulum columns the damaged support caused the collapse of the bridge.

Key words: anchor bolt, bridge failure, foundation, collapse, FE-analysis, loads, load cases, steel-girder bridge, structural analysis

Kollaps av GC-bro S950 i Kil  
En analys av brons verkningssätt  
Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad  
KRISTIAN JOHANSSON  
MARTIN MALO  
Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Avdelningen för konstruktionsteknik  
*Stål- och träbyggnad*  
Chalmers Tekniska Högskola

## **SAMMANFATTNING**

Tisdagen den 29 mars 2005 rasade en gång- och cykelbro över före detta riksväg 61 i Kil, Värmland. Bron var en cirka 30 meter lång stålbro med pendelpelare belägna cirka 7 meter från dess västra upplag. Den tekniska utredningen av olyckan visade att en brusten förankringsbult vid brons sydvästra upplag var orsaken till olyckan. Varför förankringsbulten brustit kunde inte klargöras.

Genom detta examensarbete har konstruktionens verkningssätt undersökts för att ge förståelse för hur olika laster påverkar konstruktionen i allmänhet och det sydvästra upplaget i synnerhet. Undersökningen har utförts med hjälp av två- och tredimensionella beräkningsmodeller. Den huvudsakliga modelleringen har utförts med det FEM-baserade beräkningsprogrammet I-DEAS. Modellerna har beräknats för temperaturlaster, vertikala och horisontella laster. Den har också analyserats med avseende på avvikelser i form av för långa pelare samt minskad friktion vid upplagen. Inverkan av dessa avvikelser har kontrollerats därför att pelarnas verkliga funktion och friktionens verkliga storlek inte kunnat bestämmas. Vidare skapar avvikelserna förutsättningar för ökad belastning på det sydvästra upplaget.

För kunna utvärdera resultaten krävs information om upplagets kapacitet. Därför har en analys av det skadade upplaget utförts. Förutom den brustna förankringsbulten är även undergjutningen vid det sydvästra upplaget kraftigt skadad. Efter att undergjutningen skadats upptar förankringsbulten kraft i brons plan genom böjning. För någon last på bron har förankringsbulten böjts till brott, i samband med att hela konstruktionen förskjutits cirka 45 millimeter vid upplaget. På grund av konstruktionens globala verkningssätt används två olika tredimensionella beräkningsmodeller; en för att beskriva brons beteende innan undergjutningen skadats och en annan för att beskriva dess beteende efter det att undergjutningen spjälkats bort.

För fallet utan beaktande av några avvikelser ger temperaturminskningen stor belastning på undergjutningen. Vidare visar sig stora horisontella laster krävas för att uppnå belastning i nivå med kapaciteten för undergjutningen respektive förankringsbulten. Den kraft som erfordras för att böja bulten till brott är mindre än den som krävs för att orsaka spjälkbrottet. Trots detta krävs det en större horisontell last på konstruktionen för att orsaka bultbrottet. Detta beror på konstruktionens sätt att fördela lasten på olika upplagen. Vid ökad pelarlängd och minskad friktion visar det sig att kraften på bulten ökar under inverkan av temperaturminskning och horisontell last.

För att orsaka skadorna på undergjutningen och förankringsbulten krävs stora horisontella laster. Om bron fungerat idealiskt, som den var konstruerad, krävs sådan horisontell belastning som närmast åstadkoms av påkörning av ett fordon. Om pelarna varit för långa eller friktionen vid de fasta upplagen varit låg kan vindlasten ha varit tillräcklig för att skada upplaget. Skadorna på undergjutningen kan även ha uppkommit på grund av stor temperaturminskning. Helt klart står det att upplagets utformning var undermålig och borde ha undvikits. I kombination med pendelpelarna instabilitet i planet ledde det skadade upplaget till kollaps av bron.

Nyckelord: broras, bultbrott, FE-analys, förankringsbult, kollaps, laster, lastfall, strukturanalys, stål balksbro, undergjutning



# Innehåll

ABSTRACT	I
SAMMANFATTNING	III
INNEHÅLL	V
FÖRORD	IX
BETECKNINGAR	X
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problembeskrivning	2
1.3 Syfte och avgränsning	2
1.4 Metod	2
1.5 Disposition	3
2 ALLMÄNT OM BROKONSTRUKTIONEN	4
2.1 Bakgrund	4
2.2 Beskrivning av konstruktionen	4
2.2.1 Broöverbyggnad	5
2.2.2 Ståpelare	5
2.2.3 Landfästen	6
2.2.4 Fasta lagren – Västra upplaget	6
2.2.5 Rörliga lagren – Östra upplaget	7
2.3 Konstruktionens verkningssätt	8
2.3.1 Verkningssätt under inverkan av vertikal last	8
2.3.2 Verkningssätt under inverkan av horisontell last	10
3 SAMMANFATTNING AV DEN TEKNISKA RAPPORTEN	14
3.1 Beskrivning av rasförloppet	14
3.2 Teorier	14
3.2.1 Teori 1 – Ståpelarna har rört sig uppåt	15
3.2.2 Teori 2 – Västra landfästet har rört sig nedåt	15
3.2.3 Teori 3 – Östra landfästet har rört sig nedåt	15
3.2.4 Teori 4 – Bron har lossnat och glidit av de fasta lagren	16
3.3 Den tekniska utredningens slutsatser	16
4 UNDERSÖKNING AV SKADOR PÅ UPPLAGET	17
4.1 Förankringsbulten	17
4.1.1 Förankringsbultens kapacitet	19
4.2 Undergjutningen	21
4.2.1 Undergjutningens kapacitet mot spjälkbrott	22

4.3	Slutord om skadorna på upplaget	25
5	LASTER OCH LASTFALL FÖR GÅNG- OCH CYKELBROAR	26
5.1	Permanent laster	26
5.1.1	Egentyngd	27
5.1.2	Beläggning	27
5.2	Variabla laster	27
5.2.1	Ytlast	29
5.2.2	Renhållningsfordon	29
5.2.3	Bromskraft	29
5.2.4	Sidokraft	29
5.2.5	Snölast	30
5.2.6	Temperaturändring	30
5.2.7	Vindlast	31
5.2.8	Arbetsfordon	31
5.2.9	Last på övergångskonstruktion	32
5.2.10	Last på räcke	32
5.3	Olyckslaster	32
5.3.1	Påkörningskraft av fordon	32
6	TVÅDIMENSIONELL ANALYS	34
6.1	Vertikalmodellen	34
6.1.1	Permanent last	35
6.1.2	Ytlast	36
6.1.3	Fordonslast	37
6.1.4	Temperaturgradienter	38
6.2	Horisontalmodellen	40
6.2.1	Vindlast	41
7	TREDIMENSIONELL MODELLERING AV BRON	42
7.1	Finita elementmetoden	42
7.1.1	Beräkningsprogrammet I-DEAS	43
7.2	Beskrivning av FE-modellerna	43
7.2.1	Modellering av broöverbyggnad och pelare	44
7.2.2	Randvillkor för FE-modell 1	45
7.2.3	Randvillkor för FE-modell 2	48
7.3	Lastfall	50
7.3.1	Permanent last	51
7.3.2	Temperaturlaster	51
7.3.3	Vertikal last	52
7.3.4	Horisontell last	52
7.4	Analyser	53
7.4.1	Verifieringsanalys	53
7.4.2	Referensanalyser	53
7.4.3	Jämnt avvikande pelarlängder	54

7.4.4	Ojämnt avvikande pelarlängder	54
7.4.5	Avvikande friktion	55
8	RESULTAT	56
8.1	Verifiering av FE-modell	56
8.1.1	Resultat	56
8.2	FE-modell 1	58
8.2.1	Analys 1	59
8.2.2	Analys 2	60
8.2.3	Analys 3 - 5	65
8.2.4	Analys 6 och 7	72
8.2.5	Analys 8	75
8.3	Diskussion av orsak till skadorna på undergjutningen	78
8.3.1	Referensmodellen	78
8.3.2	Effekt av för långa pelare	79
8.3.3	Effekt av en för lång pelare	80
8.3.4	Effekt av minskad friktion	80
8.4	FE-modell 2	81
8.4.1	Analys 2	82
8.4.2	Analys 3-5	83
8.4.3	Analys 6 och 7	86
8.4.4	Analys 8	88
8.5	Diskussion av orsak till bultbrott	89
8.5.1	Referensmodellen	89
8.5.2	Effekt av för långa pelare	90
8.5.3	Effekt av en för lång pelare	90
8.5.4	Effekt av minskad friktion	90
9	SLUTSATSER	91
10	FÖRSLAG TILL FORTSATT UTREDNING	93
	LITTERATURFÖRTECKNING	94
	FIGURFÖRTECKNING	94

## **Bilageförteckning**

Bilaga 1	Konstruktionsritningar GC-bro S950
Bilaga 2	Permanent last, 2D- och 3D-modell
Bilaga 3	Lastfall 2D-modell
Bilaga 4	Tvärsnittskonstanter för FE-modell 1 och 2
Bilaga 5	Lastfall 3D-modell
Bilaga 6	Resultat från 3D-beräkningar (FE-modell 1)
Bilaga 7	Resultat från 3D-beräkningar (FE-modell 2)

## Förord

Idén till detta examensarbete uppkom efter att den tekniska utredningen av brokollapsen i Kil hade avslutats. Man ansåg då att det fanns anledning att utreda brokonstruktionens verkningsätt närmare. Då genomförandet av en fortsatt utredning var tämligen osäker gavs vi möjligheten att fortsätta utredningen genom detta examensarbete. Vi vill med denna rapport klargöra hur olika laster kunnat påverka brons beteende och identifiera eventuella brister hos konstruktionen. Allvaret av brokollapsen blir särskilt tydlig eftersom den kostade en människas liv. Vår förhoppning är att examensarbetet kan bidra till att liknande olyckor i framtiden kan förhindras.

Många personer har bidragit till examensarbetet under arbetets gång och förtjänar att omnämnas. Som initiativtagare och kontaktperson vill vi tacka Karl-Gunnar Lundström och hans medhjälpare, vid WSP Broteknik i Karlstad för stöd och vilja att svara på frågor och bistå med information. För stort engagemang, stöd och tålmodighet vill vi tacka vår handledare Mohammad Al-Emrani som på ett enastående sätt hjälpt oss genom arbetet. Vi vill även tacka Mario Plos och Karin Lundgren för hjälp med att analysera skadorna på undergjutningen samt personalen på WSP Byggprojektering i Göteborg för vänligt bemötande och tillgång till dator och programvara. Vi vill också rikta ett stort tack till Bengt Bernstein, teknisk chef vid Kils kommun, och Anette Naesström vid Polismyndigheten i Karlstad, för stor vänlighet och hjälpsamhet vid vårt besök i Kil. Slutligen vill vi tacka opponentgruppen, bestående av Per-Anders Eggertsen och Tommy Spitza, som följt arbetet och bidragit med åsikter och konstruktiv kritik.

Göteborg 2006

Kristian Johnsson & Martin Malo

# Beteckningar

## Romanska bokstäver, versaler

$A$	Tvärsnittsarea
$E$	Elasticitetsmodul
$F$	Friktionskraft
$F'$	Påkörningskraft
$F_{rvk}$	Skjuvkapacitet
$G$	Skjuvmodul
$L$	Längd
$M$	Reaktionsmoment
$M_{rd}$	Momentkapacitet
$P$	Punktlast
$Q$	Tyngdkraft
$R_x$	Reaktionskraft i x-riktning
$R_y$	Reaktionskraft i y-riktning
$R_z$	Reaktionskraft i z-riktning
$T$	Temperatur
$V_b$	Tvärkraftskapacitet för betong
$W$	Elastiskt böjmotstånd
$Z$	Plastiskt böjmotstånd

## Romanska bokstäver, gemener

$c_1$	Kantavstånd
$f_{buk}$	Karakteristisk brotthållfasthet för stål
$f_{ctk}$	Karakteristisk draghållfasthet för betong
$f_y$	Flytspänning
$k$	Fjäderstyvhet
$q$	Utbredd last
$r$	Radie
$u_x$	Förskjutning i x-riktning
$u_y$	Förskjutning i y-riktning
$u_z$	Förskjutning i z-riktning
$v$	Vindhastighet

## Grekiska gemener

$\alpha$	Vinkel
$\beta$	Vinkel
$\rho$	Densitet
$\mu$	Friktionskoefficient
$\delta_{xy}$	Uppmätt förskjutning







# 1 Inledning

Detta examensarbete är en undersökning av hur verknings sättet hos en brokonstruktion, under inverkan av olika lastfall, lett till att ett av bronns upplag skadats vilket sedermera föranlett kollaps av bron.

## 1.1 Bakgrund

Tisdagen den 29 mars 2005 strax innan kl. 12:27 rasade bro S950 över före detta riksväg 61 i Kil, Värmland. Bron var en stålbro som byggdes år 1981 och var avsedd för gång- och cykeltrafik. Olyckan följdes upp av en teknisk utredning, ledd av Karl-Gunnar Lundström vid WSP Broteknik i Karlstad, som resulterade i en teknisk rapport om brorasat. Idén till examensarbetet uppkom i samband med utredningen då Lundström ansåg att det fanns intresse av att undersöka konstruktionen närmare för att kartlägga olika mekanismer som bidragit till brorasat.



Figur 1.1 Broöverbyggnadens läge efter kollapsen.

I den tekniska rapport som gjordes av WSP diskuteras olika orsaker till brorasat och händelseförloppet vid själva olyckstillfället beskrivs. Vidare fastslår utredningen att den helt dominerande orsaken till olyckan var att en förankringsbult vid det västra landfästets ena lager brustit. Bron har sedan kunnat röra sig så att den helt förlorat sin koppling vid det fasta lagret. Någon orsak till brottet i förankringsbulten och rörelserna som kopplat av bron från det fasta lagret fastslås ej av utredningen.

## 1.2 Problembeskrivning

En noggrann studie av brons verkningsätt är viktig för att få förståelse för varför olyckan inträffade. Att avgöra om olyckan var ett resultat av brister i konstruktionen är av stor vikt för att kunna förebygga liknande kollapser i framtiden. För att förstå vad bron utsatts för krävs att information om de för kollapsen avgörande skadorna på bron tolkas på rätt sätt. Denna information kan sedan användas vid analys av konstruktionens beteende.

## 1.3 Syfte och avgränsning

Syftet med examensarbetet är att studera brokonstruktionen och dess verkningsätt för olika typer av lastfall med fokusering på vad som kan ha föranlett olyckan. Arbetet kommer därmed att klarlägga hur olika laster på bron påverkar dess beteende. Det kommer att undersökas vilka laster på bron som krävts för att få brott i förankringsbulten. Särskild vikt kommer att läggas vid utvärdering och jämförelse av resultat från beräkningsmodellerna och de verkliga skadorna.

Rapporten baseras delvis på de slutsatser som den tekniska utredningen av olyckan lägger fram, om att varken brons två pelare eller dess upplag har rört på sig. Vidare utgår arbetet ifrån att den brutna förankringsbulten är orsaken till olyckan och inriktas istället på att undersöka vilken belastning som orsakat bultbrottet.

## 1.4 Metod

Denna rapport grundar sig på en rad olika undersökningar av konstruktionens beteende. Dessa har gett viktig information, både om brons verkningsätt och om dess brister.

För att förstå brons ideala verkningsätt, så som konstruktören tänkt sig det, har stor vikt lagts vid att studera konstruktionsritningarna. Konstruktionsritningarna omfattar förutom måttsatta ritningar av brons olika delar även föreskrifter och monteringsanvisningar vilka gett värdefull information om brons verkningsätt. Tillsammans med konstruktionsberäkningarna ger konstruktionsritningarna en bra bild av brons tilltänkta verkningsätt.

Den utredning av olyckan som utförts av WSP Brotteknik har gett betydelsefull information om händelseförloppet under olycksdagen. Utredningen omfattar förutom beskrivning av händelseförloppet även dokumentation av observationer vid olycksplatsen och en mängd fotografier. Tillsammans med kompletterande information från WSP har utredningen gett en god bild av vad som inträffat vid olyckstillfället.

Utifrån vägverkets nu gällande bronorm (BRO 2004) har olika lastfall tagits fram, för vilka brons beteende har simulerats. Lasterna enligt normen har fungerat som en utgångspunkt vid beräkningarna samtidigt som kompletterande laster beaktats.

Baserat på förståelse för brons verkningsätt har en tredimensionell beräkningsmodell byggts upp, vilken ska simulera brons verkliga beteendet av den undersökta bron. Redan i ett tidigt skede, inför den tredimensionella analysen, utfördes även enklare tvådimensionella analyser för att kunna verifiera resultaten från den mer komplicerade modellen. De tvådimensionella analyserna utfördes med beräkningsprogrammet Ramanalys från Strusoft medan de tredimensionella analyserna utfördes i I-DEAS som är baserat på Finita element metoden (FEM).

## 1.5 Disposition

I Kapitel 2 beskrivs konstruktionen och dess verkningsätt diskuteras. Den information som ges utgör grunden för de resonemang som förs genom resten av rapporten. Särskilt viktigt, inför resten av rapporten, är de fasta upplagens verkningsätt.

I Kapitel 3 sammanfattas huvuddragen av den tekniska utredningen av brokollapsen som utfördes av WSP. Händelseförloppet under kollapsen beskrivs och olika teorier om orsaken till raset presenteras.

I Kapitel 4 redovisas resultatet från en analys av skadorna på brons sydvästra upplag. Utifrån fotografier av det skadade upplaget och information som erhöles i samband med besök vid olycksplatsen redovisas resultat av enkla beräkningsmodeller för beräkning av upplagets kapacitet. De beräknade kapaciteterna används för att utvärdera resultaten av de mera omfattande beräkningarna av hela bron.

I Kapitel 5 redovisas, utifrån Vägverkets Bronorm BRO 2004, vilka laster som bör beaktas vid beräkning av en bro. Lasterna jämförs bland annat med de laster som konstruktören beaktat vid dimensioneringen. De lastfall och lastvärden som används för de olika beräkningsmodellerna redovisas i respektive kapitel.

I Kapitel 6 redovisas genomförandet och resultaten av överslagsberäkningarna. En diskussion förs kring vilka förenklingar dessa beräkningar baseras på och hur resultaten skall tolkas. Vidare utreds överslagsberäkningarnas betydelse för den fortsatta modelleringen.

I Kapitel 7 beskrivs den tredimensionella Finita element beräkningsmodellen som används för genomförandet av huvudberäkningarna. Vidare redogörs för de lastfall och analyser som modellen beräknas för.

I Kapitel 8 redovisas och diskuteras resultaten från den tredimensionella Finita element beräkningsmodellen. Resultaten för de olika modellerna, som beskriver brons beteende före, respektive efter det att undergjutningen skadats, beskrivs åtskilt. Hur inverkan av olika lastfall och strukturella avvikelser kan relateras till skadorna på undergjutningen respektive bultbrottet diskuteras i avsnitten 8.3 och 8.5.

I Kapitel 9 sammanställs slutsatserna av rapportens huvuddel.

## 2 Allmänt om brokonstruktionen

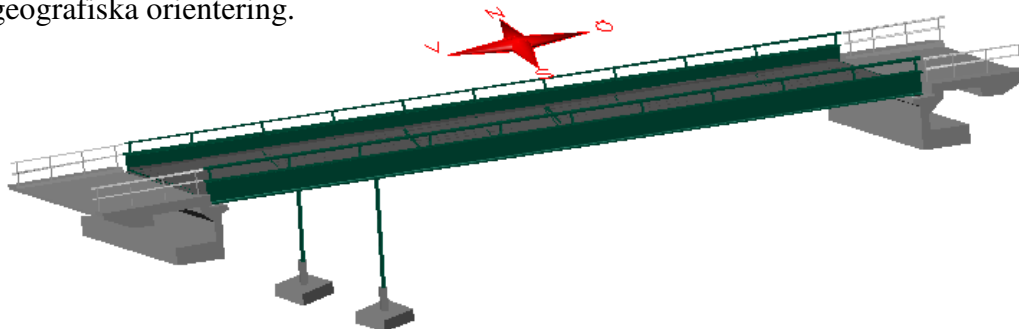
För att kunna följa resonemangen i denna rapport är det viktigt att känna till hur bron var konstruerad och vilket verkningssätt den var konstruerad för. I detta avsnitt beskrivs konstruktionens olika delar och brons verkningssätt baserat på konstruktionsritningarna (se Bilaga 1) och den tekniska rapporten om broraset. Inledningsvis ges bakgrunden till brons tillkomst. Vidare presenteras inblandade parter, som var delaktiga vid planeringen och byggnationen av bron, och brons geografiska placering.

### 2.1 Bakgrund

Stålbron, som var avsedd för gång- och cykeltrafik, hade beteckningen S950 och ledde över före detta riksväg 61 i Kil, Värmland. Kollapsen inträffade tisdagen den 29 mars 2005 strax innan klockan 12:27. Bron byggdes år 1981 och godkändes efter slutbesiktning 1981-08-27 för användning. Byggherre var Kils kommun genom CBK och ABV Karlstad var totalentreprenör. Som brokonstruktör anlätade ABV det norska företaget Taugbøl og Överland A/S. Konstruktionsritningarna godkändes av Vägverket i Borlänge 1981-02-17. Bron var belägen öster om Kils centrum och var orienterad i öst-västlig riktning. Norr om, och i direkt närhet till gång- och cykelbron finns en järnvägsbro vars sträckning är parallell med GC-brons.

### 2.2 Beskrivning av konstruktionen

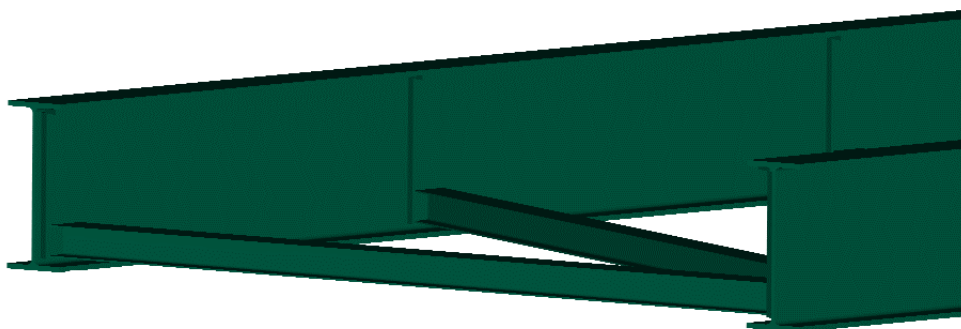
Bron var en balkbro med två fristående landfästen och två pendelpelare. Balkarnas teoretiska spännvidd uppgick till 29,88 m och den fria brobredden var 4,0 m. Pendelpelarna var placerade cirka 7 m från det västra landfästet. Både pelarna och broöverbyggnaden var utförda i stål. Brons huvudbalkar hade fasta lager vid västra änden och rörliga lager vid östra änden. Bron var snedvinklig med  $62^\circ$  vilket innebar att båda upplagen var utförda med  $62^\circ$  vinkel mot underliggande väg. Bron lutade utför i östlig riktning med cirka 1 % vilket innebar att det östra landfästets nivå var belägen cirka 30 cm under det västra landfästets nivå. Den fria höjden mellan brons underkant och underliggande väg var 5,25 m. Figur 2.1 nedan visar en tredimensionell modell av bron inklusive pelare och landfästen. I figuren framgår även brons geografiska orientering.



Figur 2.1 Bild som visar brons geografiska orientering.

## 2.2.1 Broöverbyggnad

Broöverbyggnaden var utförd helt i stål och bestod av två primärbalkar HEA 1000 och tvärbalkar av typ HEA 200 och med centrumavstånd 3,0 m. Huvudbalkarna var placerade med centrumavståndet 4,32 m. Brobanan var fäst till tvärbalkarna med M10 skruv med centrumavstånd 0,5 m. Den vertikala förskjutningen av tvärbalkarna i förhållande till huvudbalkens tyngdpunkt uppgick till 321 mm. Med hänsyn till bronns snedvinklighet fanns vid respektive ände av bron en sned tvärbalk mellan de båda huvudbalkarnas ändar. Figur 2.2 nedan visar hur tvärbalkarna var monterade vid det snedvinkliga upplaget vid västra sidan.



Figur 2.2 Huvudbalkar och tvärbalkar vid bronns västra upplag.

Brobanan utgjordes av 10 mm stålplåt som förstärktes med längsgående förstävningar, i form av kallbuckade KFU profiler, svetsade på undersidan av plåten. Beläggningsen ovanpå plåten var utförd med cirka 50 mm tjock, bomberad asfaltbeläggning.

## 2.2.2 Stålpelare

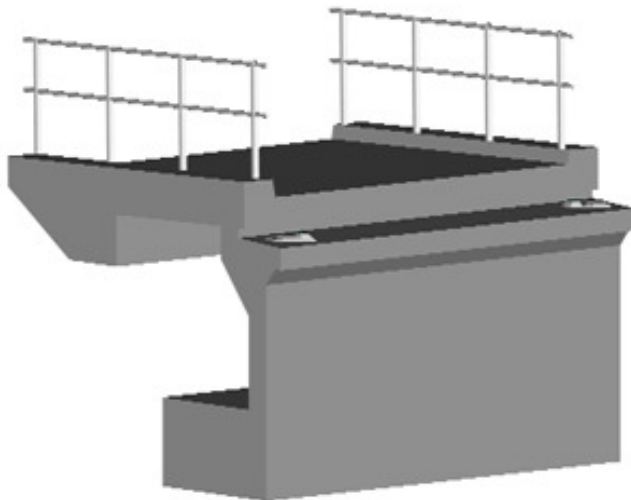
Bronns pelarstöd utgjordes av två stycken cirka 4,8 m långa fyrkantör av dimension RHS 120x120x6,3. Pelarna vilade på betongplintar, belägna i marknivån, och anslöt i överkant till huvudbalkarnas underflänsar. Fyrkantörerna var försedda med 20 mm tjocka ändplåtar som användes för anslutning av pelarna till betongplintarna respektive huvudbalkarna. Vid pelarens övre infästning användes två stycken M10 bultar, kvalitet 4.6, och i den undre användes två stycken 10 mm gängstänger av kvalitet SS1312. Pelarna saknade helt horisontell stabilitet och var avsedda att slås bort vid en eventuell påkörning av fordon på underliggande väg utan att bron rasar. Statiskt sett kan pelarna betraktas som ledade i båda ändar. I monteringsanvisningarna på arbetsritningarna föreskrivs det att pelarna skall monteras först efter det att brobanan asfalterats. Avsikten med detta är att uppnå funktionen att pelarna endast är verksamma för att bära trafiklast och andra variabla laster på bron. Pelarna skulle först monteras till huvudbalkarna och därefter skulle undergjutning av respektive pelarfot utföras. Undersökning av plintarna efter olyckan visar dock att dessa undergjutningar saknas, Lundström (2005).

Plintskäften som pelarna var placerade på var 1,0 m höga och hade tvärsnittsmått 300 x 300 mm. Plinten var enligt ritning armerad med horisontella omslutande byglar samt

förtagningsstänger från bottenplattan. Bottenplattan var platsgjuten i två etapper med gjutfog mellan plattan och plinten. Under betongplattan fanns tjälisolering i form av cellplast. Tjälisoleringens utsträckning i plan var utformad så att det skulle krävas ett tjäldjup motsvarande cirka 1,7 m innan tjälning under bottenplattan skulle kunna uppträda. Undersökningar efter olyckan har även visat att cirka 0,2 m tjocka avjämningsbäddar av grus hade anordnats under bottenplattorna, Lundström (2005).

### 2.2.3 Landfästen

Brons båda landfästen var utförda helt i betong. De var helt lika förutom att det östra landfästets lagerpall var 100 mm längre och belägen 30 cm lägre, i förhållande till gångbanan, än lagerpallen vid det västra landfästet. Nivåskillnaden beror på att det rörliga lagret vid det västra landfästet var mer utrymmeskrävande än det fasta lagret vid västra änden. Det västra landfästet visas i Figur 2.3 nedan. Respektive landfäste var grundlagt på åtta stycken pålar som enligt anvisningar på ritningarna var av kvalitet B45. Pålningarbetet utfördes i enlighet med vägverkets ”Anvisning för pålningsarbete, TB108” och stoppslogs enligt avsnitt 4.2.3.2. Enligt pålplanen var två av pålarna vertikalt slagna, två pålar slagna med lutning mot väster respektive mot öster samt en påle slagen med lutning mot norr respektive mot söder. Maximal pållast har enligt ritningarna beräknats till 312 kN, att jämföra med tillåten pållast på 450 kN.



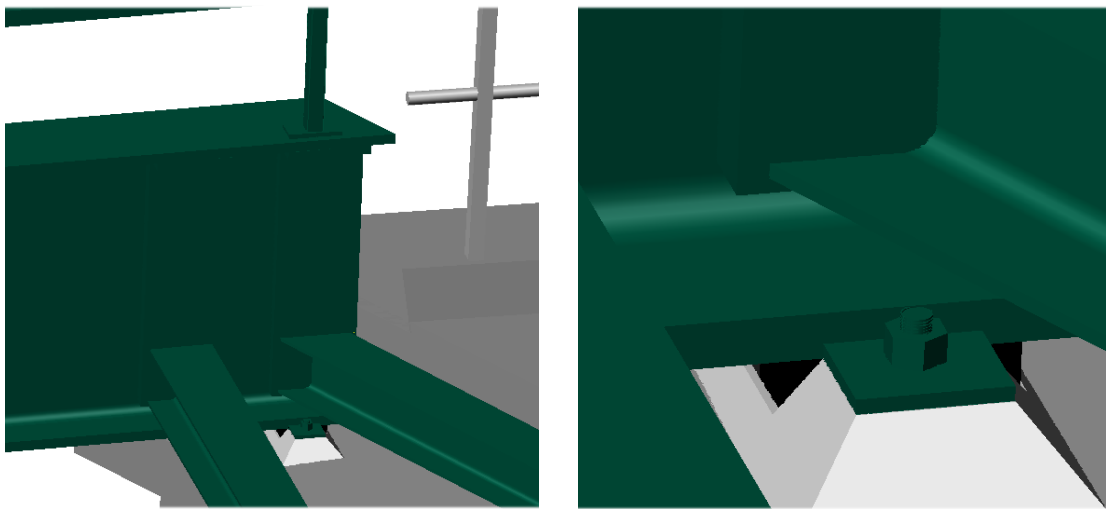
Figur 2.3 Brons västra landfäste. På lagerpallen ses undergjutningen för respektive huvudbalk.

### 2.2.4 Fasta lagren – Västra upplaget

Vid det västra upplaget hade bron sitt fasta lager. Avsikten med ett fast lager är att det ska förhindra rörelser såväl i brons längsled som i dess tvärlid. Bron hade ett lager för respektive huvudbalk som tillsammans förhindrade brons rörelser. Balkarnas underflänsar vilade på armerade gummilager, upplagda på undergjutningarna.

Låsningarna utgjordes av en 10x100x100 mm plåt, stålqualität SS1312, som inpassats i en ursparning i underfläsen på respektive huvudbalks insida. Plåten var fäst med en centriskt placerad förankringsbult med dimensionen M20. Av ritningarna framgår ej av vilken kvalitet bulten var, det är emellertid, sannolikt att den var av hållfasthetsklass 8.8 då denna kvalitet användes för liknande bultar i konstruktionen.

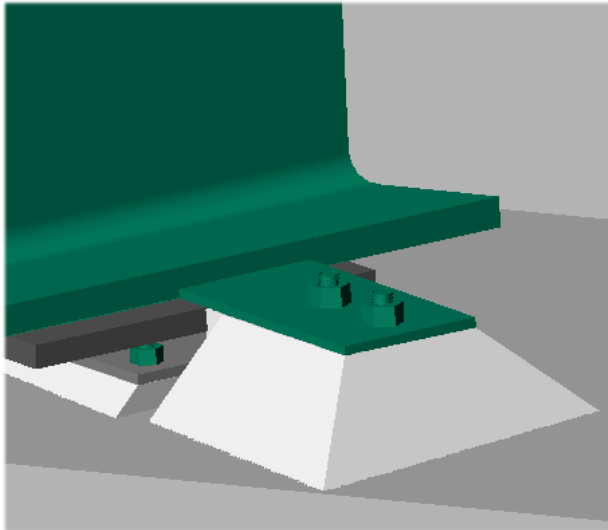
Båda låsningarna var utformade för att förhindra rörelser i brons längsled. Låsningen av den norra huvudbalken var även utformad för att förhindra brons rörelser i sydlig riktning samtidigt som förankringen av den södra huvudbalken skulle förhindra rörelser i nordlig riktning. Tillsammans fyllde dessa låsningar sin funktion att förhindra rörelser i brons längs- och tvärled. Låsningen av huvudbalken vid det nordvästra upplaget visas i Figur 2.4 nedan.



*Figur 2.4 Bilderna visar låsning vid det sydvästra upplaget. Låsningsbrickan var inpassad i en ursparning på insidan av huvudbalkens underfläsa. Tillsammans med motsvarande låsning vid SV upplaget förhindrade låsningen rörelser i brons längs- och tvärled. Låsningsbrickan var fäst med endast en förankringsbult. Brobanan visas inte i bilderna.*

### **2.2.5 Rörliga lagren – Östra upplaget**

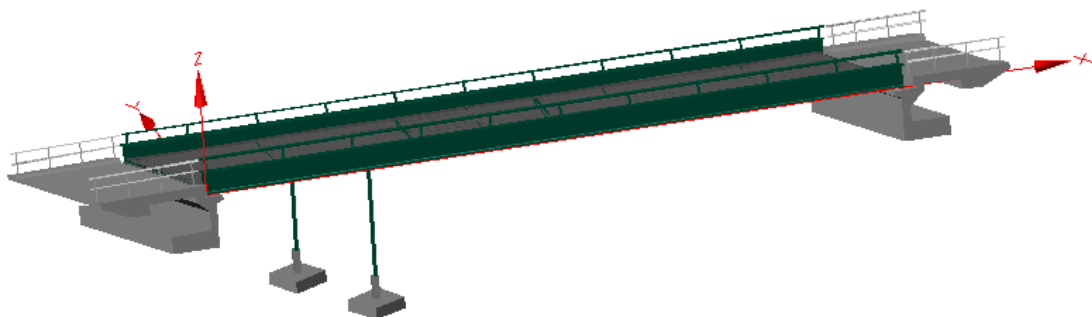
Vid det östra upplaget hade bron sitt rörliga lager. Ett rörligt lager är konstruerat för att tillåta de längdändringar i brons längsled som uppstår vid till exempel temperaturändringar. Lagret utgjordes av ett armerat gummilager med ett glidskikt av teflon. Mellan teflonlagret och undersidan av balken låg en glidplåt av polerat rostfritt stål. Låsningen av brons rörelser i tvärled utgjordes av en 10x100x100 mm plåt, stålqualität SS1312 som placerats mot insidan av respektive huvudbalks underfläsa. Plåten var fastgjord i undergjutningen med två stycken ingjutna M20 bultar av hållfasthetsklass 8.8. Rörelserna i brons tvärled var alltså förhindrade på samma sätt som vid brons fasta lager. Låsningen av huvudbalken vid det nordöstra upplaget visas i Figur 2.5 nedan.



Figur 2.5 Låsning vid det nordöstra upplaget. Låsningsbrickan ligger mot huvudbalkens underfläns och förhindrar tillsammans med motsvarande låsning vid det SV upplaget rörelser i brons tvärled.

## 2.3 Konstruktionens verkningsätt

För att analysera brokonstruktionens beteende för olika lastfall krävs förståelse för dess verkningsätt. Nedan beskrivs konstruktionens verkningsätt för vertikal respektive horisontell last. För att underlätta för läsaren att följa resonemangen i rapporten införs ett koordinatsystem enligt Figur 2.6 nedan. Koordinatsystemets x-axel ligger i brons riktning, y-axeln ligger vinkelrätt x-axeln i syd-nordlig riktning och z-axeln ligger vinkelrätt mot brons plan, riktad uppåt. Samma koordinatsystem kommer att användas för samtliga bilder och modeller genom hela rapporten.



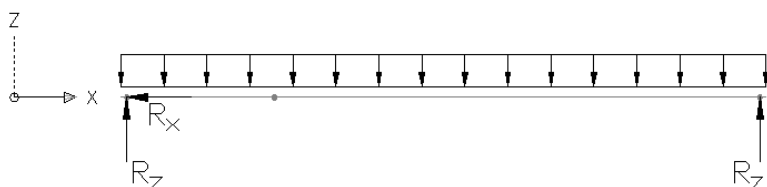
Figur 2.6 Bild av bron som visar det införda koordinatsystemet.

### 2.3.1 Verkningsätt under inverkan av vertikal last

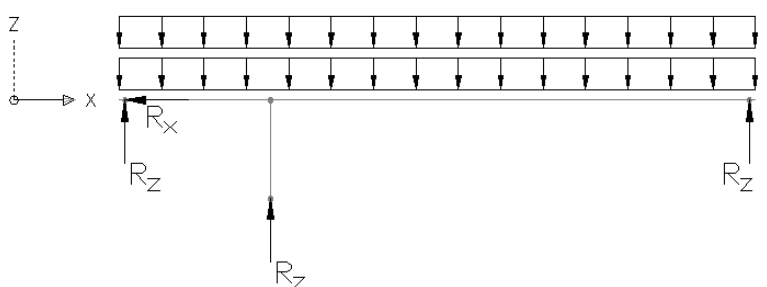
Vid beskrivning av brons beteende under inverkan av vertikal last är det lämpligt att utgå ifrån en tvådimensionell modell. På grund av pelarens funktion beskrivs brons beteende enklast med hjälp av två sådana modeller enligt Figur 2.7 och Figur 2.8 nedan. För endast egentyngd fungerar bron, enligt Figur 2.7, som en fritt upplagd balk



med fast lager vid västra änden och rörligt vid östra änden. För all tillkommande last kommer även pelaren att ta upp last. Last utöver egentygden, fördelas enligt modellen i Figur 2.8. Genom att pelarstödet bara tar last utöver egentygden kommer upplagstrycket vid det västra upplaget att vara förhållandevis stort. Hade pelaren varit aktiv för all last hade upplagstrycket vid det västra upplaget varit betydligt mindre och risken för upplyft på grund av last i det långa spannet hade varit betydande.



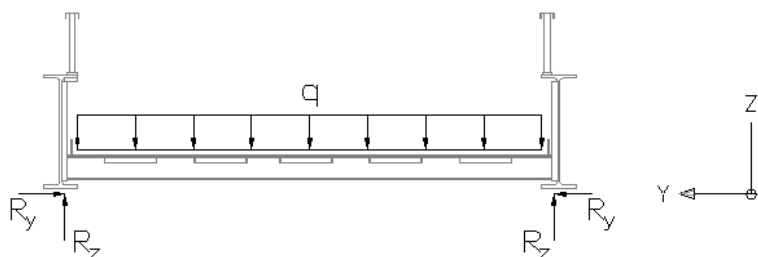
Figur 2.7 Brons verkningsätt för egentygden.



Figur 2.8 Brons verkningsätt för last utöver egentygden.

Förenkling av konstruktionen till en tvådimensionell modell under inverkan av vertikal last, gör att vissa effekter inte kan fångas. För att kunna se dessa effekter krävs en mera komplex tredimensionell modell. Med en sådan modell fångas till exempel även de horisontalkrafter som uppstår till följd av inspänningsförhållanden. Ett exempel på sådana effekter illustreras i Figur 2.9 nedan. På grund av tvärbalkarnas excentricitet i förhållande till huvudbalken och dess upplag kommer det vid upplagen, vid huvudbalkarnas underflänsar, att uppstå lika stora och motriktade reaktionskrafter ( $R_y$ ).

Ett liknande beteende kan förväntas för den sneda tvärbalken vid änden av broöverbyggnaden. För denna kommer dock reaktionskrafterna att ha komponenter i både x- och y-riktningen. Med hänsyn till bronns snedvinklighet kommer fördelningen av vertikal last på upplagen inte att vara jämn. Då lasten tar kortaste vägen till upplaget kommer, under inverkan av en jämnt fördelad ylast, de sydvästra och nordöstra upplagen att ta en större andel last än de nordvästra och sydöstra upplagen.



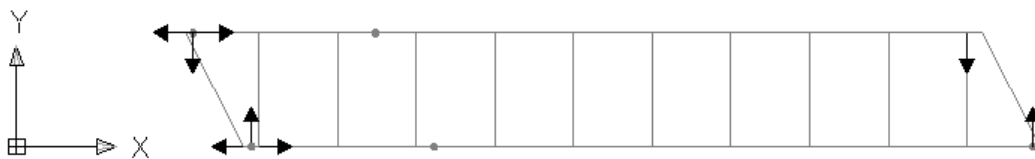
Figur 2.9 Reaktionskrafter till följd av utbredd, vertikal last. På grund av att upplagen är belägna på en lägre nivå än tvärbalkarna ger den vertikala lasten upphov till reaktionskrafterna  $R_y$ .

### 2.3.2 Verkningsätt under inverkan av horisontell last

De horisontella lasterna upptas av reaktionskrafter vid brons fasta och rörliga lager. På grund av konstruktionens globala verkningsätt kommer lasten att fördelas olika beroende på dess storlek och om friktionen vid upplagen övervinns. Krafterna kan upptas på två principiellt olika sätt; genom låsningarna av huvudbalken och genom friktion.

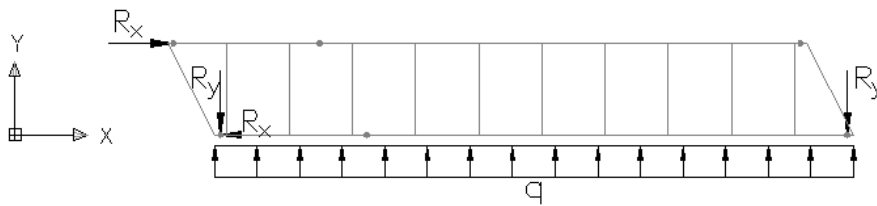
#### Låsningarnas funktion

Låsningarnas utformning tillåter vissa förskjutningar vid upplagen. De riktningar i vilka låsningarna tillåter förskjutningar framgår av Figur 2.10 nedan. Då låsningarna är placerade på insidan av respektive huvudbalk tillåts huvudbalkarna att röra sig i riktning från varandra. Sådana rörelser är emellertid förhindrade av tvärbalkarna som håller ihop huvudbalkarna. Vidare gäller att förskjutningar kan uppträda fritt i brons längsriktning vid de rörliga lagren vid det östra landfästet.



Figur 2.10 De riktningar för vilka låsningarna förhindrar rörelser vid brons upplag.

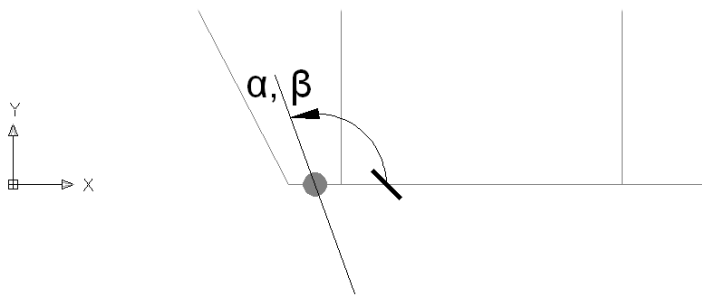
En utbredd horisontell last upptas vid låsningarna, då friktionens bidrag försummas, av reaktionskrafter som framgår av Figur 2.11 nedan. Då lasten som i detta fall verkar mot den södra huvudbalken kommer den sydvästra låsningen att utsättas för störst påkänning. Att den sydvästra låsningen utsätts för större påkänning än den sydöstra beror på att den även förhindrar rörelser i x-riktningen, det vill säga i brons längsled.



Figur 2.11 Reaktionskrafter vid låsningarna för horisontell kraft.

Låsningarnas utformning gör att riktningen för den kraft som kan belasta respektive förankringsbult vid de fasta lagren är begränsad. För reaktionskraften i xy-planets vinkel, som betecknas  $\alpha$ , gäller att den är begränsad enligt Formel (2.1) nedan. Införandet av vinkeln  $\alpha$  åskådliggörs i Figur 2.12 nedan.

$$-180 < \alpha < 0 \quad (2.1)$$



Figur 2.12 Definition av vinklarna  $\alpha$  och  $\beta$  vid SV upplaget. Vinkeln  $\alpha$  används för att beskriva riktningen av reaktionskrafter vid SV upplaget och vinkeln  $\beta$  för att beskriva belastningen av upplaget.

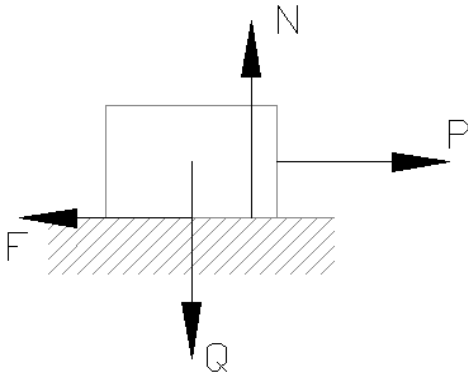
## Friktion

Den typ av friktion som är tillämplig för torra kontaktytor benämns coulumbfriktion. Friktionskraften vid brons upplag kan verka i alla riktningar i xy-planet och dess storlek kan antas vara begränsad enligt Formel (2.2) nedan.

$$F = \mu \cdot Q \quad (2.2)$$

Friktionskraften beror dels av tyngdkraften  $Q$  och dels av friktionskoefficienten  $\mu$ . För en kropp enligt Figur 2.11 nedan gäller alltså att den är i vila så länge villkoret i Formel (2.3) är uppfyllt. Om kraften  $P$  överstiger friktionskraftens värde sätts kroppen i rörelse. Man finner då att den kraft som krävs för att hålla kroppen i rörelse är mindre än  $\mu Q$ , P.Å. Jansson & R. Grahn (1997).

$$P < \mu Q \quad (2.3)$$



Figur 2.13 *Krafter vid friktion.*

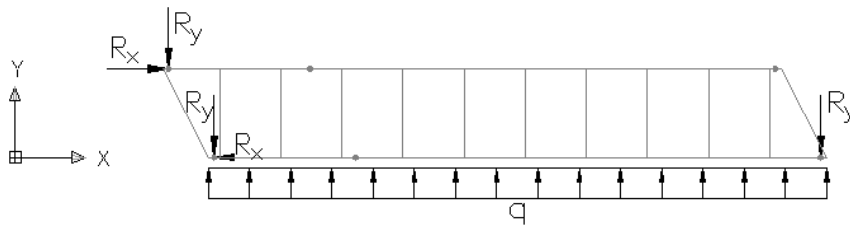
Upplagstrycket vid brons upplag varierar för olika lastfall medan friktionskoefficienten kan antas vara konstant. Friktionen är betydligt större vid de fasta lagren, där huvudbalkarna vilar på armerade gummilager, jämfört med det rörliga lagret där huvudbalkarna vilar på glidlager av teflon. För glidlagren anges friktionen på ritningarna till 0,05 medan friktionen vid gummilagren inte skrivs ut. Denna har därför uppskattats utifrån BRO 2004 och Betonghandbok – Konstruktion. BRO 2004 anger att värdet för friktionskoefficienten för gummi mot betong vid dimensionering skall sättas till 0,25. Betonghandbok – Konstruktion anger att friktionskoefficientens värde för stål mot gummi uppgår till 0,4. Utgångsvärdet för friktionen vid upplagen väljs vid FE-beräkningarna till 0,3.

Friktionskraften kan ses som det motstånd som måste övervinnas innan kontaktytorna kan börja glida mot varandra och dess inverkan gör att reaktionskrafter kan uppstå även i riktningar som inte medges av låsningarna. När kraft upptas av friktion mellan huvudbalkens underfläns och det armerade gummilagret kommer lagret samtidigt att deformeras vilket gör att små förskjutningar i praktiken kan uppträda även om friktionen inte är övervunnen. Detta innebär att friktionen vid NV upplaget inte nödvändigtvis måste övervinnas för att lastfördelningen ska ge ökad belastning på SV upplaget.

### Fördelning av krafter

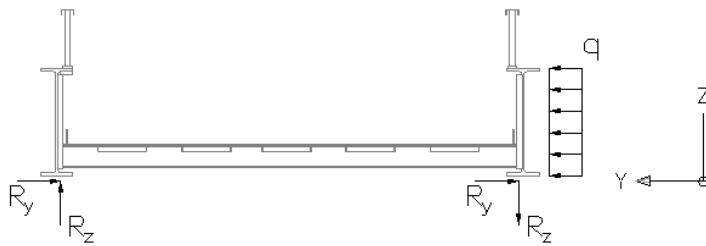
Krafter i brons plan som på grund av utformningen av lagren inte kan upptas av låsningarna kan istället upptas av friktion. Om friktionskraften övervinnas vid ett upplag kommer förskjutningar att uppstå och vid ytterligare belastning kommer lasten att fördelas på övriga upplag. För modellen i Figur 2.11 ovan skulle införandet av friktion innebära att motstånd infördes vid upplagen. Om det antas att friktionen vid glidlagren är försumbar och att friktionen vid det nordvästra lagret inte övervinnas så skulle en modell enligt Figur 2.14 nedan kunna användas för att beskriva beteendet under inverkan av en jämnt fördelad, horisontell last. Skillnaden mot den tidigare modellen, utan friktion, är att en y-komponent av reaktionskraften införts vid det

nordvästra lagret. Denna reaktionskraft gör att det sydvästra lagret avlastas och inte utsätts för lika stor belastning som för fallet utan friktion.



Figur 2.14 Reaktionskrafter för låsningar och friktion vid de västra upplagen samt reaktionskrafter för låsningarna vid de östra upplagen under inverkan av horisontell last.

I likhet med vertikal last på bron kan horisontell last ge upphov till reaktionskrafter vinkelrätt bronns plan. Detta beror på att lasten angriper med viss excentricitet i förhållande till bronns upplag. Reaktionskrafterna till följd av horisontell last mot den södra huvudbalken illustreras i Figur 2.15 nedan.



Figur 2.15 Reaktionskrafter till följd av horisontell, utbredd last på huvudbalk.

### 3 Sammanfattning av den tekniska rapporten

Efter olyckan startades en utredning av broraset som sammanställts till en teknisk rapport av WSP Broteknik i Karlstad. I rapporten beskrivs händelseförloppet vid olyckstillfället och möjliga orsaker till broraset diskuteras. Nedan presenteras några utdrag ur rapporten där händelseförloppet beskrivs och olika teorier till broraset diskuteras. Det är viktigt att känna till dessa delar av rapporten då resonemangen i senare kapitel bygger på denna information.

#### 3.1 Beskrivning av rasförloppet

Följande beskrivning av det inträffade har upprättats av WSP i samband med den tekniska utredningen. Beskrivningen bygger på vittnesuppgifter och observationer.

”Någon gång efter klockan 8 samma morgon som raset inträffade har en kvinna ringt till kommunens växel och meddelat att det finns en glipa vid bron. En annan person som passerade bron omkring klockan 12 har lämnat följande uppgifter till utredningen. Han passerade bron på väg från Kils centrum mot öster. Han ser först en stor glipa vid övergångskonstruktionen vid västra landfästet. Glipan var så stor att man kunde se ner till betongen på lagerpallen. Han noterade vidare att brobanans överyta hamnat på en lägre nivå än GC-vägen vid landfästets grusskifte. Efter detta gick personen ner under bron. Han såg klart att pelarna lutade samt att bronns norra huvudbalk låg så långt norrut att brobalkens utsida i stort sett ligger i liv med landfästets norra sida. Personen i fråga har lämnat uppgifterna direkt till utredaren vid gemensamt besök vid bron under fredagen, 2005-04-01.” Lundström (2005)

”Därefter har bron glidit mot öster där den tillfälligt under olycksdagens förmiddag verkar ha stoppat mot östra landfästets grusskifte bakom lagerpallen. Eftersom bron i detta läge är instabil i tvärled har raset mot norr därefter skett när pelarna helt enkelt välts omkull.” Lundström (2005)

#### 3.2 Teorier

I samband med den tekniska utredningen av olyckan diskuterades olika teoretiskt möjliga orsaker till raset. Det anses helt klarlagt att bron förlorat sitt upplag vid det västra lagret. Fyra olika teorier om hur detta skulle kunna ha inträffat diskuteras.

- |          |   |
|----------|---|
| Teori 1: | Att stålpelarna rört sig uppåt                                      |
| Teori 2: | Att västra landfästet rört sig nedåt                                |
| Teori 3: | Att östra landfästet rört sig nedåt                                 |
| Teori 4: | Att bron lossnat från de fasta lagren och glidit av västra upplaget |

”Dessa teorier analyserades utifrån hur bron var konstruerad, iakttagelser och vittnesuppgifter samt studier av brons läge efter raset. De tre första teorierna kunde efter närmare utredning avfärdas. Bakgrunden till varför dessa teorier inte håller ges nedan.” Lundström (2005)

### **3.2.1 Teori 1 – Stålpelarna har rört sig uppåt**

”Om stålpelarna rört sig uppåt skulle bron blivit hängande på pelarna och östra landfästet. Att bron då inte skulle ligga kvar på västra landfästet är uppenbart eftersom det betydligt längre spannet öster om pelarna genom sin egentyngd gör att bron vippas ner mot östra landfästet. Den tillsynes enda rimliga förklaringen till ett sådant förlopp skulle vara tjälning under pelarnas bottenplattor.” Lundström (2005)

”Undergrunden under bottenplattorna undersöktes genom att den grävdes fram. Undersökningen av undergrunden avslutades på eftermiddagen onsdagen 2005-03-30 kl 16:00. Det kunde konstateras att ingen tjäle förekom under bottenplattorna samt att tjälisoleringen var utförd i enlighet med uppgifterna på relationsritningarna. Vidare påträffades heller ingen tjäle på djup motsvarande grundläggningsnivån utanför bottenplattorna. Det kan därför helt klarläggas att tjälen inte har orsakat några vertikalförändringar av stålpelarna.” Lundström (2005)

”Vidare konstaterades vid uppgrävning av fundamenten att den södra plinten brutits loss från sin bottenplatta. Armeringsstängerna var rostangripna. Den plinten lutar också något mot söder på bilderna. Det är högst sannolikt att denna lutning uppkommit i samband med raset. När bron i fallet kasat nedåt utefter järnvägsbron har pelarnas nedre del och fotplåtar utsatts för en kraft och rörelse i sydlig riktning.” Lundström (2005)

### **3.2.2 Teori 2 – Västra landfästet har rört sig nedåt**

”Om västra landfästet satt sig skulle bron bli hängande på pelarna och östra landfästet. Att bron då inte skulle ligga kvar på västra landfästet är uppenbart och analogt med ovanstående fall. Brons västra landfäste är försett med fyra stycken avvägningsdubbar nivåerna inmättes ursprungligen 1981 och finns angivna på relationsritningarna. Efter raset utfördes 2005-03-31 kontrollavvägningar av dubbarna. Mätningarna utfördes från samma punkter som den ursprungliga mätningen. Kontroll visar att landfästet inte satt sig eller förskjutits så att det kunnat orsaka ett ras.” Lundström (2005)

### **3.2.3 Teori 3 – Östra landfästet har rört sig nedåt**

”Även om östra landfästet satt sig skulle bron bli hängande på pelarna och östra landfästet. Även östra landfästet är försett med 4 st avvägningsdubbar

vilkas ursprungliga nivåer finns angivna på relationsritningarna. Kontrollmätningen visade att även detta landfäste har för olycksförloppet helt försumbara förskjutningar och sättningar.” Lundström (2005)

### **3.2.4 Teori 4 – Bron har lossnat och glidit av de fasta lagren**

”Om bron lossnar från de fasta lagren vid västra landfästet kan inte oönskade rörelser av bron längre förhindras. Det finns mycket som talar för att detta skett.” Lundström (2005)

## **3.3 Den tekniska utredningens slutsatser**

Utredningen fastslår slutligen att den helt dominerande orsaken till olyckan var att en förankringsbult vid det västra landfästets ena lager brustit. Bulten hittades vid inspektion efter rastillfället liggandes på marken nedanför landfästet. Efter att bulten brustit har bron varit fri att röra sig mot norr. För att haka av motsvarande låsning av den norra huvudbalken har det bara krävts en rörelse av 21 mm mot norr. Bron har därefter kunnat glida mot öster och något mot norr så att den helt glider av gummilagren vid det västra landfästet. Brons rörelse hejdas tillfälligt när brobalkarna stoppar mot östra landfästets grusskifte. Det är i detta skede som personen som lämnat vittnesuppgifter till utredningen passerar bron.

Varför brottet i förankringsbulten uppstått och vad som orsakat rörelserna som kopplat av bron från det fasta lagret har dock ej kunnat fastslås i den tekniska rapporten. Man anser därför att det finns anledning att undersöka konstruktionen och dess verkningssätt närmare.



## 4 Undersökning av skador på upplaget

Att studera skadorna på konstruktionen efter olyckan ger viktig information om de krafter som verkat. Då det konstaterats att brottet av förankringsbulten varit avgörande för olyckan är det särskilt viktigt att undersöka bulten, för att avgöra vilken brottmod som lett till brottet, liksom att undersöka skadorna på undergjutningen, där bulten varit förankrad. Först efter att ha fått förståelse för vilka krafter som gett upphov till skadorna är det möjligt att dra slutsatser om resultat av beräkningar för olika lastfall. Nedan redovisas undersökningen av skadorna på förankringsbulten och undergjutningen.

### 4.1 Förankringsbulten

Det sydvästra lagrets förankringsbult, som visas i Figur 4.1 nedan, återfanns efter olyckan liggandes på marken nedanför landfästet. Huruvida bulten hamnat på marken innan eller i samband med olyckan är inte klargjort, Lundström (2005). Att bulten gått av samtidigt som olyckan inträffade kan dock uteslutas då underökningar av korrosionsprodukter från bulten visar att brottytan var äldre än två veckor då broraset inträffade, Korrosionsinstitutet (2005). Undersökningen av korrosionen har utförts av Korrosionsinstitutet.



Figur 4.1 Den brustna förankringsbulten inklusive låsningsbricka.

I rapporten från Korrosionsinstitutet redovisas resultaten av undersökningar av korrosionsprodukter, dels från bultens sidoyta och dels från brottytan. I slutsatserna av korrosionsinstitutets rapport står följande att läsa:

”Konstaterade korrosionsangrepp på bulten tolkas så att bulten utsatts för korrosiva förhållanden, t.ex. kvarstående regnvatten och klorider från vägsalt under längre tid redan innan den brustit.

Från utförd FTIR-analys av bildade korrosionsprodukter dras slutsatsen att brottytan uppkommit mellan 2-3 veckor och 2-5 år före broraset medan den

rost som bildats på bultens sidoyta är äldre. En bedömning baserad på korrosionsfilmens tjocklek och resultat från FTIR-analysen är att bulten inte brustit i samband med eller strax efter bygget av bron, ej heller strax före broraset, samt att delar av bulten utsatts för korrosiva förhållanden under ett antal år innan den brustit.” Korrosionsinstitutet (2005)

Att bultbrottet inte är ett utmattningsbrott kan konstateras efter studier av brottytan, vilken visas i Figur 4.2 nedan. Ett utmattningsbrott skulle sannolikt ha startat i bultens gängade del. Vid utmattningsbrott skulle också tecken på sprickinitiering och restbrott ha varit synliga. Vidare tyder de stora plastiska deformationerna och den grova ytan, som är typisk för plasticering, på att det är ett böjbrott.



Figur 4.2 Förankringsbultens brottyta.

Bultens form och de stora deformationerna vittnar om att brottet sannolikt är en kombination av böj- och dragbrott. Även om deformationerna är stora är det svårt att avgöra om de ger tillräcklig töjning för att orsaka brott eftersom materialkvalitén inte är fastslagen och att temperaturförhållandena vid brottillfället inte är kända. Vid låga temperaturer kan ett sprödare beteende förväntas än vid högre temperaturer. Bilderna av bulten som redovisas i Figur 4.3 nedan visar tydligt på att stora böjdeformationer uppstått innan brottet inträffat. Böjningen av bulten är en följd av de krafter som överförts från huvudbalken via låsningsbrickan.



Figur 4.3 Förankringsbultens deformerade form visad från fyra olika håll. Bulten vrids cirka 90° mellan de olika bilderna.

Bulten visar stora böjdeformationer i en huvudriktning men även något mindre böjdeformationer i en riktning vinkelrätt den huvudsakliga riktningen. Detta tyder på att bulten varit utsatt för krafter i olika riktningar innan den slutligen gick till brott. Återplacering av bulten i befintlig undergjutning enligt Figur 4.4 ger en indikation om att brottet uppstått till följd av böjning i en riktning som är nära vinkelrät mot brons riktning. Detta motsvarar en vinkel  $\beta$  lika med  $90^\circ$  enligt Figur 2.12. Böjning av bulten ser ut att ha varit förhindrad i det område där plåten suttit. Vid denna del av den gängade sidoytan är även gängorna deformerade, vilket framgår av Figur 4.4 nedan.

Brottytan finns mellan 85 till 95 mm från undergjutningens överkant. Bultens deformationer är så stora att de inte kunnat uppstå utan att även omfattande skador på undergjutningen uppstått. Skadorna på undergjutningen diskuteras i avsnitt 4.2. Storleken på den kraft som kan ha orsakat deformationen och brottet av bulten diskuteras i avsnitt 4.1.1 nedan.



Figur 4.4 Bilden till vänster visar hur bulten återplaceras i den befintliga undergjutning och bilden till höger deformationer i bultens gängade del vid låsningsbrickans placering.

#### 4.1.1 Förankringsbultens kapacitet

Förankringsbulten var ingjuten i undergjutningen. Vid dimensionering kan bulten, om undergjutningen antas vara tillräckligt fast, antas överföra kraften genom ren skjuvning. Dimensioneringsvärdet med hänsyn till skjuvbrott av bulten beräknas enligt BSK med Formel (4.1) nedan, Boverket (1999).

$$F_{Rvk} = 0,6A_1 \cdot f_{buk} \quad (4.1)$$

I uttrycket insätts bultens tvärsnittsarea  $A_1$  och stålets karakteristiska brotthållfasthet,  $f_{buk}$ . Tvärsnittsarean är  $314 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$  och den karakteristiska brotthållfastheten för en bult av hållfasthetsklass 8.8 uppgår till  $800 \cdot 10^6 \text{ MPa}$ . Förankringsbultens materialkvalitet anges inte på ritningarna men antas vara densamma som för övriga bultar i konstruktionen (hållfasthetsklass 8.8). Med dessa värden beräknas kapaciteten med hänsyn till skjuvning ( $F_{Rvk}$ ) till 150,8 kN.

Av bultens deformationer framgår att brottet inte är något skjuvbrott utan ett slags böjbrott. Beroende på vilka inspänningsförhållanden som gäller kan olika beräkningsmodeller sättas upp för beräkning av bultens bärförmåga. I det föregående stycket konstaterades att bulten kan antas ha varit fast inspänd i nivå med brottytan. Vidare har låsningsbrickan delvis fungerat som en inspänning vid bultens övre del. Den verkliga brottmoden bör därför ligga mellan de två fallen i Figur 4.5 nedan.



Figur 4.5 Bilden till vänster visar en beräkningsmodell för bulten med fast inspänning vid dess nedre del och bilden till höger visar en beräkningsmodell med fast inspänning vid bultens nedre del och förhindrad rotation vid dess övre del.

Kraften  $P$  är den kraft som överförs till bulten av låsningsbrickan. Reaktionsmomentet betecknas  $M$  och bultens längd betecknas  $L$ . Snittmomentet i inspänningssnittet kan för den första beräkningsmodellen i Figur 4.5 härledas till uttrycket enligt Formel (4.2) och för den andra modellen i Figur 4.5 till uttrycket enligt Formel (4.3).

$$M(0) = PL \quad (4.2)$$

$$M(0) = \frac{PL}{2} \quad (4.3)$$

Momentkapaciteten  $M_{Rd}$  för bulttvärsnittet kan, vid full plasticering av tvärsnittet, beräknas enligt Formel (4.4) nedan.

$$M_{Rd} = Zf_y \quad (4.4)$$

I uttrycket betecknar  $Z$  det plastiskt böjmotståndet, vilket beräknas enligt Formel (4.5) nedan, och  $f_y$  stålets karakteristiska brotthållfasthet.

$$Z = \frac{4}{3}W \quad (4.5)$$

Det elastiska böjmotståndet  $W$  beräknas för ett cirkulärt tvärsnitt enligt Formel (4.6) nedan.

$$W = \frac{\pi \cdot r^3}{4} \quad (4.6)$$

Insättning av Formlerna (4.5) och (4.6) i Formel (4.4) ger ett uttryck för momentkapaciteten enligt nedan.

$$M_{Rd} = \frac{4}{3} \frac{\pi \cdot r^3}{4} f_y \quad (4.7)$$

Vidare gäller att genom kombination av respektive formel; (4.2) och (4.3) med (4.7) erhålls ett värde för brottlasten  $P$ . För den första brottmoden som beskrivs i Figur 4.5 kan brottlasten beräknas enligt uttrycket i Formel (4.8) nedan och för den andra brottmoden i Figur 4.5, med fast inspänning vid båda ändarna kan brottlasten beräknas enligt Formel (4.9).

$$P = \frac{\pi \cdot r^3}{3 \cdot L} f_y \quad (4.8)$$

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot r^3}{3 \cdot L} f_y \quad (4.9)$$

Vid insättning av bultens radie ( $r$ ) som är 10 mm, stålets karakteristiska brotthållfasthet ( $f_y$ ) som är 640 MPa och bultens fria längd ( $L$ ) som är 90 mm beräknas den kritiska lasten till 7,45 kN enligt Formel (4.8) och 14,9 kN enligt Formel (4.9). Den kraft som bulten utsatts för är alltså större än 7,45 kN och mindre än 14,9 kN. Kapaciteten med hänsyn till skjuvning är alltså 20 respektive 10 gånger större än den kraft som erfordrats för att böja bulten till brott för respektive brottmod.

## 4.2 Undergjutningen

Utifrån korrosionsinstitutets rapport kan det konstateras att undergjutningen sannolikt varit skadad under en längre tid då bultens sidoyta varit utsatt för korrosiva förhållanden under flera år innan den brustit. Att undergjutningen varit förstörd har också varit en förutsättning för att bultbrottet kunnat uppstå vid den aktuella nivån. Vid inspektion efter olyckan har det funnits att undergjutningen varit mycket skadad vid det sydvästra upplaget. Figur 4.6 nedan visar hur undergjutningen vid det sydvästra upplaget ser ut efter olyckan jämfört med undergjutningen vid det nordvästra lagret. Undergjutningen vid det nordvästra upplaget är till synes oskadad.

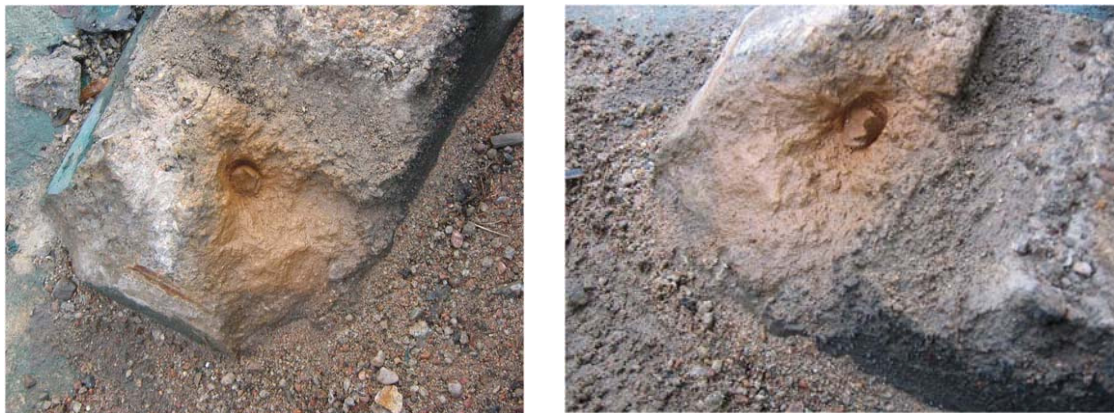
Skador på undergjutningen, i form av spjälksprickor, kan ha uppstått till följd av de krafter som överförts från förankringsbulten om undergjutningen inte haft tillräcklig kapacitet för att uppta dessa krafter. Denna möjlighet kommer att utredas vidare genom kontrollberäkning av undergjutningens kapacitet med hänsyn till spjälkning. Även den volymutvidgning som uppstått i samband med korrosionen av förankringsbulten kan ha påverkat spjälkningen. Ytterligare en möjlighet är att

undergjutningens kvalitet varit bristfällig och att det därför inte krävts någon större kraft för att ge stora skador. Mot denna teori står dock det faktum att undergjutningen vid övriga lager till synes var helt intakta.



*Figur 4.6 Bilden till vänster visar den skadade undergjutningen vid det sydvästra upplaget och bilden till höger visar den intakta undergjutningen vid det nordvästra upplaget.*

Av Figur 4.7 nedan framgår att undergjutningen är mer skadad i det område som färgats brunt av korrosionsprodukterna vilka sannolikt förts med vatten som runnit genom sprickan.



*Figur 4.7 Den skadade undergjutningen vid det sydvästra upplaget.*

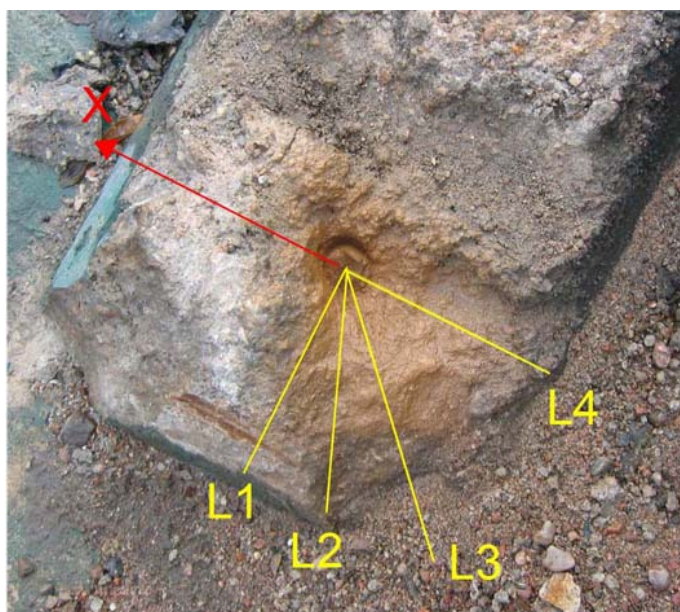
#### **4.2.1 Undergjutningens kapacitet mot spjälkbrott**

Det finns inte någon vedertagen analytisk metod för bestämning av kapaciteten för spjälkbrott i betong på grund av ingjutningsgods belastade av tvärkraft. Den metod som används i beräkningen nedan är överslagsmässig och baseras på att kapaciteten bestäms av betongens draghållfasthet. Metoden är emellertid tillräcklig för att ge en uppskattning av det övre gränsvärdet för undergjutningens kapacitet. Beräkningen baseras på geometrin av den skadade undergjutningen och en uppskattning av undergjutningens draghållfasthet ( $f_{ctk}$ ). Arean av den aktuella spjälksprickan (A) beräknas utifrån inmätning av den verkliga sprickans geometri och antagandet om  $45^\circ$

spridning av lasten från undergjutningens ovansida och nedåt. Kapaciteten beräknas enligt Formel (4.10) nedan.

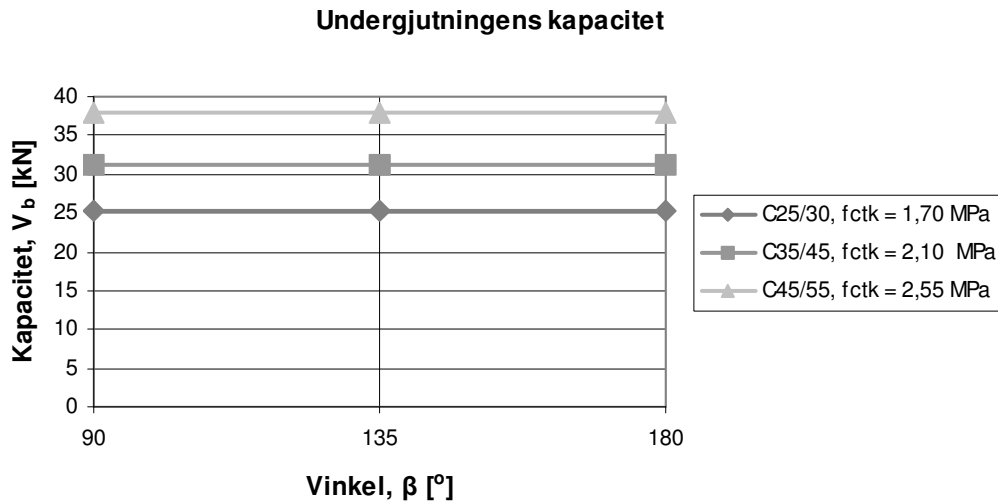
$$V_b = A \cdot f_{ctk} \quad (4.10)$$

Brottnoden motsvarar belastning i en riktning motsvarande en vinkel ( $\beta$ ) på cirka  $140^\circ$ . Resultaten av en inmätning av sprickans geometri redovisas i Figur 4.8 nedan. Spjälksprickans area beräknas till  $149 \text{ cm}^2$ . Under föreskrifterna på konstruktionsritningarna anges att undergjutningen ska utgöras av högvärdigt cementbruk. Vilken draghållfasthet detta bruk har är svårt att uppskatta. Värdet för undergjutningens draghållfasthet har i samråd med Lundström uppskattats till  $2,10 \text{ MPa}$ , motsvarande betong av hållfasthetsklass C35/45. Undergjutningens kapacitet med avseende på den aktuella spjälksprickan beräknas utifrån dessa värden till  $31,3 \text{ kN}$ , vilket är en grov uppskattning av dess verkliga kapacitet. Om betongen istället antas vara av hållfasthetsklass C25/30 eller C45/55 blir kapaciteten  $25,3$  respektive  $38,0 \text{ kN}$ .



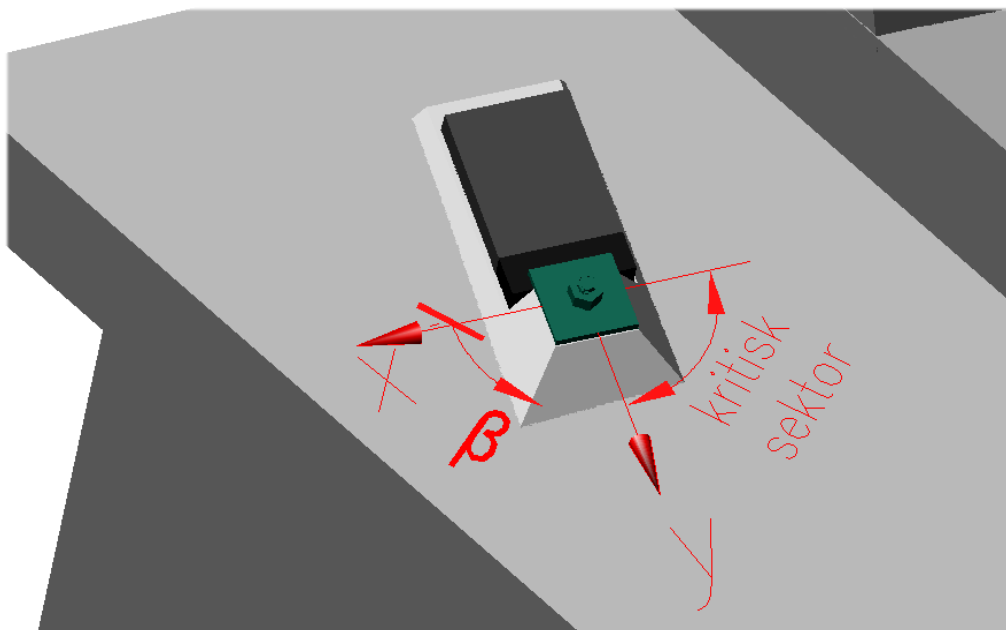
Figur 4.8 Resultatet av en inmätning av undergjutningens sprickgeometri;  $L_1 = 80 \text{ mm}$ ,  $L_2 = 88 \text{ mm}$ ,  $L_3 = 132 \text{ mm}$  och  $L_4 = 105 \text{ mm}$ .

Eftersom beräkningen av undergjutningens kapacitet bygger på skattning av dess draghållfasthet bör den betraktas som ett riktvärde och inte en absolut gräns. Den beräknade kapaciteten kommer dock att användas vid utvärdering och jämförelse av resultaten i Kapitel 8. Där kommer belastningen av undergjutningen i brons plan att illustreras i ett diagram enligt Figur 4.9 nedan, där även undergjutningens kapacitet redovisas som ett konstant värde oberoende av den angripande kraftens riktning. Att kapaciteten är lika stor, oberoende av kraftens riktning är en förenkling då lastens spridning skulle ge en ökad kapacitet för andra vinklar än den beräknade. Då den verkliga brottnoden är känd anses det dock lämpligt att utgå från denna.



Figur 4.9 Unergjutningens kapacitet för olika värden på draghållfastheten. Diagrammet kommer att användas som bas vid redovisningen av undergjutningens belastning för de tredimensionella analyserna.

Skadorna på undergjutningen tyder på att kraften som orsakat skadorna verkat i en riktning motsvarande en vinkel  $\beta$  på cirka  $140^\circ$ . Det är dock tänkbart att krafter med riktning mellan  $90$  och  $180^\circ$  orsakat skadorna. Området mellan  $90$  och  $180^\circ$  benämns i fortsättningen den kritiska sektorn, vilken definieras i Figur 4.10 nedan. I Figur 4.9 visas också hur undergjutningens kapacitet varierar vid avvikande hållfasthet



Figur 4.10 Bilden visar vilken vinkel för belastningen av SV upplaget som motsvarar den kritiska sektorn. Huvud- och tvärbalkselement visas inte.



### 4.3 Slutord om skadorna på upplaget

Det anses troligt att förankringsbulten vid SV upplaget brustit till följd av de krafter som den utsatts för av broöverbyggnaden. Att sedan skadorna på undergjutningen blivit så omfattande har varit en förutsättning för att krafterna kunnat ge så stora deformationer av bulten att den till slut gått till brott. Vad som orsakat skadorna på undergjutningen kan inte bestämmas med säkerhet. Det kan dock konstateras att den kraft som krävts för att få ett spjälkbrott i undergjutningen ( $V_b$ ) är större än den kraft som krävts för få bultbrott ( $P$ ). Detta innebär dock inte att skadorna på undergjutningen orsakats av en mindre last än den som orsakat bultbrottet, beroende av konstruktionens globala verkningssätt. De beräknade kapaciteterna bygger på en rad antaganden, varför de närmast bör betraktas som uppskattningar av de verkliga kapaciteterna. För att kunna beräkna kapaciteten med större noggrannhet måste materialkvaliteten för både förankringsbulten och undergjutningen bestämmas.

Bulten har sannolikt böjts av i en riktning motsvarande en vinkel  $\beta$ , enligt Figur 2.12, ungefär lika med  $90^\circ$ . Vinkeln ( $\beta$ ) för kraften som orsakat spjälkbrottet kan inte bestämmas med samma precision men ligger troligen nära  $140^\circ$ . En förklaring till varför undergjutningen vid det sydvästra lagret var skadad när undergjutningarna vid övriga lager var i jämförelsevis gott skick kan vara att det sydvästra lagret varit mera utsatt på grund av brons verkningssätt för olika lastfall. Vid vilken tidpunkt skadorna på undergjutningen har uppstått går inte att avgöra men det kan ändå konstateras att skadorna på undergjutningen uppstått före bultbrottet. Enligt Korrosionsinstitutets rapport är bultens brottyta mellan 2 veckor och 5 år gammal. Skadorna på undergjutningen kan emellertid ha uppstått innan dess. Redan vid en besiktning av bron 1999 påvisades skador på undergjutningen. Omfattningen av skadorna vid denna tidpunkt är dock oklar, Lundström (2005).

Vid beräkning av reaktionskrafterna under inverkan av olika lastfall kommer resultaten att jämföras med de verkliga skadorna på upplaget. Det är därigenom möjligt att bedöma om olika lastfall kunnat orsaka de påvisade skadorna på upplaget.

## 5 Laster och lastfall för gång- och cykelbroar

I detta avsnitt presenteras olika laster som är aktuella för brokonstruktioner i allmänhet enligt Vägverkets bronorm BRO 2004. Vidare diskuteras vilka av dessa som är aktuella för bron. En jämförelse av lastvärdena enligt BRO 2004 och de värden som konstruktören har använt sig av kommer också att göras. Utifrån denna jämförelse kommer en bedömning göras av vilka lastvärden som är lämpliga att utgå ifrån vid simuleringen. De lastfall som inkluderas för den tvådimensionella och den tredimensionella beräkningsmodellen beskrivs i Kapitel 6 respektive 7.

Bro 2004 är en allmän teknisk beskrivning (ATB) för nybyggnad och förbättring av broar som ska användas inom Vägverkets verksamhetsområde avseende broobjekt upphandlade från och med den 1 augusti 2004, Vägverket (2004). När den aktuella bron byggdes var den gällande svenska bronormen Vägverkets bronorm 76. Eftersom syftet med analyserna av bron är att söka förståelse för brons verkningsätt utifrån relevanta lastfall kommer dagens bronorm att beaktas. Skillnader mellan BRO 2004 och konstruktörens beräkningar, enligt 1980 års gällande bestämmelser, kommer dock att påvisas. I BRO 2004 indelas de laster för vilka en bro skall dimensioneras för i kategorierna permanenta laster, variabla laster och olyckslaster. Lasterna presenteras nedan utifrån denna indelning.

### 5.1 Permanenta laster

De laster som verkar konstant på konstruktionen under hela dess livslängd brukar benämnas permanenta laster. De permanenta laster som enligt BRO 2004 skall beaktas presenteras i Tabell 5.1 nedan. De laster som är intressanta för undersökningen är markerade och behandlas närmare nedan.

*Tabell 5.1 Permanenta laster enligt BRO 2004. De laster som diskuteras inför undersökningen av bron är markerade med X.*

Lasttyp	
Egentyngd	X
Beläggning och överfyllnad	X
Jordtryck	-
Vattentryck	-
Stödförskjutning	-
Betongens krympning	-
Påhängslast på påle	-

### 5.1.1 Egentyngd

Med egentyngd avses den bärande konstruktionens tyngd inklusive räcken och dylikt. Beläggning och överfyllnad ska inte räknas till egentyngd, Vägverket (2004).

Egentyngden för den aktuella bron beräknas som summan av de ingående konstruktionselementens egentyngder. Dessa är huvudbalkarna, sekundärbalkarna, brobanepattan och räcket. Beräkningen av egentyngden för dessa element baseras, bortsett från räckverket, på angivna mått och dimensioner enligt ritningsmaterialet samt stålets densitet,  $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$ . Beträffande räckverkets egentyngd så tas den från konstruktörens beräkningar.

### 5.1.2 Beläggning

För att bedöma egentyngden av den belagda ytan krävs information om beläggnings densitet och dess tjocklek. Enligt BRO 2004 godtas att tungheterna  $23 \text{ kN/m}^3$  och  $22 \text{ kN/m}^3$  används för asfaltbetong respektive asfaltmastix. Konstruktören har i sina beräkningar använt tungheten  $25 \text{ kN/m}^3$  och en tjocklek på 60 mm. Enligt konstruktionsritningarna skall beläggnings tjocklek vara 50 mm i mitten av brobanan för en godtycklig sektion genom bron innan överhöjning. Beläggnings yta skall, med hänsyn till ytvattenavrinning, slutta mot huvudbalkarna med lutningen 1:100. Överhöjning av beläggnings utförs för att motverka den form som ytan får på grund av balkens nedböjning. Överhöjningen anges på ritningarna till 80 mm i bronns mittsektion och avtar till 0 mm vid ändsektionerna. Dessa förutsättningar gör det rimligt att anta en medeltjocklek av den belagda ytan på 70 mm. Värdena för beläggnings medeltjocklek och tunghet väljs till 60 mm respektive  $25 \text{ kN/m}^3$ . Den lägre tjockleken torde vägas upp av det högre värdet på tungheten. Lasten från beläggnings är inte heller särskilt stor i förhållande till konstruktionens egentyngd.

Enligt beräkningen som redovisas i bilaga 2 uppgår summan av all permanent last som verkar på konstruktionen till 518,8 kN. Det beräknade värdet används för de beräkningsmodeller som presenteras i Kapitel 6 och 7.

## 5.2 Variabla laster

Med variabla laster avses sådana laster som varierar med tiden och vars värde inte kan bestämmas entydigt på samma sätt som för de permanenta lasterna. För de variabla lasterna bestäms istället det högsta värdet med vilket lasten förväntas uppträda. Enligt BRO 2004 avses med variabla laster de som räknas upp i Tabell 5.2 nedan. De laster som är av särskilt intresse för denna undersökning är markerade och behandlas närmare nedan. Alla de laster som behandlas kommer inte att användas för beräkning. Det är emellertid viktigt att veta lastförutsättningarna för dimensionering av bron för att kunna göra rimliga bedömningar angående vilka laster och lastvärden som ska användas vid analysen.

Tabell 5.2 Variabla laster enligt BRO 2004. De laster som diskuteras inför undersökningen av bron är markerade med X.

Lasttyp	
Fordonslast inklusive dynamiska effekter	-
Utmattningslast	-
Ytlast	X
Renhållningsfordon	X
Utryckningsfordon	-
Typfordon	-
Bromskraft	X
Sidokraft	X
Överlast	-
Snölast	X
Temperaturändring	X
Vindlast	X
Is- och strömtryck	-
Last på inspektionsbrygga	-
Arbetsfordon	X
Last från övergångskonstruktion	X
Olikformig last	-
Last på räcke	X
Vattentryck	-
Last på lådbotten	-
Inverkan av träets fuktrörelser	-

Vid beräkning av brokonstruktioner måste trafiklasten beaktas. Med trafiklast avses trafikens inverkan i vertikal och horisontal riktning på körbana, vägren, gångbana, cykelbana och annan broyta. De trafiklasterna som är aktuella för en gångbro av denna typ är ytlast, last från renhållnings- och arbetsfordon samt broms- och sidokraft, Vägverket (2004).

### 5.2.1 Ytlast

För gång och cykelbroar gäller att vertikal trafiklast bland annat beaktas genom en ytlast,  $q = 4,0 \text{ kN/m}^2$ , Vägverket (2004). Det är samma värde för trafiklasten som beaktats av konstruktören i dennes beräkningar och samma värde som används i dessa simuleringar.

### 5.2.2 Renhållningsfordon

I BRO 2004 anges följande för last av renhållningsfordon:

”En gång och cykelbro som är förlagd i samma plan som en anslutande gång- och cykelväg eller som via en körbar ramp är ansluten till en väg, ska enligt BRO 2004 även beräknas för last av renhållningsfordon. Vid beräkningen godtas att lasten av renhållningsfordonet och last av renhållningsfordonet inte kombineras.” Vägverket (2004)

”Renhållningsfordonet består av två axellaster om 40 kN respektive 80 kN med axelavståndet 3,0 m. Axellasterna består av två punktlaster om 20 respektive 40 kN med ett centrumavstånd av 1,6 m. Punktlastens lastyta är en kvadrat med 0,2 m sida. Bredden på renhållningsfordonet är 2,0 m. Dynamiska effekter ska anses ingå i axellasterna.” Vägverket (2004)

Det axeltryck som bron är dimensionerad för enligt den tidens bestämmelser är 20 respektive 40 kN. Att det dimensionerande axeltrycket från renhållningsfordon enligt dagens bestämmelser är högre är en följd av att allt tyngre fordon.

### 5.2.3 Bromskraft

Inverkan av ett fordons bromsning och acceleration ska anses motsvara en horisontalkraft vilken för gång- och cykelbroar ska beräknas som 0,5 gånger tyngden av belastande renhållnings- eller utryckningsfordon. Gång och cykelbroar, som inte beräknas för inverkan av sådana fordon, ska beräknas för en horisontalkraft av 10 kN i bronns längdriktning som angriper i beläggningens överkant. Dessa laster kan anses jämnt fördelade över gång- och cykelbrons hela bredd, Vägverket (2004). Utifrån dessa regler skulle bromskraften från de renhållningsfordon som diskuterades i föregående stycke uppgå till 60 respektive 30 kN, alltså avsevärt större än det lägsta värde för horisontalkraften som anges i normen. I konstruktörens beräkningar beaktas en bromskraft som uppgår till 1/7 av fordonets tyngd, det vill säga 9 kN. I simuleringen kommer bromskraftens lastvärde att beaktas både i enlighet med dåtidens bestämmelser och enligt BRO 2004.

### 5.2.4 Sidokraft

Inverkan av sned eller osymmetrisk bromsning av fordon, sidostöt och liknande ska anses motsvara en godtyckligt placerad sidokraft lika med 25 % av bromskraften. Sidokraften ska antas verka vinkelrätt mot körbanans längsriktning och i nivå med

belägningens överkant, Vägverket (2004). För detta fall skulle den sidokraft som genereras av renhållningsfordon enligt normen uppgå till 15 kN. Ingen särskild hänsyn tas till sidokraft i konstruktörens beräkningar. Konstruktionen kommer att beräknas för sidokraft enligt BRO 2004 i simuleringen.

### 5.2.5 Snölast

Endast broar med tak behöver beräknas för snölast. Denna bestäms då som tyngden per horisontal area och inverkan av bronns form och snöanhopningar till följd av vindpåverkan, ras och glidning ska beaktas, Vägverket (2004). Den aktuella bron kan mycket väl ha varit utsatt för snölast, mindre troligt är dock att de varit i storlek med dimensionerande värden då bron hållits öppen året om och plogats vid snöfall. Än mindre är sannolikheten för att snölasten varit i närheten av det lastvärde som ytlasten har. Snölasten kommer inte att beaktas under simuleringen.

### 5.2.6 Temperaturändring

Brokonstruktioner ska beräknas för temperaturlaster i form av medeltemperaturändring i konstruktionen och temperaturskillnad mellan konstruktionsdelarnas över- och undersida. Variationer av medeltemperaturen i konstruktionen fordrar rörelsefrihet för att inte tvångskrafter ska uppstå. Även vid temperaturskillnad mellan över och undersida vill konstruktionen deformeras på grund av att den varmare sidan vill utvidgas och den kallare sidan vill dra ihop sig. Vid beräkning av deformationer orsakade av temperaturändringar godtas enligt BRO 2004 att längdutvidgningskoefficientens värde sätts till  $1,0 \cdot 10^{-5}$  för stål.

För broar med stålbrobana på I-balkar av stål gäller att konstruktionen skall kontrolleras för en högsta respektive lägsta medeltemperatur på ( $T_{\max} + 15^{\circ}\text{C}$ ) respektive ( $T_{\min} - 5^{\circ}\text{C}$ ).  $T_{\max}$  avser maximala lufttemperaturen med en årlig sannolikhet av 0,02 att överskridas och baseras på uppmätta maximala timvärden.  $T_{\min}$  avser minimala lufttemperaturen bestämd på samma sätt, Vägverket (2004). För Kils kommun bestäms  $T_{\min}$  till  $-36^{\circ}\text{C}$  och  $T_{\max}$  till  $+34^{\circ}\text{C}$  enligt temperaturkartan i BRO 2004.

Konstruktionen skall också beräknas för temperaturskillnad mellan dess över- och undersida. Skillnaden skall sättas till  $20^{\circ}\text{C}$  vid den högre temperaturen överst och till  $5^{\circ}\text{C}$  vid den lägre temperaturen överst, Vägverket (2004).

Den hänsyn som konstruktören tar till temperaturändring i sina beräkningar gäller endast bronns längdändring på grund av medeltemperaturen. Utifrån ett nolläge beräknas längdändringen för en temperaturvariation av  $\pm 40^{\circ}\text{C}$ . Med längdutvidgningskoefficienten  $1,0 \cdot 10^{-5}$  fås längdändringen till  $\pm 12$  mm. Resultatet används för att tillgodose deformationsbehovet vid det rörliga lagret. Ingen särskild hänsyn tas till temperaturskillnaden mellan över och undersida.

Vid analyserna av bron används medeltemperaturhöjningen  $20^{\circ}\text{C}$  respektive minskningarna  $20$ ,  $30$  respektive  $40^{\circ}\text{C}$ . Dessa temperaturförändringar har ansetts

rimliga med hänsyn till att bron anlades under sommarhalvåret. Vad gäller temperaturskillnaden mellan konstruktionens över- och undersida används rekommenderade värden enligt Bro 2004, 5 respektive 20°C.

### 5.2.7 Vindlast

Vindlasten är till sin natur en dynamisk last vilket måste beaktas vid bestämning av lastvärde och vid dimensionering. För konstruktioner med stor styvhet och dämpning, benämnda statiska konstruktioner, behöver ingen hänsyn tas till konstruktionens svängningsegenskaper vid bestämning av vindlasten, Boverket (1994). För statiska konstruktioner kan vindlasten intensitet väljas utifrån konstruktionens höjd. För konstruktioner upp till en höjd av 10 m uppgår vindlastens intensitet till 1,8 kN/m<sup>2</sup>, Vägverket (2004). Detta värde för det statiska trycket gäller för den aktuella konstruktionen vars höjd är mindre än 7,0 m över underliggande väg. Motsvarande vindhastighet kan efter omskrivning av Formel (5.1.) till (5.2) beräknas till hela 54 m/s. Vid samtidig vindlast och trafiklast på en gångbro motsvarar vindytan på trafiken en längsgående rektangel med höjden 1,5 m ovan beläggningens överkant. Vindintensiteten på bro med trafik får antas uppgå till 60 % av värdet mot bron utan trafik, det vill säga 1,08 kN/m<sup>2</sup>, Vägverket (2004).

$$q = \frac{\rho v^2}{2} \quad (5.1)$$

$$v = \sqrt{\frac{2q}{\rho}} \quad (5.2)$$

Vindlasten beaktas av konstruktören som det resulterande vindtrycket på huvudbalkarna och trafiken, beräknat till 4.35 kN/m verkande vinkelrätt mot bronns riktning. I simuleringen kommer både vindlast enligt konstruktionsberäkningarna och enligt BRO 2004 att beaktas. Denna vindlast anses vara väl tilltagen och det är inte troligt att några sådana vindhastigheter förekommit. Trots detta kommer denna vindlast användas för att undersöka effekterna av konstruktörens dimensionerande laster.

Vidare kommer en vindlast motsvarande 33m/s att simuleras. Denna vindhastighet uppmättes i Småland i jämförbar, skogrik miljö, under stormen den 8-9 januari 2005. Vindtrycket,  $q$  beräknas enligt Formel (5.1) nedan utifrån vindhastigheten  $v$ . Resultande linjelast beräknas till 0,54 kN/m.

### 5.2.8 Arbetsfordon

Last från arbetsfordon och liknande under bronns byggtid ska beaktas. Lasten ska bestämmas av arbetsfordonens, arbetsredskapens etc. utseende och storlek, Vägverket (2004). Ingen särskild hänsyn tas till last från arbetsfordon i konstruktörens beräkningar. Last från arbetsfordon kommer inte att beaktas vid simuleringen.

## 5.2.9 Last på övergångskonstruktion

Horisontalkraft från övergångskonstruktionen ska beaktas och dess storlek ska förutsättas vara 10 kN/m om inte annat kan påvisas vara riktigare, Vägverket (2004). Horisontalkraft tas i beaktning vid dimensionering av bron landfästen.

## 5.2.10 Last på räcke

Gång- och cykelbansräcken och dess infästningar, fallskydd och dess infästning ska beräknas för en kraft av 1,0 kN/m. Kraften ska antas angripa vinkelrät mot räckets överkant, Vägverket (2004). Lasten kommer inte att beaktas vid simuleringen.

## 5.3 Olyckslaster

Med olyckslast avses sådana laster som i en idealisk tillvaro aldrig skulle inträffa. Dessa laster måste beaktas vid dimensionering för att uppnå viss säkerhet mot kollaps även vid extrem last. De laster som enligt BRO 2004 anses vara olyckslaster är de som räknas upp i Tabell 5.3 nedan. De laster som är av särskilt intresse för denna undersökning är markerade och behandlas närmare nedan.

Tabell 5.3 Olyckslaster enligt BRO 2004. De laster som beaktas i undersökningen av bron är markerade med X.

Olyckslaster	
Påkörningskraft av fordon	X
Påseglingskraft av fartyg	-
Brott i kabel till snedkabelbro	-
Avslagen hängare/avslaget hängstag	-
Avslagen påle	-
Ofrivillig uppkörning på gångbana och annan broyta	-
Brott i kabel i spännbetongbro	-

### 5.3.1 Påkörningskraft av fordon

Påkörning av fordon måste beaktas för broar som leder över en väg eller järnväg. Påkörningskraften är en statiskt verkande horisontalkraft  $F'$  i underliggande vägs eller järnvägs längsriktning och  $0,5F'$  vinkelrätt denna. För en bro över en väg anges att  $F' = 1000$  kN. Påkörningskraften anges för tre olika nivåer, mellan dessa nivåer



interpoleras rätlinjigt. För nivå 1, 1,0 m över körbanan, är påkörningslasten lika med  $F$ , för nivå 2, 4,70 m över körbanan, är påkörningslasten lika med  $0,2F'$  och för nivå 3, 5,10 m över körbanan är den lika med 0, Vägverket (2004). Den aktuella bron har enligt ritningarna en fri höjd av 5,25 m och överbyggnaden behöver enligt normen alltså inte beräknas för påkörning. Trots detta kan påkörning inte uteslutas och inkluderas därför i simuleringen.

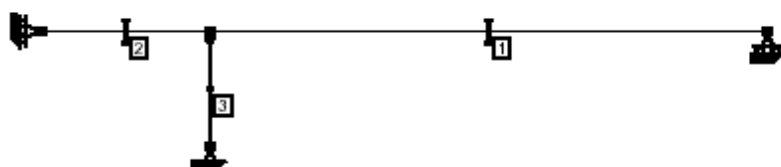
## 6 Tvådimensionell analys

För att på ett enkelt och effektivt sätt undersöka brons verkningsätt under olika lastförhållanden kommer inledningsvis två enkla tvådimensionella beräkningsmodeller att användas. En tvådimensionell modell är lätthanterlig och lämplig att använda för enkla överslagsberäkningar. Genom reducering av problemet till två dimensioner förloras dock möjligheten att beskriva en rad viktiga egenskaper hos brokonstruktionen.

Resultaten från de inledande tvådimensionella analyserna ska fungera som ett underlag för verifiering av de mer komplicerade beräkningarna av den tredimensionella modellen. Överslagsberäkningarna har utförts med Strusofts beräkningsprogram Ramanalys och utgörs av två delstudier. Med studierna analyseras beräkningsmodeller av brons vertikal- respektive horisontalplan. Beräkningsmodellerna och beräkningarna presenteras i avsnitt 6.1 och 6.2 nedan.

### 6.1 Vertikalmodellen

Konstruktionen representeras i vertikalmodellen av en huvudbalk med stöd vid båda ändar och en pelare. Pelaren är modellerad som ledad i båda ändarna. I Figur 6.1 redovisas den tvådimensionella modellens geometri och konstruktionselement. Element 1 och 2 utgörs av HEA 1000 profil och element 3 av fyrkantrör RHS 120x120-6,3. Längderna av element 1, 2 och 3 är 23,07, 6,950 respektive 4,754 m. Elasticitetsmodulen för stålmaterialet sätts till 210 MPa.



Figur 6.1 Vertikalmodellen.

Den del av modellen som motsvarar huvudbalken är vid det västra upplaget låst för horisontell men inte vertikal rörelse. Någon vertikal låsning har inte införts vid det västra upplaget på grund av att modellen ska kunna simulera ett upplyft. Risken för upplyft vid det västra lagret är stor. Stödet som motsvarar brons glidlager vid det östra landfästet är låst i vertikalled men inte i horisontalled. Koordinataxlarna är placerade enligt beskrivningen av koordinataxlarnas placering i Figur 2.6.

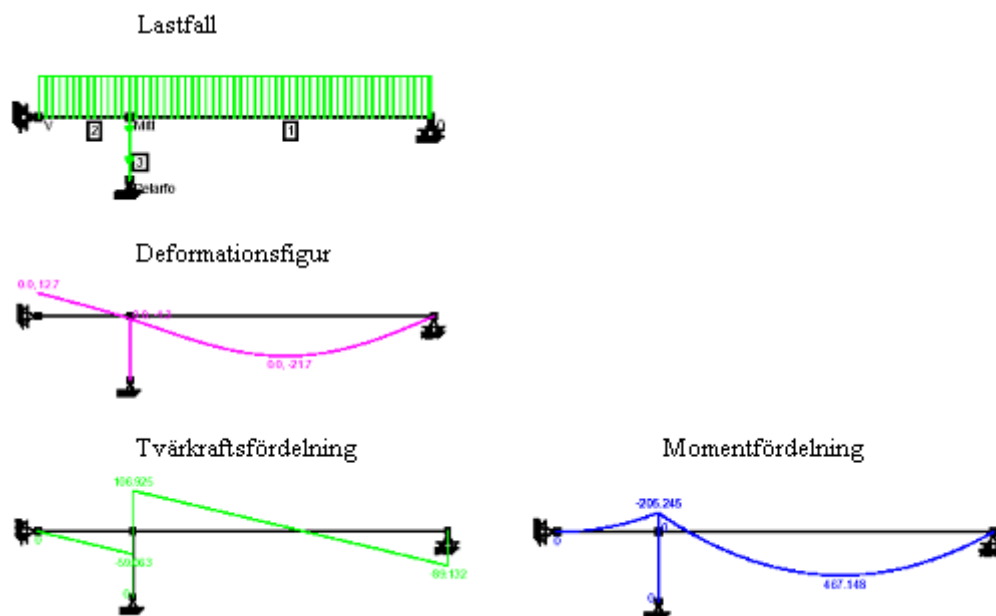
En stor skillnad mellan denna modell och den verkliga bron är pelarens funktion. I modellen är pelaren verksam för all last medan den i verkligheten var avsedd att endast bära last utöver den permanenta lasten.

Vertikalmodellens respons har beräknats för fem olika lastfall. Lastfallen omfattar permanent last, ytlast, last av renhållningsfordon och temperaturgradienter. Lastfallen, resultaten och slutsatserna redovisas i avsnitt 6.1.1-6.1.4 nedan.

### 6.1.1 Permanent last

I den första analysen undersöks modellens beteende under inverkan av endast permanent last. Brobanans tyngd antas vara jämnt fördelad på bronns båda huvudbalkar. Tyngden från brobanan och broräcket fördelas som en jämnt utbredd last längs med huvudbalken medan programmet beräknar egenvikten av de ingående elementen. Den permanenta lasten, utöver egentyngden av ingående element, har beräknats till 5,83 kN/m. Denna beräkning redovisas i bilaga 3. Egentyngden är en last av permanent slag varför denna inkluderas i samtliga lastfall.

Deformationsfigur, moment- och tvärkraftsfördelning för lastfallet framgår av Figur 6.2 nedan. Vidare redovisas reaktionskrafter och nodförskjutningar i Tabell 6.1 nedan.



Figur 6.2 Deformationsfigur, tvärkrafts- och momentfördelning för permanent last.

Tabell 6.1 Reaktionskrafter och stödförskjutningar för permanent last.

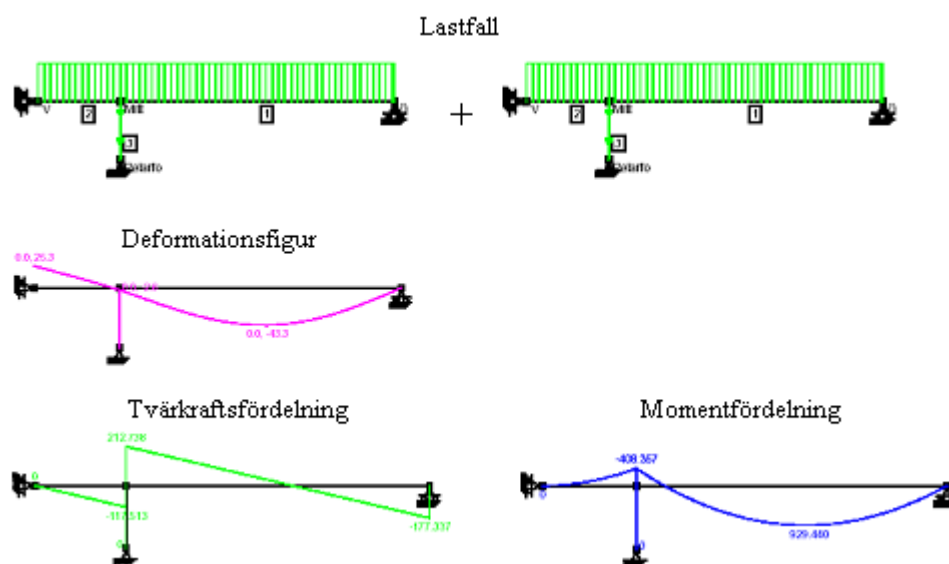
	$R_x$ [kN]	$R_z$ [kN]	$u_x$ [mm]	$U_z$ [mm]
Västra stödet	0,0	0,0	0,0	12,7
Pelartopp	0,0	167,0	0,0	-1,32
Östra stödet	0,0	89,1	0,0	0,0

Plotten av den deformerade bromodellen i Figur 6.2 visar tydligt att det västra upplaget förskjutits uppåt. Förskjutningen uppgår till 12,7 mm. Ett sådant upplyft kan emellertid inte ha förekommit för den verkliga konstruktionen, för vilken pelarna var utformade för att bära tillkommande last, utöver egentygden.

## 6.1.2 Ytlast

Ytlasten, med lastvärdet  $4 \text{ kN/m}^2$ , har i likhet med brobanans egentygnd antagits jämnt fördelad mellan de båda huvudbalkarna. Förutom ytlasten ingår även permanent last i lastfallet.

Deformationsfigur, moment- och tvärkraftsfördelning för lastfallet framgår av Figur 6.3 nedan. Vidare redovisas reaktionskrafter och nodförskjutningar i Tabell 6.2 nedan.



Figur 6.3 Deformationsfigur, tvärkrafts- och momentfördelning för ytlast.

Tabell 6.2 Reaktionskrafter och stödförskjutningar för ytlast.

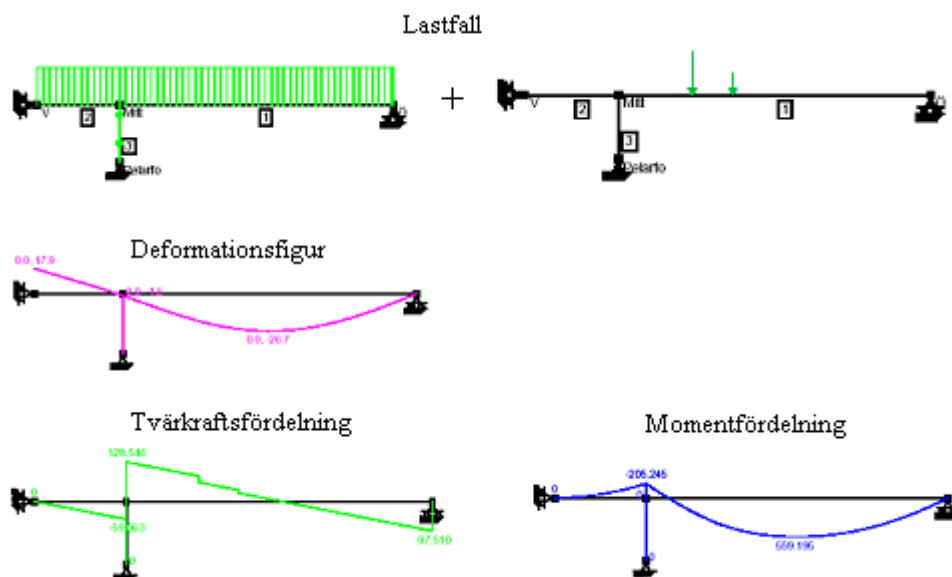
	$R_x$ [kN]	$R_z$ [kN]	$u_x$ [mm]	$u_z$ [mm]
Västra stödet	0,0	0,0	0,0	25,3
Pelartopp	0,0	331,3	0,0	-2,6
Östra stödet	0,0	177,3	0,0	0,0

För denna modell blir upplyftet vid det västra upplaget större än för bara permanent last. Förskjutningen uppgår till 25,3 mm. Tvärkrafts- och momentfördelningen är till formen identisk med den för permanent last. Båda lasterna är utbredda över hela broöverbyggnaden och en ökning av lastvärdet ger en proportionell ökning av moment- och tvärkraftsfördelningen.

### 6.1.3 Fordonslast

Last av ett renhållnings- eller snöröjningsfordon modelleras genom att fordonet motsvaras av två punktlaster orsakade av fordonets hjultryck mot vägbanan. Eftersom modellen är tvådimensionell kan samtliga fyra hjultryck inte inkluderas i modellen. Lasten antas därför fördela sig jämnt mellan de båda huvudbalkarna. Fordonet tyngd väljs till 60 kN, med en fördelning om 40 respektive 20 kN på respektive axel. De båda punktlasterna blir då 20 kN respektive 10 kN. Avståndet mellan de båda punktlasterna är 3 m. Valet av fordonslastens placering baseras på vilken placering som ger det största upplyftet vid det västra upplaget. Avståndet från det västra stödet till den större av de båda punktlasterna är det cirka 12,4 m och till den mindre cirka 15,4 m.

Förutom fordonslasten ingår även permanent last i lastfallet. Deformationsfigur, moment- och tvärkraftsfördelning för lastfallet framgår av Figur 6.4 nedan. Vidare redovisas reaktionskrafter och nodförskjutningar i Tabell 6.3 nedan.



Figur 6.4 Deformationsfigur, tvärkrafts- och momentfördelning för fordonslast.

Tabell 6.3 Reaktionskrafter och stödförskjutningar för fordonslast.

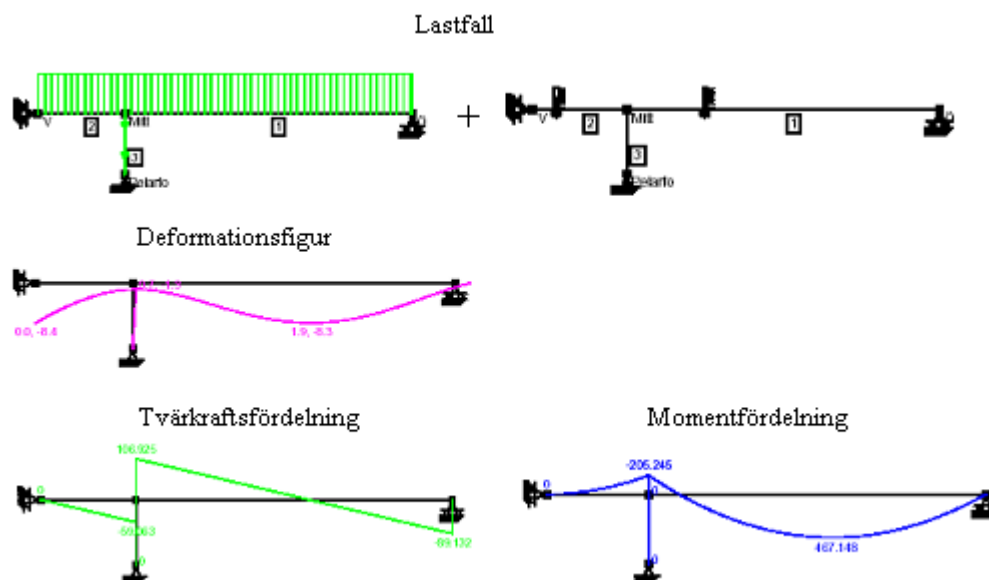
	$R_x$ [kN]	$R_z$ [kN]	$u_x$ [mm]	$u_z$ [mm]
Västra stödet	0,0	0,0	0,0	17,9
Pelartopp	0,0	188,7	0,0	-1,5
Östra stödet	0,0	97,5	0,0	0,0

Även fordonslasten ger ett ökat upplyft vid det västra upplaget. I detta fall uppgår förskjutningen till 17,9 mm.

### 6.1.4 Temperaturgradienter

Två fall av temperaturgradienter som verkar på bronns huvudbalk har beaktats. I det första fallet, då temperaturen är högre vid balkens ovansida, är temperaturgradienten 20°C. I det andra fallet, då temperaturen är högre vid balkens undersida, är temperaturgradienten 5°C. Dessa värden för temperaturgradienterna är tagna ur BRO 2004.

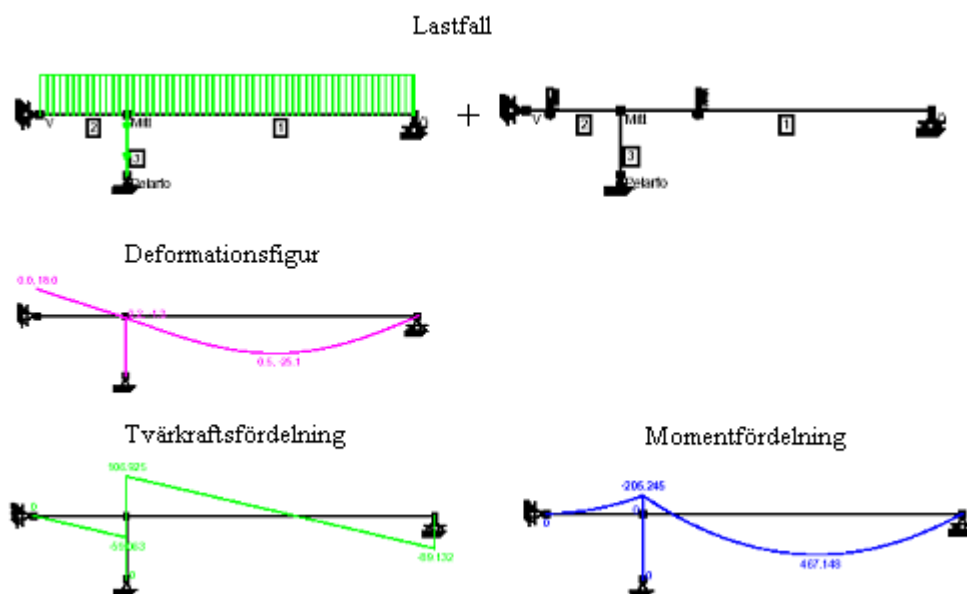
Förutom temperaturgradienterna ingår även permanent last i lastfallen. Deformationsfigur, moment- och tvärkraftsfördelning för respektive lastfall framgår av Figur 6.5 och 6.6 nedan. Vidare redovisas reaktionskrafter och nodförskjutningar i Tabell 6.4 och 6.5 nedan.



Figur 6.5 Deformationsfigur, tvärkrafts- och momentfördelning för temperaturgradient 20 °C.

Tabell 6.4 Reaktionskrafter och stödförskjutningar för temperaturgradient 20 °C.

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$u_x$ [mm]	$u_y$ [mm]
Västra stödet	0,0	0,0	0,0	-8,4
Pelartopp	0,0	167,0	0,7	-1,3
Östra stödet	0,0	89,1	3,0	0,0



Figur 6.6 Deformationsfigur, tvärkrafts- och momentfördelning för temperaturgradient 5 °C.

Tabell 6.5 Reaktionskrafter och stödförskjutningar för temperaturgradient 5 °C.

	$R_x$ [kN]	$R_z$ [kN]	$u_x$ [mm]	$u_z$ [mm]
Västra stödet	0,0	0,0	0,0	18,0
Pelartopp	0,0	167,0	0,2	-1,3
Östra stödet	0,0	89,1	0,8	0,0

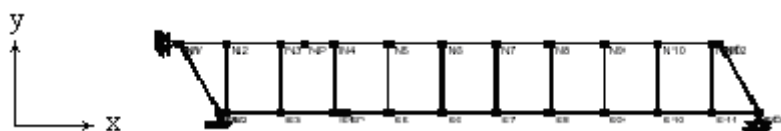
Den mest intressanta av de båda temperaturgradienterna anses vara fallet med högre temperatur vid balkens undersida. För detta fall erhålls ett ökat upplyft vid det västra upplaget jämfört med upplyftet för endast permanent last. Förskjutningen beräknas till 18 mm. Denna effekt uppkommer på grund av längdökningen av balkens undersida i förhållande till längdminskningen av dess ovansida som uppstår vid aktuell temperaturfördelning.

För fallet med högre temperatur vid balkens ovansida noteras att det västra upplaget förskjuts nedåt, en förskjutning som inte vore möjlig för det verkliga upplaget. Resultatet innebär att en sådan temperaturgradient i verkligheten skulle ge ett ökat upplagstryck vid de västra upplagen.

## 6.2 Horisontalmodellen

Genom att skapa en tvådimensionell beräkningsmodell av element som motsvarar broöverbyggnadens samtliga huvud- och tvärbalkar kan effekterna av horisontella krafter enkelt studeras. Horisontalmodellens syfte är att ge förståelse för brons beteende under inverkan av horisontella krafter. Särskilt intressant är det att studera deformationer och reaktionskrafter. Vid beräkningarna av horisontalmodellen är koordinataxlarna placerade enligt beskrivningen av koordinatsystemets införande i Kapitel 2.3.

I horisontalmodellen är noden som motsvarar det sydvästra (SV) upplaget låst i x och y-led och noden som representerar det nordvästra (NV) i låst x-led. Vid de östra upplagen har endast noden som motsvarar det sydöstra upplaget i låsts y-led. Modellen och låsningarna illustreras i Figur 6.7 nedan. Låsningarna är utformade för att efterlikna brons verkningssätt under inverkan av horisontell belastning med syd-nordlig riktning. Om lastens riktning hade varit den motsatta hade låsningarna sett annorlunda ut.



Figur 6.7 Horisontalmodellen.

De båda norra upplagens låsningar är i detta fall fria att obehindrat röra sig i y-led. I verkligheten finns trots upplagens enkelsidiga låsningar ett visst motstånd även vid rörelser uppåt. Motståndet kommer av den friktion som uppstår i kontaktytan mellan huvudbalken och upplaget. Detta verkningssätt är emellertid komplicerat och svårt att beskriva i denna analys.

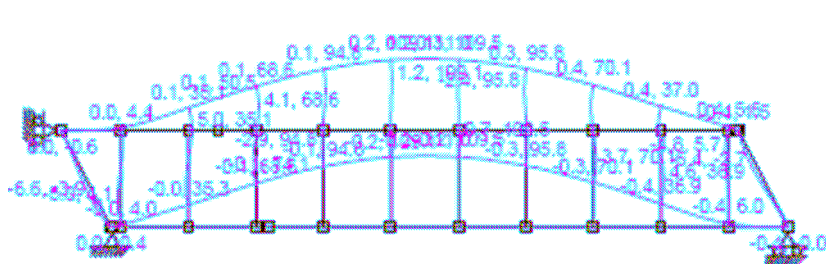
Tvärbalkarna är modellerade som fast inspända i tyngdpunkten av huvudbalkarnas tvärsnitt, full interaktion mellan elementen antogs. Huvudbalkarna utgörs av HEA 1000 profil och tvärbalkarna av HEA 200 profil



## 6.2.1 Vindlast

Lastfallet som kontrolleras för horisontalmodellen är en jämnt utbredd last med lastvärdet 1,8 kN/m, som verkar mot båda huvudbalkarna. Lastintensiteten är vald enligt BRO 2004.

Endast vindlasten beaktas i modellen, egetyngden har utelämnats då denna verkar vinkelrätt mot planet. Deformationsfigur för lastfallet framgår av Figur 6.8 nedan. Vidare framgår reaktionskrafter och nodförskjutningar av Tabell 6.6 nedan



Figur 6.8 Deformationsfigur.

Tabell 6.6 Reaktionskrafter och stödförskjutningar för vindlast.

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]
SV-upplag	25,13	-54,67
SÖ-upplag	0,00	-53,67
NV-upplag	-25,13	0,00

Av deformationsfiguren framgår hur låsningen av noderna som representerar de sydvästra och nordöstra upplagen förhindrar noden ovan respektive under dessa att förskjutas i bronns tvärlid.

## 7 Tredimensionell modellering av bron

Mot bakgrunden av de genomförda tvådimensionella strukturanalyserna inses att genomförandet av en tredimensionell analys fångar många olika aspekter som annars försummas. Den tredje dimensionen gör bland annat att effekter av lastens excentricitet inkluderas, vars inverkan diskuterades i Kapitel 3. Andra exempel är brons snedvinklighet och lastens angreppspunkt i höjddled (z-riktningen). Ytterligare aspekter av brons beteende som är viktiga för att kunna beskriva dess verkningsätt är friktionen vid upplagen och pelarnas funktion. Att kunna beräkna modellens beteende med beaktande av dessa egenskaper är komplicerat vilket gör att höga krav ställs på programvarans funktioner. Med en tillräckligt bra tredimensionell beräkningsmodell, skapas förutsättningar för att undersöka hur olika lastfall påverkar konstruktionen.

Syftet med den tredimensionella analysen är att genom en beräkningsmodell, vilken på bästa sätt beskriver brons verkningsätt, bestämma reaktionskrafter under inverkan av olika laster. Det är särskilt intressant att studera hur krafterna fördelas på det SV upplaget, där den brutna förankringsbulten suttit. Krafterna och förskjutningarna kommer att beräknas för två olika fall. I det första fallet betraktas undergjutningen som intakt och helt styv varför krafterna tas genom skjuvning av bulten. I det andra fallet antas undergjutningen vara skadad och krafterna tas istället av böjning av förankringsbulten. Med fördel bör samma modell kunna användas för båda fallen bara genom modifiering av randvillkoren. Beräkningsresultaten för respektive modell kan utvärderas genom jämförelser mot undergjutningens respektive förankringsbultens kapacitet.

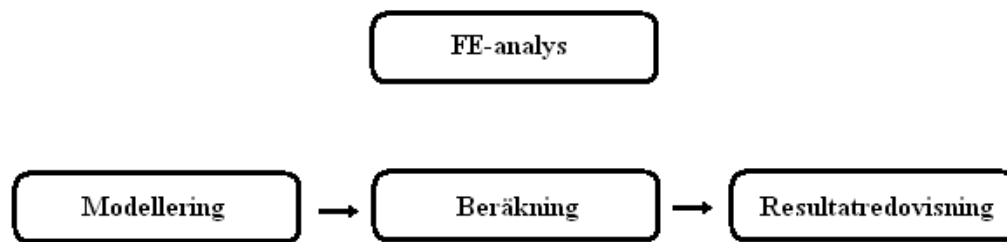
Beräkningsprogrammet som används är baserat på Finita elementmetoden varför metoden beskrivs i det första avsnittet. Vidare redogörs i de följande avsnitten för uppbyggnaden av FE-modellen, de lastfall som den beräknats för och de analyser av olika avvikelser av konstruktionens verkningsätt som genomförts.

### 7.1 Finita elementmetoden

Finita elementmetoden (FEM) är ur matematisk synvinkel en numerisk metod för att lösa linjära partiella differentialekvationer. Metoden bygger på matrisformulering vilket är ett kompakt sätt att behandla stora ekvationssystem, matriser. Finita elementmetoden tillämpas främst med användning av datorprogram. Utbudet av FE-baserade programvaror är idag stort. Finita elementmetoden tillämpas inom en rad olika teknikområden och används bland annat för att modellera elektriska fält, laminär strömning, värmeledning och elasticitet, K. H. Huebner m.fl. (2001). Metoden har sitt ursprung inom hållfasthetslära och flygplansindustrin. I en finit elementmodell delas en struktur eller kropp upp i ett antal delement. Elementen innehar beroende på elementtyp ett bestämt antal noder. Till varje delement hör ett antal linjära ekvationer som beskriver sambandet mellan kraft och förskjutningar i noderna. Finita elementmetoden baseras på förskjutningsansatser varpå man förenklar hanteringen av ofta stora, statiskt obestämda system. Då systemen ofta blir stora, lämpar sig metoden särskilt för användning av datorkraft, S. Sunnersjö (1999).

### 7.1.1 Beräkningsprogrammet I-DEAS

För genomförandet av finita elementberäkningarna används programvaran I-DEAS från UGS. Det är ett program med flera användningsområden som bland annat innehåller moduler för testning, simulering, dimensionering och tillverkning. Vid modellering och beräkning av bromodellen används simuleringsmodulen. En fördel med att använda I-DEAS framför många andra FE-beräkningsprogram är möjligheten att enkelt kunna skapa komplicerade geometrier och förses dessa med önskade elementnät. Programmets generella styrka är dess mångsidighet och förmåga att tillgodose FE-analysens samtliga delmoment; modellering, beräkning och resultatredovisning, vilka illustreras i Figur 7.1 nedan.



Figur 7.1 FE-analysens tre grundmoment.

Modelleringen görs med hjälp av en så kallad preprocessor. En preprocessor kan ses som ett hjälpprogram för definiering av beräkningsmodellen. Med hjälp av denna skapas modellens geometri som sedan förses med element. Därefter tilldelas modellen randvillkor omfattande låsningar och laster. Randvillkoren kan tilldelas geometrier, noder och element. Randvillkor som definieras för geometrier överförs automatiskt till motsvarande laster och låsningar för noderna.

På grund av att kraft/förskjutningssambandet antas vara linjärt och oberoende av tid, att instabilitetsfenomen inte är aktuella och att lasterna inte antas vara dynamiska beräknas FE-modellen med en statisk, linjär analys. Vidare utförs analysen med en iterativ lösningsmetod, som är helt nödvändig på grund av de speciella upplagsförhållandena med friktion i kombination med låsning och kontakt.

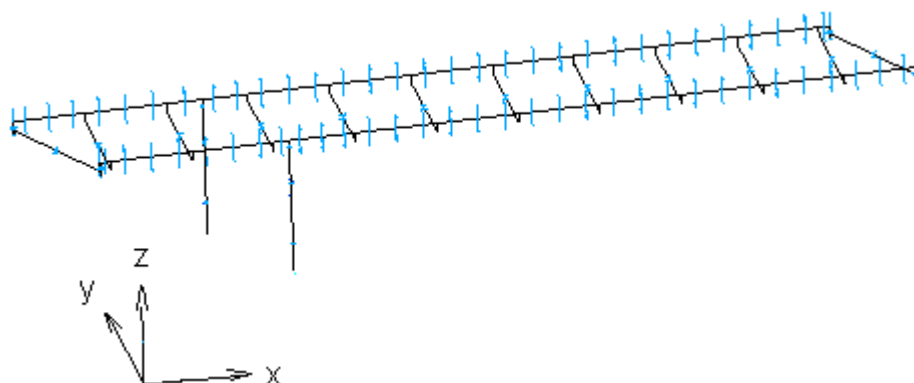
Resultaten tolkas grafiskt med hjälp av programmets postprocessor i form av färgplottar och deformationsfigurer, eller i listor och tabeller. En postprocessor är ett program som hjälper användaren tyda och sortera resultat från FE-beräkningen. I-DEAS genererar också vid varje FE-beräkning en resultatsammanfattning i form av en textfil.

## 7.2 Beskrivning av FE-modellerna

FE-modellen bör med hänsyn till hanterbarhet göras enkel, men samtidigt beskriva strukturen så bra som möjligt med hänsyn till önskade utdata. Då modellen främst ska användas till att studera hur krafterna, fördelas globalt till de olika upplagen byggs

modellen med användning av balkelement. Därigenom fås en modell som beräkningsmässigt blir betydligt mindre i sin omfattning jämfört med en skal- eller solidmodell. Eftersom kollapsen inte inträffat på grund av instabilitetsfenomen, eller flytning i materialet i någon av broöverbyggnadens konstruktionsdelar är det inte aktuellt att genomföra spännings- eller instabilitetsanalyser.

För att beskriva verknings sättet både före och efter det att undergjutningen vid det SV upplaget förstörts används två olika FE-modeller. Modellerna skiljer sig endast beträffande modelleringen av SV upplaget. FE-modell 1 beskriver beteendet som om undergjutningen vore intakt medan FE-modell 2 beskriver beteendet efter det att undergjutningen skadats. I detta avsnitt beskrivs inledningsvis hur strukturen är uppbyggd för modellerna samt randvillkoren för FE-modell 1 och 2. Randvillkoren för FE-modell 1 gäller även för FE-modell 2 bortsett från SV upplaget. En separat beskrivning av randvillkoren vid SV upplaget för FE-modell 2 ges i avsnitt 7.2.3. De lastfall som kommer att beräknas och vilka analyser som är aktuella redovisas i avsnitten 7.3 och 7.4.



Figur 7.2 FE-modell 1.

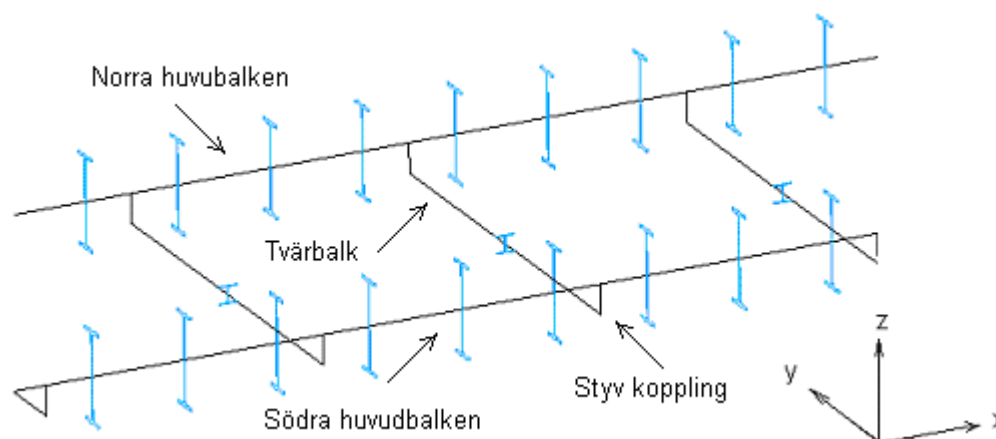
## 7.2.1 Modellering av broöverbyggnad och pelare

Modellen byggs upp genom att huvudbalkar, tvärbalkar och pelare beskrivs med balkelement. Elementet är ett linjärt balkelement som har två noder med tre förskjutningsfrihetsgrader och tre rotationsfrihetsgrader vardera. Linear beam, som elementet benämns i I-DEAS, är baserat på Timoshenkos balkteori, vilket innebär att det förutom böjdeformationer även tar hänsyn till skjuvdeformationer.

Elementet tilldelas egenskaper i form av tvärsnittsgeometrier och materialegenskaper. Samma stålmaterial används för samtliga huvudbalks- och tvärbalkselement. För materialet föreskrivs elasticitetsmodulen till 210 GPa och skjuvmodulen 80 GPa. Densiteten sätts till  $7800 \text{ kg/m}^3$  och värmeutvidgningskoefficienten till  $1,2 \cdot 10^{-5}$ . De olika tvärsnitten med tillhörande tvärsnittskonstanter redovisas i bilaga 4.

För att inkludera effekten av tvärbalkarnas excentricitet i förhållande till huvudbalkarna används så kallade rigid-element vid anslutningarna mellan huvudbalk och tvärbalk. Rigid-elementet är helt styvt, viktlost och fungerar som en koppling mellan noderna som det förbinder. Längden på rigid-elementet mellan huvud- och tvärbalk motsvarar avståndet i z-riktningen mellan huvud- och tvärbalkens

tyngdpunkter (321 mm). Placeringen av huvudbalks-, tvärbalks- och rigidelement illustreras i Figur 7.3 nedan.



Figur 7.3 Placeringen av huvudbalks-, tvärbalks- och rigidelement (koppling mellan huvud- och tvärbalk).

Samma typ av element används även för att beskriva upplagens verkliga nivå i modellen. Ett styvt element med en längd på 495 mm, motsvarande avståndet från huvudbalkens tyngdpunkt till underkant av dess underfläns, används. Då det, på grund av elementbeskrivningen inte är möjligt att använda rigid-element vid upplagen, används istället ett balkelement med hög styvhet och utan tyngd. Tvärsnittsdimensioner och materialparametrar för detta element redovisas i bilaga 4.

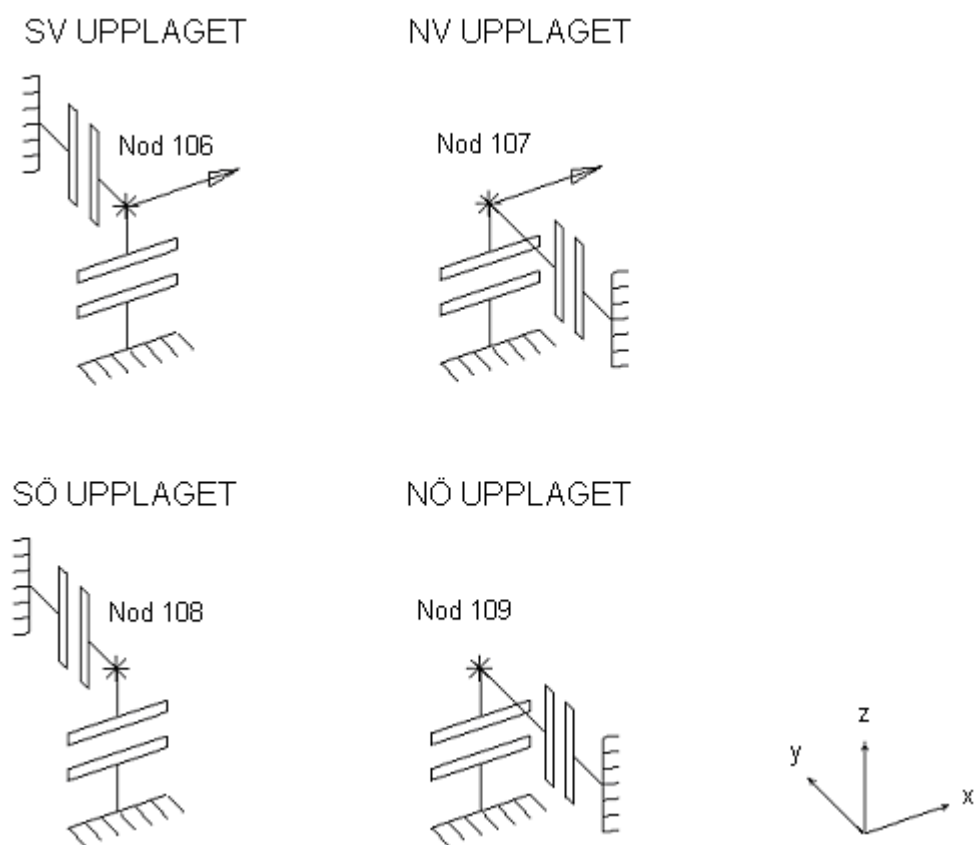
Då pelarnas anslutningar till broöverbyggnad och mark var veka och konstruerade för att slås bort vid en eventuell påkörning modelleras de som ledade. Noden vid pelartoppen släpps därför för samliga rotationer medan noden vid pelarens botten låses för rörelser i xy-planet men är fri i samtliga rotationsriktningar.

## 7.2.2 Randvillkor för FE-modell 1

För att beskriva låsningarna i y-riktningen av huvudbalkarna används gap-element, som tillåter förskjutning i en riktning men inte i motsatt riktning, för noden som det kopplats till. På detta sätt beskrivs låsningarna i y-riktningen så att de södra upplagens rörelse i positiv y-riktning och de norra upplagens rörelse i negativ riktning förhindras. Gapen stängs och upplagsreaktioner erhålls om nodförskjutningar i de förhindrade riktningarna vill uppträda. Elementet knyts till en nod vilken kan förses med denna form av låsning i en, två eller samtliga tre riktningar i rummet. Användningen av elementet är begränsad till för statiska och linjära problem. Det saknar geometri och är likt rigid-elementet viktlost. Vid definiering av elementet kan ett spel (gap) väljas, vilket fungerar som en förskjutning som måste överskridas innan elementet ger kontakt. För låsningarna i y-riktningen sätts spelet lika med noll eftersom låsningsbrickorna antas vara i direkt kontakt med huvudbalkens underfläns. För det fasta lagret vid bronns västra upplag införs även låsningar i x-riktningen medan de östra upplagen är fria att röra sig i x-riktningen.

Då det för gap-elementen också är möjligt att definiera en friktionskoefficient och därmed ett motstånd mot glidning då elementet är i kontakt lämpar det sig också för modellering av upplagsförhållandena i z-riktningen. Genom att definiera olika friktionskoefficienter för gap-elementen i z-riktningen vid de västra och östra upplagen kan de verkliga förhållandena efterliknas. Friktionen är så kallad coulumbfriktion som tidigare beskrivits i Kapitel 2.

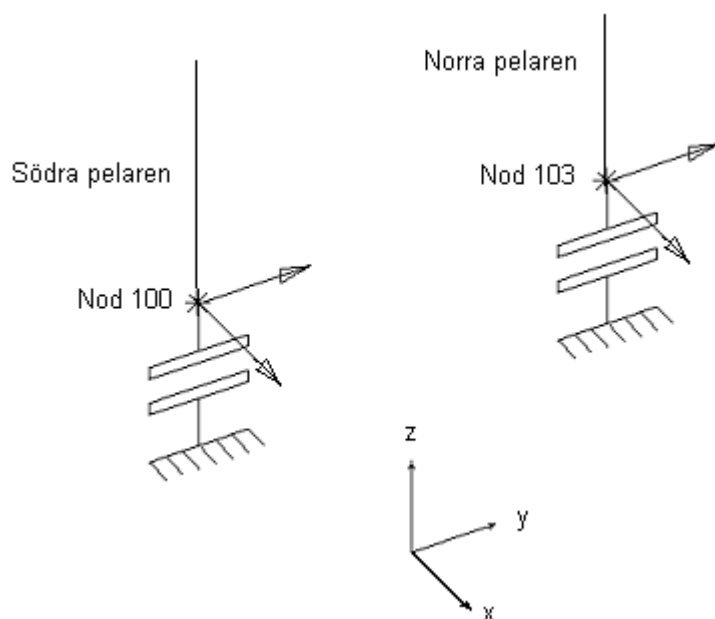
Figur 7.4 nedan visar hur brons upplag modellerats med låsningar och gap-element. För samtliga upplag är förskjutning i negativ z-riktning förhindrad och förskjutning i positiv z-riktning tillåten (upplyft). Låsningarna i brons tvärled av den södra huvudbalken, SV och SÖ upplagen, tillåter förskjutningar i negativ medan inte i positiv y-riktning. För låsningarna i brons tvärled av den norra huvudbalken, NV och NÖ upplagen, gäller omvända förhållanden. Låsning i brons längsled införs endast vid dess västra upplag, de fasta lagren.



Figur 7.4 Bilden visar hur brons olika upplag modellerats i FE-modellen. Det syd- respektive det nordvästra upplaget modelleras med två gap-element och en förskjutningslåsnings. Det syd- respektive det nordöstra upplaget modelleras endast med två gap-element.

Även för att beskriva pelarnas funktion används gap-element. Elementet införs i z-riktningen vid respektive pelarfot. Då elementet skall vara i kontakt endast för last utöver permanent last föreskrivs ett spel för respektive element. Spelet beräknas som förskjutningen i negativ z-riktning av pelarfoten då denna är helt fri att röra sig under

inverkan av permanent last. Genom att föreskriva detta spel som beräknas för respektive element uppnås pelarens idealiska beteende, det vill säga funktionen att pelaren är aktiv endast för last utöver permanent last. I Figur 7.5 visas låsningarna och kontaktelementen vid respektive pelarfot.



Figur 7.5 Bilden visar hur låsningarna av pelarfoten modelleras i FE-modellen. Låsningarna i brons plan utgörs av förskjutningslåsnings i  $x$ - och  $y$ -riktningen. I vertikalled tillåts förskjutning i negativ  $z$ -riktning med storleken av föreskrivet spel medan förskjutning i positiv  $z$ -riktning alltid är tillåten.

### Förenklingar för FE-modell 1

I samband med FE-modelleringen måste en rad förenklande antaganden göras. Antaganden som bland annat gäller materialsamband, brons verkningsätt, dimensioner och lastfördelning. Hur lasterna appliceras i FE-modellen redovisas i avsnitt 7.3. Eftersom FE-modell 1 och 2 är lika, gäller förenklingarna som diskuteras i detta avsnitt även för FE-modell 2. Vidare redovisas i avsnitt 7.2.3 ytterligare förenklingar som gäller för FE-modell 2.

Linjära materialsamband antas tillräckliga för att beskriva elementens egenskaper. Detta är en förenkling som kan göras så länge man inte överskrider den linjärt elastiska fasen, det vill säga innan flytning i materialet uppstått. Materialet antas även vara isotropt.

FE-modellen är uppbyggd huvud- och tvärbalkselement. Därmed utelämnas en rad konstruktionselement från att ingå i modellen. Av de konstruktionselement som utelämnas anses försummandet av brobanan vara den största förenklingen eftersom denna sannolikt bidragit till ökad styvhet för belastning i horisontalplanet. Hur stor samverkan varit mellan brobanan och stålbalckonstruktionen är emellertid svår att fastslå.

För att beskriva tvärbalkarnas infästningar till huvudbalkarna används rigid-element. Infästningen är modellerad som styv vilket medför att den kan överföra moment i alla riktningar. Rigid-elementen är lika långa som det vertikala avståndet mellan huvud- och tvärbalkens tyngdpunkter. På bron är tvärbalkarna svetsade till en stålplåt som sedan är fäst till huvudbalken med genomgående bultar, se bilaga 1. Beskrivningen av tvärbalkarnas placering och infästning i FE-modellen är en förenkling men anses tillräcklig för att uppfylla de krav som ställs på modellen.

FE-modelleringens huvudsyfte är att beräkna storleken och riktningen av reaktionskrafterna vid brons SV upplag. Det är därför viktigt att identifiera skillnaderna mellan det verkningssättet som beskrivs i FE-modellen och det verkliga verkningssätt för upplagen. Vid de västra upplagen vilar huvudbalkarna på armerade gummilager. När huvudbalken överför kraft från konstruktion till upplaget kan, på grund av gummilagrens eftergivlighet, förskjutningar uppstå. Detta gör att förskjutningar vid upplagen kan förekomma utan att friktionen mellan huvudbalk och gummilager övervinns. Detta innebär att friktionen vid NV upplaget inte måste övervinnas för att erhålla belastning på förankringsbulten. Denna effekt är inte beskriven i modellen utan förskjutningar tillåts först då friktionen är övervunnen.

Låsningbrickorna vid brons upplag antas vid modelleringen ligga dikt an mot huvudbalkarnas underflänsar. För den verkliga bron är det möjligt att ett visst spel förekommit.

Pelarnas infästningar till plinten och broöverbyggnaden modelleras som ledade. Enligt konstruktionsritningarna var pelaren fäst med två stycken M10 bultar i respektive ände. Denna sammanfogning antas ha tillräckligt låg styvhet för att kunna försummas.

### 7.2.3 Randvillkor för FE-modell 2

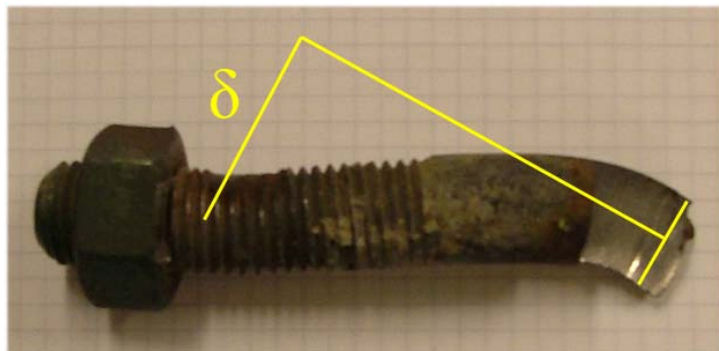
Då undergjutningen vid SV upplaget skadats finns inte längre något stumt motstånd vid låsningen, för belastning i den kritiska sektorn. Förankringsbulten överför kraften till undergjutningen genom böjning. Krafterna i brons plan (xy-planet) förs över från huvudbalkens underfläns till förankringsbulten via låsningbrickan. För att böja förankringsbulten krävs att huvudbalken förskjuts och för med sig låsningbrickan. Motståndet mot förskjutning av huvudbalken utgörs dels av friktion och dels av förankringsbultens motstånd mot böjning.

För att beskriva brons verkningssätt efter det att undergjutningen förstörts måste randvillkoren för SV upplaget modifieras. För det SV upplaget utgörs låsningen i z-riktningen, på samma sätt som tidigare, av ett gap-element med föreskriven friktionskoefficient. I xy-planet består randvillkoret av en fjäder med konstant styvhet  $k$ . Fjäderstyvheten bestäms med Formel (7.1) nedan, efter beräkning av erforderlig kraft ( $P$ ) för att böja bulten till brott och mätning av den verkliga förskjutningen i xy-planet vid brott ( $\delta_{xy}$ ).

$$k = \frac{P}{\delta_{xy}} \quad (7.1)$$



Kraften  $P$  som krävs för att böja bulten till brott bestämdes i avsnitt 4.1.1 till mellan 7,45 och 14,9 kN. Förskjutningen i  $xy$ -planet som krävts för att böja förankringsbulten till brott har genom mätningar av deformationen på den aktuella bulten bestämts till 45 mm. En sådan mätning redovisas i Figur 7.6 nedan.



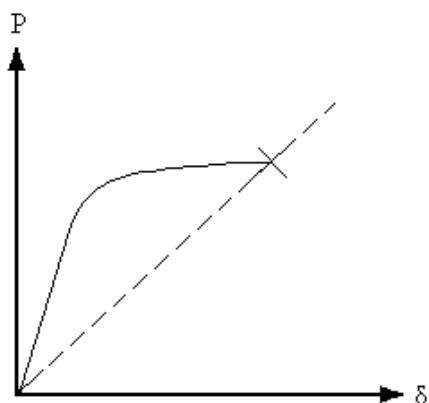
Figur 7.6 Mätning av förankringsbultens förskjutning i  $xy$ -planet vid låsningsbrickans nivå.

Kapaciteten med hänsyn till böjning av bulten, med beaktande av två olika brottmoder diskuterades tidigare i Kapitel 4. Utifrån de beräkningar av bultens kapacitet och de studier av bulten som utförts samt de bilder som redovisats antas att brottlasten för den verkliga brottmoden ligger närmare 7,45 än 14,9 kN. Lastvärdet för den verkliga brottmoden antas vara 12,0 kN. Insättning av värden för  $P$  och  $\delta_{xy}$  i Formel (7.1) ovan ger ett värde för fjäderkonstanten  $k$  lika med 266,7 kN/m.

## Förenklingar för FE-modell 2

Förutom de förenklingar som diskuterades för FE-modell 1 gäller för FE-modell 2 även att införandet av fjäderelementet utgör en förenkling. Antagandet om att förankringsbulten vid böjning har ett linjärt kraft-förskjutningssamband är en grov förenkling av det verkliga beteendet. På grund av programvarans begränsning när det gäller att kombinera friktion med olinjära materialegenskaper är antagandet dock nödvändigt.

Införandet av en fjäder vid SV upplaget i FE-modellen innebär att förskjutning av noden tillåts. Storleken av reaktionskraften i brons plan ( $xy$ -planet) ökar linjärt med förskjutningen för en sådan fjäder. För det verkliga beteendet vid böjning av förankringsbulten gäller att större ökning av kraften ger små förskjutningar innan plasticering inträffar i bultens inspänningssnitt. Därefter ökar förskjutningen kraftigt för mindre ökning av kraften. I Figur 7.7 illustreras skillnaderna mellan en tänkbar modell för det verkliga kraft-förskjutningssambandet för förankringsbulten och det kraft-förskjutningssamband som modelleras med fjäderelementet.



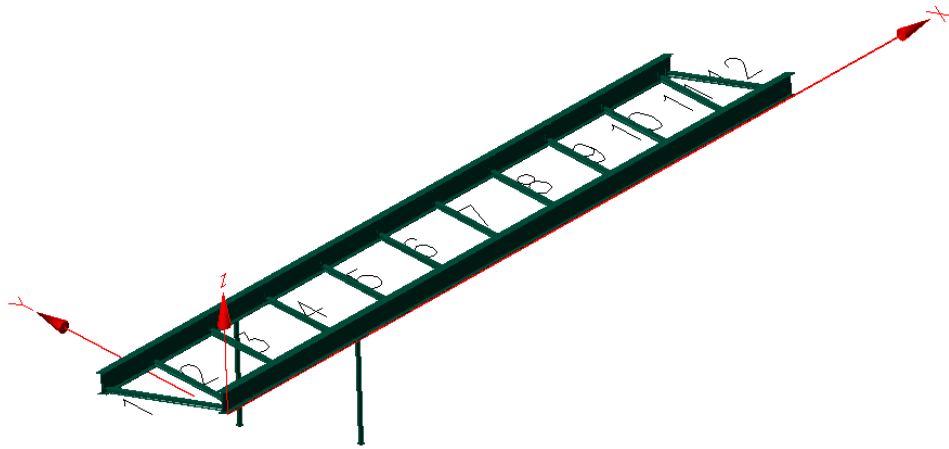
Figur 7.7 Bilden visar det förenklade kraft-förskjutningssamband (streckad linje) som erhålls vid införande av ett fjäderelement jämfört med en tänkbar modell för det verkliga sambandet.

De båda sambanden överensstämmer endast för brottlasten, det vill säga för den kraft och förskjutning som ger brott av förankringsbulten. Vid beräkning av FE-modell 2, med det införda fjäderelementet, kommer därför inte det verkliga beteendet att kunna beskrivas för andra laster än brottlasten. Det kan dock fastslås att för de fall som ger belastning på fjäderelementet så belastas bulten och att vid större förskjutning i xy-planet vid SV upplaget än 45 mm är lasten tillräcklig för att ha kunnat orsaka brott av förankringsbulten. Kritisk last för förankringsbulten är last som är större än 12,0 kN och således ger en förskjutning i xy-planet som är större än 45 mm. Vinkeln,  $\beta$ , för den kritiska lasten på förankringsbulten är cirka  $90^\circ$ . Detta motsvarar en vinkel  $\alpha$  för reaktionskraften i xy-planet på cirka  $-90^\circ$ . Vinkelns storlek diskuterades i Kapitel 4. Det införda fjäderelementet kan uppta last i alla riktningar i xy-planet. För det verkliga upplaget gäller att bulten inte kan belastas i negativ y-riktning. För FE-modell 1 användes gap-element för att beskriva upplagets funktion på korrekt sätt. Då lastfall som för FE-modell 2 ger belastning på förankringsbulten i negativ y-riktning inte är av intresse påverkar inte denna förenkling utfallet av analyserna.

### 7.3 Lastfall

I detta avsnitt presenteras de 19 olika lastfall som används vid analyserna av FE-modellerna. För FE-modell 1 genomförs beräkningarna för samtliga lastfall medan FE-modell 2 endast analyseras för de lastfall som ger upphov till reaktionskrafter i negativ y-riktning för FE-modell 1. De lastfall och lastvärden som beaktas kan hänföras både till bruksgränstillstånd och till brottgränstillstånd. Målet med lastfallen har varit att hitta laster och kombinationer av laster som är relevanta men som samtidigt kan vara kritiska för konstruktionen. Samtliga lastfall och lastvärden redovisas i **bilaga 5**. Bortsett från lastfallet *Permanent last* benämns lastfallen med *Lastfall #.#.#*. I numreringen står den första siffran för lasttyp, den andra för lastvärde och den sista för lastens placering. I Figur 7.8 nedan visas en planskiss av broöverbyggnaden där det framgår hur tvärbalkarna är numrerade från 1-12, med början vid bronns västra ände. Numreringen används för att beskriva hur last fördelas

på tvärbalkarna. Lastfallen behandlas nedan utifrån kategorierna: permanent last, temperaturlaster, vertikal last och horisontell last.



Figur 7.8 Tvärbalksnumrering som används vid beskrivning av FE-modellernas lastfall.

### 7.3.1 Permanent last

Lastfallet *Permanent last*, som beskriver all permanent last på brokonstruktionen, ingår i samtliga lastfall. Beräkningsprogrammet beräknar egyptyngden av ingående konstruktionsdelar medan övrig egyptyngd fördelas manuellt som linjelaster verkandes på bromodellens huvud- och tvärbalkar. I bilaga 5 redovisas hur de permanenta laster som inte beräknas av programmet fördelas på huvud- och tvärbalkar.

### 7.3.2 Temperaturlaster

*Lastfall 1.1.1* och *Lastfall 1.2.1* beskriver temperaturgradienter som verkar på brons båda huvudbalkar. Temperaturfördelningen antas för båda fallen variera linjärt över tvärsnittets höjd. För *Lastfall 1.1.1* gäller att huvudbalkens ovansida är 20°C varmare än dess undersida och för *Lastfall 1.2.1* gäller att huvudbalkarnas ovansida är 5°C kallare än dess undersida. Värden för temperaturgradienterna är hämtade från BRO 2004.

*Lastfall 2.1.1* beskriver en medeltemperaturökning på 20°C i brons konstruktionsdelar medan *Lastfall 2.2.1-2.4.1* beskriver temperaturminskningar i konstruktionen med 20, 30 respektive 40°C.

### 7.3.3 Vertikal last

Ytlaster på broöverbyggnaden beskrivs i *Lastfall 3.1.1* och *3.1.2*. Då FE-modellen består av balkelement är det inte möjligt att direkt påföra ytlaster. Istället beräknas fördelningen av ytlasten på tvärbalkarna och appliceras som linjelaster på dessa. Den beräknade fördelningen av ytlasterna framgår av bilaga 5.

*Lastfallen 4.X.X* beskriver fordonslast. Eftersom brobanan inte innefattas i modellen beskrivs fordonslasten genom införande av fyra, vertikalt verkande, punktlaster på modellens tvärbalkar. Punktlaster motsvarar hjultrycken från ett fordon. För samtliga lastfall är fordonets axelavstånd 3 m och dess spårvidd 1,6 m. Två olika tunga fordon inkluderas, ett vars totala belastning uppgår till 60 kN och ett fordon vars totala belastning är den dubbla, 120 kN. För samtliga lastfall är den tyngre belastade hjulaxeln riktad åt väster. Axeltrycken från det lätta fordonet är 40 respektive 20 kN. Lasten antas fördela sig jämnt mellan axlarnas båda hjul varför punktlaster som representerar hjultrycken blir 10 kN vardera vid den lättare änden och 20 kN vardera vid den tyngre änden. På samma sätt antas lasten fördela sig mellan hjulen på det tunga fordonet varför punktlaster orsakade av hjultrycken blir 40 respektive 20 kN.

I *Lastfall 4.1.1* beskrivs det lättare fordonet då det befinner sig i bronns långa spann. Punktlaster är symmetriskt placerade på tvärbalk 7 och 8. *Lastfall 4.1.2* beskriver samma fordonslast, förskjutet 1,2 m mot söder. Detta innebär att punktlaster som beskriver fordonets båda södra hjul hamnar i position med den södra huvudbalken. I *Lastfall 4.1.3* beskrivs det lätta fordonet då det belastar tvärbalk 1 och 2 centriskt. I *Lastfall 4.2.1* beskrivs det tunga fordonet då det belastar tvärbalk 7 och 8 på samma sätt som *Lastfall 4.1.1*.

*Lastfall 4.3.1* inkluderar bromskrafter från ett fordon uppe på bron. Fordonets placering och tyngd är densamma som *Lastfall 4.1.1*. Bromskraften införs som en kraft i x-riktningen vid respektive hjullast. Bromskrafterna vid de tunga respektive lätta hjullasterna uppgår till 3,0 respektive 1,5 kN. *Lastfall 4.4.1* beskriver bromskraft för det tunga fordonet i *Lastfall 4.2.1*. Den totala bromskraften uppgår till 60 kN, fördelad som fyra punktlaster, två på 20 kN respektive två på 10 kN verkandes i västlig riktning. *Lastfall 4.5.1* beskriver samma fordonslast och bromslast som *Lastfall 4.3.1* men inkluderar även inverkan av sned eller osymmetrisk inbromsning. Denna effekt beskrivs genom införandet av en kraft i en riktning vinkelrätt mot bromskraftens riktning, det vill säga i positiv y-riktning. Kraften är 5 kN för de tunga hjullasterna respektive 2,5 kN för de lätta.

### 7.3.4 Horisontell last

*Lastfall 5.1.1-5.1.3* beskriver horisontellt verkande vindlaster. Vindlasten antas vid samtliga beräkningar vara jämnt fördelad över den anblåsta ytan. Laster som uppkommer i samband med nordliga vindar utelämnas eftersom det inte är troligt att en last med en sådan riktning kunnat orsaka varken bultbrott eller spjälkskador på undergjutningen. Nordliga vindar bör inte ha orsakat stora vindtryck mot gång- och cykelbron eftersom den stod skyddad av järnvägsbron. För *Lastfall 5.1.1* används dimensioneringsvärdet för vindlasten enligt Bro 2004, på  $1,8 \text{ kN/m}^2$ . För att kunna

beskriva lasten i FE-modellen måste den fördelas som en linjelast. Storleken av linjelasten erhålls genom uppskattning av den anblåsta ytans höjd, det vill säga höjden motsvarande huvudbalk och räcke. Höjden uppskattas till 1,0 m. *Lastfall 5.2.2* beskriver den vindlast som konstruktören använde vid konstruktionsberäkningarna. Här antogs att både den södra och norra balken utsattes för lika stora vindtryck på 2,17 kN/m. Vindlasten i *Lastfall 5.1.2* är baserad på uppgifter om extrema vindhastigheter från SMHI och uppgår till 0,54 kN/m och är jämnt fördelad över den södra huvudbalken.

*Lastfall 6.1.1* och *6.2.1* beskriver påkörning av ett fordon i broöverbyggnadens underkant. Påkörning simuleras genom att en horisontell linjelast, med utbredningen 2,0 m belastar den södra huvudbalken. Linjelastens storlek är för *Lastfall 6.1.1* 50 kN/m och för *Lastfall 6.2.1* 100 kN/m och har valts utifrån riktvärden från BRO 2004. Lasten appliceras mitt på huvudbalken, vilket innebär att ett fordon, som kommer från söder, skulle befinna sig i höger körfält vid påkörningen. För att simulera effekten av att fordonet träffar huvudbalkens underkant, och inte dess mitt, kompletteras linjelasten med ett utbrett moment. Momentets storlek beräknas, för respektive lastfall, genom att höjden av halva huvudbalken multipliceras med storleken av aktuell linjelast.

*Lastfall 7.1.1* beskriver en kombination av temperaturminskning med 20°C och vindlast enligt *Lastfall 5.1.1*. Syftet med detta lastfall är att studera effekterna av en ogynnsam temperaturförändring som ger tvångskrafter på låsningarna i kombination med en horisontellt verkande last.

## 7.4 Analyser

Förutom att beräkna FE-modellernas beteende under inverkan av olika lastfall är det intressant att utreda effekterna av olika avvikelser från konstruktionens tilltänkta verknings sätt. De avvikelser som bedömts som särskilt intressanta att undersöka är avvikande pelarlängd och friktion vid det fasta lagret. Effekterna av avvikelserna utreds genom att FE-modellen undersöks med olika analyser, vilka beskrivs nedan. Analyserna sammanfattas i Tabell 7.1 nedan.

### 7.4.1 Verifieringsanalys

En verifieringsanalys, *Analys 0*, genomförs för FE-modell 1. Syftet med analysen är att ge underlag för en jämförelse av FE-modellen och den tvådimensionella beräkningsmodellen som beskrivs i Kapitel 7. Jämförelsen beskrivs mera ingående i avsnitt 8.1.

### 7.4.2 Referensanalyser

Med *Analys 1* beräknas förskjutningen av pelarfoten i negativ z-riktning då pelaren inte tar någon last och pelarfoten är fri att röra sig. Detta beteende uppnås genom att

spelet för gap-elementet föreskrivs till 100 mm. Då spelet är större än förskjutningen förblir pelarna passiva. *Analys 1* utförs främst för att bestämma förskjutningen vid respektive pelarfot orsakad av permanent last. Den beräknade förskjutningen vid respektive pelarfot kan sedan användas för att definiera spelen för gap-elementen. Därmed uppnås funktionen att pelarna endast är aktiva för last utöver egentyngden. *Analys 1* genomförs för lastfallen *Permanent last* och ett antal temperaturlastfall. Avsikten med beräkningarna av temperaturlastfallen är att undersöka hur nedböjningen av huvudbalken påverkas för att kunna göra rimliga bedömningar om vilka längd avvikelser som ska undersökas för pelarna. Särskilt intressant är det att utreda vilken den största minskningen av spelet som är rimlig att beakta då detta ger den största minskningen av upplagstrycket vid SV upplaget. Vad gäller brons upplag har friktionskoefficienten satts till 0,3 för de västra upplagen och 0,05 för de östra upplagen.

Med *Analys 2* undersöks brons beteende under idealiska förhållanden; inga längd avvikelser för pelarna och att friktionskoefficienten vid västra upplagen är 0,3. Resultaten från *Analys 2* kommer att fungera som en referens, med vilken resultaten från de övriga analyserna kommer att jämföras.

### **7.4.3 Jämnt avvikande pelarlängder**

Med *Analys 3-5* studeras effekterna av pelarnas längd avvikelser, det vill säga då pelarna inte fungerar som avsett. Avvikande pelarlängder kan ha orsakats av att nedböjningen av huvudbalken var mindre vid den tidpunkt när pelarna monterades än under brons bruksstadiet. Nedböjningens storlek, som beräknas med *Analys 0*, påverkas exempelvis av temperaturlaster. Det har även konstaterats att undergjutningen av pelarfoten saknades varför det finns ytterligare anledning utreda betydelsen av avvikande pelarlängd. Spelet för gap-elementet vid respektive pelare minskas lika mycket, vilket gör att en mindre förskjutning än för idealfallet krävs innan elementet ger kontakt. Storleken på minskningen av spelen har valts som 5, 15 och 30 mm och baseras delvis på resultaten från *Analys 0*. När spelet minskats kommer pelaren att vara aktiv även för delar av den permanenta lasten. Detta gör att upplagstrycken vid de västra upplagen minskar varvid även friktionskraften minskar. Detta leder till att modellen blir mera känslig för krafter i brons plan.

### **7.4.4 Ojämnt avvikande pelarlängder**

Även med *Analys 6* och *Analys 7* undersöks effekterna av avvikande pelarlängd. Spelet för gap-elementet vid endast en pelare minskas vilket gör att en mindre förskjutning än för idealfallet krävs innan elementet ger kontakt. För *Analys 6* minskas spelet vid södra pelarfoten med 10 mm och för *Analys 7* minskas spelet vid den norra pelarfoten med 10 mm.

### 7.4.5 Avvikande friktion

Med *Analys 8* studeras effekterna av en minskad friktion vid de västra upplagen. Friktionskoefficienten sätts lika med 0,2 för de båda västra upplagen. Friktionen vid brons östra upplag ändras ej och pelarnas funktion beskrivs som idealisk.

Tabell 7.1 Modelleringsförutsättningar för *Analys 0-8*.

	Friktionskoefficient, $\mu$		Pelares funktion	
	V Upplagen	Ö Upplagen	N Pelaren	S Pelaren
<b>Analys 0</b>	0	0	Verksam för all last	Verksam för all last
<b>Analys 1</b>	0,3	0,05	Ej verksam	Ej verksam
<b>Analys 2</b>	0,3	0,05	Idealiskt beteende	Idealiskt beteende
<b>Analys 3</b>	0,3	0,05	5 mm för lång	5 mm för lång
<b>Analys 4</b>	0,3	0,05	15 mm för lång	15 mm för lång
<b>Analys 5</b>	0,3	0,05	30 mm för lång	30 mm för lång
<b>Analys 6</b>	0,3	0,05	10 mm för lång	Idealiskt beteende
<b>Analys 7</b>	0,3	0,05	Idealisk beteende	10 mm för lång
<b>Analys 8</b>	0,2	0,05	Idealiskt beteende	Idealiskt beteende

## 8 Resultat

Analyserna av FE-modellerna resulterar i stora mängder data. De resultat som är av direkt intresse för studien presenteras och diskuteras i detta avsnitt medan de fullständiga resultaten redovisas i **bilagorna 6 och 7**. De mest intressanta resultaten utgörs av stödreaktioner och förskjutningar vid brons upplag. Särskild vikt kommer att läggas vid att redovisa och beskriva resultaten för de lastfall som ger belastning på undergjutningen i den kritiska sektorn och kritisk belastning på förankringsbulten. Kritisk belastning definieras i Kapitel 4. Resultaten för de olika FE-modellerna redovisas enskilt. I det första avsnittet redovisas hur FE-modellen verifierats genom jämförelse med resultat från överslagsberäkningarna. Vidare presenteras resultaten från FE-modell 1 och slutligen resultaten för FE-modell 2. En sammanfattning och diskussion av de väsentliga resultaten för FE-modell 1 och 2 återfinns i avsnitt 8.3 respektive 8.5.

### 8.1 Verifiering av FE-modell

Genom att jämföra resultat från två oberoende modeller som på olika sätt beskriver samma sak, kan bekräftelse fås om att beräkningsmodellen fungerar. Detta tillvägagångssätt är vanligt när beräkningarnas omfattning gör problemen svåröverskådliga eller när det av andra skäl finns anledning att kontrollera beräkningars riktighet. Ibland görs jämförelsen mellan datorberäkningar och enklare handgjorda överslagsberäkningar, eller som i detta fall, mellan två separata datorberäkningar.

Den tvådimensionella modellen beskriver inte konstruktionen tillräckligt bra, varför en mer avancerad, tredimensionell modell upprättas. För att kunna jämföra de båda modellerna förenklas den tredimensionella modellen för att efterlikna den tvådimensionella. Detta uppnås genom att definiera spelen vid pelarnas botten till noll och ange friktionskoefficienten vid de fyra upplagen till noll. De båda modellernas verkningssätt förväntas vara lika så länge de vertikala förskjutningarna vid det västra upplaget är positiva (upplyft). I den tredimensionella modellen är en negativ förskjutning vid upplagen inte tillåten eftersom kontakt då uppstår i gap-elementet. I den tvådimensionella modellen är vertikala förskjutningar vid det västra stödet alltid fria, i såväl positiv som negativ vertikalled. Jämförelser görs därför för de lastfall som vid de tvådimensionella beräkningarna resulterar i upplyft vid brons västra upplag och jämförs därefter med motsvarande beräkning av den tredimensionella modellen. De båda modellerna jämförs genom att studera resultat i form av förskjutningar och reaktionskrafter.

#### 8.1.1 Resultat

Genom att studera en belastad strukturs reaktionskrafter fås indikationer om rätt randvillkor, laster och geometrier är definierade. Genom att summera de vertikala reaktionskrafterna vid det västra och det östra landfästet samt vid pelarna och därefter halvera dessa värden fås ett värde som kan jämföras med den tvådimensionella



modellens reaktionskrafter. I Tabell 8.1 nedan presenteras en sådan jämförelse för det östra landfästets reaktionskrafter. Här redovisas också den procentuella avvikelsen av det beräknade upplagstrycket vid SV upplaget för den tredimensionella jämfört med den tvådimensionella modellen. I bilaga 6 kan resultaten från verifieringsberäkningarna (*Analys 0*) studeras i sin helhet. Genom att jämföra förskjutningar kan man i kombination med jämförelsen av reaktionskrafterna också med stor sannolikhet konstatera att strukturen är tilldelad rätt styvhet. I detta fall handlar det om förskjutningar mellan 0 och 30 mm, vilket i jämförelse med brostrukturens totala spännvidd, cirka 30 m, är små. Detta gör en studie av procentuella avvikelser mellan de olika modellernas förskjutningar mindre intressant. Vad som här undersöks är förskjutningarnas tecken, storleksordning och förändring mellan de olika lastfallen. I Tabell 8.2 kan en jämförelse av förskjutningar vid det västra upplaget från de två modellerna studeras.

Tabell 8.1 Vertikala reaktionskrafter vid brons östra upplag från två- respektive tredimensionella beräkningar.

	SÖ Nod 108	NÖ Nod 109	Medelvärde	Ö (2D)	Avvikelse
3D-Lastfall/ 2D-Lastfall	$R_z$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_z$ [kN]	[%]
Permanent last/ Lastfall 1	85,18	96,91	91,05	89,13	2,1
Lastfall 1.2.1/Lastfall 3	85,17	96,92	91,05	89,13	2,1
Lastfall 3.1.1/ Lastfall 4	167,3	196,2	181,8	177,34	2,43
Lastfall 4.1.1/ Lastfall 5	97,44	112,1	104,8	97,51	6,93

Tabell 8.2 Vertikala förskjutningar vid brons västra upplag vid två- respektive tredimensionella beräkningar.

	SV Nod 106	NV Nod 107	V (2D)
3D-Lastfall/ 2D-Lastfall	$u_z$ [mm]	$u_z$ [mm]	$u_z$ [mm]
Permanent Last/ Lastfall 1	9,433	13,09	12,7
Lastfall 1.2.1/Lastfall 3	15,74	19,42	17,97
Lastfall 3.1.1/ Lastfall 4	18,17	27,17	25,27
Lastfall 4.1.1/ Lastfall 5	15,24	18,78	17,86

## 8.2 FE-modell 1

Resultaten från analyserna av FE-modell 1, med vilka krafterna på undergjutningen bestäms, presenteras och diskuteras utifrån de fyra olika lastkategorierna; permanent last, temperaturlast, vertikal last och horisontell last. På detta sätt går det att på ett tydligt sätt klargöra modellens respons under inverkan av olika typer av laster. En lista över de lastfall som omfattats av analyserna redovisas i bilaga 5.

Inledningsvis presenteras resultaten av den inledande analysen för bestämning av spelet i gap-elementen vid pelarna. Vidare behandlas resultaten för *Analys 2*, i vilken pelarnas verkningsätt beskrivs som idealiskt. Därefter presenteras resultaten från *Analys 3-5* respektive *Analys 6* och *7*, undersökning av effekterna av jämna längd avvikelser respektive ojämna längd avvikelser hos pelarna. Slutligen redovisas resultaten från *Analys 8*, undersökning av effekterna av minskad friktion vid de västra upplagen. Behandlingen av resultat från *Analys 2-8* inriktas på hur SV upplaget belastas. I Figur 8.1 nedan definieras begreppet kritisk belastning och kritisk sektor för belastningen av undergjutningen, vilket används för att utvärdera resultaten.

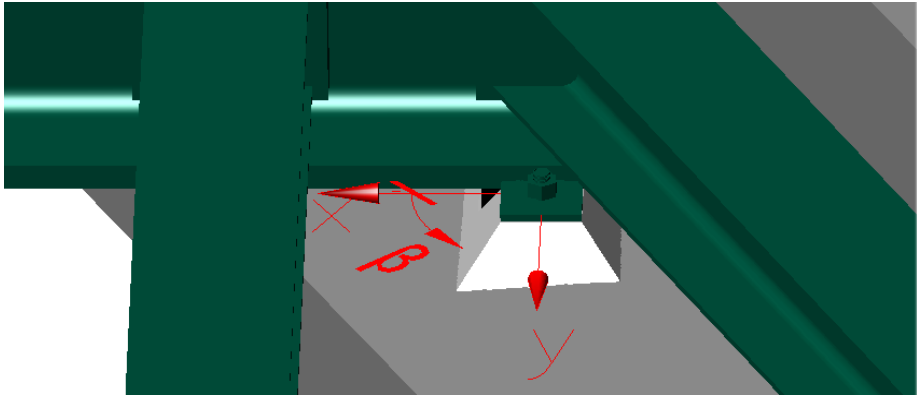
### Kritisk belastning på undergjutningen

Den kritiska belastningen (spjälkbrottskapaciteten) för undergjutningen uppnås då nedanstående villkor uppfylls (se Kapitel 4).

Belastning på upplaget i xy-planet,  $V_b > 31,3$  kN

Belastning i den kritiska sektorn,  $90^\circ < \beta < 180^\circ$

Belastningen av undergjutningen vid SV upplaget beräknas ur sambanden nedan, utifrån reaktionskraften  $R_{xy}$  och motsvarande vinkel  $\alpha$  som erhålls vid FE-beräkningen.

$$V_b = R_{xy} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$
$$\beta = \alpha + 180^\circ$$


Figur 8.1 Definition av begreppet kritisk belastning för undergjutningen vid SV upplaget.

## 8.2.1 Analys 1

I denna första analys är spelet vid respektive pelarfot satt till 100 mm med syftet att pelarna inte ska bära någon last. Villkoret uppfylls om minskningen av spelet vid respektive pelarfot, som motsvarar respektive huvudbalks nedböjning vid pelartoppen, inte överstiger 100 mm. Analysen har genomförts för temperaturändring enligt *Lastfall 1.1.1* och *1.2.1* samt temperaturgradient enligt *Lastfall 2.1.1* och *2.2.1*. Beräknade förskjutningar vid respektive pelartopp för de olika lastfallen redovisas i Tabell 8.3 nedan. Förskjutningen i pelarnas längdriktning vid pelartopp är densamma som beräknats för motsvarande pelarfot. Fullständiga resultat från analysen redovisas i bilaga 6.

Tabell 8.3 Förskjutningar vid respektive pelartopp för Analys 1.

	S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	$u_x$ [mm]	$u_y$ [mm]	$u_z$ [mm]	$u_x$ [mm]	$u_y$ [mm]	$u_z$ [mm]
<b>Permanent Last</b>	3,564	2,388	-52,64	3,545	0,4002	-52,47
<b>Lastfall 1.1.1</b>	1,959	1,736	-33,22	1,937	-0,3420	-33,03
<b>Lastfall 1.2.1</b>	3,943	2,531	-57,50	3,946	0,0569	-57,32
<b>Lastfall 2.1.1</b>	5,239	1,083	-52,59	5,239	1,083	-52,59
<b>Lastfall 2.2.1</b>	1,861	2,989	-52,45	1,913	0,0556	-52,89

Förskjutningen av respektive pelartopp i negativ z-riktning är för alla lastfall mindre än spelets storlek på 100 mm. För lastfallet *Permanent last* beräknas den norra respektive den södra pelarfotens förskjutning till  $-52,47$  respektive  $-52,64$  mm. Dessa värden kommer att användas som utgångsvärden för spelets storlek i beskrivningen av gap-elementen vid FE-beräkningarna. I de fall då spelens storlek varierar definieras dessa som avvikelser i relation till utgångsvärdet.

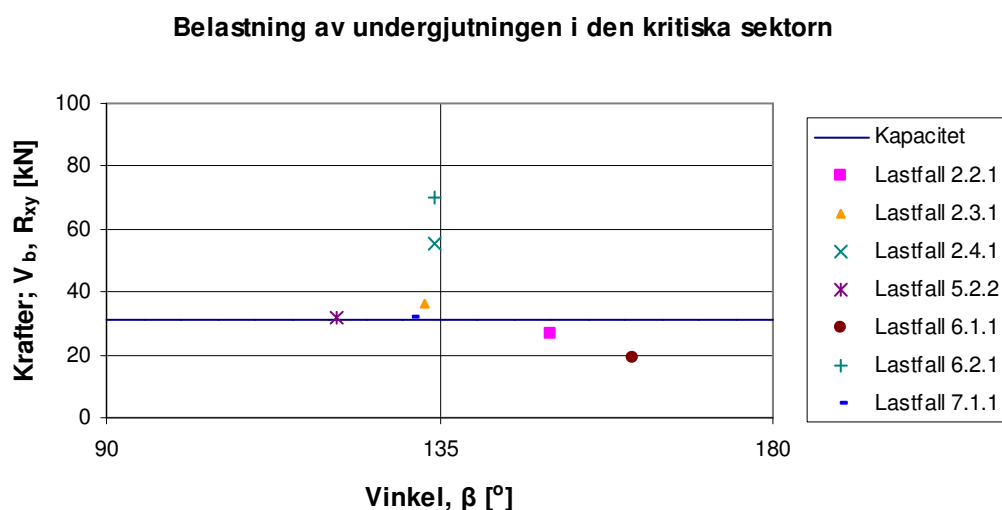
Resultaterande förskjutningar i negativ z-riktning vid respektive pelarfot för temperaturlastfallen, avviker från de beräknade förskjutningarna för endast egentynad. Störst avvikelser fås för temperaturgradienterna i *Lastfall 1.1.1* och *1.2.1* för vilka förskjutningarna vid norra pelaren beräknas till 33,03 respektive 57,32 mm. *Lastfall 1.1.1* som beskriver en temperaturgradient med  $20^\circ\text{C}$  varmare på huvudbalkens ovansida relativt dess undersida ger den största skillnaden jämfört med lastfallet *Permanent last*. Skillnaden uppgår till cirka 19 mm för respektive pelarfot, vilket innebär att huvudbalkens nedböjning minskas avsevärt under inverkan av en sådan temperaturgradient. För den omvända temperaturgradienten i *Lastfall 1.2.1*, som beskriver en temperaturgradient med  $5^\circ\text{C}$  varmare på huvudbalkens undersida relativt dess ovansida, fås en ökad förskjutning av respektive pelarfot i negativ z-riktning med 4,85 mm. För övriga lastfall erhålls förskjutningar som avviker med mindre än 2 mm jämfört med lastfallet *Permanent last*.

Det går inte att entydigt bestämma vilket spel som är rätt att använda vid pelarfoten. Däremot står det, på grund av utfallet av beräknade lastfall, klart att det finns anledning att undersöka brons beteende för olika spel. De största beräknade avvikelserna uppgår till 19,44 mm minskad nedböjning och 4,85 mm ökad nedböjning. Fallet med minskad nedböjning och därmed minskat spel är mest intressant då detta ger den största minskningen av upplagstrycket.

Temperaturändringslastfallen har stor påverkan på reaktionskrafterna i xy-planet. Dessa effekter, som även visar sig när spelaren är aktiv, kommer att behandlas närmare i avsnitt 8.2.2. För reaktionskrafterna i z-riktningen erhålls högre värden vid SV och NÖ upplagen, vilket förväntats med hänsyn till brons snedvinklighet.

## 8.2.2 Analys 2

*Analys 2* av FE-modell 1 kan ses som en undersökning av brons verkningssätt under idealiska förhållanden. Spelet för gap-elementen vid respektive pelarfot har föreskrivits till beräknade värden för lastfallet *Permanent last* enligt *Analys 1*. Friktionskoefficienten för upplagen är satt till 0,3 och 0,05 för de västra respektive de östra upplagen. Resultaten för *Analys 3-8* kommer att jämföras med denna analys som således fungerar som referens. Fullständiga resultat från *Analys 2*, som har genomförts för samtliga lastfall, redovisas i bilaga 6. Kraft och vinkel  $\beta$  för de lastfall som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen plottas i förhållande till undergjutningens kapacitet i Figur 8.2 nedan. Resultaten diskuteras närmare utifrån olika lastkategorier.



Figur 8.2 I diagrammet åskådliggörs belastningen på undergjutningen i förhållande till upplagets kapacitet för de lastfall som ger belastning i den kritiska sektorn för *Analys 2*.

## Permanent last

Under förutsättning att spelets storlek för gap-elementet vid respektive pelarfot beräknats korrekt skall denna modell under inverkan av lastfallet *Permanent last* bete sig exakt som i *Analys 1*. Gap-elementen vid respektive pelarfot skall vara på gränsen till att vara i kontakt. Vid jämförelse av resultaten, vid *Permanent last*, för de båda analyserna som framgår av bilaga 6 inses att de är i det närmaste identiska.

Den beräknade fördelningen av reaktionskrafter i z-riktningen är, med hänsyn till brons snedvinklighet, förväntad. Summan av alla yttre laster i z-riktningen uppgår i likhet med summan av alla reaktionskrafter i samma riktning till 523,6 kN. Dessa är fördelade med 135,8 och 126,5 kN på SV respektive NV upplaget samt 126,0 och 135,2 kN på det SÖ respektive det NÖ upplaget. Ingen last tas för permanent last av pelarna.

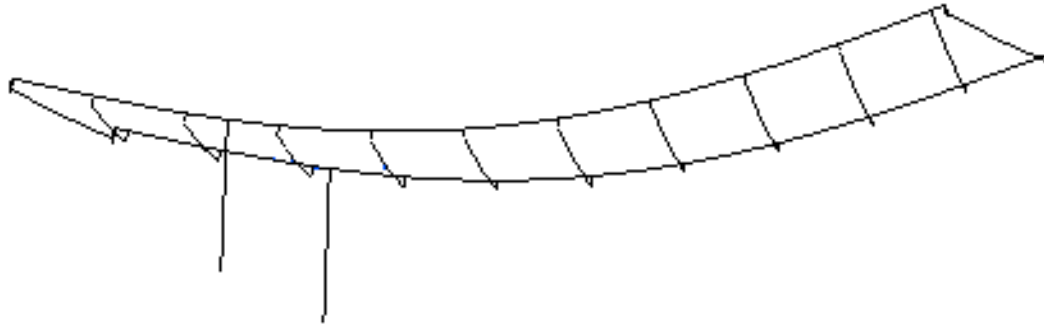
Reaktionskrafter i brons plan uppstår på grund av modellens geometri och randvillkor. Större reaktionskrafter erhålls vid de västra upplagen där friktionen är större än vid de östra upplagen. Reaktionskrafterna i x-riktningen är  $-6,755$  och  $-6,298$  kN samt  $13,26$  och  $-0,2064$  kN för NÖ och SÖ upplagen respektive NV och SV upplagen. Den ojämna fördelningen vid de västra upplagen beror på brons snedvinklighet och låsningarna i x-riktningen. I y-riktningen utgörs reaktionskrafterna av friktionskrafter på grund av att de norra upplagen tenderar att förskjutas åt norr och de södra upplagen att förskjutas åt söder. Krafterna i y-riktningen vid de östra upplagen är, på grund av den låga friktionen, i det närmaste obefintliga medan krafterna vid de västra upplagen är betydligt större. Vid NV upplaget är kraften  $-13,24$  kN och vid SV upplaget  $13,39$  kN. För reaktionskrafterna i brons plan (xy-planet), verkande på brons SV upplag framgår det att den beräknade resultanten inte ger någon belastning på bulten. Vinkeln  $\alpha$  beräknas till  $90,88^\circ$  vilket innebär att reaktionskraften i princip utgörs av endast friktion. Reaktionskrafterna vid det SV upplaget sammanfattas i Tabell 8.4 nedan.

Tabell 8.4 Reaktionskrafter för permanent last, *Analys 2*.

Permanent last	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>xy</sub> [kN]	$\alpha$ [°]
SV-upplaget	-0,2064	13,39	135,8	<b>13,39</b>	<b>90,88</b>
NV-upplaget	13,26	-13,24	126,5		
SÖ-upplaget	-6,298	0,2187	126,0		
NÖ-upplaget	-6,755	-0,2927	135,2		
S-pelarfot	-0,0010	0	0		
N-pelarfot	-0,0013	0	0,0379		

Förskjutningarna vid brons västra upplag är noll, det vill säga helt förhindrade, vilket betyder att friktionskraften inte är övervunnen. Vid de östra upplagen (glidlagren) är

däremot friktionen övervunnen och förskjutningar i xy-planet uppkommer. Förskjutningen i x-riktningen är cirka 8,1 mm och i y-riktningen 1,047 och 0,4140 mm vid NÖ respektive SÖ upplaget. I Figur 8.3 nedan visas en deformationsfigur för *Analys 2* av FE-modell 1 under inverkan av lastfallet *Permanent last*.



Figur 8.3 Deformationsfigur av FE-modell 1 under inverkan av Lastfallet *Permanent last*.

### Temperaturlaster

För temperaturgradientslastfallen, *Lastfall 1.1.1* och *1.2.1*, framgår att reaktionskrafterna i xy-planet knappt avviker jämfört med lastfallet *Permanent last*. För reaktionskrafterna i z-riktningen är skillnaden större. För *Lastfall 1.2.1*, vilket beskriver högre temperatur vid huvudbalkens underkant jämfört med dess överkant, gör temperaturgradienten att huvudbalkens nedböjning ökar. Denna nedböjning motverkas av pelaren som aktiveras och börjar ta last. Reaktionskraften i z-riktningen för pelaren uppgår till 18,85 och 18,75 kN för den norra respektive den södra pelaren. Att pelaren aktiveras innebär att reaktionskraften i z-riktningen vid övriga upplag reduceras. Detta visar sig tydligast vid de västra upplagen, där den avlastande effekten är som störst. Reaktionskrafterna i z-riktningen uppgår till 112,0 och 121,4 kN för NV respektive SV upplaget vilket innebär en minskning med cirka 11 procent jämfört med lastfallet *Permanent last*. En minskning av upplagstrycket ger en proportionell minskning av friktionskraften. Denna effekt är emellertid svår att observera för detta fall på grund av att minskningen av upplagstrycket inte är tillräckligt stor för att friktionskraften ska övervinnas.

För *Lastfall 2.1.1*, motsvarande 20°C ökning av medeltemperaturen, observeras att krafterna i brons plan ökar på grund av temperaturökningen, dock utan att riktningen påverkas jämfört med resultatet från *Permanent last*. Reaktionskraften i z-riktningen minskar något. Då dessa resultat inte är av intresse med hänsyn till att belastningen av undergjutningen vid SV upplaget tenderar att minska, kommer detta lastfall i fortsättningen att utelämnas. Resultat för lastfallet redovisas emellertid i bilagorna för respektive analys.

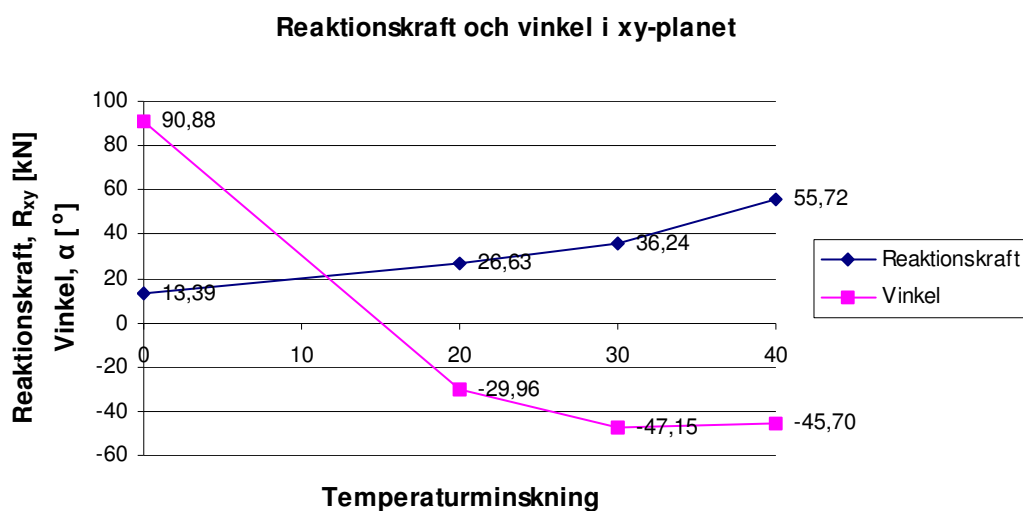
För de tre olika temperaturminskningslastfallen, *Lastfall 2.2.1*, *2.3.1* och *2.4.1* motsvarande temperaturminskning med 20, 30 och 40°C, erhålls reaktionskrafter i x- och y-riktningen som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV

upplaget. I Tabell 8.5 nedan redovisas reaktionskrafterna vid SV upplaget för de temperaturlastfall som ger belastning i den kritiska sektorn.

Tabell 8.5 Reaktionskrafter vid SV upplaget för de temperaturlaster som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för Analys 2.

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]
Lastfall 2.2.1	23,07	-13,30	134,9	26,63	-29,96
Lastfall 2.3.1	24,65	-26,57	135,8	36,24	-47,15
Lastfall 2.4.1	38,92	-39,88	135,7	55,72	-45,70

Resultande reaktionskraft i xy-planet samt hur vinkeln  $\alpha$  varierar med temperaturminskning illustreras i Figur 8.4. Reaktionskrafterna i z-riktningen påverkas endast marginellt för temperaturminskningslastfallen jämfört med lastfallet *Permanent last*.



Figur 8.4 Diagrammet visar hur reaktionskraften i xy-planet ( $R_{xy}$ ) och vinkeln  $\alpha$  varierar med temperaturminskningarna, som beskrivs i Lastfall 2.2.1 (20°C), Lastfall 2.3.1 (30°C) och Lastfall 2.4.1 (40°C). Temperaturminskningen på 0°C motsvaras av lastfallet *Permanent last*.

## Vertikal last

De lastfall som beskriver vertikala laster, medför att pelarna aktiveras och börjar ta upp vertikal last. Detta gör att reaktionskraften i z-riktningen vid övriga upplag minskar. Vid de östra upplagen, där friktionen alltid övervinns innebär detta att reaktionskrafterna i planet minskar jämfört med *Permanent last*. För de västra upplagen övervinns inte friktionskraften för något av lastfallen, trots det minskade kontaktrycket.

Inget av lastfallen ger upphov till belastning i kritisk sektor vid SV upplaget. För *Lastfall 3.1.1* och *4.1.3* som beskriver ytlast över hela bron respektive fordonslast över södra upplagen erhålls höga värden för reaktionskrafterna i x-riktningen för SV upplaget. Riktningen för resultanten i xy-planet ligger dock inte i den kritiska sektorn. *Lastfall 4.4.1* och *4.5.1*, som beskriver fordonslaster inklusive bromskraft, med respektive utan inverkan av osymmetrisk bromsning, ger upphov till stora krafter i x-riktningen vid de västra upplagen. *Lastfall 4.5.1*, som förutom bromskraften även inkluderar en sidokraft, gör att reaktionskraften i y-riktningen vid det SV upplaget minskar. Dock räcker inte denna sidokraft till för att ändra riktningen av reaktionskraften i y-riktningen.

## Horisontell last

Av de horisontella lasterna beskrivs i *Lastfall 5.1.1*, *5.2.1*, *5.2.2* vindlaster och i *Lastfall 6.1.1* och *6.2.1* påkörningslast. *Lastfall 7.1.1* beskriver temperaturminskning i kombination med vindlast.

För vindlastfallen uppstår inte någon reaktionskraft i negativ y-riktning vid det SV upplaget innan friktionen vid det NV upplaget övervunnits. Av vindlastfallen är det endast *Lastfall 5.2.2*, som motsvarar den största av vindlasterna, som ger belastning i av SV upplaget i den kritiska sektorn. Reaktionskrafterna i x-riktningen varierar och är för vindlastfallen som störst för *Lastfall 5.2.2*.

*Lastfallen 6.1.1* och *6.2.1*, som beskriver påkörningslast, ger båda upphov till belastning i kritisk sektor av undergjutningen. Det innebär att för båda fallen är friktionen vid det NV upplaget övervunnen och att det vid de västra upplagen endast är låsningen vid det SV upplaget som kan uppta ytterligare last. Detta inses vid jämförelse av de båda lastfallen. *Lastfall 6.2.1* beskriver en påkörningskraft på 200 kN, dubbelt så stor som påkörningskraften i *Lastfall 6.1.1*. Lasterna har samma angreppspunkt. Eftersom friktionen är övervunnen redan för den lägre påkörningskraften borde all ytterligare last som fördelas till de västra upplagen upptas vid det låsningen vid det SV upplaget. Detta innebär att reaktionskraften i negativ y-riktning borde öka med cirka 44 procent av lastökningen, motsvarande den del av påkörningskraften i *Lastfall 6.1.1* som fördelas till de västra upplagen. För beräkningen erhöles en ökning på 44,08 kN. Resterande del av lastökningen fördelades till det SÖ upplaget. Lastfallen ger resulterande reaktionskrafter i xy-planet vid SV upplaget på 18,90 och 70,18 kN med vinklarna ( $\alpha$ ) -18,82° respektive -45,64°.

*Lastfall 7.1.1* beskriver en kombination av medeltemperaturminskning med 20 °C och vindlast om 1,8 kN över södra huvudbalken. Denna kombination ger stor



reaktionskraft i y-riktningen för SV upplaget och nästan obefintlig för NV upplaget. Temperaturändringens inverkan vid samtidig vindlast påverkar således fördelningen av vindlasten. Resultande reaktionskraft och vinkel i xy-planet uppgår till 31,77 kN och  $-48,62^\circ$ . I Tabell 8.6 nedan redovisas reaktionskrafterna vid SV upplaget för de temperaturlastfall som ger belastning på SV upplaget i kritisk sektor.

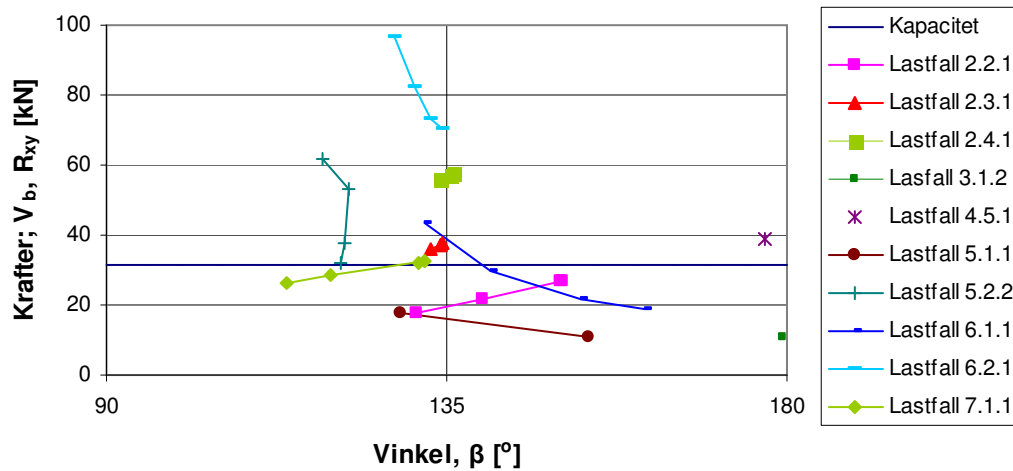
Tabell 8.6 Reaktionskrafter vid SV upplaget för horisontella laster som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för Analys 2.

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [ $^\circ$ ]
Lastfall 5.2.2	16,55	-27,54	127,6	32,13	-59,00
Lastfall 6.1.1	17,89	-6,096	132,9	18,90	-18,82
Lastfall 6.2.1	49,07	-50,18	130,0	70,18	-45,64
Lastfall 7.1.1	21,00	-23,84	132,6	31,77	-48,62

### 8.2.3 Analys 3 - 5

Analys 3-5 av FE-modell 1 omfattar undersökningar av de effekter som ett minskat spel vid respektive pelarfot ger upphov till. Spelet har minskats lika mycket för gap-elementen vid båda pelarna. Analys 3,4 och 5 beskriver minskningar av spelet med 5, 15 respektive 30 mm. Mot bakgrund av resultaten från Analys 1 har effekterna av dessa spel bedömts som lämpliga att undersöka. Friktionskoefficienten för motståndet vid upplagen är satt till 0,3 och 0,05 för de västra respektive de östra upplagen. Resultaten i det nedanstående relateras till de för referensmodellen som beräknades i Analys 2. Därför kommer endast stora avvikelser jämfört med Analys 2 att behandlas närmare. Vidare kommer behandlingen av resultaten att inriktas på SV upplaget. Fullständiga resultat från Analys 3-5, som har genomförts för samtliga lastfall, redovisas i bilaga 6. Kraft och vinkel ( $\beta$ ) för de lastfall som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen plottas i förhållande till undergjutningens kapacitet i Figur 8.5 nedan. Resultaten diskuteras närmare utifrån olika lastkategorier.

### Belastning av undergjutningen i den kritiska sektorn



Figur 8.5 I diagrammet åskådliggörs belastningen på undergjutningen i förhållande till upplagets kapacitet för de lastfall som ger belastning i den kritiska sektorn för Analys 2-5. För samtliga lastfall, bortsett från Lastfall 2.2.1 och 7.1.1, ökar belastningen av undergjutningen vid ökat spel. Lastfallen 3.1.2 och 4.5.1 ger belastning i kritisk sektor endast för Analys 5.

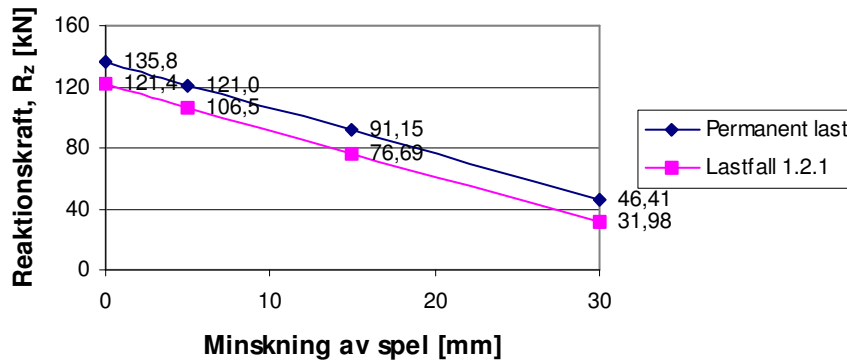
### Permanent last

Minskningen av spelet vid pelarfoten innebär att pelaren är verksam även för delar av den permanenta lasten. Detta gör att upplagstrycken vid övriga upplag reduceras. Störst är minskningen vid de västra upplagen då dessa är belägna närmast pelarna. För *Analys 5*, fallet med 30 millimeters minskning av spelet, erhålls vid det SV upplaget en minskning av upplagstrycket med 66 procent jämfört med upplagstrycket för *Permanent last* i *Analys 2*. För SÖ upplaget är motsvarande minskning 21 procent. Hur reaktionskraften i z-riktningen för lastfallet *Permanent last* varierar för de olika analyserna åskådliggörs i Figur 8.6 nedan. Det minskade upplagstrycket innebär att friktionskraften minskar vilket gör att kritisk belastning lättare uppnås. Ingen av analyserna tenderar emellertid att ge belastning i kritisk sektor av upplaget, då riktningen för krafterna i planet knappt ändras jämfört med *Analys 2*. Inte heller krafternas storlek påverkas nämnvärt.

### Temperaturlaster

För temperaturlastfallen ger det minskade spelet inte några anmärkningsvärda effekter på krafterna i planet. Krafternas storlek påverkas marginellt och vinkeln ändras betydligt bara för *Lastfall 2.2.1*, där den för *Analys 2* beräknas till  $-29,96^\circ$ , och för *Analys 6* till  $-49,08^\circ$ . Reaktionskrafterna i z-riktningen påverkas och för *Lastfall 1.2.1* beräknas det lägsta upplagstrycket för temperaturlastfallen. I Figur 8.6 nedan åskådliggörs hur upplagstrycket vid SV upplaget avtar med minskat spel vid respektive pelarfot.

Reaktionskraft i z-riktningen vid SV upplag vid minskning av spel



Figur 8.6 Diagrammet visar hur reaktionskraften i z-riktningen avtar med minskningen av spelet för Permanent last och under inverkan av temperaturgradient enligt Lastfall 1.2.1.

I Tabell 8.7, 8.8 och 8.9 nedan redovisas reaktionskrafterna vid SV upplaget för de temperaturlastfall som ger belastning på SV upplaget i kritisk sektor.

Tabell 8.7 Reaktionskrafter vid SV upplaget för temperaturlaster som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för Analys 3.  $\Delta R_{xy}$  motsvarar den procentuella avvikelserna av resultanten till reaktionskrafterna i xy-planet  $R_{xy}$  i förhållande till Analys 2.  $\Delta \alpha$  motsvarar avvikelserna av vinkeln  $\alpha$  i förhållande till Analys 2.

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\Delta R_{xy}$ [%]	$\Delta \alpha$ [°]
Lastfall 2.2.1	23,44	-13,36	125,2	26,98	-29,68	1,318	0,282
Lastfall 2.3.1	25,93	-26,74	126,5	37,25	-45,88	2,771	1,266
Lastfall 2.4.1	40,70	-40,11	128,9	57,14	-44,58	2,546	1,116

Tabell 8.8 Reaktionskrafter vid SV upplaget för temperaturlaster som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för Analys 4.  $\Delta R_{xy}$  motsvarar den procentuella avvikelserna av resultanten till reaktionskrafterna i xy-planet  $R_{xy}$  i förhållande till Analys 2.  $\Delta \alpha$  motsvarar avvikelserna av vinkeln  $\alpha$  i förhållande till Analys 2.

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\Delta R_{xy}$ [%]	$\Delta \alpha$ [°]
Lastfall 2.2.1	16,73	-14,09	94,88	21,87	-40,10	17,86	-10,14
Lastfall 2.3.1	26,10	-26,74	96,75	37,37	-45,69	0,031	1,453
Lastfall 2.4.1	40,88	-40,11	99,15	57,27	-44,46	2,776	1,243

Tabell 8.9 Reaktionskrafter vid SV upplaget för temperaturlaster som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för Analys 5.  $\Delta R_{xy}$  motsvarar den procentuella avvikelser av resultanten till reaktionskrafterna i xy-planet ( $R_{xy}$ ) i förhållande till Analys 2.  $\Delta\alpha$  motsvarar avvikelser av vinkeln  $\alpha$  i förhållande till Analys 2.

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\Delta R_{xy}$ [%]	$\Delta\alpha$ [°]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	11,59	-13,37	49,75	17,69	-49,08	-33,55	-19,12
<b>Lastfall 2.3.1</b>	26,37	-26,74	52,14	37,56	-45,40	3,620	1,748
<b>Lastfall 2.4.1</b>	41,15	-40,12	54,53	57,47	-44,27	3,135	1,424

### Vertikal last

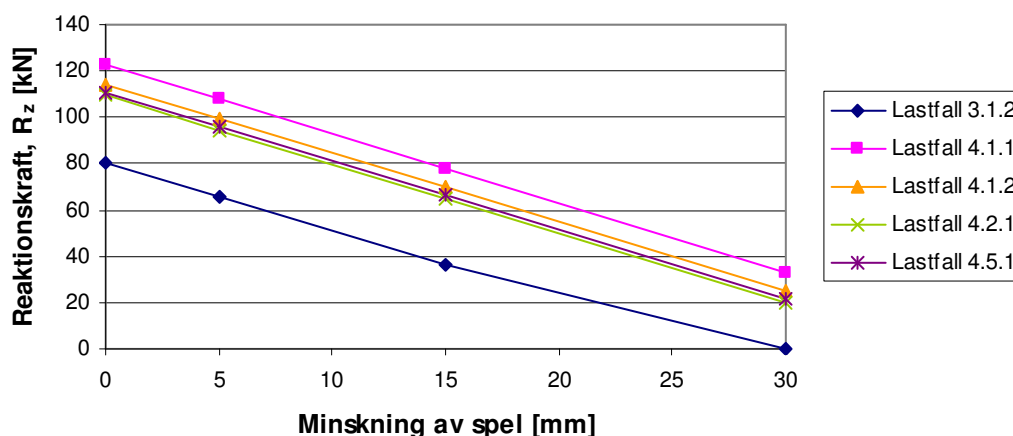
För lastfallen som beskriver vertikala laster ger det minskade spelet endast för två lastfall, upphov till belastning på SV upplaget i den kritiska sektorn. Dessa är *Lastfall 3.1.2* och *4.5.1* för *Analys 5*. Reaktionskrafterna vid SV upplaget för dessa lastfall redovisas i Tabell 8.10 nedan.

Tabell 8.10 Reaktionskrafter vid SV upplaget för vertikal last som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för Analys 5.  $\Delta R_{xy}$  motsvarar den procentuella avvikelser av resultanten till reaktionskrafterna i xy-planet ( $R_{xy}$ ) i förhållande till Analys 2.  $\Delta\alpha$  motsvarar avvikelser av vinkeln  $\alpha$  i förhållande till Analys 2.

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\Delta R_{xy}$ [%]	$\Delta\alpha$ [°]
<b>Lastfall 3.1.2</b>	10,77	-0,1135	0	10,77	-0,60	-21,30	-76,11
<b>Lastfall 4.5.1</b>	38,79	-1,941	21,60	38,84	-2,86	7,965	-20,30

För *lastfall 3.1.2*, motsvarande ylast i det långa spannet, blir det upplyft vid de båda västra upplagen. *Lastfall 4.5.1*, motsvarande fordonslast och bromskraft inklusive y-komponent, ger ett upplagstryck så lågt som 21,60 kN. Upplyftet, som beräknas till 4,041 mm, gör att SV upplaget belastas i kritisk sektor för *Lastfall 3.1.2*. För *Lastfall 4.5.1*, som inkluderar en kraft i y-riktningen, är upplagstrycket så lågt att friktionen övervinns vid det NV upplaget varvid en större del av lasten fördelas till det SV upplaget som belastas över dess kapacitet. Vid större sidkraft skulle all ytterligare last som fördelas till de västra upplagen tas av det SV upplaget. I Figur 8.7 nedan framgår, för utvalda lastfall, hur upplagstrycket vid SV upplaget avtar med minskat spel vid respektive pelarfot. Diagrammet visar tydligt hur upplagstrycket minskar linjärt mot minskningen av spelet för de olika lastfallen.

### Reaktionskraft i z-riktningen vid SV upplag vid minskning av spel



Figur 8.7 Diagrammet visar hur reaktionskraften i z-riktningen varierar med minskning av spelet för utvalda lastfall som beskriver vertikala laster.

För den i y-riktningen förskjutna fordonslasten som beskrivs i *Lastfall 4.1.2* erhålls en förskjutning i negativ y-riktning på -0,2909 mm vid SV upplaget. Reaktionskraften i y-riktningen vid NV upplaget beräknas till -7,426 kN. Det kan därmed klarläggas att inte heller en förskjutning av fordonslasten mot norr skulle ge upphov till belastning på SV upplaget i den kritiska sektorn.

### Horisontell last

För lastfallen som beskriver horisontella laster är inverkan av minskat upplagstryck, till följd av minskat spel vid respektive pelare, tydlig då friktionskraften minskar och en större del av lasten därmed tas av låsningen av det SV upplaget. För lastfallen 5.2.2, 6.1.1, 6.2.1 och 7.1.1, som redan för *Analys 2* ger belastning på SV upplaget i den kritiska sektorn, ökar storleken på kraften då spelet minskas, samtidigt som också vinkeln ändras något. För *Lastfall 5.1.1* ligger belastningen i kritisk sektor för *Analys 4* och *5* men inte för *Lastfall 5.2.1*. I Tabell 8.11, 8.12 och 8.13 nedan redovisas reaktionskrafterna vid SV upplaget för de lastfall som beskriver horisontell last och ger belastning på SV upplaget i kritisk sektor för *Analyserna 3, 4* och *5*.

Tabell 8.11 Reaktionskrafter vid SV upplaget för horisontell last som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för Analys 3.  $\Delta R_{xy}$  motsvarar den procentuella avvikelser av resultanten till reaktionskrafterna i xy-planet ( $R_{xy}$ ) i förhållande till Analys 2.  $\Delta\alpha$  motsvarar avvikelser av vinkeln  $\alpha$  i förhållande till Analys 2.

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\Delta R_{xy}$ [%]	$\Delta\alpha$ [°]
Lastfall 5.2.2	19,60	-31,92	119,0	37,46	-58,45	16,58	-0,9287
Lastfall 6.1.1	19,21	-9,929	117,9	21,62	-27,33	14,41	45,26
Lastfall 6.2.1	49,77	-53,43	115,0	73,02	-47,03	4,039	3,046
Lastfall 7.1.1	21,79	-24,12	124,1	32,51	-47,91	0,2313	-0,1478

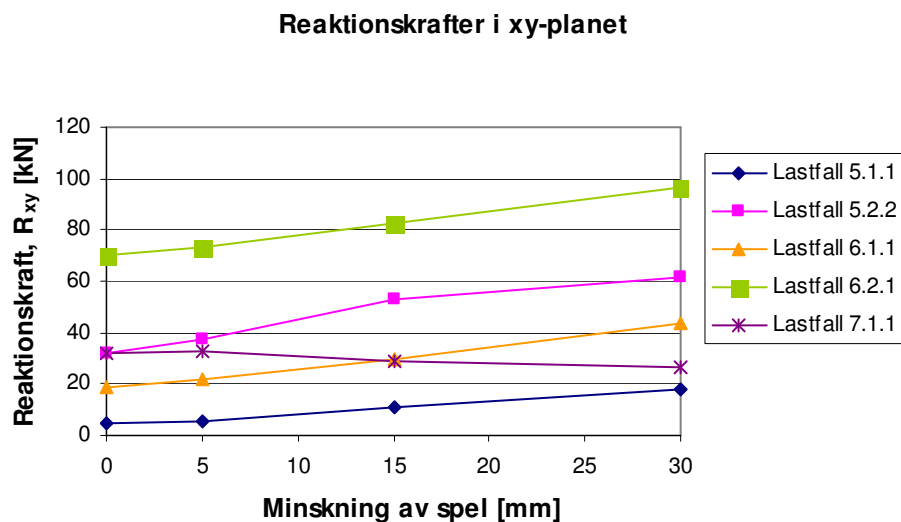
Tabell 8.12 Reaktionskrafter vid SV upplaget för horisontell last som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för Analys 4.  $\Delta R_{xy}$  motsvarar den procentuella avvikelser av resultanten till reaktionskrafterna i xy-planet ( $R_{xy}$ ) i förhållande till Analys 2.  $\Delta\alpha$  motsvarar avvikelser av vinkeln  $\alpha$  i förhållande till Analys 2.

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\Delta R_{xy}$ [%]	$\Delta\alpha$ [°]
Lastfall 5.1.1	9,889	-4,850	90,87	11,01	-26,13	117,7	-58,72
Lastfall 5.2.2	28,11	-45,11	89,48	53,15	-58,07	65,43	0,925
Lastfall 6.1.1	23,22	-18,87	88,14	29,92	-39,10	58,31	-20,28
Lastfall 6.2.1	53,76	-62,37	85,22	82,34	-49,24	17,32	-3,599
Lastfall 7.1.1	14,14	-24,85	93,69	28,59	-60,36	-10,01	-11,74

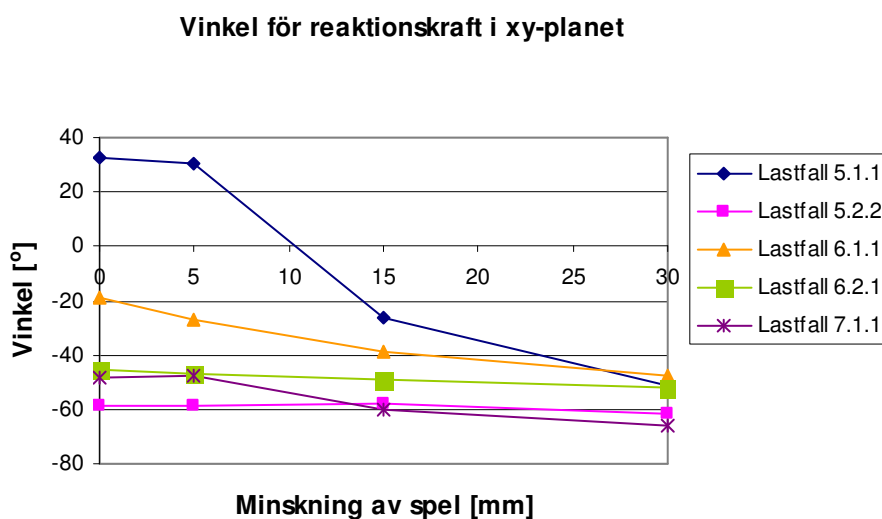
Tabell 8.13 Reaktionskrafter vid SV upplaget för horisontell last som belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för Analys 5.  $\Delta R_{xy}$  motsvarar den procentuella avvikelser av resultanten till reaktionskrafterna i xy-planet ( $R_{xy}$ ) i förhållande till Analys 2.  $\Delta\alpha$  motsvarar avvikelser av vinkeln  $\alpha$  i förhållande till Analys 2.

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\Delta R_{xy}$ [%]	$\Delta\alpha$ [°]
Lastfall 5.1.1	11,29	-14,01	45,88	17,99	-51,14	255,6	-83,73
Lastfall 5.2.2	29,50	-54,27	44,49	61,77	-61,47	92,25	0,042
Lastfall 6.1.1	29,15	-32,28	43,44	43,49	-47,92	130,1	-29,10
Lastfall 6.2.1	59,70	-75,79	40,52	96,48	-51,77	37,46	-6,132
Lastfall 7.1.1	10,64	-24,14	48,70	26,38	-66,21	-16,96	-17,59

Hur resulterande kraft i brons plan (xy-planet) och vinkeln  $\alpha$  varierar med ändringen av spelet för de lastfall som ger belastning på SV upplaget i kritisk sektor åskådliggörs i Figur 8.8 och 8.9 nedan.



Figur 8.8 Diagrammet visar hur reaktionskraften i xy-planet vid SV upplaget varierar med storleken på spelet för de lastfall som beskriver horisontell last och ger belastning på SV upplaget i kritisk sektor.

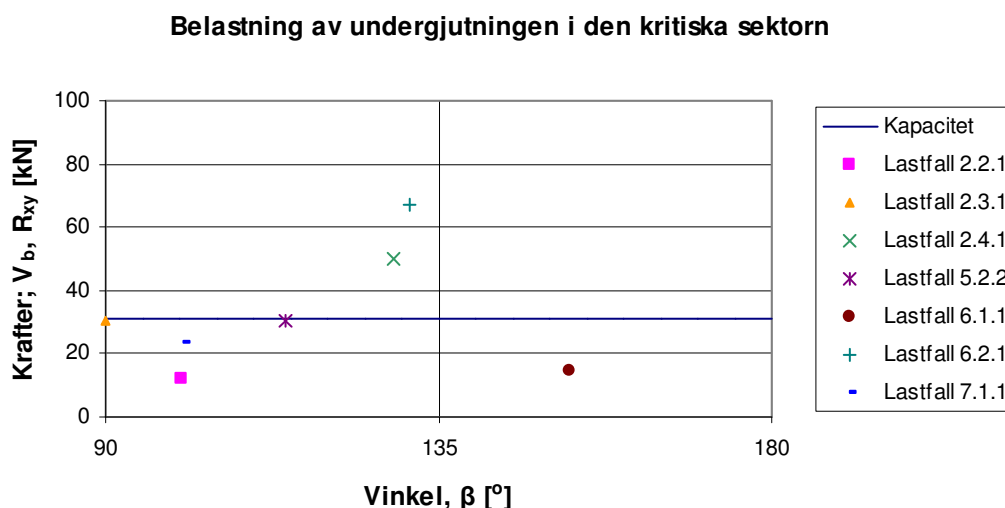


Figur 8.9 Diagrammet visar hur vinkeln för reaktionskraften i xy-planet varierar med storleken på spelet för de lastfall som beskriver horisontell last och ger belastning på SV upplaget i kritisk sektor.

Det stora språnget för reaktionskraftens riktning i *Lastfall 5.1.1* som visas i Figur 8.8 beror på att när friktionskraften övervinns vid det NV upplaget ökar lasten på SV upplaget varvid resultanten i xy-planet ändrar riktning. De större av de horisontella lasterna ger belastning på SV upplaget i kritisk sektor och vid minskat spel vid respektive pelarfot ökar denna belastning. Ökningen är emellertid proportionell mot minskningen av upplagstrycket.

## 8.2.4 Analys 6 och 7

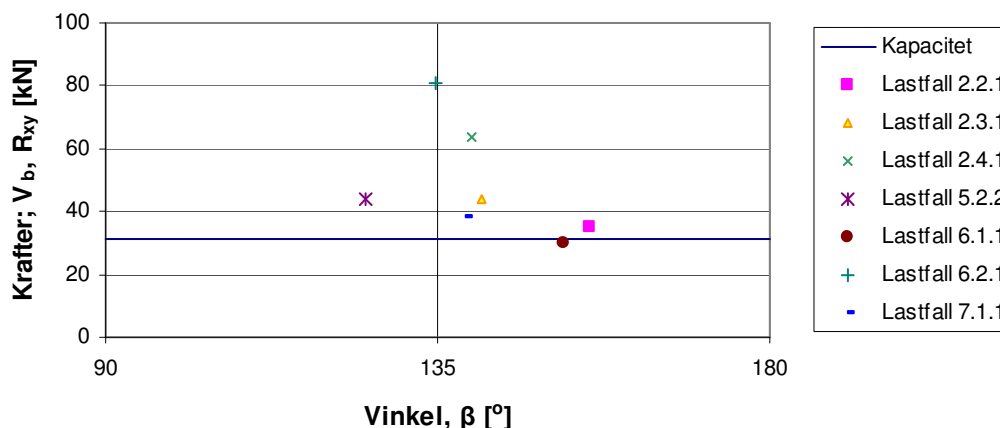
*Analys 6* och *7* av FE-modell 1 omfattar undersökningar av de effekter som ett minskat spel vid endast en pelarfot ger upphov till. Spelet har minskats med 10 mm för gap-elementet vid en pelare i taget. *Analys 6* beskriver en minskning av spelet vid den södra pelaren medan *Analys 7* beskriver en minskning av spelet vid den norra pelaren. Mot bakgrund av resultaten från *Analys 1* har effekterna av dessa spel bedömts som lämpliga att undersöka. Friktionskoefficienten för motståndet vid upplagen är satt till 0,3 och 0,05 för de västra respektive de östra upplagen. Resultaten i det nedanstående relateras till de för referensmodellen i *Analys 2*. Därför kommer endast stora avvikelser jämfört med *Analys 2* att behandlas närmare. Vidare kommer behandlingen av resultaten att inriktas på SV upplaget. Fullständiga resultat från analysen, som har genomförts för samtliga lastfall, redovisas i bilaga 6. Kraft och vinkel ( $\beta$ ) för de lastfall som för *Analys 6* och *7* ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen plottas i förhållande till undergjutningens kapacitet i Figur 8.10 och 8.11 nedan. Resultaten diskuteras närmare utifrån olika lastkategorier.



Figur 8.10 I diagrammet åskådliggörs belastningen på undergjutningen i förhållande till kritisk belastning för de lastfall som ger belastning i den kritiska sektorn för *Analys 6*.



### Belastning av undergjutningen i den kritiska sektorn



Figur 8.11 I diagrammet åskådliggörs belastningen på undergjutningen i förhållande till upplagets kapacitet för de lastfall som ger belastning i den kritiska sektorn för Analys 7.

### Permanent last

Minskningen av spelet vid en pelarfot innebär att pelaren är verksam även för delar av den permanenta lasten. Den andra pelaren förblir dock överksam för egentyngden. Reaktionskraften i z-riktningen för pelaren med minskat spel blir cirka 39 kN för respektive fall. När en pelare tar last påverkar detta reaktionskrafterna i z-riktningen för upplagen vid respektive landfäste för aktuell huvudbalk. Däremot påverkas inte reaktionskrafterna i z-riktningen nämnvärt för upplagen vid den motsatta huvudbalken. Vid spel vid den södra pelaren uppgår reaktionskraften i z-riktningen vid det SV upplaget till 105,6 kN. Jämfört med lastfallet *Permanent last* för *Analys 2*, då reaktionskraften i z-riktningen beräknades till 135,8 kN, motsvarar detta en minskning av upplagstrycket med cirka 22 procent. Vid spel vid den norra pelaren uppgår reaktionskraften i z-riktningen vid det NV upplaget till 96,20 kN vilket motsvarar en minskning med 24 procent jämfört med *Analys 2*. I negativ x-riktning ökar kraftens storlek vid det SV upplaget för *Analys 6* medan den för *Analys 7* ökar i positiv x-riktning. I y-riktningen så ökar kraftens storlek i positiv riktning för *Analys 6* och minskar för *Analys 7*.

### Temperaturlaster

Samtliga temperaturminskningslastfall, *Lastfall 2.2.1*, *2.3.1* och *2.4.1*, ger belastning på SV upplaget i den kritiska sektorn. Övriga temperaturlastfall ger ingen belastning i den kritiska sektorn. För *Analys 6* minskar belastningens storlek medan den för *Analys 7* ökar för temperaturminskningslastfallen jämfört med *Analys 2*. Under inverkan av temperaturminskning utsätts alltså SV upplaget för större krafter då spelet är minskat vid norra pelaren. Även vinkeln ( $\alpha$ ) tyder på minskat spel vid norra pelaren är värre då den för temperaturminskningslastfallen ligger mellan  $-24,43^\circ$  och  $-40,42^\circ$  för *Analys 7*

och mellan  $-79,65^\circ$  och  $-51,08^\circ$  för *Analys 6*. I Tabell 8.14 och 8.15 nedan redovisas reaktionskrafterna vid SV upplaget för de temperaturlastfall som ger belastning på SV upplaget i kritisk sektor för *Analyserna 6* respektive *7*.

*Tabell 8.14 Reaktionskrafter vid SV upplaget för temperaturlast som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget av SV upplaget för Analys 6.  $\Delta R_{xy}$  motsvarar den procentuella avvikelser av resultanten till reaktionskrafterna i xy-planet ( $R_{xy}$ ) i förhållande till Analys 2.  $\Delta\alpha$  motsvarar avvikelser av vinkeln  $\alpha$  i förhållande till Analys 2.*

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\Delta R_{xy}$ [%]	$\Delta\alpha$ [°]
<b>Lastfall 2.3.1</b>	16,27	-25,44	110,7	25,44	-90,00	-29,81	-42,85
<b>Lastfall 2.4.1</b>	31,38	-38,86	113,1	49,95	-51,08	-10,37	-5,38

*Tabell 8.15 Reaktionskrafter vid SV upplaget för temperaturlast som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för Analys 7.  $\Delta R_{xy}$  motsvarar den procentuella avvikelser av resultanten till reaktionskrafterna i xy-planet ( $R_{xy}$ ) i förhållande till Analys 2.  $\Delta\alpha$  motsvarar avvikelser av vinkeln  $\alpha$  i förhållande till Analys 2.*

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\Delta R_{xy}$ [%]	$\Delta\alpha$ [°]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	32,03	-14,55	135,7	35,18	-24,43	32,11	5,533
<b>Lastfall 2.3.1</b>	34,36	-27,87	135,8	27,87	-90,00	-23,10	-42,85
<b>Lastfall 2.4.1</b>	48,28	-41,12	135,7	63,42	-40,42	13,81	5,277

## Vertikal last

Då inte något av lastfallen som beskriver vertikala laster ger belastning på SV upplaget i den kritiska sektorn behandlas dessa resultat ej närmare. Beräkningsresultaten redovisas dock i bilaga 6.

## Horisontell last

För *Lastfall 5.1.1* och *5.2.1* minskar reaktionskraften i positiv y-riktning vid SV upplaget för *Analys 6* medan den ökar för *Analys 7*. För dessa lastfall uppstår dock ingen belastning i den kritiska sektorn.

För *Lastfall 5.2.2*, *6.1.1* och *6.2.1* ökar storleken på belastningen i den kritiska sektorn med mellan 10 och 15 kN för *Analys 7* jämfört med *Analys 2* medan den för *Analys 6*

minskar. Minskningen uppgår till mellan 2 och 4 kN jämfört med *Analys 2*. Vinkeln  $\alpha$  påverkas marginellt för dessa lastfall.

För kombinationen av temperaturminskning och vindlast som beskrivs i *Lastfall 7.1.1* ökar storleken på belastningen i den kritiska sektorn med cirka 20 procent till 38,33 kN. I Tabell 8.16 och 8.17 nedan redovisas reaktionskrafterna vid SV upplaget för de lastfall som beskriver horisontell last och ger belastning på SV upplaget i kritisk sektor för *Analyserna 6* respektive *7*.

*Tabell 8.16 Reaktionskrafter vid SV upplaget för horisontell last som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för Analys 6.  $\Delta R_{xy}$  motsvarar den procentuella avvikelser av resultanten till reaktionskrafterna i xy-planet ( $R_{xy}$ ) i förhållande till Analys 2.  $\Delta\alpha$  motsvarar avvikelser av vinkeln  $\alpha$  i förhållande till Analys 2.*

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\Delta R_{xy}$ [%]	$\Delta\alpha$ [°]
<b>Lastfall 5.2.2</b>	12,54	-27,9	103,5	30,59	-65,80	-4,798	-6,801
<b>Lastfall 6.1.1</b>	12,98	-6,681	102,5	14,60	-27,24	-22,76	-8,419
<b>Lastfall 6.2.1</b>	44,19	-50,76	99,63	67,30	-48,96	-4,110	-3,317
<b>Lastfall 7.1.1</b>	4,243	-22,74	107,6	23,13	-79,43	-27,19	-30,81

*Tabell 8.17 Reaktionskrafter vid SV upplaget för horisontell last som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för Analys 7.  $\Delta R_{xy}$  motsvarar den procentuella avvikelser av resultanten till reaktionskrafterna i xy-planet ( $R_{xy}$ ) i förhållande till Analys 2.  $\Delta\alpha$  motsvarar avvikelser av vinkeln  $\alpha$  i förhållande till Analys 2.*

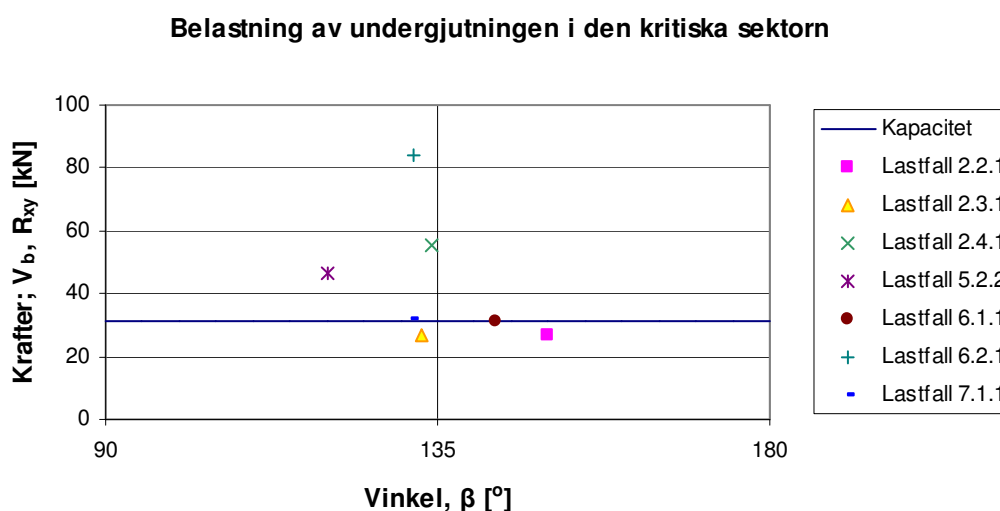
	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\Delta R_{xy}$ [%]	$\Delta\alpha$ [°]
<b>Lastfall 5.2.2</b>	25,53	-36,05	127,6	44,17	-54,69	37,49	4,302
<b>Lastfall 6.1.1</b>	26,30	-13,95	133,4	29,77	-27,94	57,52	-9,126
<b>Lastfall 6.2.1</b>	56,80	-57,45	130,5	80,79	-45,33	15,11	0,315
<b>Lastfall 7.1.1</b>	28,86	-25,22	132,6	38,33	-41,15	20,64	7,475

## 8.2.5 Analys 8

*Analys 8* av FE-modell 1 omfattar undersökningar av de effekter som minskad friktion från 0,3 till 0,2 vid de västra upplagen medför. Friktionskoefficienten vid de östra

upplagen är oförändrad, 0,05. På samma sätt som minskat upplagstryck har visat sig påverka krafterna i brons plan (xy-planet) förväntas den minskade friktionen göra det.

Resultaten som behandlas nedan relateras till resultaten för referensmodellen som beräknades i *Analys 2*. Därför kommer endast stora avvikelser jämfört med *Analys 2* att behandlas närmare. Vidare kommer behandlingen av resultaten att inriktas på SV upplaget. Fullständiga resultat från analysen, som har genomförts för samtliga lastfall, redovisas i bilaga 6. Kraft och vinkel ( $\beta$ ) för de lastfall som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen plottas i förhållande till undergjutningens kapacitet i Figur 8.12 nedan. Resultaten diskuteras närmare utifrån olika lastkategorier.



Figur 8.12 I diagrammet åskådliggörs belastningen på undergjutningen i förhållande till upplagets kapacitet för de lastfall som ger belastning i den kritiska sektorn för *Analys 8*.

### Permanent last

För lastfallet *Permanent last* kan inga skillnader påvisas jämfört med *Analys 2*. Resultaten är i det närmaste identiska, vilket är en följd av att verkningssättet är opåverkat. Friktionskraften övervinns inte vid något av de västra upplagen, trots den minskade friktionen.

### Temperaturlaster

För temperaturlastfallen påverkar den minskade friktionen inte resultaten nämnvärt. Detta beror på att friktionskoefficienten storlek trots minskningen är tillräckligt stor för att förhindra rörelser vid de västra upplagen. För temperaturändringslastfallen erhålls samma resultat som för *Analys 2*, med undantag för *Lastfall 2.1.1*. För temperaturökningen som beskrivs i *Lastfall 2.1.1* ändras reaktionskrafterna i brons

plan (xy-planet) på grund av att friktionen vid det NV upplaget övervinns. Detta lastfall ger dock aldrig någon belastning på upplaget i den kritiska sektorn. I Tabell 8.18 nedan redovisas reaktionskrafterna vid SV upplaget för de temperaturlastfall och ger belastning på SV upplaget i kritisk sektor.

Tabell 8.18 Reaktionskrafter vid SV upplaget för de temperaturlastfall som ger belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för Analys 8.  $\Delta R_{xy}$  motsvarar den procentuella avvikelser av resultanten till reaktionskrafterna i xy-planet ( $R_{xy}$ ) i förhållande till Analys 2.  $\Delta \alpha$  motsvarar avvikelser av vinkeln  $\alpha$  i förhållande till Analys 2.

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\Delta R_{xy}$ [%]	$\Delta \alpha$ [°]
Lastfall 2.2.1	23,07	-13,30	134,9	26,63	-29,96	0	0
Lastfall 2.3.1	24,65	-26,57	135,8	36,24	-47,15	0	0
Lastfall 2.4.1	38,92	-39,88	135,7	55,72	-45,70	0	0

### Vertikal last

Inte heller för de lastfall som beskriver vertikal last påverkas resultaten nämnvärt av den minskade friktionen. Endast för *Lastfall 3.1.2* och *4.1.3* kan någon ändring av reaktionskraften i xy-planet noteras. Krafterna riktning hamnar dock aldrig i den kritiska sektorn för SV upplaget.

### Horisontell last

För lastfallen som beskriver horisontella laster har den minskade friktionen stor inverkan på hur krafterna fördelas. Då friktionen vid det NV upplaget redan är övervunnen för flera av lastfallen gör den minskade friktionskraften att den kritiska belastningen av SV upplaget ökar.

För *Lastfall 5.1.1* övervinns friktionen vid NV upplaget varvid reaktionskraften vid upplaget minskar. Den last som inte kan upptas av friktionen, och därmed omfördelas till det SV upplaget, är emellertid liten. Reaktionskraften vid SV upplaget påverkas därför bara marginellt. Vinkeländringen är emellertid stor och vid liten ökning av lasten skulle riktningen för belastningen av SV upplaget snart hamna i den kritiska sektorn. Resultaten för *Lastfall 5.2.1* påverkas inte av minskningen av friktionen på grund av att friktionskraften ändå inte övervinns. För den största vindlasten, beskriven i *Lastfall 5.2.2* beräknas belastningens storlek till 46,52 kN medan vinkeln endast ändras med cirka en grad, jämfört med *Analys 2*.

Reaktionskraften i xy-planet och vinkeln  $\alpha$  ändras för påkörningslasterna i *Lastfall 6.1.1* och *6.2.1* jämfört med *Analys 2*. Framför allt är det för den mindre av påkörningslasterna, *Lastfall 6.1.1*, som kraften och vinkeln påverkas. Storleken av

belastningen i den kritiska sektorn ökar för detta fall då kraft respektive vinkel ändras från 18,90 kN och  $-18,82^\circ$  till 30,97 kN och  $-37,19^\circ$ . För den större påkörningslasten, *Lastfall 6.2.1*, ökar kraften medan vinkeln bara ändras marginellt.

Belastningen av SV upplaget för *Lastfall 7.1.1* i *Analys 8* påverkas inte av den minskade friktionen, jämfört med *Analys 2*, eftersom all reaktionskraft i y-riktningen tas av låsningarna. I Tabell 8.19 nedan redovisas reaktionskrafterna vid SV upplaget för de lastfall som beskriver horisontella laster, som ger belastning på SV upplaget i kritisk sektor.

Tabell 8.19 Reaktionskrafter vid SV upplaget för horisontella laster som belastning i kritisk sektor av undergjutningen vid SV upplaget för *Analys 8*.  $\Delta R_{xy}$  motsvarar den procentuella avvikelser av resultanten till reaktionskrafterna i xy-planets storlek i förhållande till *Analys 2*.  $\Delta\alpha$  motsvarar avvikelser av vinkeln  $\alpha$  i förhållande till *Analys 2*.

	$R_x$ [kN]	$R_y$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{xy}$ [kN]	$\alpha$ [°]	$\Delta R_{xy}$ [%]	$\Delta\alpha$ [°]
<b>Lastfall 5.2.2</b>	23,36	-40,23	127,6	46,52	-59,86	44,79	-0,861
<b>Lastfall 6.1.1</b>	24,67	-18,72	132,9	30,97	-37,19	63,85	-18,38
<b>Lastfall 6.2.1</b>	55,86	-62,83	130,0	84,07	-48,36	19,79	-2,720
<b>Lastfall 7.1.1</b>	21,00	-23,84	132,6	31,77	-48,62	-	-

## 8.3 Diskussion av orsak till skadorna på undergjutningen

Utifrån de resultat och observationer som redovisats för FE-modell 1 sammanfattas och diskuteras här vilken effekt olika laster och avvikelser har på SV upplaget, vars kapacitet och utformning diskuterades i Kapitel 4.

### 8.3.1 Referensmodellen

För referensmodellen som undersöks i *Analys 2* visar sig stor temperaturminskning och stora horisontella laster ge upphov till reaktionskrafter som överstiger undergjutningens kapacitet.

Vid en temperaturminskning på  $30^\circ\text{C}$ , som beskrivs i *Lastfall 2.3.1*, överskrider upplagets kritiska belastning. För att dessa krafter skall uppstå förutsätts att deformationerna på grund av temperaturrelaxering i konstruktionen är helt förhindrade. Då det främst är tvärbalkarnas längdändring som ger upphov till kritisk belastning på upplaget krävs att anslutningen mellan tvär- och huvudbalk är stum. Längdändringen av en tvärbalk uppgår vid temperaturminskning med  $30^\circ\text{C}$  till 1,6 mm. Huruvida konstruktionen tillåter sådana rörelser eller inte är svårt att avgöra. Baserat på

antagandet om att infästningen mellan tvärbalk och huvudbalk är stum och att låsningen ligger dikt an mot huvudbalken kan dock temperaturminskningen fastslås som en kritisk last som kunnat ge upphov till skadorna på undergjutningen.

Horisontell last i form av påkörningskraft som beskrivs *Lastfall 6.1.1* och *6.2.1*, visar att en kraft på 200 kN ger upphov till kritisk belastning på upplaget, men inte en kraft på 100 kN. Utifrån beräkningsresultaten kan det konstateras att för en påkörningskraft på cirka 120 kN skulle belastningen av upplaget bli kritisk. Även horisontell last, jämnt fördelad över båda huvudbalkarna, ger kritisk belastning på upplaget. Med en jämnt fördelad last på 2,17 kN/m över båda huvudbalkarna, som beskrivs i *Lastfall 5.2.2*, överskrider upplagets kapacitet. Detta lastvärde är emellertid långt över vad som kan ha orsakats av vindlaster men visar att konstruktionen inte haft tillräcklig bärförmåga. För det mera rimliga antagandet om extremvärdet för vindlast som beskrivs i *Lastfall 5.1.1* (1,8 kN/m enbart på den södra huvudbalken) belastas upplaget inte ens i den kritiska sektorn. Det är därför inte troligt att vindlaster kunnat ge upphov till kritisk belastning på upplaget under de förhållanden som gäller för referensmodellen.

Ur ovanstående resonemang följer även att kombinationen av temperaturminskning och vindlast, vilken beskrivs i *Lastfall 7.1.1*, ger kritisk belastning på upplaget. Temperaturminskningen (20°C) och vindlasten (1,8 kN/m enbart på den södra huvudbalken) ger belastning på upplaget som är i nivå med dess kapacitet. Jämfört med inverkan av endast temperaturminskning, gör vindlasten att belastningen av upplaget ökar till att bli kritisk.

### **8.3.2 Effekt av för långa pelare**

Effekten av för långa pelare som utreds med *Analys 3-5* har vid temperaturminskning inte någon nämnvärd betydelse för belastningen av upplaget. Vinkeln för belastningen varierar inom den kritiska sektorn men belastningens storlek tenderar att minska snarare än att öka.

För horisontella laster observeras en tydlig ökning av belastningen på upplaget då pelaren är för lång. Detta illustreras i Figur 8.8. Även vindlasten med värdet 1,8 kN/m ger, vid 30 mm för lång pelare, belastning som överstiger upplagets kapacitet. Påkörningslast med lastvärde 100 kN ger för 30 mm för långa pelare belastning strax under undergjutningens kapacitet. Därav framgår att för avvikande pelarlängd minskar lastvärdet för vilket horisontella laster ger belastning i nivå med undergjutningens kapacitet.

Ytterligare en observation är att stor vertikal last i det långa spannet i kombination med för långa pelare ger belastning i den kritiska sektorn av upplaget. För att belastningen ska överstiga upplagets kapacitet krävs emellertid samtidig belastning i brons tvärled (i positiv y-riktning) som exempelvis beskrivs i *Lastfall 4.5.1*.

### **8.3.3 Effekt av en för lång pelare**

Effekten av endast en för lång pelare ger för upplagen vid den aktuella huvudbalken liknande effekter som då båda pelarna är för långa. Undersökningen baseras på en avvikande pelarlängd av 10 mm. Generellt gäller att då den södra pelaren är för lång minskar lastvärdet för belastningen på upplaget i den kritiska sektorn samtidigt som vinkeln minskar. Mest påverkas vinkeln vid temperaturminskning. Då den norra pelaren är för lång ökar både lastvärdet och vinkeln för belastningen av upplaget i den kritiska sektorn.

### **8.3.4 Effekt av minskad friktion**

Undersökningen av effekterna av minskad friktion visar att belastningen av SV upplaget ökar för de horisontella lasterna. Friktionens storlek vid SÖ upplaget har stor betydelse för krafterna på SV upplaget. Vid temperaturminskning har friktionens storlek inte någon större inverkan på belastningen av upplaget.



## 8.4 FE-modell 2

Resultaten från analyserna av FE-modell 2, med vilka krafterna på förankringsbulten undersöks, presenteras och diskuteras med fokusering på de lastfall som ger belastning på fjädern vid SV upplaget. FE-modell 2 har endast analyserats för de lastfall som för FE-modell 1 gav kritisk belastning på undergjutningen. I Figur 8.13 nedan definieras begreppet kritisk belastning för belastningen av förankringsbulten, vilket används för att utvärdera resultaten.

### Kritisk belastning på förankringsbulten

Förankringsbulten modelleras med ett fjäderelement. Den kritiska belastningen (brottlasten) av bulten uppnås då nedanstående villkor uppfylls (se Kapitel 7).

Förskjutning av SV-upplaget i xy-planet,  $\delta_{xy} > 45 \text{ mm}$

Last på bulten,  $P > 12,0 \text{ kN}$

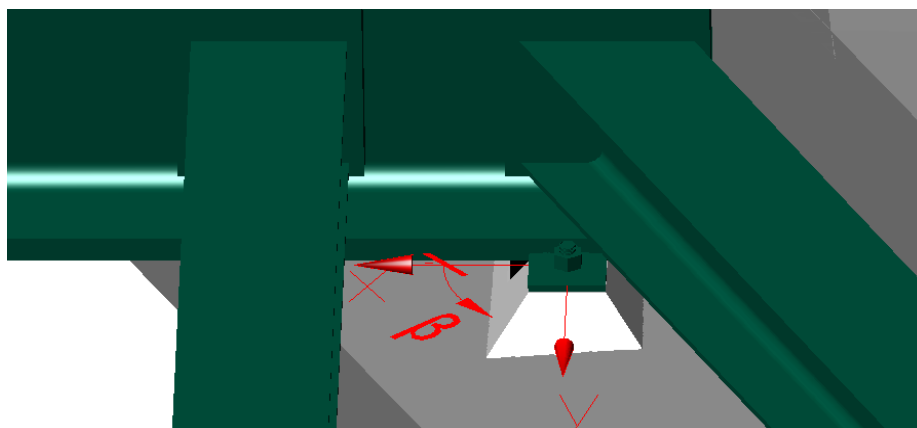
Vinkel för belastningen,  $\beta \approx 90^\circ$

Belastningen och deformationen av förankringsbulten beräknas som kraften i fjäderelementet respektive förskjutningen av SV upplaget. För den beräknade reaktionskraften och förskjutningen i xy-planet,  $R_{xy, \text{ bult}}$  respektive  $u_{xy}$  och motsvarande vinkel  $\alpha$  erhålls belastningen av bulten ur villkoren:

$$\delta_{xy} = u_{xy} = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}$$

$$P = R_{xy, \text{ bult}} = \sqrt{R_{x, \text{ bult}}^2 + R_{y, \text{ bult}}^2}$$

$$\beta = \alpha + 180^\circ$$



Figur 8.13 Definition av begreppet kritisk belastning på förankringsbulten.

De lastfall som omfattats av analyserna framgår av resultaten för respektive analys som redovisas i bilaga 7. Inledningsvis behandlas resultaten för *Analys 2*, i vilken pelarnas verkningsätt beskrivs som idealiskt. Därefter presenteras resultaten från *Analys 3-5* respektive *Analys 6* och *7*, undersökningar av effekter orsakade av jämna respektive ojämna längd avvikelser hos pelarna. Slutligen presenteras resultaten från *Analys 8*, undersökningen av effekterna som uppkommer i samband med minskad friktion vid de västra upplagen. Resultaten från analyserna av FE-modell 2 redovisas nedan i text och tabeller. De lastfall för vilka resultaten gråmarkerats är sådana som ger kritisk belastning på förankringsbulten, det vill säga större förskjutning ( $u_{xy}$ ) än 45 mm av SV upplaget.

### 8.4.1 Analys 2

*Analys 2* av FE-modell 2 kan ses som en undersökning av brons verkningsätt då undergjutningen är skadad men då bron i övrigt fungerar som tilltänkt. Spelen vid respektive pelare gör att pelarna endast är verksamma för last utöver brons egentygnd. Friktionskoefficienten för upplagen är satt till 0,3 och 0,05 för de västra respektive de östra upplagen. Resultaten för *Analys 3-8* kommer att jämföras med denna analys som således fungerar som referens. Fullständiga resultat från *Analys 2* redovisas i bilaga 7. Nedan presenteras resultaten från analysen utifrån olika lastkategorier. I Tabell 8.20 och 8.21 nedan redovisas reaktionskrafterna och förskjutningarna vid SV upplaget för de lastfall som för *Analys 2* ger belastning på fjäderelementet.

Tabell 8.20 *Reaktionskrafter vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för Analys 2. Bidragen till reaktionskraften från friktionen och från förankringsbulten anges åtskilt. Vinkeln för reaktionskraften betecknas  $\alpha$ .*

	$R_x$ , friktion [kN]	$R_y$ , friktion [kN]	$R_z$ [kN]	$R_x$ , bult [kN]	$R_y$ , bult [kN]	$R_{xy}$ , bult [kN]	$\alpha$ [°]
Lastfall 2.4.1	29,62	-28,33	135,7	0,1030	-0,09778	0,1420	-43,51
Lastfall 6.2.1	10,28	-36,75	127,2	3,533	-16,52	16,89	-77,93

Tabell 8.21 *Förskjutningar vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för Analys 2.*

	$u_x$ [mm]	$u_y$ [mm]	$u_{xy}$ [mm]
Lastfall 2.4.1	-0,3863	0,3666	0,5326
Lastfall 6.2.1	-13,25	61,95	63,35

Av temperaturlastfallen är det bara *Lastfall 2.4.1*, som beskriver den största temperaturminskningen, som ger någon belastning på bulten. Dock är denna tvångskraft inte tillräcklig för att ge någon större förskjutning av upplaget. Den större av påkörningslasterna, som beskrivs i *Lastfall 6.2.1*, ger kritisk belastning på fjäderelementet.

## 8.4.2 Analys 3-5

*Analys 3-5* omfattar undersökningar av de effekter som ett minskat spel vid respektive pelarfot ger upphov till. Spelet har minskats lika mycket för gap-elementen vid båda pelarna. *Analys 3,4* och *5* beskriver minskningar av spelet med 5, 15 respektive 30 mm. Fullständiga resultat från *Analys 3-5* redovisas i bilaga 7. I Tabell 8.22 och 8.23 nedan redovisas reaktionskrafterna och förskjutningarna vid SV upplaget för de lastfall som i *Analys 3* ger belastning på fjäderelementet.

Tabell 8.22 Reaktionskrafter vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för *Analys 3*. Bidragen till reaktionskraften från friktionen och från förankringsbulten anges åtskilt. Vinkeln för reaktionskraften betecknas  $\alpha$ .

	$R_x$ , friktion [kN]	$R_y$ , friktion [kN]	$R_z$ [kN]	$R_x$ , bult [kN]	$R_y$ , bult [kN]	$R_{xy}$ , bult [kN]	$\alpha$ [°]
<b>Lastfall 2.4.1</b>	28,47	-25,97	128,5	0,129	-0,1177	0,1746	-42,38
<b>Lastfall 5.2.2</b>	16,39	-31,64	118,8	0,2369	-0,6337	0,6765	-69,50
<b>Lastfall 6.2.1</b>	8,192	-32,63	112,2	4,70	-23,8	24,24	-78,91

Tabell 8.23 Förskjutningar vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för *Analys 3*.

	$u_x$ [mm]	$u_y$ [mm]	$u_{xy}$ [mm]
<b>Lastfall 2.4.1</b>	-0,4837	0,4413	0,6548
<b>Lastfall 5.2.2</b>	-0,8884	2,376	2,537
<b>Lastfall 6.2.1</b>	-17,490	89,180	90,88

När reaktionskraften i z-riktningen minskar vid de västra upplagen, vilket är fallet då spelet minskas, begränsas den del av reaktionskraften som kan upptas av friktion. För *Analys 2* är friktionskraften tillräckligt stor för att uppta all last vid upplaget varför ingen last leds till fjäderelementet för *Lastfall 5.2.2*. Om friktionskraften inte är tillräcklig för att uppta lasterna kommer fjäderelementet att belastas. *Lastfall 5.2.2* ger

för *Analys 3* belastning på fjäderelementet. För *Analys 3* är det endast påkörningslasten, som beskrivs i *Lastfall 6.2.1*, som ger kritisk belastning på fjäderelementet. I Tabell 8.24 och 8.25 nedan redovisas reaktionskrafterna och förskjutningarna vid SV upplaget för de lastfall som för *Analys 4* ger belastning på fjäderelementet.

Tabell 8.24 Reaktionskrafter vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för *Analys 4*. Bidragen till reaktionskraften från friktionen och från förankringsbulten anges åtskilt. Vinkeln för reaktionskraften betecknas  $\alpha$ .

	$R_x$ , friktion [kN]	$R_y$ , friktion [kN]	$R_z$ [kN]	$R_x$ , bult [kN]	$R_y$ , bult [kN]	$R_{xy}$ , bult [kN]	$\alpha$ [°]
Lastfall 2.3.1	20,62	-20,35	96,57	0,05705	-0,0539	0,0785	-43,37
Lastfall 2.4.1	22,46	-19,20	98,49	0,1989	-0,1701	0,2617	-40,54
Lastfall 5.2.2	5,967	-25,77	88,18	3,117	-16,79	17,08	-79,48
Lastfall 6.1.1	18,43	-18,82	87,80	0,0304	-0,0577	0,0652	-62,20
Lastfall 6.2.1	5,277	-24,09	82,19	7,525	-41,94	42,61	-79,83

Tabell 8.25 Förskjutningar vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för *Analys 4*.

	$u_x$ [mm]	$u_y$ [mm]	$u_{xy}$ [mm]
Lastfall 2.3.1	-0,2139	0,2021	0,2943
Lastfall 2.4.1	-0,7459	0,6378	0,9814
Lastfall 5.2.2	-11,69	62,97	64,05
Lastfall 6.1.1	-1,140	2,162	2,4441
Lastfall 6.2.1	-28,22	157,3	159,8

För *Analys 4*, då spelet vid respektive pelarfot minskats ytterligare jämfört med *Analys 3*, ger även *Lastfall 2.3.1* och *Lastfall 6.1.1* belastning på fjäderelementet. Temperaturminskningslastfallet 2.3.1 ger, i likhet med *Lastfall 2.4.1*, inte upphov till tillräckliga deformationer för att kritisk belastning skall uppnås. Vindlasten som beskrivs i *Lastfall 5.2.2* ger till skillnad från *Analys 3* upphov till kritisk belastning på fjäderelementet. I Tabell 8.26 och 8.27 nedan redovisas reaktionskrafterna och förskjutningarna vid SV upplaget för de lastfall som för *Analys 5* ger belastning på fjäderelementet.

Tabell 8.26 Reaktionskrafter vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för Analys 5. Bidragen till reaktionskraften från friktionen och från förankringsbulten anges åtskilt. Vinkeln för reaktionskraften betecknas  $\alpha$ .

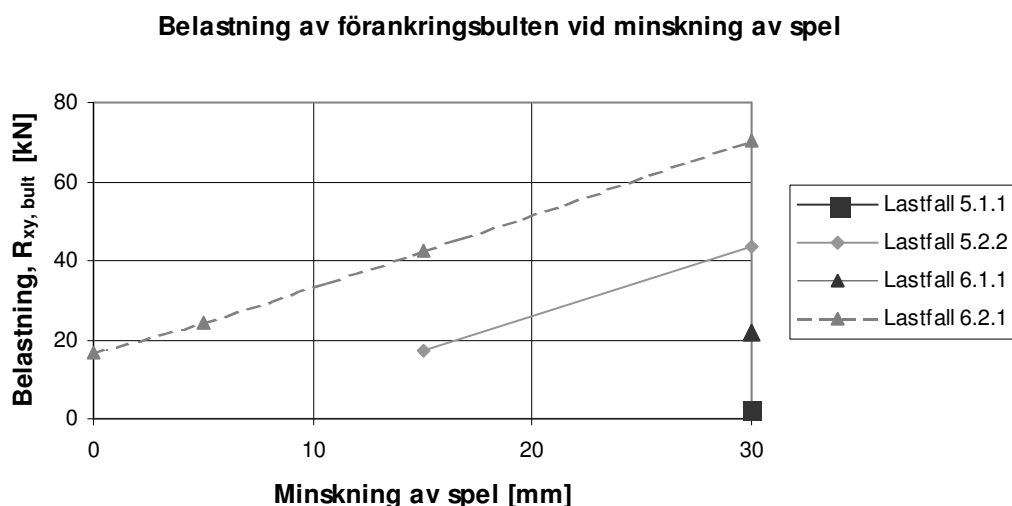
	$R_x$ , friktion [kN]	$R_y$ , friktion [kN]	$R_z$ [kN]	$R_x$ , bult [kN]	$R_y$ , bult [kN]	$R_{xy}$ , bult [kN]	$\alpha$ [°]
Lastfall 2.2.1	9,828	-11,21	49,69	0,0170	-0,0194	0,0258	-48,77
Lastfall 2.3.1	11,73	-10,11	51,62	0,1577	-0,1356	0,2080	-40,69
Lastfall 2.4.1	12,94	-9,486	53,48	0,3213	-0,2344	0,3977	-36,11
Lastfall 5.1.1	6,788	-11,88	45,62	0,5698	-2,611	2,672	-77,69
Lastfall 5.2.2	1,962	-12,76	43,02	6,721	-42,94	43,46	-81,10
Lastfall 6.1.1	2,581	-12,24	41,70	3,748	-21,61	21,93	-80,16
Lastfall 6.2.1	2,243	-10,99	37,40	11,79	-69,34	70,34	-80,35
Lastfall 7.1.1	4,582	-13,85	48,61	0,0391	-0,1128	0,1194	-70,89

Tabell 8.27 Förskjutningar vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för Analys 5.

	$u_x$ [mm]	$u_y$ [mm]	$u_{xy}$ [mm]
Lastfall 2.2.1	-0,0637	0,0727	0,0967
Lastfall 2.3.1	-0,5915	0,5084	0,7800
Lastfall 2.4.1	-1,205	0,8790	1,492
Lastfall 5.1.1	-2,136	9,790	10,02
Lastfall 5.2.2	-25,20	161,0	163,0
Lastfall 6.1.1	-14,05	81,04	82,25
Lastfall 6.2.1	-44,21	260,0	263,7
Lastfall 7.1.1	-0,1465	0,4229	0,4476

För *Analys 5* då spelet vid respektive pelare minskats med 30 mm ger, förutom för lastfallen som redovisades för *Analys 4*, även för *Lastfallen 2.2.1, 5.1.1 och 7.1.1* belastning på fjäderelementet. Kritisk belastning på fjäderelementet konstateras för *Lastfall 5.2.2, 6.1.1 och 6.2.1*.

Av resultaten för *Analyserna 3-5* framgår att lastfallen ger ökad belastning på fjäderelementet då spelet minskas vilket medför minskat upplagstryck. Fler lastfall ger kritisk belastning på fjäderelementet vid större minskning av spelet. I Figur 8.14 nedan åskådliggörs hur belastningen av förankringsbulten ökar vid minskning av spelet för de lastfall som ger belastning på bulten.



Figur 8.14 Diagrammet visar hur belastningen av förankringsbulten vid SV upplaget varierar med storleken på spelet för de lastfall som ger belastning på bulten.

### 8.4.3 Analys 6 och 7

*Analys 6* och *7* omfattar undersökningar av de effekter som ett minskat spel vid en pelarfot ger upphov till. Spelet har minskats med 10 mm för gap-elementet vid en pelare i taget. *Analys 6* beskriver en minskning av spelet vid den södra pelaren medan *Analys 7* beskriver en minskning av spelet vid den norra pelaren. Friktionskoefficienten vid upplagen är satt till 0,3 och 0,05 för de västra respektive de östra upplagen. Fullständiga resultat från *Analys 6* och *7* redovisas i bilaga 7. I Tabell 8.28 och 8.29 nedan redovisas reaktionskrafterna och förskjutningarna vid SV upplaget för de lastfall som för *Analys 6* ger belastning på fjäderelementet.

Tabell 8.28 Reaktionskrafter vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för Analys 6. Bidragen till reaktionskraften från friktionen och från förankringsbulten anges åtskilt. Vinkeln för reaktionskraften betecknas  $\alpha$ .

	$R_x$ , friktion [kN]	$R_y$ , friktion [kN]	$R_z$ [kN]	$R_x$ , bult [kN]	$R_y$ , bult [kN]	$R_{xy}$ , bult [kN]	$\alpha$ [°]
Lastfall 2.4.1	21,40	-26,22	112,8	0,0947	-0,1156	0,1495	-50,66
Lastfall 5.2.2	11,97	-28,63	103,4	-0,0665	0,6690	0,6723	95,68
Lastfall 6.2.1	6,685	-28,35	97,11	4,717	-25,30	25,74	-79,44

Tabell 8.29 Förskjutningar vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för Analys 6.

	$u_x$ [mm]	$u_y$ [mm]	$u_{xy}$ [mm]
Lastfall 2.4.1	-0,3552	0,4334	0,5604
Lastfall 5.2.2	0,2495	-2,508	2,5204
Lastfall 6.2.1	-17,69	94,86	96,50

Precis som för Analys 2 är det endast Lastfall 6.2.1 ger kritisk belastning på fjäderelementet för Analys 6, då spelet minskats vid södra pelaren. I Tabell 8.30 och 8.31 nedan redovisas reaktionskrafterna och förskjutningarna vid SV upplaget för de lastfall som för Analys 7 ger belastning på fjäderelementet.

Tabell 8.30 Reaktionskrafter vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för Analys 7. Bidragen till reaktionskraften från friktionen och från förankringsbulten anges åtskilt. Vinkeln för reaktionskraften betecknas  $\alpha$ .

	$R_x$ , friktion [kN]	$R_y$ , friktion [kN]	$R_z$ [kN]	$R_x$ , bult [kN]	$R_y$ , bult [kN]	$R_{xy}$ , bult [kN]	$\alpha$ [°]
Lastfall 2.3.1	32,03	-25,17	135,8	0,0526	-0,0222	0,0571	-22,84
Lastfall 2.4.1	32,84	-24,09	135,7	0,1770	-0,1312	0,2203	-36,55
Lastfall 5.2.2	16,42	-34,56	127,6	0,7660	-2,455	2,5717	-72,67
Lastfall 6.2.1	9,668	-36,92	127,2	4,944	-24,08	24,582	-78,40

Tabell 8.31 Förskjutningar vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för Analys 7.

	$u_x$ [mm]	$u_y$ [mm]	$u_{xy}$ [mm]
Lastfall 2.3.1	-0,0947	0,0830	0,1260
Lastfall 2.4.1	-0,6663	0,4921	0,8283
Lastfall 5.2.2	-2,872	9,204	9,642
Lastfall 6.2.1	-18,54	90,29	92,17

Liksom för *Analys 6* är det endast *Lastfall 6.2.1* som ger kritisk belastning på fjäderelementet för *Analys 7*, då spelet minskats vid norra pelaren.

#### 8.4.4 Analys 8

*Analys 8* omfattar undersökningar av de effekter som minskad friktion vid de västra upplagen medför. Friktionskoefficienten har satts till minskats från 0,3 till 0,2. Friktionskoefficienten vid de östra upplagen är oförändrad, 0,05. På samma sätt som minskat upplagstryck har visat sig påverka krafterna i brons plan (xy-planet) förväntas den minskade friktionen göra det. Fullständiga resultat från *Analys 8* redovisas i bilaga 7. I Tabell 8.32 och 8.33 nedan redovisas reaktionskrafterna och förskjutningarna vid SV upplaget för de lastfall som för *Analys 8* ger belastning på fjäderelementet.

Tabell 8.32 Reaktionskrafter vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för *Analys 8*. Bidragen till reaktionskraften från friktionen och från förankringsbulten anges åtskilt. Vinkeln för reaktionskraften betecknas  $\alpha$ .

	$R_{x, \text{friktion}}$ [kN]	$R_{y, \text{friktion}}$ [kN]	$R_z$ [kN]	$R_{x, \text{bult}}$ [kN]	$R_{y, \text{bult}}$ [kN]	$R_{xy, \text{bult}}$ [kN]	$\alpha$ [°]
Lastfall 2.3.1	18,86	-19,54	135,8	0,0602	-0,0608	0,0855	-45,27
Lastfall 2.4.1	20,30	-18,03	135,8	0,2035	-0,1807	0,2721	-41,60
Lastfall 5.2.2	5,878	-24,81	127,5	3,179	-17,20	17,49	-79,53
Lastfall 6.1.1	18,43	-19,03	132,5	0,3657	-0,4885	0,6102	-53,18
Lastfall 6.2.1	5,461	-24,78	126,8	7,606	-42,21	42,89	-79,79
Lastfall 7.1.1	17,91	-19,56	132,6	0,03712	-0,03673	0,0522	-44,70



Tabell 8.33 Förskjutningar vid SV upplaget för de lastfall som ger belastning på fjäderelementet vid SV upplaget för Analys 8.

	$u_x$ [mm]	$u_y$ [mm]	$u_{xy}$ [mm]
<b>Lastfall 2.3.1</b>	-0,2257	0,2278	0,3207
<b>Lastfall 2.4.1</b>	-0,7630	0,6776	1,020
<b>Lastfall 5.2.2</b>	-11,92	64,48	65,57
<b>Lastfall 6.1.1</b>	-1,371	1,831	2,287
<b>Lastfall 6.2.1</b>	-28,52	158,2	160,8
<b>Lastfall 7.1.1</b>	-0,1392	0,1377	0,1958

Lastfall 5.2.2 och 6.2.1 är de lastfall som för Analys 8 ger kritisk belastning på fjäderelementet. Den resulterande kraften i fjäderelementet blev för Lastfall 6.2.1 i Analys 2, 16,89 kN och förskjutningen var 63,35. I denna analys avviker inte den resulterande kraften i fjäderelementet nämnvärt från Analys 2. Det gör emellertid förskjutningen som här uppgår till 160,8 mm.

## 8.5 Diskussion av orsak till bultbrott

Utifrån de resultat och observationer som redovisats för FE-modell 2 sammanfattas och diskuteras här vilken effekt olika laster och avvikelser har på förankringsbulten vid SV upplaget efter att undergjutningen skadats. Förankringsbultens kapacitet diskuterades i Kapitel 4, avsnitt 4.1.1 och den förenkling som användes vid modelleringen redovisades i Kapitel 7, avsnitt 0.

Lastvärdet för den horisontella last som krävts för att förstöra undergjutningsbruket är mindre än det som krävts för att ge böjbrott av förankringsbulten. Detta beror på att krafterna omfördelas på andra upplag vid böjning av bulten vilket medför att friktionen vid NV upplaget måste övervinnas för att ge någon större förskjutning av SV upplaget. Detta skulle förklara varför undergjutningen varit skadad under en längre tid medan bulten brustit före olyckan.

### 8.5.1 Referensmodellen

Temperaturlaster ger inte upphov till särskilt hög belastning på bulten beroende på att den deformeras varvid tvångskraften försvinner. Det är därför inte möjligt att temperaturen gett tillräckligt stora deformationer för att böja bulten till brott. Endast stora horisontella laster, som vindlasten på 2,17 kN/m över båda huvudbalkarna som beskrivs i Lastfall 5.2.2 och påkörningslasten på 200 kN som beskrivs i Lastfall 6.2.1, ger upphov till kritisk belastning på förankringsbulten. Sådana laster ger tillräckliga

deformationer i riktning motsvarande en vinkel ( $\beta$ ) på cirka 80°. Utifrån beräkningsresultaten uppskattas att en påkörningslast på närmare 100 än 200 kN är tillräcklig för att få brott i förankringsbulten. För vindlasten med lastvärdet 1,8 kN/m (mot den södra huvudbalken) konstateras att inte ens friktionen övervinns. Det är därför inte troligt att vindlasten orsakat bultbrottet för de förhållanden som beskrivs i referensmodellen.

### 8.5.2 Effekt av för långa pelare

Avvikande pelarlängd konstateras ge ökad belastning på förankringsbulten för de lastfall som ger reaktionskrafter i negativ y-riktning. Innan bulten belastas måste friktionen vid de västra upplagen övervinnas. Även om motståndet på grund av friktion minskar när pelarens längd ökar krävs avsevärd horisontell last för att uppnå kritisk belastning. I Figur 8.14 åskådliggörs hur förankringsbulten belastas för de aktuella lastfallen. Vid 30 mm ökning av pelarlängderna överskrids bultens kritiska kapacitet för en påkörningslast på 100 kN. Vindlast med lastvärde 1,8 kN/m visar sig ge en liten belastning på bulten. Friktionen är då övervunnen och för en mindre lastökning uppnås kritisk belastning.

### 8.5.3 Effekt av en för lång pelare

För den längdändring (10 mm) av en pelare i taget som undersökts kan inte någon tydlig ökning av belastningen av förankringsbulten observeras. Vid ytterligare längdändring av den södra pelaren skulle dock friktionens motstånd minska och horisontella krafter skulle lättare ge upphov till kritisk belastning på bulten, på samma sätt som för undersökningen av längdavvikelse för båda pelarna

### 8.5.4 Effekt av minskad friktion

Minskad friktion från 0,3 till 0,2 vid de västra upplagen har i princip lika stor inverkan på krafterna på förankringsbulten som ökning av pelarnas längder med 15 mm (inses vid jämförelse av *Analys 4* och *8*). Därför kan det konstateras att krafterna på bulten ökar då dessa effekter kombineras. Stora horisontella krafter ger kritisk belastning på bulten som också belastas vid påkörningslast på 100 kN.

## 9 Slutsatser

De analyser och diskussioner som genomförts leder fram till en rad slutsatser angående den undersökta bron och dess kollaps. Slutsatserna gäller dels brons verkningsätt under inverkan av olika laster och avvikelser från dess tilltänkta verkningsätt, dels konstruktionen i allmänhet.

Baserat på antaganden om upplagets verkningsätt med friktion 0,3 vid de fasta lagren och att pelarna fungerat idealiskt, konstateras hur upplaget påverkas för olika laster.

- Vertikal belastning ger inte upphov till belastning på upplaget i den kritiska riktningen. Stora vertikala laster i det långa spannet gör dock att inverkan av samtidig horisontell last lättare ger kritisk belastning på undergjutningen och förankringsbulten.
- För att orsaka de aktuella skadorna på *undergjutningen* krävs extrem horisontell belastning på konstruktionen eller temperaturminskning. Med extrem horisontell belastning påses last med lastvärde som vida överstiger de som orsakas av vindlast och istället närmast kan hänföras till påkörning. En temperaturminskning med 30°C är tillräcklig för att ge belastning på undergjutningen som överstiger dess kapacitet.
- För att orsaka brott av *förankringsbulten* krävs horisontell belastning som är större än motsvarande belastning för att orsaka spjälkbrott i undergjutningen. Även för att orsaka bultbrottet krävs således extrem horisontell belastning på konstruktionen.

Beräkningsmodellen som har använts för att analysera bron bygger på en rad förenklingar och uppskattningar om den verkliga konstruktionen. Dessa gäller bland annat storleken av friktionen vid brons upplag och pelarnas funktion. Då det krävs försök för att fastslå friktionens verkliga storlek och det inte går att fastslå pelarnas verkliga funktion konstateras istället vilka tendenser sådana avvikelser visar för konstruktionen.

- Avvikande pelarlängd ökar konstruktionens känslighet för horisontell belastning. För skadorna på undergjutningen är längdavvikelsen av den norra pelaren av störst betydelse medan längdavvikelse av antingen den södra eller den norra pelaren har ungefär lika stor betydelse för bultbrottet. Beräkningarna visar att vid en längdavvikelse på 30 mm är belastningen av undergjutningen strax under dess kapacitet eller belastning på förankringsbulten uppnådd för dimensionerande vindlast enligt BRO 2004 (1,8 kN/m<sup>2</sup>).
- Minskad friktion vid brons fasta lager har samma inverkan som minskat upplagstryck på grund av avvikande pelarlängd. Minskning av friktionskoefficienten vid brons fasta upplag från 0,3 till 0,2 ger samma effekt som 15 mm längdändring av pelarna.
- För att förklara bultbrottet med annan horisontell last än påkörning måste någon avvikelse från konstruktionens tilltänkta verkningsätt beaktas. Vid stora avvikelser ger stora vindlaster hög belastning på bulten.

Analysen av beräkningsmodellen utgör ett underlag för bedömning av de konstruktionslösningar som valts. Resultaten ger klara indikationer om brister i utformningen av upplagen.

- De genomförda beräkningarna visar att undergjutningens kapacitet är otillräcklig under inverkan av dimensionerande laster.
- Genom en enkel beräkning av den globala fördelningen av horisontella laster på konstruktionens upplag hade dimensionerande belastning på SV upplaget kunnat bestämmas. Därigenom hade en dimensionering av upplaget kunnat utföras vilket sannolikt hade resulterat i en bättre utformning av upplaget.

Horisontell belastning på avsevärd storlek anses vara den direkta orsaken till olyckan medan den indirekta orsaken anses vara upplagets undermåliga kapacitet, i kombination med eventuella avvikelser från det tilltänkta verkningssättet. Att konsekvenserna av skadorna på upplaget blev så allvarliga att bron rasade, vilket beror på pendelpelarnas inverkan under raset, är anmärkningsvärt. Då upplagen utgör en brokonstruktions förankring borde dessa utformas med särskild omsorg och med stor säkerhet mot dimensionerande laster.

## 10 Förslag till fortsatt utredning

Eftersom denna rapport bygger på en rad uppskattningar och antaganden om den verkliga konstruktionen finns flera omständigheter som är lämpliga att studera närmare. Dessa gäller främst förutsättningarna för beräkning av upplagens kapacitet.

- Beräkningarna av *undergjutningens kapacitet* grundar sig på ett antagande om dess draghållfasthet. Genom provning av den befintliga undergjutningen skulle dess kapacitet med hänsyn till spjälkbrott kunna bestämmas med större noggrannhet.
- Det finns även anledning att närmare undersöka *förankringsbultens kapacitet*, för att fastslå dess materialkvalitet. För att få en bättre bild av bultens beteende under de verkliga förutsättningarna, vore det även lämpligt att utföra provningsförsök på liknande bultar med återskapade randvillkor.
- Ytterligare en osäkerhetsfaktor vid modelleringen är antagandet om *friktionens storlek* vid de fasta upplagen. Friktionens storlek skulle kunna bestämmas med försök och därefter införas i modellen. Detta skulle öka modellens noggrannhet eftersom friktionens storlek är av direkt betydelse för belastningen av förankringsbulten då konstruktionen utsätts för horisontella laster.
- Efter bestämmande av de nämnda faktorerna, *undergjutningens och förankringsbultens kapacitet samt friktionens storlek*, kan modellen modifieras för att ge en än mer realistisk uppskattning av den verkliga konstruktionens beteende. Det skulle då också finnas förutsättningar för att närmare studera upplagens verkningssätt i detalj.

## Litteraturförteckning

Alqedra M.A. and Ashour A.F. (2005), *Prediction of shear capacity of single anchors located near a concrete edge using neural networks*. Department of Civil Engineering, The Islamic University of Gaza, Gaza Strip, Palestine.

Boverket (2004): *Boverkets handbok om betongkonstruktioner, BBK 04*. Boverket, Byggavdelningen, Karlskrona, Sverige.

Boverket (1999): *Boverkets handbok om stålkonstruktioner, BSK 99*. Upplaga 3:3, Boverket, Byggavdelning, Karlskrona, Sverige.

Boverket (1998): *Snö och vindlast, BSV 97*. Boverket, Byggavdelningen, Karlskrona, Sverige.

Grahn R. och Jansson P.Å. (1997): *Mekanik, Statik och Dynamik*. Studentlitteratur, Lund, Sverige.

Huebner K.H., Dewhirst D.L., Smith D.E., and Byron T.G.: *The Finite Element Method for Engineers, Fourth Edition*. New York, United States of America.

Korrosionsinstitutet (2005): *Brusten bult – analys av korrosionsprodukter*. Reg. Nr 80694, Stockholm, Sweden.

Lundgren K. (2005): Bond between ribbed bars and concrete. Part 2: The effect of corrosion. *Magazine of Concrete Research*, No. 7, September, 2005.

Lundström K.G. (2005): *S950, GC-bro över gamla väg 61 i Kil. Kils Kommun. Teknisk utredning av broraset, utgåva 2*. Teknisk Rapport, WSP Broteknik i Karlstad, Sverige.

Samuelsson A., Wiberg N. E. (1993): *Byggnadsmekanik Hållfasthetslära*. Andra upplagan, Studentlitteratur, Lund, Sverige.

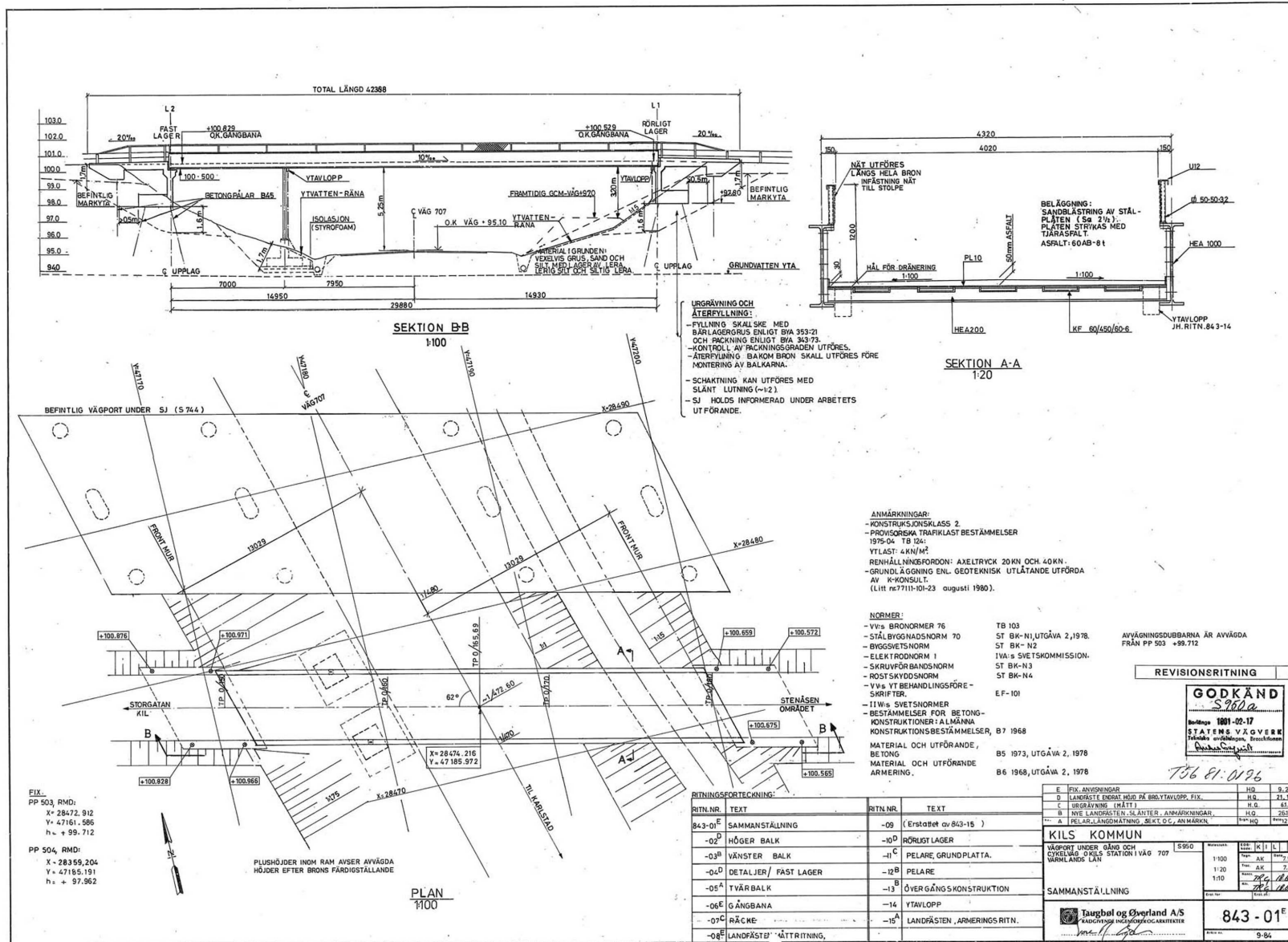
Sunnersjö S. (1999): *FEM I praktiken, En introduktion till finita elementmetodens praktiska tillämpning, utgåva 2*. Sveriges Verkstadsindustrier, Stockholm, Sverige.

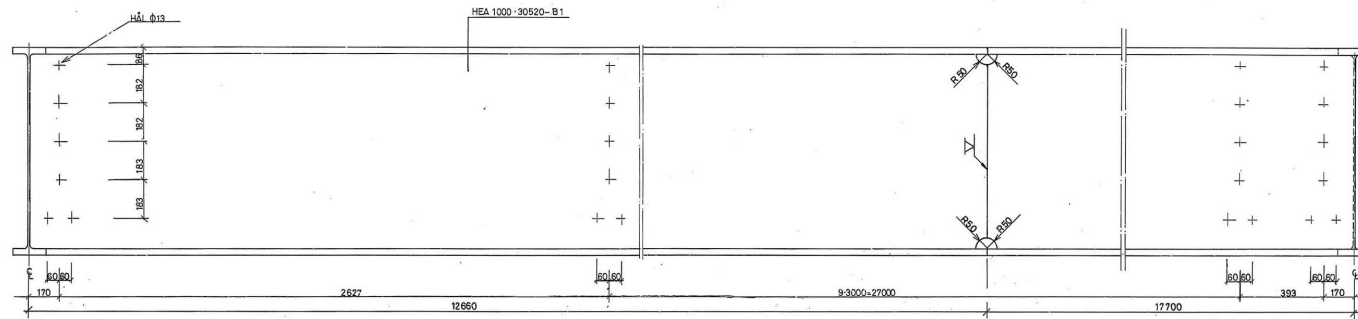
Svensk byggtjänst (1990): *Betonghandbok Konstruktion, utgåva 2.*, Svensk byggtjänst, Solna, Sverige.

Vägverket (2004): *Vägverkets allmänna tekniska beskrivning för nybyggande och förbättring av broar, Bro 2004*. Publikation 2004:56, Borlänge, Sverige.

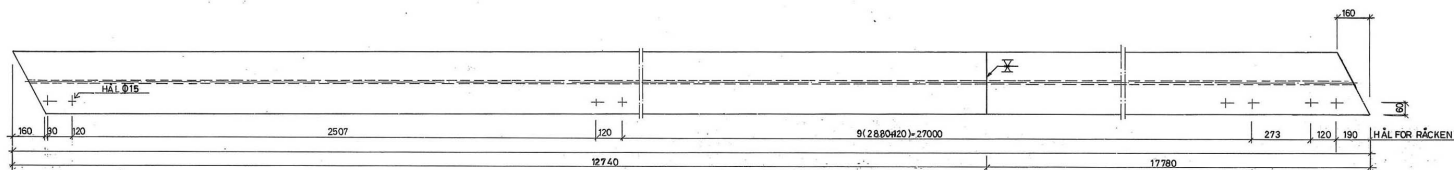
## Figurförteckning

Samtliga fotografier som visas i rapportens figurer är tagna av WSP Broteknik i Karlstad. Fotografierna i Figur 4.8 och 7.6 har modifierats genom införande av måttsättning. Övriga figurer har skapats av författarna.

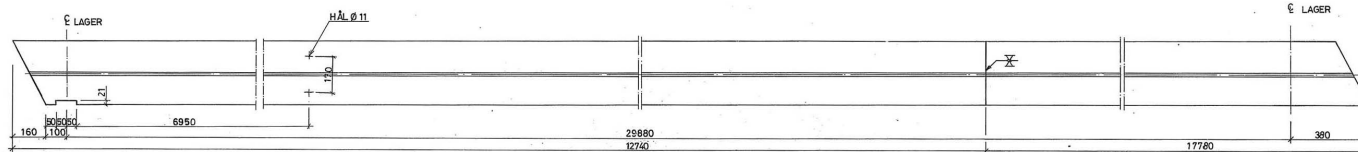




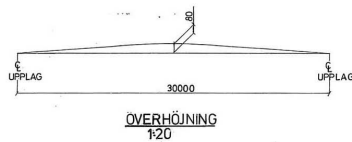
ELEVATION HÖGER BALK  
1:10



ÖVERFLENS  
1:10



UNDERFLENS  
1:10



ÖVERHÖJNING  
1:20

STYCKLISTA

POS. NR.	ANTAL STK.	BENEVNELSE	LENGD mm	BREDD mm	PRUPP METER	SUM	STÅLK	ANM.
B 1	1	HE 1000A	30520	272	830	SIS	M4	

DIVERSE BEV

ALLT MATERIAL PROVAS I NÄRVARO AV KONTROLLANT FRÅN VÄGVERKET. VID UTFÖRANDE AV SAMTLIGA STÄLDPÅLJER GÄLLER ATT ALLA SNITT OCH ALLA HÅL SKALL VARA JÄMNE OCH FRIA FRÅN GRÄSL. SVETSARNA SKALL HA AVLAGT GODKÄNDA PROV ENLIGT ST BR-N2. FYR SOM BEFÄR HÖRSÄTTNING ELLE ÖKTYMOMÅN MÅLES FÖRE MONTERINGEN. TYS SOM BEHÖRS AV SVETSNING MÅLAS FÖRST SEDAN SVETSNINGEN INOM LÄVERANS FRÅN VERKSTAD FÅR SE. SKALL BESIKTNING VARA VERKSTÄLLD AV KONTROLLANT FRÅN VÄGVERKET.

ANMÄRKNINGAR:

SKARV-SVETSARNA SLIPAS OCH KONTROLLERAS MED RÖNTGEN.

LÖFTING OCH MONTERING:  
SÄLKEN LYFTES I FÄRDELSPUNKTERNA ELLER I MIDTPUNKTEN OCH SIDOSTAGAS. PROVISORIS INOM TVÄRBALKAR OCH GÅNGBANEPLÅT ER MONTERAD.

SVETSNING: ENLIGT SVETSPLAN.

KONTROLL: KONTROLL UTFÖRS ENLIGT KONTROLLPLAN.

KRAV PÅ MATERIAL OCH UTFÖRANDE

(Om ej annat framgår av detaljritning)

LEVERANSSTILLSTÄND: - 00 (NORMALISERAT)  
 KONSTRUKTIONSKLASS: 2 (St BR-Nutgåva 2 1978)  
 MATERIAL-KVALITETSKLASS: B (s-20) (St BR-N2, tabell 2:1)  
 C (20 x t ≤ 40)  
 D (t > 40)

SKÄRKLASS: Sk 2 (St BR-N2)  
 SVETSKLASS: Sv 2 (St BR-N2)  
 SKRUVFÖRBANDEKLASS: S1P och S2 (St BR-N3)  
 MÅLÖKKLASS: M3 (St BR-N4)  
 SVETSPROTEKTIONSKLASS: ES00 (ELEKTRODOROM 1)

MATERIAL- OCH SVETSNINGEN

MINSTOLERANSER FÖR TVÄRSNITT OCH DELAREOR FÅR EJ UNDERSTIGA 6%. SVETSNING AV KONSTRUKTIONEN UTFÖRES I ENLIGT MED DE TYPER AV FOGAR OCH SVETSAR SOM ÄR ANGIVNA PÅ DETALJRITNINGARNA.

MÄTT- OCH DIMENSIONSKONTROLL

PÅ RITNINGAR ANGIVNA MÄTT GÄLLER VID +16°C OM EJ ANNAT ANGES. MÄTTEN ÄR ANGIVNA UTFRÅN HÄNSYN TILL FÖRBEREDNING OCH SVETSNINGEN. KONTROLL AV MÄTT OCH TVÄRSNITTSDIMENSIONER UTFÖRES ENLIGT ST BR-N1 utgåva 2 1978 SAMT ST BR-N2, 7.

MÅLNING

- MÅLNING AV KONSTRUKTIONEN UTFÖRES (OM EJ ANNAT ANGES PÅ DETALJRITNING) ENLIGT V118 YTBESKEDNINGSPROSEKRIPTER EF-101.
- FÖRBEREDNING, GRUNDNING OCH FÖRBEREDNING ENLIGT YTBESKEDNINGSPROSEKRIPTERNAS ANVISNING AV 802.
- FÖRBEREDNING: HÅRTNING TILL NÖGGRANNHETSGRAD SA 24 ENLIGT SIS 05 5900-1967.
- GRUNDBELÄGGNING: INRETSKATTÄNG, SKRIVTÖCKLER 70 µm.
- TÄCKMÅLNING: ELEKTRODOROMFÄRG AV S45, SKRIVTÖCKLER 100 µm. TOTALA SKRIVTÖCKLER: 170 µm.
- SKRUVAR, MUTTRAR ETC. VÄRMPÖREINKAS ENLIGT SMS 2950, KLASS P.

Ändringar godkända av VV	Datum	Sign.
S. H. v.	27-07-11	M.

**GODKÄND**  
 5.951  
 1881-02-17  
 STATENS VÄGVERK  
 Teknisk avdelningen, Bräckeplan  
 [Signature]

REVISIONSRITNING

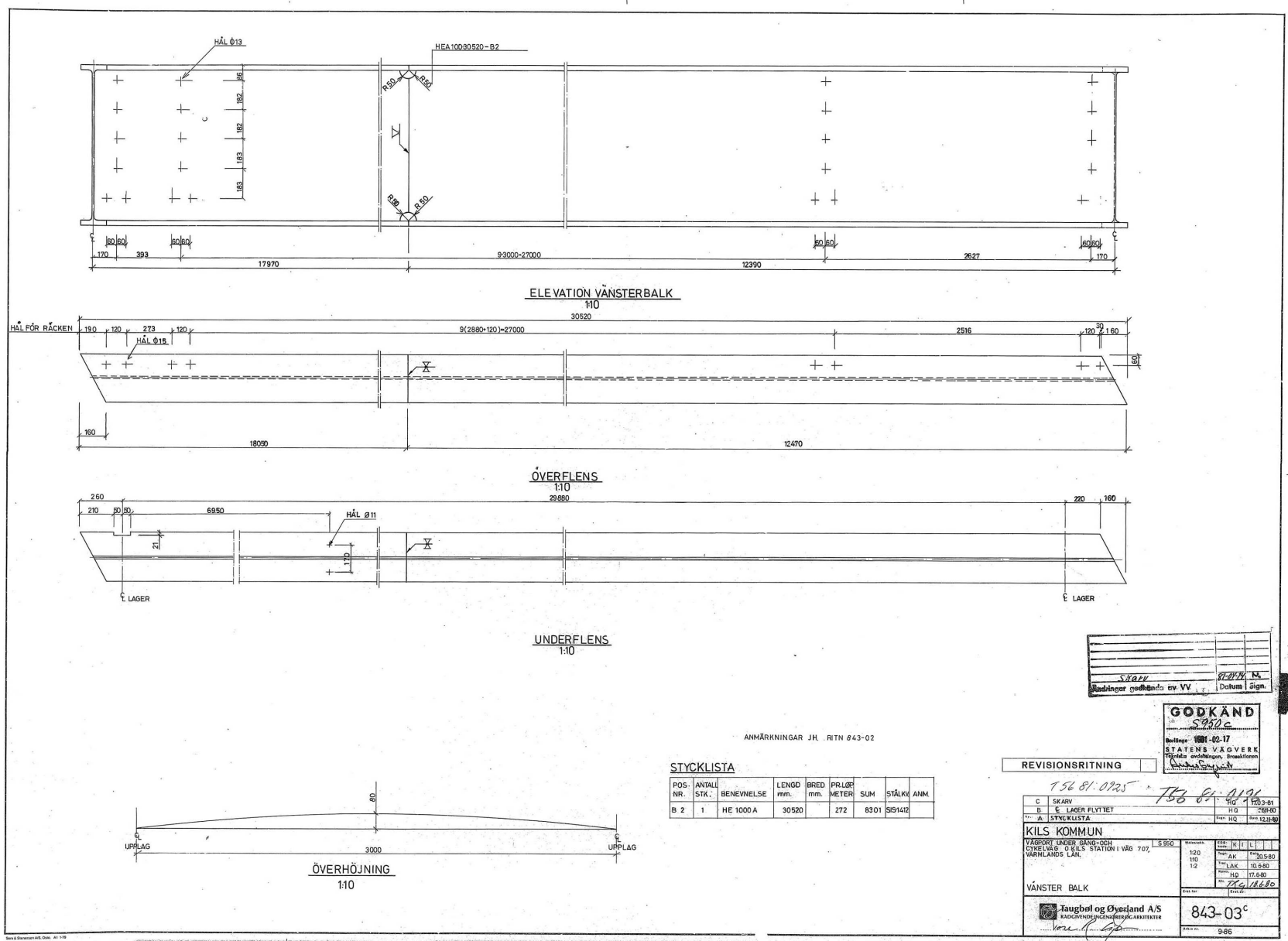
E	SKARV	HO	17.02.21
D	ANMÄRKNINGAR	HO	8.02.81
C	ANMÄRKNINGAR	HO	21.01.81
B	Ö LAGER FÄTTET	HO	25.8.80
A	STYCKLISTA OCH ANMÄRKNINGAR	HO	12.12.80

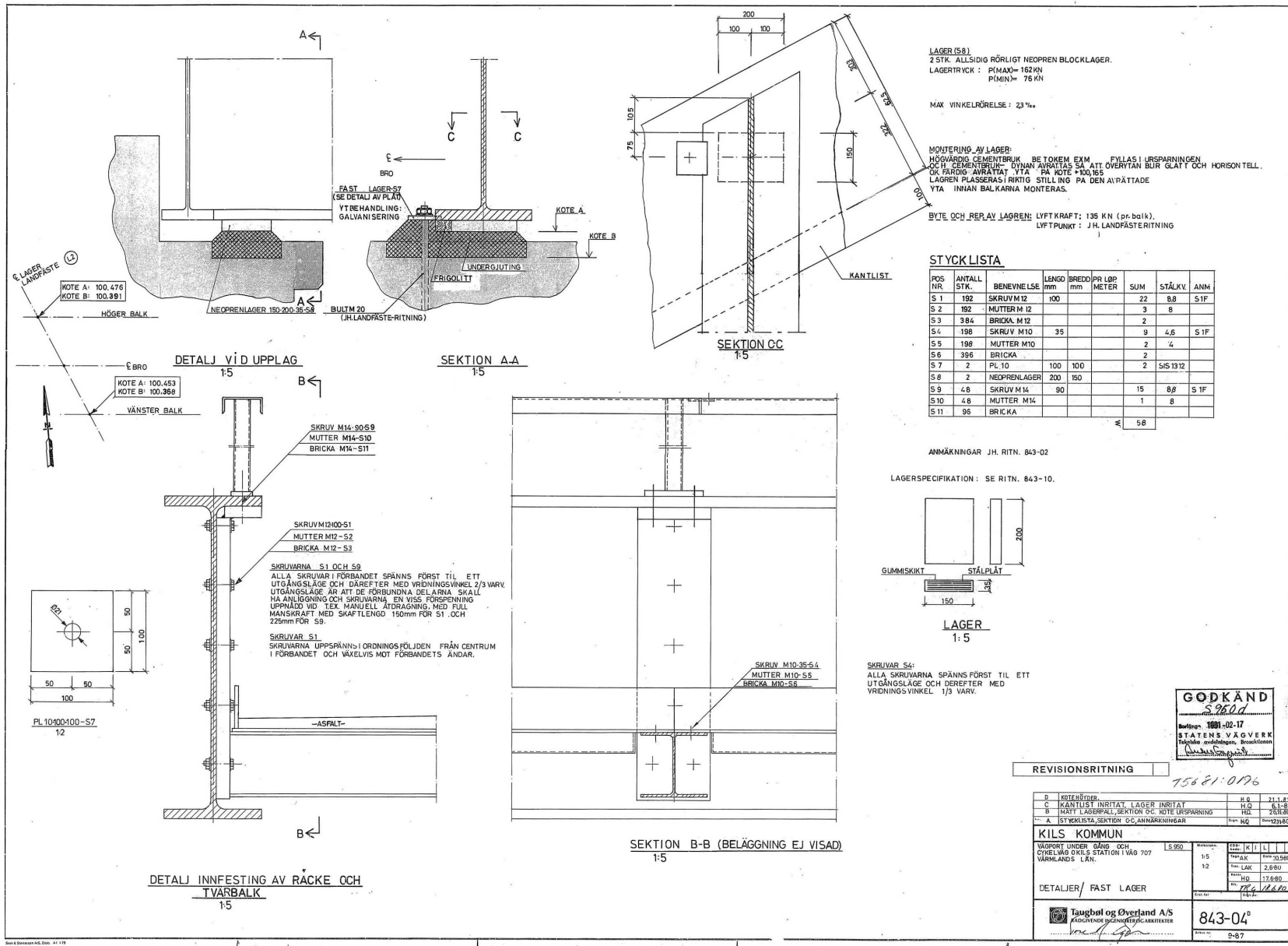
**KILS KOMMUN**  
 VÄGPORT UNDER GÅNG OCH ÖVERLÖP O KILS STATION I VÄG 707, VÄRMÅNERS LÄN.  
 120  
 102  
 52  
 110  
 176-80  
 176  
 176.80

**HÖGER BALK**

Taubölg og Överland A/S  
 ÅSGÅVENSVEJ 10  
 843-02  
 9-85







LÄGER (S9)  
 2 STK. ALLSIDIG FÖRLIGT NEOPREN BLOCKLAGER.  
 LAGERTRYCK : P(MAX)= 162 KN  
 P(MIN)= 75 KN

MAX VINKELRÖRELSE : 23‰

MONTERING AV LÄGER:  
 HÖGVAJDIG GEMENTERBUK, BE TOKEM EXM FILLAS I URSÄRNINGEN  
 OCH H. GEMENTERBUK, DYNAN AVPÄTTAS SÅ ATT ÖVERTÄN BLIR GLATT OCH HORIZONTELL.  
 ÖK FÄRIGS AVKRÄTTA YTA PÅ KOTE =100.155  
 LAGREN PLASSERAS I RIKTIG STILLING PÅ DEN AVPÄTTADE  
 YTA INNAN BALKARNA MONTERAS.

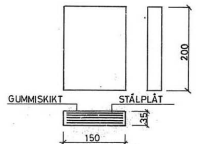
BYTE OCH REPAR AV LAGREN: LIFTKRAFT: 135 KN (pr.balk).  
 LIFTPUNKT : J. H. LANDFÄSTERITNING

STYCK LISTA

POS NR	ANTALL STK.	BENEVNELSE	LENGD mm	BREDD mm	PR LÖP METER	SUM	STÅLKV	ANM	
S1	192	SKRUV M12	100			22	8,8	S1F	
S2	192	MUTTER M12				3		8	
S3	384	BRICKA M12				2			
S4	198	SKRUV M10	35			9	4,6	S1F	
S5	198	MUTTER M10				2		4	
S6	396	BRICKA	100	100		2			
S7	2	PL 10	100	100		2	SIS1312		
S8	2	NEOPRENLAGER	200	150					
S9	4,8	SKRUV M14	90			15	8,8	S1F	
S10	4,8	MUTTER M14				1		8	
S11	96	BRICKA							
							Σ	58	

ANMÄRKNINGAR JH. RITN. 843-02

LAGERSPECIFIKATION : SE RITN. 843-10.



LÄGER 1:5

SKRUVAR S4:  
 ALLA SKRUVARNA SPÄNNES FÖRST TIL ETT UTGÅNGSLÄGE OCH DEREFTER MED VÄRDNINGSVINKEL 1/3 VARV.

**GODKÄND**  
 5980d  
 1001-02-17  
 STATENS VÄGVERK  
 Tekniska avdelningen, Smålandsson  
*Andersson*

REVISIONSRITNING

158 81-0196

Q	NOTER/BÖCKER	H.6	21.1.81
C	KÄNTLIST INRIKTAT LÄGER INRIKTAT	H.0	6.1.81
B	BYT LÄGERSELL, SEKTION C.C. KOTE ÖSPÄRNING	H.0	2.5.81
A	STYCKLISTA, SEKTION C.C. ANMÄRKNINGAR	H.0	21.1.80

KILS KOMMUN

VÄGPORT UNDER GÅNG OCH CYKELVÄG KILS STATION 1 VÄG 707 VÄRMLANDS LÄN.

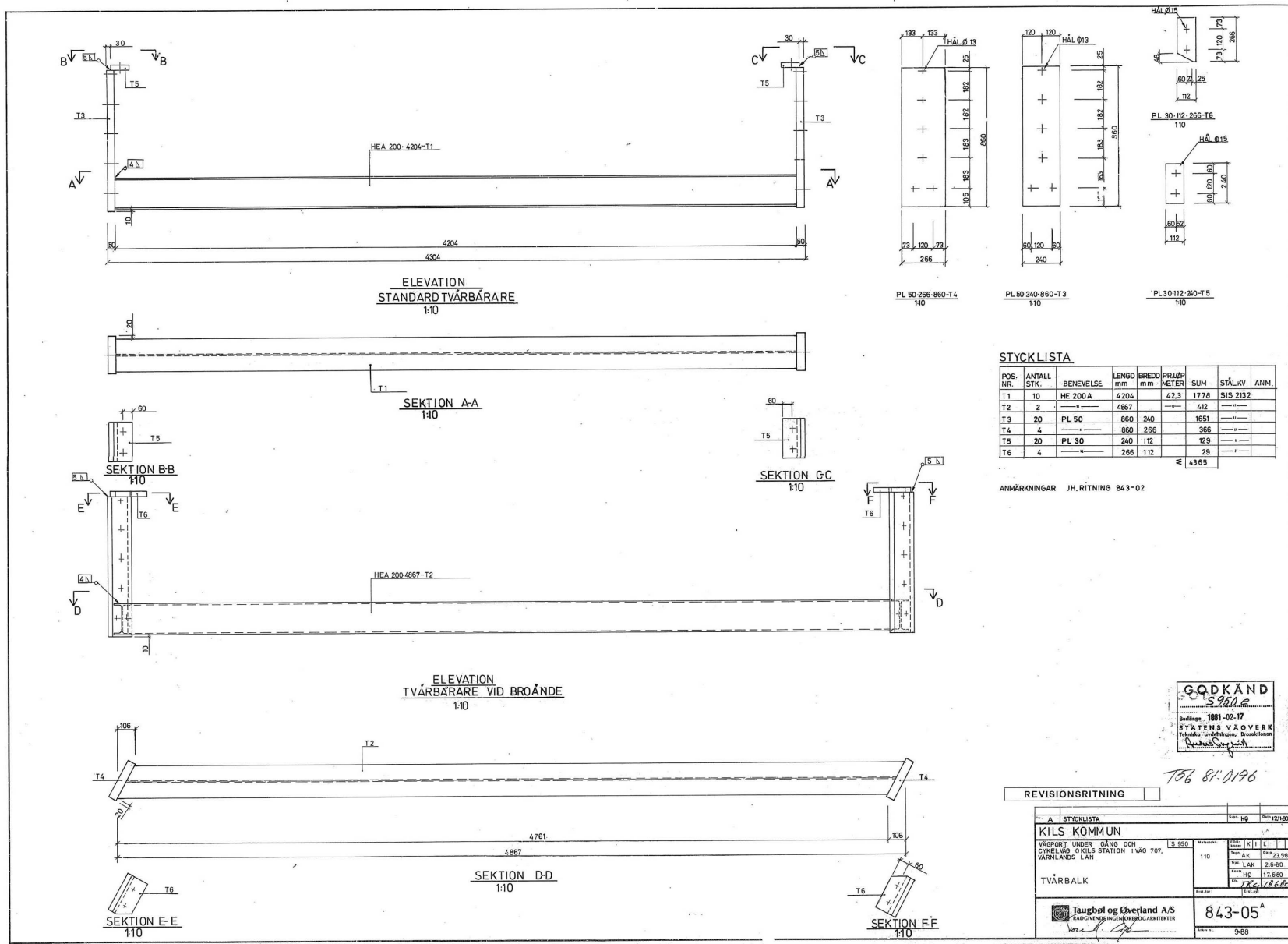
1:5	1:5	1:5	1:5	1:5	1:5	1:5	1:5
12	12	12	12	12	12	12	12

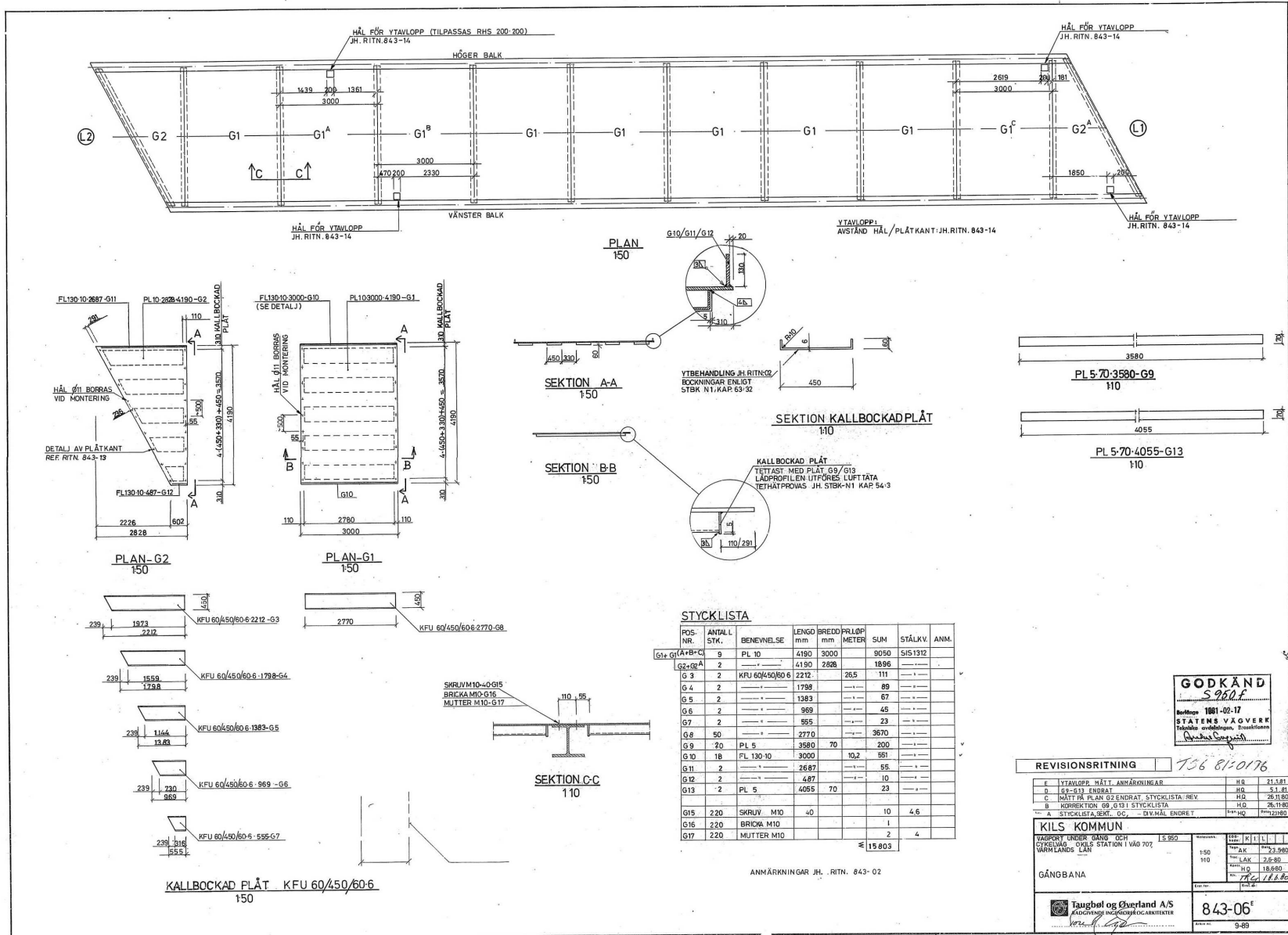
DETAILJER / FAST LÄGER

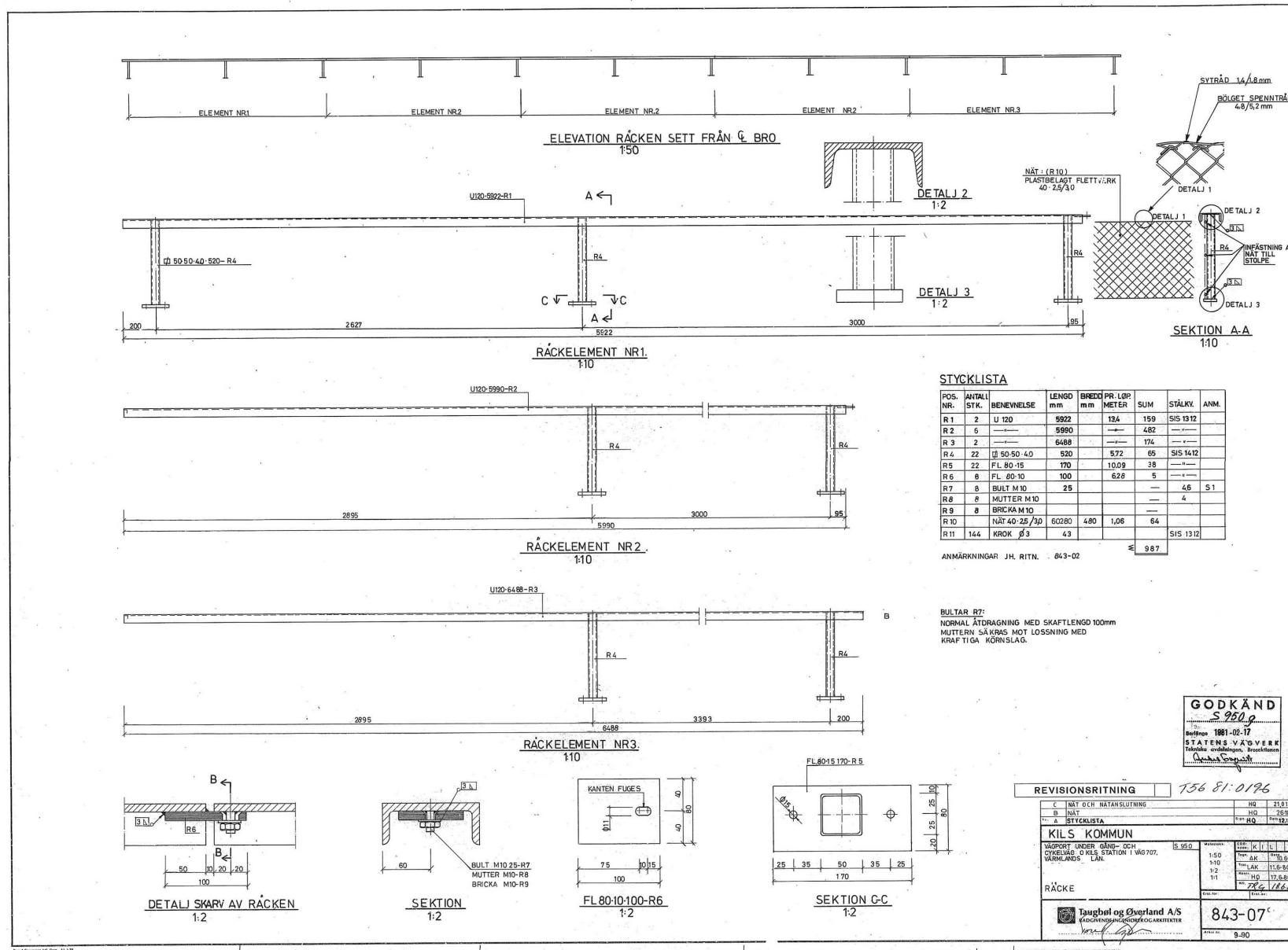
Taughol og Överland A/S  
 RÅDGIVNING I INGENJERFÄRKÄRTER

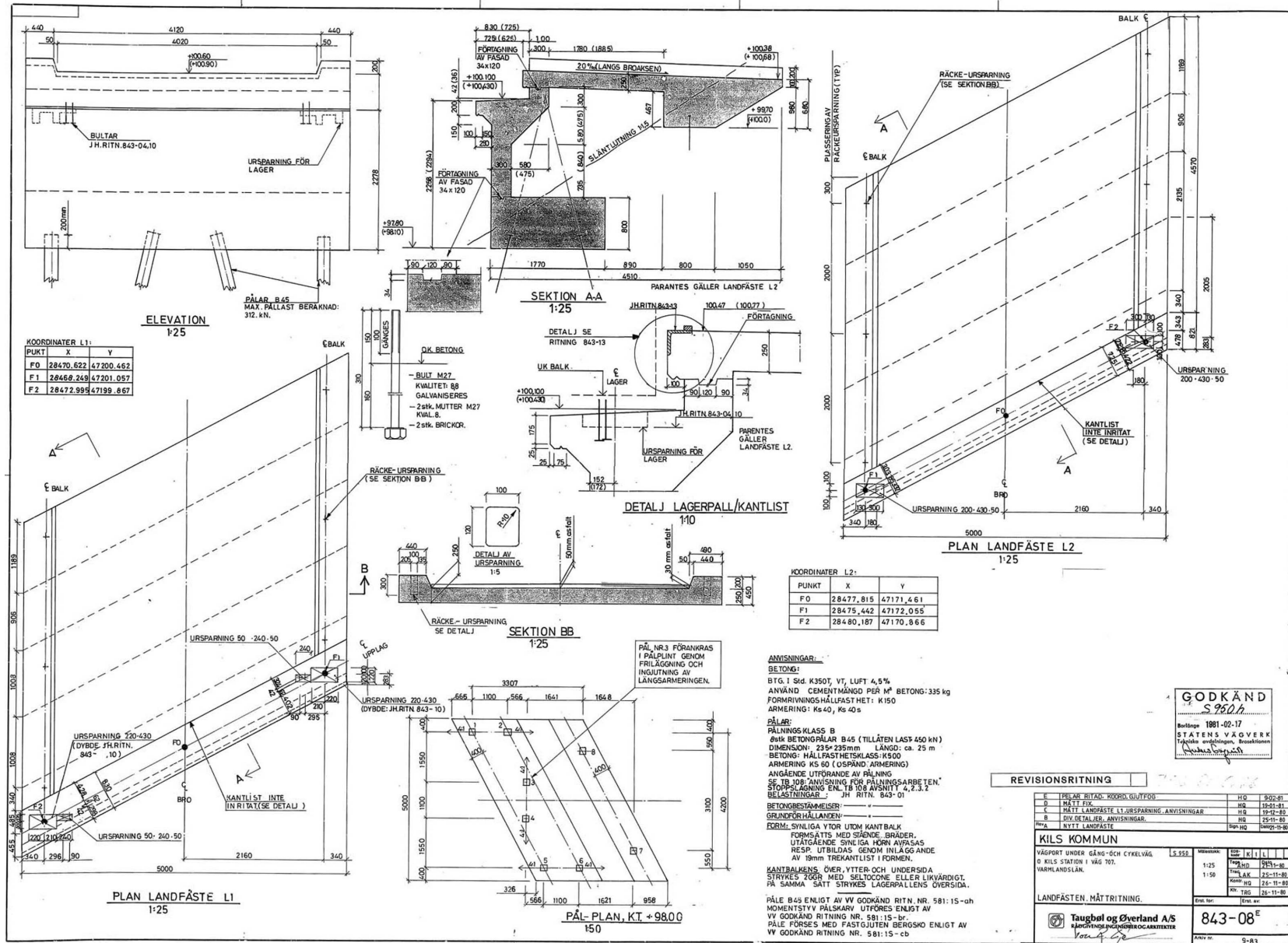
843-04<sup>9</sup>

9-87









**STYCKLISTA**

DET.	ANTAL	BENÄMNING	LÄNGD mm.	BREDD mm.	PR.L.M.	SUM	STÅLKV.	ANM.
S 12	2	PL 10	280	150		7	SIS1312	GALVANISERING
S 13	2	TEFLON LAGER	200	150	M	7		

**DETAILJ VID UPPLAGER** 1:5

**SEKTION A-A** 1:5

**SEKTION BB** 1:5

**OPFBYGGNAD ARMERAT GUMMILAGER (RÖRLIGT LAGER)**

**OPFBYGGNAD ARMERAT GUMMILAGER (FAST LAGER, JH. RITN. 843-04)**

**ELEVATION LAGER** 1:5

**SEKTION C-C** 1:5

**ARMERAT GUMMILAGER:**

**MATERIAL:**

SPECIELLT ALDRINGS- OCH VÄDERBESTÄNDIGT MATERIAL AV NATUR-ELLER KONSTGUMMI:

- SHOREHÄRDHET: 40 ± 5 SHORE (SIS 162201)
- SKJUVMODULL: 12 kp/cm<sup>2</sup> (VID RUMSTEMPERATUR)
- BROTTTÖNNING (DRAGNING) ≥ 300% (SIS 162202)
- BROTTHÅLLFASTHET (DRAGNING) ≥ 140 kp/cm<sup>2</sup> (SIS 162202)
- SÄTTNING VID 70°C ≥ 40% (SIS 162204)

GUMMIMATERIALET SKALL EFTER PÅVERKAN AV OZON, MED EN KONCENTRATION AV 100 PPHM, I 100 TIMMAR VID EN TEMPERATUR AV 38° C OCH MED EN TÖNNING HOS MATERIALET AV 20%, E3 UPPVISÅ NÅGRA SYNBARA SPRICKOR.

- EFTER ÄLDNING (SIS 162203), 7 DYGN I TEMP 70°C, SKALL HÄRIGENOM UPPKOMNA ÄNDRINGAR AV PROVNINGSRISULTATEN LIGGA INOM FÖLJANDE GRÄNSER:

ÄNDRING AV STOREHÄRDHET < + 10 SHORE

- BROTTHÅLLFASTHET < - 25 %

- BROTTTÖNNING < - 40 %

SKJUVMODULEN VID - 30°C FÅR UPPGÅ TILL HÖGST 30 kp/cm<sup>2</sup>.

ARMERINGSPLÅTARNAS STÅL AV HÅLLFASTHETSKLASS LÅGST ST. 37. ARMERINGSPLÅTARNAS SIDOKANTER AVRUNDAS.

PROVNING ENLIGT VV + K 387:

- PROVNING AV GUMMIMATERIAL SKALL SKE ENLIGT NORMERNA SIS 162201, SIS 162202, SIS 162204, OCH SIS 162205.
- PROVNING AV ARMERINGSPLÅT ENLIGT SIS 112110.
- FUNKTIONSPROVNING AV GUMMILAGER.
- PROVNING UTFÖRS PÅ KOMPLETT LAGER.

VID FUNKTIONSPROVNING BESTÄMS SKJUVMODUL, SPÄNNINGS-TÖNNINGSFÖRHÅLLANDE, BROTTHÅLLFASTHET OCH VIKTFÄHNING MELLAN PLÅT OCH GUMMI, (SJK.VV + PROV.ANM. K. 387, K.4P, K.7Z)

**KONTROLL**

- DIMENSIONSKONTROLL AV GUMMILAGER. (K. 387, 4,P)
- SYNLIGA FYROR HOS SJÄVAL GUMMI SOM PLÅTAR SKALL VAPA FRIA FRÅN NÄMNVÄRDA OJÄMNHETER.

FÖLJANDE TOLERANSER SKALL INNEHÅLLAS HOS LAGRET:

LÄNGD OCH BREDD - 0 ± 3 MM

TJOCKLEK HOS EN GUMMISKIVA + 0,5 MM

LAGRETS TOTALHÖJD H

H = 28 MM: ± 0,5 MM

H = 35 MM: ± 0,5 MM

**UTFÖRANDE** (K 387, 4,3)

- VID NATURGUMMI SKALL DE FRIA GUMMIYTORNÅ SKYDDBEHANDLAS MED LÄMPLIGT MEDEL.
- LAGRETS FYTOR SKALL VARA RENSGORDA.

**GODKÄND**  
5980  
Sutspis 1981-02-17  
STATENS VÄRME- OCH  
TEKNIK- OCH VÄRME- OCH  
TEKNIK- OCH VÄRME- OCH

**REVISIONSRITNING** 756 81-0196

REVISOR	DATE	REVISION
0 KOTERÖVER	HQ	21.01.81
1 HÄRT LAGERPÅT. LAGER-SERIFIKATION	HQ	06.01.81
2 HÄRT LAGERPÅT. SEKTION B-B. Koter utspornings	KO	25.11.80
3 Mätutrustning sektion BB ändrat	HQ	27.11.80

**KILS KOMMUN**

VAGPORT UNDER GÅRD OCH  
DIREKTORIS STATION I VÄG 707,  
VÄRMLANDS LÄN

15

L.S.850

1980

1981

1980

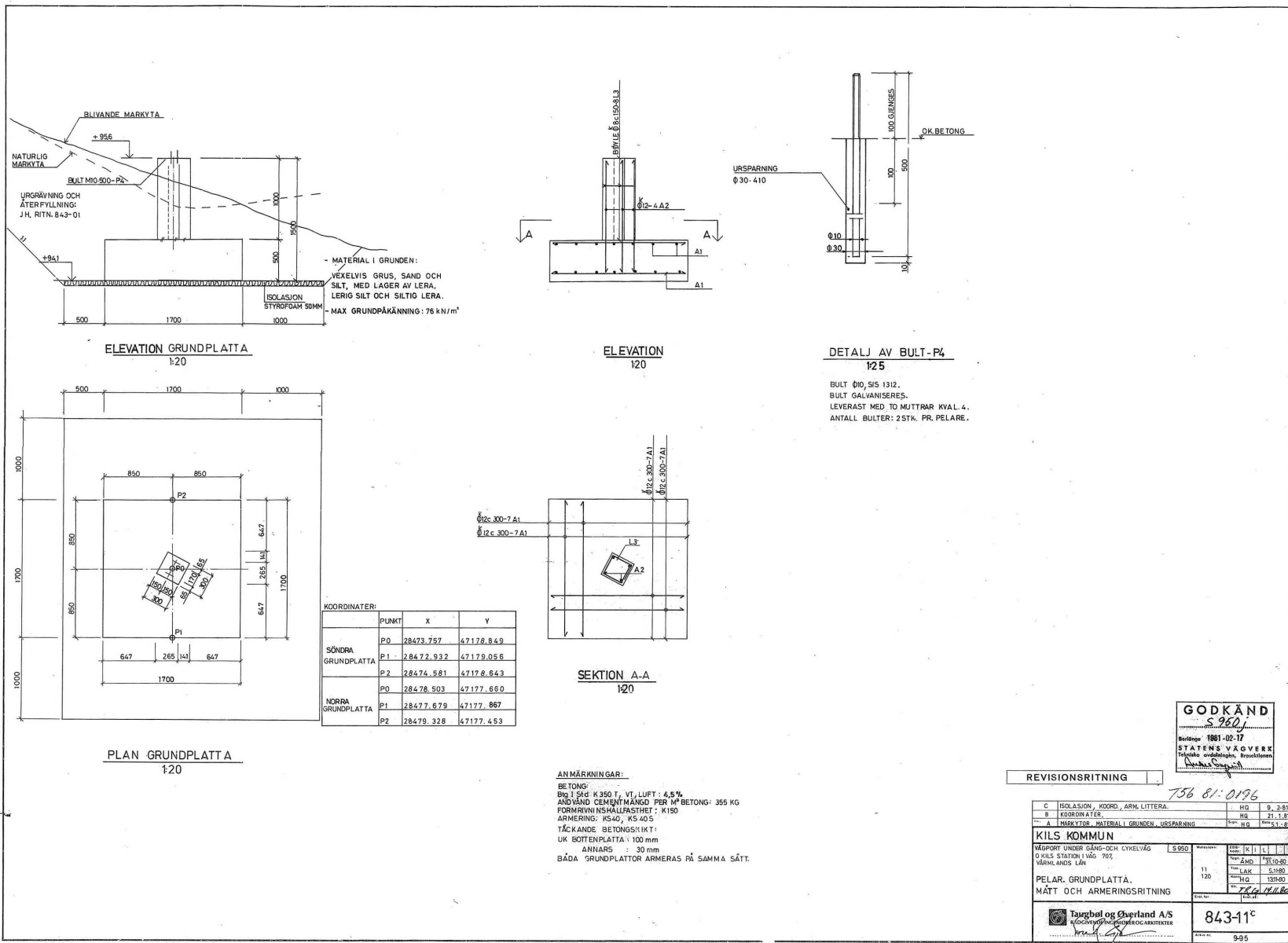
1980

RÖRLIGT LAGER

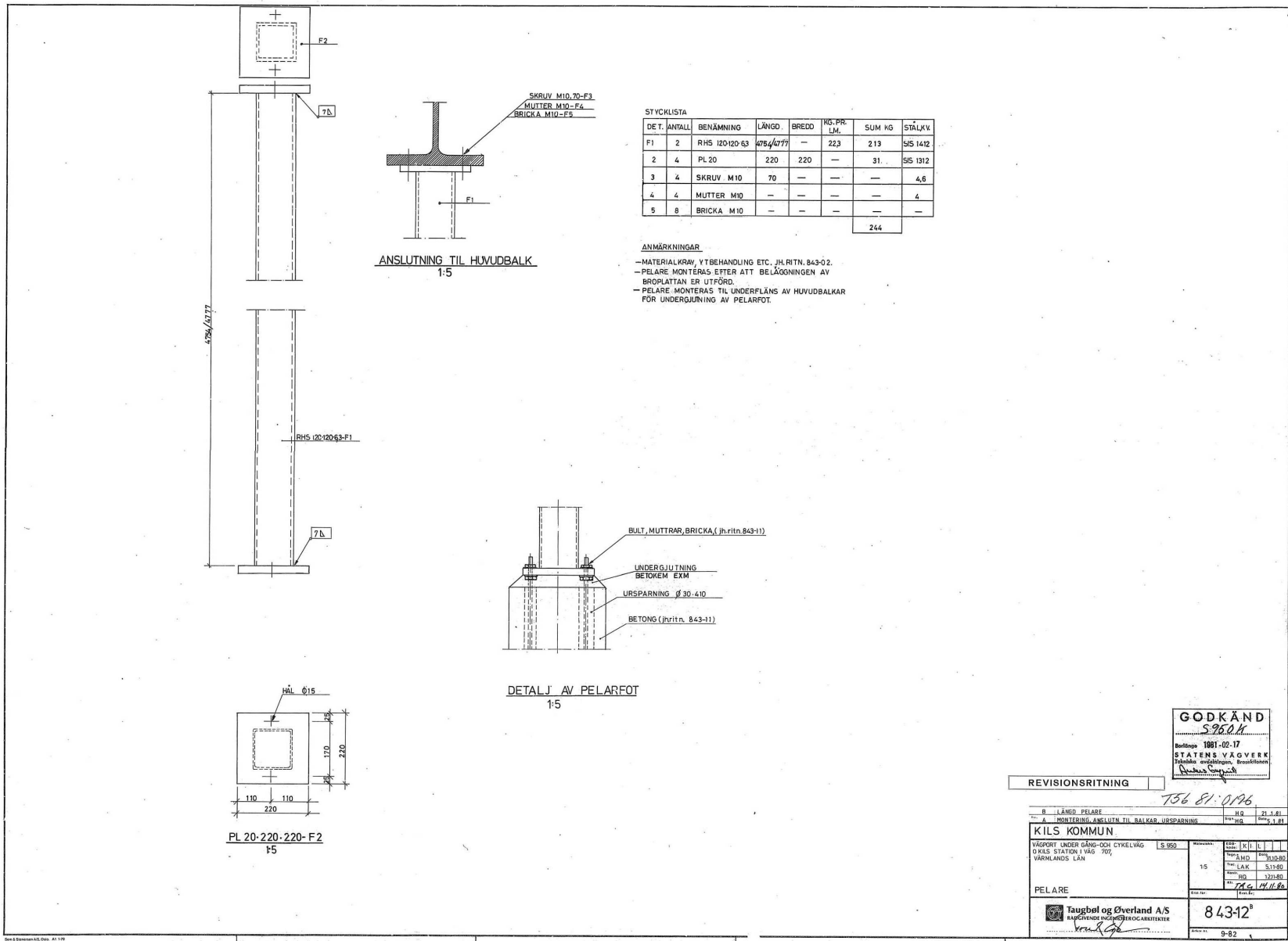
Taugbol og Øverland A/S  
INDOUSTRIELLES BYGNINGS- OG  
BYGGERI- OG BYGGERI- OG

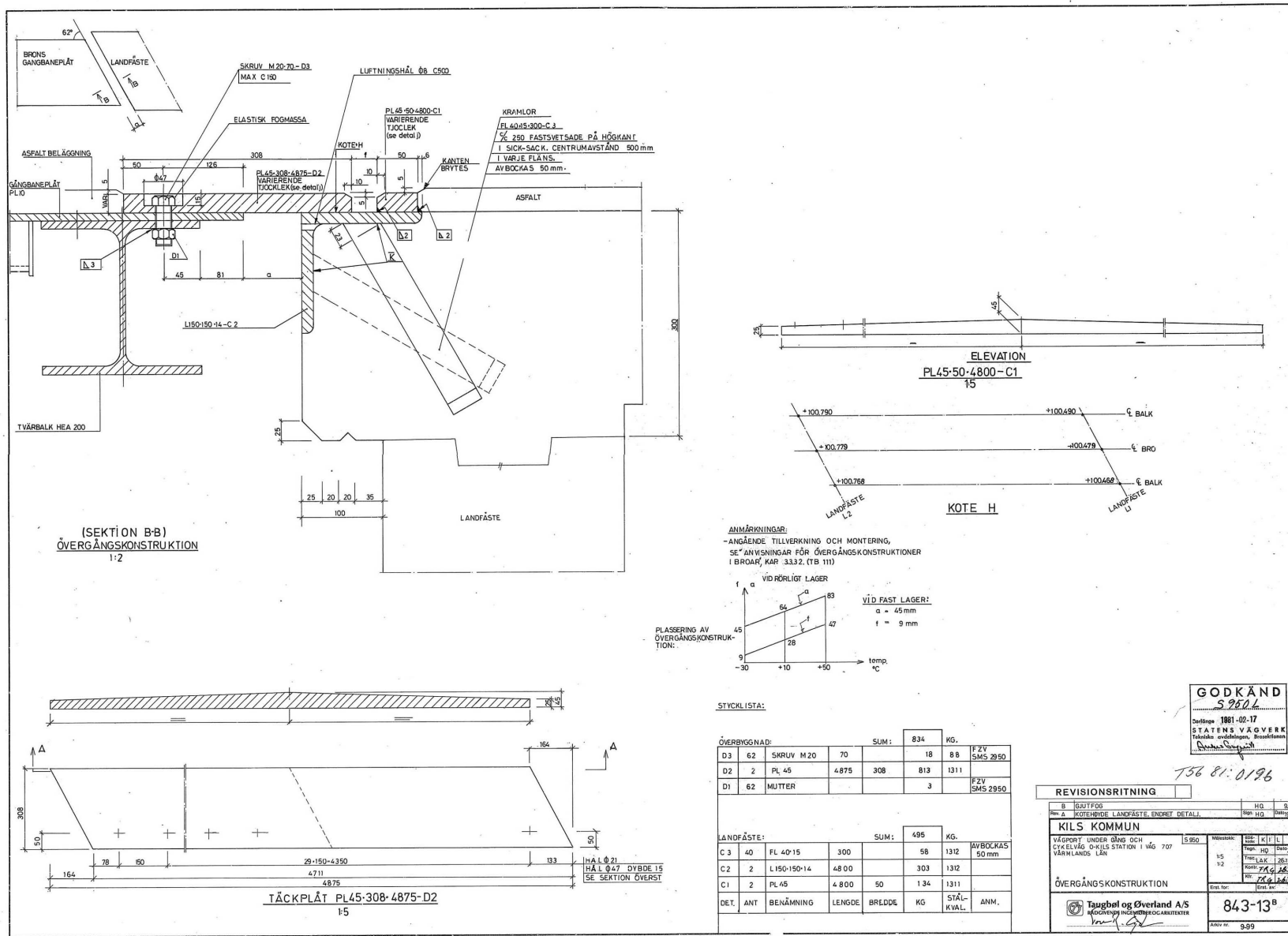
843-10°

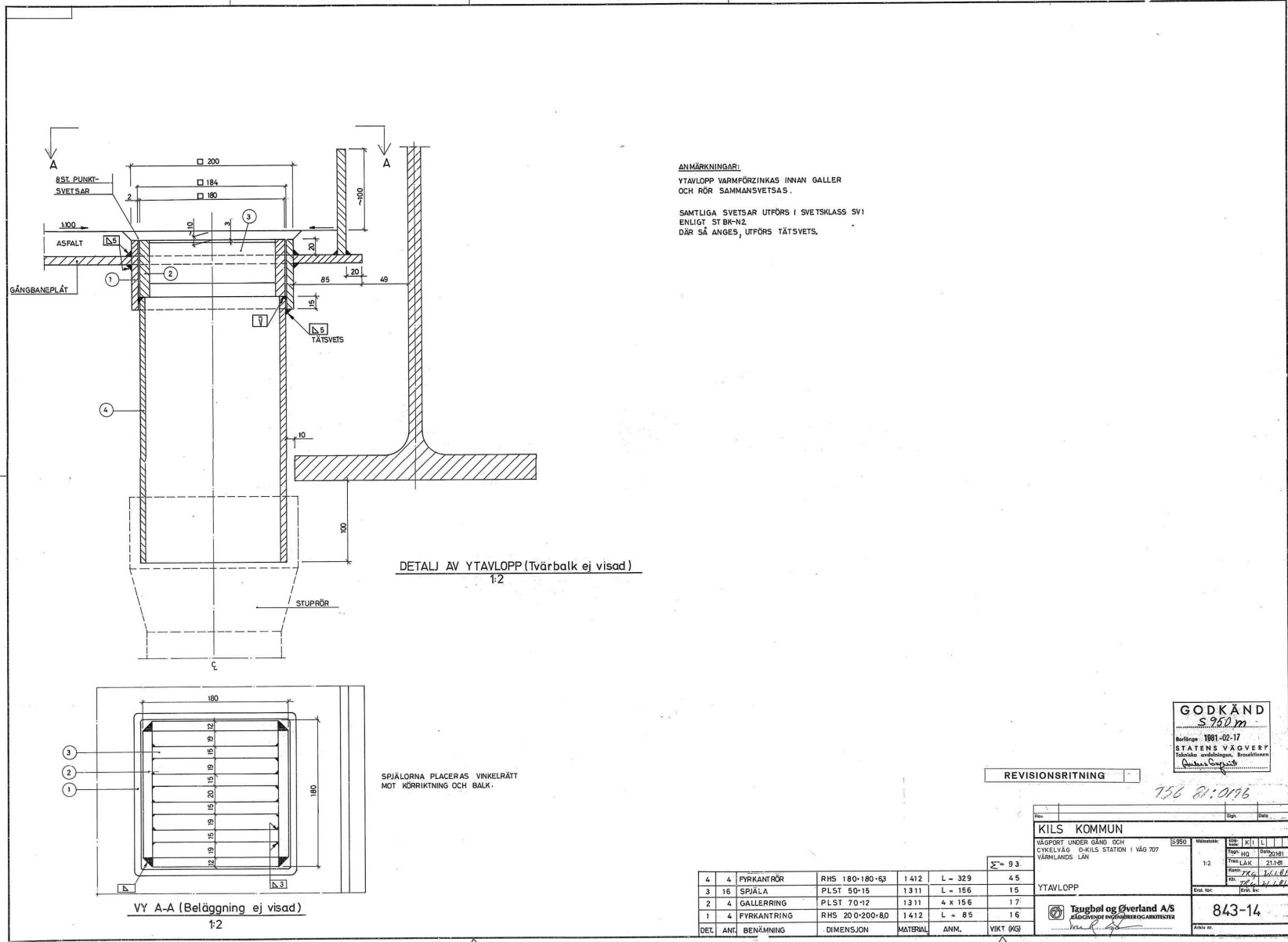
9-84











**ANMÄRKNINGAR:**  
 YTAVLOPP VÄRMFÖRZINKAS INNAN GALLER  
 OCH RÖR SAMMANSVETSAS.  
 SAMTLIGA SVETSAR UTFÖRS I SVETSKLASS SV1  
 ENLIGT ST BK-N2.  
 DÄR SÅ ANGES, UTFÖRS TÄTSVETS.

DETALJ AV YTAVLOPP (tvärbalk ej visad)  
 1:2

SPIJALORNA PLACERAS VINKELRÄTT  
 MOT KÖRRIKTNING OCH BALK.

VY A-A (Beläggning ej visad)  
 1:2

REVISIONSRITNING

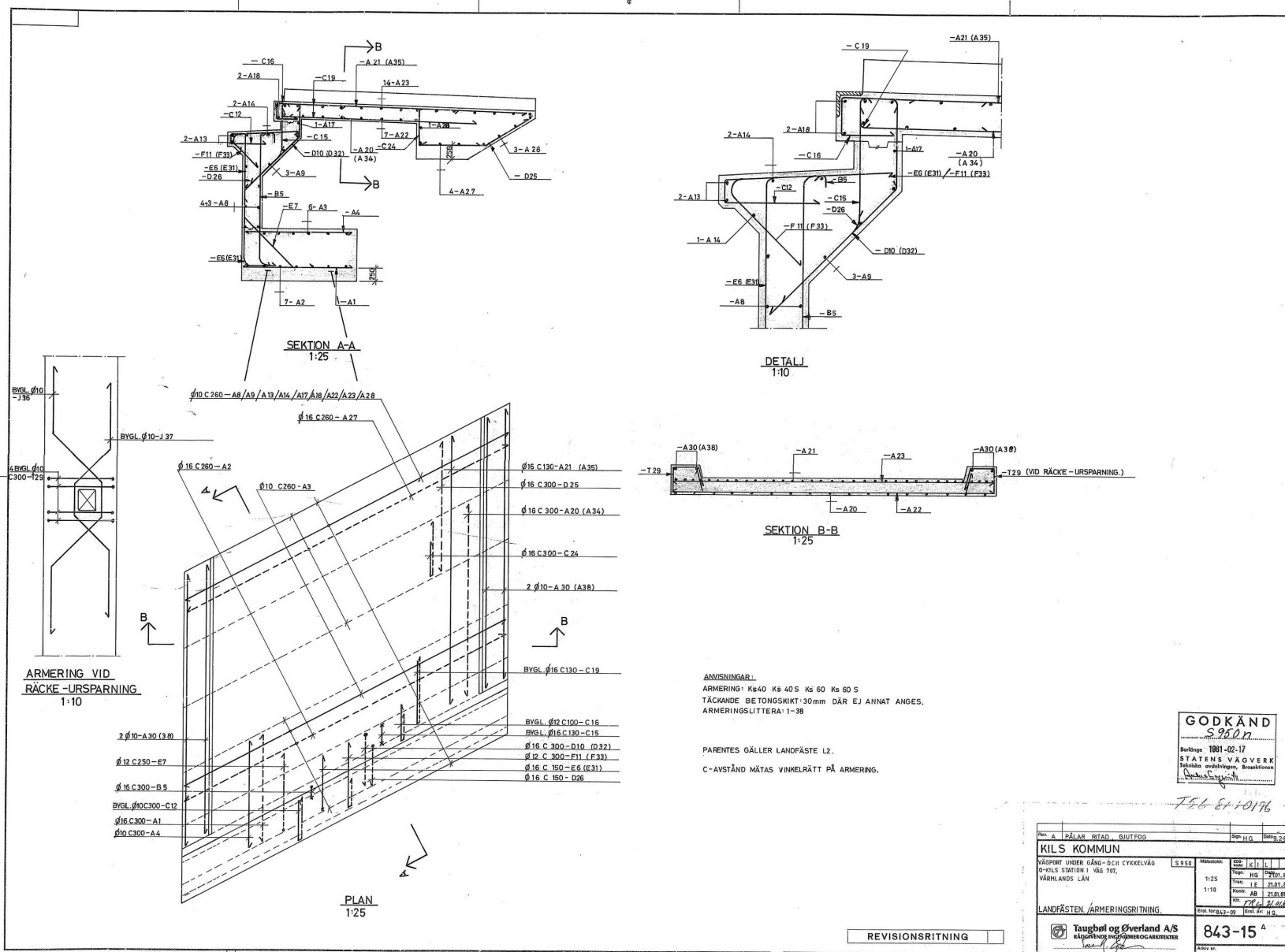
GODKÄND  
 S. 26.0 m.  
 Beteckning: 1991-02-17  
 STATENS VÄGVERK  
 Tekniska avdelningen, Besöksenheten  
 Drottninggatan 23  
 S-101 23 Stockholm

756 21:0116

DET.	ANT.	BENÄMNING	DIMENSION	MATERIAL	ANM.	VIKT (KG)
4	4	FYRKANTRÖR	RHS 180x180x63	1 412	L = 329	45
3	16	SPIJALA	PLST 50x15	1 311	L = 156	15
2	4	GALLERING	PLST 70x12	1 311	4 x 156	17
1	4	FYRKANTRING	RHS 200x200x80	1 412	L = 85	16
						Σ = 93

Rev.	Sign.	Dato.
1		

KILS KOMMUN  
 VÄGPORT UNDER GÅNG OCH  
 DYKELVÄG OCH KILS STATION I VÄG 707  
 VÄRMLANDS LÄN  
 S 350  
 Måttskala: 1:2  
 1:2  
 YTAVALLOPP  
 843-14  
 Taugbøl og Overland A/S  
 2100 GÅRDEN  
 2100 GÅRDEN  
 2100 GÅRDEN



**GODKÄND**  
S 38.0.17  
Bohning 1891-02-17  
STATENS VA OCH VÄRME  
Teknisk myndighetens huvudkontor

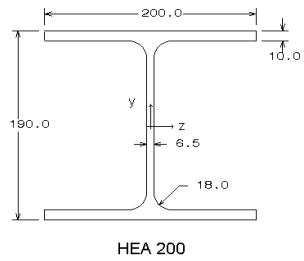
756 81 0196

Proj. A	PÅLAR BITAR, GJUTFÖG	Skp 1:10	Revis. 2:81
<b>KILS KOMMUN</b>			
VÄGSPÖR UNDER GÅNG- OCH CYKELVÄG	S 950	Maaske	KILS
DIVILS STATION I VÄG 109,	1:25	Proj. HG	09/01/81
VÄRHANDS LÄN	1:10	Skar. AB	20.01.81
LANDFÄSTEN / ARMERINGSRITNING		Ko. AB	23.01.81
Taubøl og Øverland A/S		Ent. HG. 3-00	Ent. dt. 1:0.
BÅGVEJEN 10, 2800 BANGSBO		843-15 A	

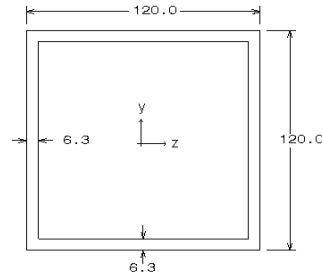
<i>Permanent laster</i>	Vikt	Mängd	Antal	2D	3D
<b>Huvudbalk, HEA 1000</b>	2,65 [kN/m]	30,44 [m]	2	80,78 [kN]	161,55 [kN]
<b>Sekundärbalk, HEA 200</b>					
<i>Rak (inre)</i>	0,41 [kN/m]	4,20 [m]	10	8,66 [kN]	17,32 [kN]
<i>Snedvinklig (yttre)</i>	0,41 [kN/m]	4,87 [m]	2	2,00 [kN]	4,01 [kN]
<b>Stålplatta, 10mm samt KFU profil</b>					
<i>Rak (inre)</i>	1,11 [kN/m <sup>2</sup> ]	12,57 [m <sup>2</sup> ]	9	62,80 [kN]	125,59 [kN]
<i>Snedvinklig (yttre)</i>	1,11 [kN/m <sup>2</sup> ]	7,19 [m <sup>2</sup> ]	2	7,98 [kN]	15,96 [kN]
<b>Beläggning, 60mm</b>	1,41 [kN/m <sup>2</sup> ]	127,50 [m <sup>2</sup> ]	1	90,06 [kN]	180,11 [kN]
<b>Räcke</b>	0,20 [kN/m]	30,44 [m]	2	6,09 [kN]	12,18 [kN]
<b>Pelare, RHS 120x120x6.3</b>	0,22 [kN/m]	4,75 [m]	2	1,03 [kN]	2,05 [kN]
				<b>259,4 kN/balk</b>	<b>518,8 kN</b>

Benämning	Storlek	Anmärkning
<b>Permanent last</b>		
Egentyngd HEA 1000	2,65 [kN/m]	<i>Ingår i modellen, dess tyngd beräknas av programmet.</i>
Egentyngd RHS 220x220x6,3	1,03 [kN/m]	<i>Ingår i modellen, dess tyngd beräknas av programmet.</i>
Övrig permanent last	5,83 [kN/m]	<i>All egentyngd som belastar huvudbalken inkl sekundärbalkens egentyngd.</i>
<b>Lastfall 1</b>		
<i>Permanent last</i>		
Temperaturskillnad	20 [°C]	<i>Högre temperatur vid balkens överkant.</i>
<b>Lastfall 2</b>		
<i>Permanent last</i>		
Temperaturskillnad	5 [°C]	<i>Högre temperatur vid balkens underkant.</i>
<b>Lastfall 3</b>		
<i>Permanent last</i>		
Ytlast	8,41 [kN/m]	<i>Den ytlast som belastar en huvudbalk, last enbart i det långa spannet.</i>
<b>Lastfall 4</b>		
<i>Permanent last</i>		
<b>Fordonslast</b>		
Punktlast 1	20 [kN]	
Punktlast 2	10 [kN]	

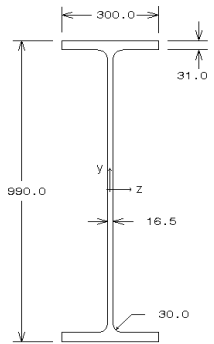
## Tvärsnittsgeometrier



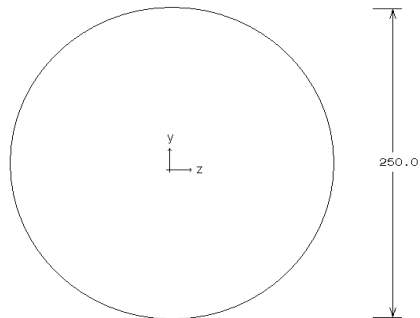
HEA 200



RHS 120x120x6,3



HEA 1000



RUNDSTAV D250

## Tvärsnittskonstanter

	RHS 120	HEA 200	HEA 1000	R-STAV D250
Tvärsnittsarea, A [mm <sup>2</sup> ]	2,865E+03	5,383E+03	3,468E+04	4,909E+04
Ytttröghetsmoment Y [mm <sup>4</sup> ]	6,192E+06	1,336E+07	1,400E+08	1,917E+08
Ytttröghetsmoment Z [mm <sup>4</sup> ]	6,192E+06	3,692E+07	5,538E+09	1,917E+08
Plastiskt böjmotstånd, Y [mm <sup>3</sup> ]	1,223E+05	2,038E+05	1,470E+06	2,604E+06
Plastiskt böjmotstånd, Z [mm <sup>3</sup> ]	1,223E+05	4,295E+05	1,282E+07	2,604E+06

## Materialdata

	RHS120	HEA200	HEA1000	R-STAV D250
Elasticitetsmodul [GPa]	210	210	210	21000
Skjuvmodul [GPa]	80	80	80	8000
Poisons tal [1]	0,3	0,3	0,3	0,3
Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	7800	7800	7800	1,00E-14
Term. Utvidningskoeff. [1]	1,20E-05	1,20E-05	1,20E-05	1,20E-05

Benämning	Storlek	Anmärkning
<b>Permanent last</b>		
Egentyngd HEA 1000	2,65 [kN/m]	Ingår i modellen, dess tyngd beräknas av programmet.
Egentyngd VKR 220x220-6,3	1,03 [kN/m]	Ingår i modellen, dess tyngd beräknas av programmet.
Egentyngd HEA 200	0,41 [kN/m]	Ingår i modellen, dess tyngd beräknas av programmet.
Egentyngd räcke	0,20 [kN/m]	
<b>Permanent last på sekundärbalk</b>		All egentyngd som belastar sekundärbalken.
Rak (3-10)	7,57 [kN/m]	
Rak (2,11)		Triangellast pga anslutande plattas form.
Maxvärde	6,66 [kN/m]	
Minvärde	4,54 [kN/m]	
Snedvinklig (1,12)		Triangellast pga anslutande plattas form.
Maxvärde	2,88 [kN/m]	
Minvärde	0,76 [kN/m]	
<b>Lastfall 1.1.1</b>		
<b>Permanent last</b>		
Temperaturskillnad 1.1	20,00 [°C]	Högre temperatur vid huvudbalkens överkant.
<b>Lastfall 1.2.1</b>		
<b>Permanent last</b>		
Temperaturskillnad 2.1	5,00 [°C]	Högre temperatur vid huvudbalkens underkant.
<b>Lastfall 2.1.1</b>		
<b>Permanent last</b>		
Medeltemperaturförändring 1.1	20 [°C]	Ökning av konstruktionens medeltemperatur.
<b>Lastfall 2.2.1</b>		
<b>Permanent last</b>		
Medeltemperaturförändring 2.1	-20 [°C]	Minskning av konstruktionens medeltemperatur.
<b>Lastfall 2.3.1</b>		
<b>Permanent last</b>		
Medeltemperaturförändring 3.1	-30 [°C]	Minskning av konstruktionens medeltemperatur.
<b>Lastfall 2.4.1</b>		
<b>Permanent last</b>		
Medeltemperaturförändring 4.1	-40 [°C]	Minskning av konstruktionens medeltemperatur.



Benämning	Storlek	Anmärkning
<b>Lastfall 3.1.1</b>		
<i>Permanent last</i>		
<b>Ytlast 1.1</b>		
<i>Ytlast på båda spannen, fördelad som linjelast på sekundärbalkar.</i>		
<i>Last på sekundärbalk 3-10</i>	12,00 [kN/m]	
<i>Last på sekundärbalk 2,11</i>		
Maxvärde	10,57 [kN/m]	
Minvärde	7,20 [kN/m]	
<i>Last på sekundärbalk 1,12</i>		
Maxvärde	4,57 [kN/m]	
Minvärde	1,20 [kN/m]	
<b>Lastfall 3.1.2</b>		
<i>Permanent last</i>		
<b>Ytlast 1.2</b>		
<i>Ytlast enbart på det långa spannet, fördelad som linjelast på sekundärbalkar.</i>		
<i>Last på sekundärbalk 4</i>	6,00 [kN/m]	
<i>Last på sekundärbalk 5-10</i>	12,00 [kN/m]	
<i>Last på sekundärbalk 11</i>		
Maxvärde	10,57 [kN/m]	
Minvärde	7,20 [kN/m]	
<i>Last på sekundärbalk 12</i>		
Maxvärde	4,57 [kN/m]	
Minvärde	1,20 [kN/m]	
<b>Lastfall 4.1.1</b>		
<i>Permanent last</i>		
<b>Fordonslast 1.1</b>		
	<b>60,00 [kN]</b>	<i>Two axle loads with axle spacing 3,0m. The loads consist of two point loads c/c 1,6m.</i>
<i>Punktlast 1</i>	20,00 [kN]	<i>Belastar sekundärbalk 7 symmetriskt.</i>
<i>Punktlast 2</i>	10,00 [kN]	<i>Belastar sekundärbalk 8 symmetriskt.</i>
<b>Lastfall 4.1.2</b>		
<i>Permanent last</i>		
<b>Fordonslast 1.2</b>		
	<b>60,00 [kN]</b>	<i>Two axle loads with axle spacing 3,0m. The loads consist of two point loads c/c 1,6m.</i>
<i>Punktlast 1</i>	20,00 [kN]	<i>Belastar sekundärbalk 7, förskjutning mot söder.</i>
<i>Punktlast 2</i>	10,00 [kN]	<i>Belastar sekundärbalk 8, förskjutning mot söder.</i>

Benämning	Storlek	Anmärkning
<b>Lastfall 4.1.3</b>		
<i>Permanent last</i>		
<b>Fordonslast 1.3</b>	<b>60,00 [kN]</b>	<i>Två axellaster med axelavstånd 3,0m. Lasterna består av två punktlaster c/c 1,6m.</i>
<i>Punktlast 1</i>	20,00 [kN]	<i>Belastar sekundärbalkar 1 och 2, symmetrisk placering.</i>
<i>Punktlast 2</i>	10,00 [kN]	<i>Belastar sekundärbalkar 2 och 3, symmetrisk placering.</i>
<b>Lastfall 4.2.1</b>		
<i>Permanent last</i>		
<b>Fordonslast 2.1</b>	<b>120,00 [kN]</b>	<i>Två axellaster med axelavstånd 3,0m. Lasterna består av två punktlaster c/c 1,6m.</i>
<i>Punktlast 1</i>	40,00 [kN]	<i>Belastar sekundärbalk 7 symmetriskt.</i>
<i>Punktlast 2</i>	20,00 [kN]	<i>Belastar sekundärbalk 8 symmetriskt.</i>
<b>Lastfall 4.3.1</b>		
<i>Permanent last</i>		
<b>Fordonslast 3.1</b>		<i>Som Fordonslast 1.1 inkl. Bromskraft.</i>
<b>Bromskraft 1</b>	<b>9,00 [kN]</b>	<i>Verkar i huvudbalkarnas riktning.</i>
<i>Bromskraft 1</i>	3,00 [kN]	<i>Verkar i samma angreppspunkt som Punktlast 1.</i>
<i>Bromskraft 2</i>	1,50 [kN]	<i>Verkar i samma angreppspunkt som Punktlast 2.</i>
<b>Lastfall 4.4.1</b>		
<i>Permanent last</i>		
<b>Fordonslast 4.1</b>		<i>Som Fordonslast 2.1 inkl. Bromskraft.</i>
<b>Bromskraft 2</b>	<b>60,00 [kN]</b>	<i>Verkar i huvudbalkarnas riktning.</i>
<i>Bromskraft 1</i>	20,00 [kN]	<i>Verkar i samma angreppspunkt som Punktlast 1.</i>
<i>Bromskraft 2</i>	10,00 [kN]	<i>Verkar i samma angreppspunkt som Punktlast 2.</i>
<b>Lastfall 4.5.1</b>		
<i>Permanent last</i>		
<b>Fordonslast 5.1</b>		<i>Som Fordonslast 4.1 inkl. Sidokraft.</i>
<b>Sidokraft</b>	<b>15,00 [kN]</b>	<i>Verkar vinkelrät mot huvudbalkarnas riktning.</i>
<i>Sidokraft 1</i>	5,00 [kN]	<i>Verkar i samma angreppspunkt som Punktlast 1.</i>
<i>Sidokraft 2</i>	2,50 [kN]	<i>Verkar i samma angreppspunkt som Punktlast 2.</i>

Benämning	Storlek	Anmärkning
<b>Lastfall 5.1.1</b>		
<i>Permanent last</i>		
<i>Vindlast 1.1</i>		
<i>Last på huvudbalk</i>	1,80 [kN/m]	<i>Utbredd horisontell last på S huvudbalken.</i>
<b>Lastfall 5.2.1</b>		
<i>Permanent last</i>		
<i>Vindlast 2.1</i>		
<i>Last på huvudbalk</i>	0,54 [kN/m]	<i>Utbredd horisontell last på S huvudbalken.</i>
<b>Lastfall 5.2.2</b>		
<i>Permanent last</i>		
<i>Vindlast 2.2</i>		
<i>Last på huvudbalk</i>	2,17 [kN/m]	<i>Utbredd horisontell last på båda huvudbalkarna.</i>
<b>Lastfall 6.1.1</b>		
<i>Permanent last</i>		
<i>Påkörningslast 1.1</i>		
<i>Last på huvudbalk</i>	50,00 [kN/m]	<i>Utbredd last, 2,0m längs den södra huvudbalkens mitt, vinkelrät mot brons riktning.</i>
	23,98 [kNm/m]	<i>Utbrett moment på grund av att lasten angriper i underkant av huvudbalken.</i>
<b>Lastfall 6.2.1</b>		
<i>Permanent last</i>		
<i>Påkörningslast 2.1</i>		
<i>Last på huvudbalk</i>	100,00 [kN/m]	<i>Utbredd last, 2,0m längs den södra huvudbalkens mitt, vinkelrät mot brons riktning.</i>
	47,95 [kNm/m]	<i>Utbrett moment på grund av att lasten angriper i underkant av huvudbalken.</i>
<b>Lastfall 7.1.1</b>		
<i>Permanent last</i>		
<i>Medeltemperaturförändring 2.1</i>		
<i>Vindlast 1.1</i>		<i>Lastkombination</i>

## Analys 0 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient 0 vid västra upplaget och 0 vid östra upplaget. Pelarna är verksamma för all last (gap=0).

	SV upplag, nod 106					NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>xy</sub> [kN]	α [°]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	-0,9147	-0,6511	0	1,123	-144,6	0,5954	0	0	0	0	85,18	0	0,1165	96,91
<b>Lastfall 1.2.1</b>	-0,8821	-0,1114	0	0,8891	-172,8	0,5628	0	0	0	0	85,17	0	0,1114	96,92
<b>Lastfall 3.1.1</b>	-2,522	-0,3403	0	2,545	-172,3	1,884	0	0	0	0	167,3	0	0,3403	196,2
<b>Lastfall 4.1.1</b>	-0,7699	-0,0914	0	0,7753	-173,2	0,4200	0	0	0	0	97,44	0	0,09136	112,1

## Analys 0 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient 0 vid västra upplaget och 0 vid östra upplaget. Pelarna är verksamma för all last (gap=0).

	S Pelarfot, nod 100			N Pelarfot, nod 103			Summa Reaktionskrafter			Summa yttre laster			Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	0	0	176,6	0,1538	0	164,9	-0,1655	-0,5346	523,6	0	0	-523,63	-0,1655	-0,5346	-0,0430
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0,1656	0	176,7	0,1538	0	164,9	0,0001	0,0000	523,7	0	0	-523,63	0,0001	0,0000	0,0570
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0,3331	0	354,3	0,3045	0	325,4	-0,0004	0,0000	1043	0	0	-1043,2	-0,0004	0,0000	0,0200
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0,1823	0	194,4	0,1677	0	179,7	1E-04	0,0000	583,6	0	0	-583,63	0,0001	0,0000	0,0070

## Analys 0 - Förskjutningar

Friktionskoefficient 0 vid västra upplaget och 0 vid östra upplaget. Pelarna är verksamma för all last (gap=0).

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub>	u <sub>y</sub>	u <sub>z</sub>	u <sub>x</sub>	u <sub>y</sub>	u <sub>z</sub>	u <sub>x</sub>	u <sub>y</sub>	u <sub>z</sub>	u <sub>x</sub>	u <sub>y</sub>	u <sub>z</sub>	u <sub>x</sub>	u <sub>y</sub>	u <sub>z</sub>	u <sub>x</sub>	u <sub>y</sub>	u <sub>z</sub>
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
<b>Permanent Last</b>	0	0	9,433	0	0,6677	13,09	2,095	-0,8230	0	2,440	0	0	0,6122	1,262	-1,541	0,8481	-0,9553	-1,445
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0	0	15,74	0	0,6665	19,42	2,908	-0,8321	0	3,277	0	0	1,080	1,431	-1,542	1,340	-0,7516	-1,445
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0	0	18,17	0	1,586	27,17	4,118	-1,969	0	4,965	0	0	1,178	2,948	-3,096	1,757	-2,638	-2,856
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0	0	15,24	0	0,6666	18,78	2,845	-0,8339	0	3,220	0	0	0,9769	1,418	-1,697	1,205	-0,7635	-1,576

## Analys 1 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 100mm/100mm (aldrig verksamt)

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	-0,3154	13,39	135,8	13,37	-13,24	126,5	-6,298	0,2265	126,0	-6,756	-0,2848	135,2
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-0,6578	13,63	135,8	13,69	-13,56	126,6	-6,290	0,4338	126,1	-6,742	-0,4796	135,2
<b>Lastfall 1.2.1</b>	-0,3413	13,37	135,8	13,40	-13,22	126,5	-6,298	0,2084	126,0	-6,758	-0,2597	135,3
<b>Lastfall 2.1.1</b>	-13,85	37,72	135,9	26,89	-37,94	126,5	-6,292	0,4302	126,1	-6,746	-0,3839	135,1
<b>Lastfall 2.2.1</b>	23,07	-13,30	134,9	-9,913	13,87	125,7	-6,335	-13,92	126,7	-6,817	13,35	136,3

## Analys 1 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 100mm/100mm (aldrig verksam)

	S Pelarfot, nod 100			N Pelarfot, nod 103			Summa Reaktionskrafter			Summa yttre laster			Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	-0,0010	0	0	-0,0010	0	0	-0,0015	0,0917	523,5	0	0	-523,63	-0,0015	0,0917	-0,1330
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-0,0010	0	0	-0,0010	0	0	-0,0019	0,0242	523,7	0	0	-523,63	-0,0019	0,0242	0,0670
<b>Lastfall 1.2.1</b>	-0,0010	0	0	-0,0010	0	0	0,0006	0,0987	523,6	0	0	-523,63	0,0006	0,0987	-0,0330
<b>Lastfall 2.1.1</b>	-0,0010	0	0	-0,0010	0	0	-0,0001	-0,1737	523,6	0	0	-523,63	-0,0001	-0,1737	-0,0330
<b>Lastfall 2.2.1</b>	-0,0010	0	0	-0,0010	0	0	0,0029	0	523,6	0	0	-523,63	0,0029	0,0000	-0,0330



## Analys 1 - Förskjutningar

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 100mm/100mm (aldrig verksam)

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<b>Permanent Last</b>	0	0	0	0	0	0	8,142	0,5626	0	8,131	1,195	0	3,564	2,388	-52,64	3,545	0,4002	-52,47
<b>Lastfall 1.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	4,542	-0,1448	0	4,528	0,4905	0	1,959	1,736	-33,22	1,937	-0,3420	-33,03
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	9,019	0,6733	0	9,031	1,316	0	3,943	2,531	-57,50	3,946	0,0569	-57,32
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0	0	0	0	0,1133	0	15,36	-2,762	0	15,32	-0,8341	0	5,239	1,083	-52,59	5,239	1,083	-52,59
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	0,8492	0,00	0	1,011	0	0	1,861	2,989	-52,45	1,913	0,0556	-52,89

## Analys 2 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05 Pelares längd avvikelse, N/S: 0/0

	SV upplag, nod 106					NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>xy</sub> [kN]	α [°]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	-0,2064	13,39	135,8	<b>13,39</b>	<b>90,88</b>	13,26	-13,24	126,5	-6,298	0,2187	126,0	-6,755	-0,2927	135,2
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-0,6616	13,63	135,8	<b>13,65</b>	<b>92,78</b>	13,70	-13,56	126,6	-6,290	0,4341	126,1	-6,742	-0,4793	135,2
<b>Lastfall 1.2.1</b>	-0,5960	13,37	121,4	<b>13,38</b>	<b>92,55</b>	13,18	-13,22	112,0	-6,081	0,2177	121,7	-6,538	-0,2671	130,9
<b>Lastfall 2.1.1</b>	-13,56	36,77	132,2	<b>39,19</b>	<b>110,2</b>	26,49	-37,00	123,3	-6,236	0,4434	125,0	-6,699	-0,3761	134,2
<b>Lastfall 2.2.1</b>	23,07	-13,30	134,9	<b>26,63</b>	<b>-29,96</b>	-9,913	13,87	125,7	-6,335	-13,92	126,7	-6,817	13,35	136,3
<b>Lastfall 2.3.1</b>	24,65	-26,57	135,8	<b>36,24</b>	<b>-47,15</b>	-37,70	27,24	126,8	6,286	-24,40	125,7	6,765	23,75	135,3
<b>Lastfall 2.4.1</b>	38,92	-39,88	135,7	<b>55,72</b>	<b>-45,70</b>	-51,97	40,70	126,9	6,282	-36,58	125,7	6,769	35,77	135,4
<b>Lastfall 3.1.1</b>	-4,639	28,47	116,3	<b>28,85</b>	<b>99,25</b>	25,56	-28,39	94,62	-10,08	0,8139	202,3	-11,21	-0,9022	225,0
<b>Lastfall 3.1.2</b>	3,424	13,25	80,33	<b>13,69</b>	<b>75,51</b>	17,56	-13,11	70,79	-10,10	0,8056	202,6	-11,20	-0,9145	224,8
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0,1227	13,40	122,6	<b>13,40</b>	<b>89,48</b>	13,85	-13,24	113,6	-6,713	0,2390	134,3	-7,320	-0,3069	146,5
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0,2851	13,44	114,3	<b>13,44</b>	<b>88,78</b>	13,59	-13,29	121,7	-6,976	0,1945	139,6	-6,966	-0,2508	139,4
<b>Lastfall 4.1.3</b>	-15,30	44,40	162,0	<b>46,96</b>	<b>109,0</b>	28,34	-44,10	147,0	-6,297	0,1590	126,0	-6,748	-0,3590	135,2
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0,5088	13,40	109,4	<b>13,41</b>	<b>87,83</b>	14,38	-13,24	100,6	-7,126	0,2555	142,6	-7,885	-0,3257	157,8
<b>Lastfall 4.3.1</b>	4,627	13,40	122,9	<b>14,18</b>	<b>70,95</b>	18,35	-13,24	113,9	-6,717	0,2390	134,4	-7,325	-0,3073	146,6
<b>Lastfall 4.4.1</b>	30,57	13,42	111,2	<b>33,39</b>	<b>23,70</b>	44,38	-13,25	102,6	-7,153	0,2539	143,2	-7,915	-0,3303	158,4
<b>Lastfall 4.5.1</b>	34,32	10,78	111,0	<b>35,97</b>	<b>17,44</b>	40,60	-16,68	102,7	-7,141	-8,285	142,8	-7,899	-0,8087	158,8
<b>Lastfall 5.1.1</b>	4,263	2,726	132,7	<b>5,060</b>	<b>32,60</b>	8,677	-27,92	126,6	-6,148	-27,78	123,0	-6,793	-1,207	138,0
<b>Lastfall 5.2.1</b>	1,282	10,18	134,9	<b>10,26</b>	<b>82,82</b>	11,74	-17,65	126,5	-6,256	-8,052	125,1	-6,764	-0,7266	136,1
<b>Lastfall 5.2.2</b>	16,55	-27,54	127,6	<b>32,13</b>	<b>-59,00</b>	-3,816	-38,13	127,1	-5,956	-62,99	119,1	-6,784	-1,975	141,3
<b>Lastfall 6.1.1</b>	17,89	-6,096	132,9	<b>18,90</b>	<b>-18,82</b>	-5,059	-38,00	126,7	-6,243	-54,29	124,9	-6,586	-1,611	135,6
<b>Lastfall 6.2.1</b>	49,07	-50,18	130,0	<b>70,18</b>	<b>-45,64</b>	-36,58	-38,08	126,9	-6,183	-109,2	123,7	-6,310	-2,539	136,0
<b>Lastfall 7.1.1</b>	21,00	-23,84	132,6	<b>31,77</b>	<b>-48,62</b>	-8,036	-0,9402	129,3	-6,143	-28,07	122,9	-6,816	-1,328	138,9

## Analys 2 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 0/0

	S Pelarfot, nod 100			N Pelarfot, nod 103			Summa Reaktionskrafter			Summa yttre laster			Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	-0,0010	0	0	-0,0013	0	0,0379	-0,0018	0,0760	523,5	0	0	-523,63	-0,0018	0,0760	-0,0951
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-0,0013	0	0	-0,0013	0	0	0,00372	0,0248	523,7	0	0	-523,63	0,0037	0,0248	0,0670
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0,01669	0	18,75	0,01662	0	18,85	-0,0017	0,1006	523,6	0	0	-523,63	-0,0017	0,1006	-0,0330
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0,00338	0	4,770	0,00287	0	4,073	0,00125	-0,1627	523,5	0	0	-523,63	0,0012	-0,1627	-0,0900
<b>Lastfall 2.2.1</b>	-0,0010	0	0	-0,0010	0	0	0,00293	0	523,6	0	0	-523,63	0,0029	0,0000	-0,0330
<b>Lastfall 2.3.1</b>	-0,0010	0	0	-0,0010	0	0	-0,0011	0,0200	523,6	0	0	-523,63	-0,0011	0,0200	-0,0330
<b>Lastfall 2.4.1</b>	-0,0010	0	0	-0,0010	0	0	-0,0011	0,0100	523,7	0	0	-523,63	-0,0011	0,0100	0,0670
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0,1904	0	203,0	0,1885	0	201,8	0,0099	-0,0083	1043	0	0	-1043,2	0,0099	-0,0083	-0,1600
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0,1652	0	176,3	0,1475	0	158,3	-0,0033	0,0311	913,1	0	0	-913,0	-0,0033	0,0311	0,1130
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0,03193	0	34,91	0,02865	0	31,66	0,00028	0,0921	583,6	0	0	-583,63	0,0003	0,0921	-0,0630
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0,0526	0	56,85	0,0100	0	11,79	-0,0043	0,0937	583,6	0	0	-583,63	-0,0043	0,0937	0,0070
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0,00282	0	4,028	0,00781	0	9,467	0,00562	0,1000	583,7	0	0	-583,63	0,0056	0,1000	0,0620
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0,06491	0	69,88	0,05834	0	63,29	0,00105	0,0898	643,6	0	0	-643,63	0,0011	0,0898	-0,0630
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0,0316	0	34,55	0,02829	0	31,27	8,995	0,0917	583,6	-9,000	0	-583,63	-0,0051	0,0917	-0,0130
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0,06269	0	67,53	0,05591	0	60,70	60,00	0,0936	643,6	-60,00	0	-643,6	0,0006	0,0936	-0,0030
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0,0625	0	67,37	0,05615	0	60,90	60,00	-14,994	643,6	-60,00	15,00	-643,6	-0,0014	0,0063	-0,0630
<b>Lastfall 5.1.1</b>	-0,0010	0	0	0,0022	0	3,440	0,0002	-54,181	523,7	0	54,18	-523,6	0,0002	0,0017	0,1070
<b>Lastfall 5.2.1</b>	-0,0010	0	0	0	0	1,040	0,0010	-16,249	523,6	0	16,25	-523,6	0,0010	0,0062	0,0070
<b>Lastfall 5.2.2</b>	-0,0010	0	0	0,00695	0	8,499	-0,0001	-130,64	523,6	0	130,6	-523,6	-0,0001	0,0060	-0,0340
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0,00237	0	3,614	-0,0010	0	0	0,0033	-100,0	523,7	0	100,0	-523,6	0,0033	0,0030	0,0810
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0,00575	0	7,008	-0,0010	0	0	0,0017	-200,0	523,6	0	200,0	-523,6	0,0017	0,0010	-0,0250
<b>Lastfall 7.1.1</b>	-0,0010	0	0	-0,0010	0	0	0,0029	-54,178	523,7	0	54,18	-523,6	0,0029	0,0045	0,0670

## Analys 2 - Förskjutningar

Friktnskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 0/0

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<b>Permanent Last</b>	0	0	0	0	0	0	8,142	0,4140	0	8,132	1,047	0	3,564	2,355	-52,64	3,545	0,3794	-52,47
<b>Lastfall 1.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	4,542	-0,1397	0	4,528	0,4956	0	1,959	1,737	-33,22	1,937	-0,3412	-33,03
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,381	0,5455	0	8,392	1,187	0	3,613	2,390	-52,81	3,615	0,4065	-52,63
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,381	0,5455	0	8,392	1,187	0	5,157	1,108	-51,43	5,131	0,3280	-51,24
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	0,8492	0	0	1,011	0	0	1,861	2,989	-52,45	1,913	0,0556	-52,89
<b>Lastfall 2.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	-2,692	0	0	-2,379	0	0	1,048	3,414	-52,70	1,158	-0,0300	-53,65
<b>Lastfall 2.4.1</b>	0	0	0	0	0	0	-6,366	0	0	-5,911	0	0	0,186	3,825	-52,51	0,353	-0,1321	-53,96
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0	0	0	0	0,1601	0	9,342	-0,8194	0	9,346	0,6865	0	3,542	3,670	-54,43	3,511	-1,638	-54,24
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0	0	0	0	0	0	9,285	-0,4964	0	9,269	1,001	0	3,485	3,372	-54,19	3,453	0,0264	-53,86
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,359	0,5052	0	8,388	1,153	0	3,542	2,376	-52,95	3,522	0,3961	-52,75
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0	0	0	0	0	0	8,495	0,5659	0	8,228	1,098	0	3,529	2,292	-53,15	3,536	0,3456	-52,57
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0	0	0	0	0,0746	0	8,151	0,7285	0	8,152	1,367	0	3,576	3,417	-5,268	3,565	1,025	-52,55
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,576	0,5148	0	8,645	1,178	0	3,520	2,378	-53,26	3,499	0,4014	-53,02
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,348	0,5095	0	8,375	1,157	0	3,536	2,376	-5,295	3,515	0,3958	-52,74
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,502	0,5091	0	8,559	1,167	0	3,474	2,375	-53,24	3,453	0,3945	-53,00
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,433	0	0	8,624	0,8830	0	3,460	13,09	-53,24	3,467	7,400	-53,00
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,844	0	0	8,307	1,476	0	3,473	31,05	-51,78	3,577	20,36	-52,50
<b>Lastfall 5.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,052	0	0	8,184	0,8793	0	3,537	10,90	-52,38	3,555	6,332	-52,48
<b>Lastfall 5.2.2</b>	0	0	0	0	0,5515	0	7,434	0	0	8,552	2,490	0	3,347	71,79	-50,59	3,623	49,240	-52,54
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0	0	0	0	0,0063	0	7,718	0	0	8,430	2,062	0	3,473	80,56	-52,68	3,581	51,65	-51,72
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0	0	0	0	1,215	0	7,291	0	0	8,741	3,517	0	3,379	159,4	-52,71	3,623	103,6	-51,03
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	0,6150	0	0	1,241	0,2418	0	1,793	31,72	-51,79	1,983	20,07	-53,58

## Analys 3 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05 Pelares längd avvikelse, N/S: 5mm/5mm

	SV upplag, nod 106					NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>xy</sub> [kN]	α [°]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	-0,6053	13,39	121,0	<b>13,40</b>	<b>92,59</b>	13,18	-13,25	111,6	-6,074	0,2410	121,6	-6,530	-0,2938	130,7
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-0,6616	13,63	135,8	<b>13,65</b>	<b>92,78</b>	13,70	-13,56	126,6	-6,290	0,4341	126,1	-6,742	-0,4793	135,2
<b>Lastfall 1.2.1</b>	-0,8615	13,37	106,5	<b>13,40</b>	<b>93,69</b>	12,96	-13,24	97,15	-5,856	0,2296	117,2	-6,313	-0,2770	126,4
<b>Lastfall 2.1.1</b>	-11,55	32,30	117,3	<b>34,30</b>	<b>109,7</b>	24,00	-32,53	108,4	-6,011	0,4510	120,6	-6,474	-0,3754	129,7
<b>Lastfall 2.2.1</b>	23,44	-13,36	125,2	<b>26,98</b>	<b>-29,68</b>	-10,75	13,89	114,2	-6,138	-13,06	122,8	-6,581	12,53	131,6
<b>Lastfall 2.3.1</b>	25,93	-26,74	126,5	<b>37,25</b>	<b>-45,88</b>	-38,67	27,45	114,0	6,146	-25,78	122,9	6,572	25,07	131,4
<b>Lastfall 2.4.1</b>	40,70	-40,11	128,9	<b>57,14</b>	<b>-44,58</b>	-53,49	41,01	115,0	6,179	-38,55	123,6	6,590	37,65	131,8
<b>Lastfall 3.1.1</b>	-2,624	24,00	101,5	<b>24,14</b>	<b>96,24</b>	23,05	-23,92	79,73	-9,856	0,8595	197,9	-10,99	-0,9440	220,5
<b>Lastfall 3.1.2</b>	3,152	13,25	65,41	<b>13,62</b>	<b>76,62</b>	17,34	-13,13	55,92	-9,867	0,8498	198,1	-10,97	-0,9587	220,3
<b>Lastfall 4.1.1</b>	-0,1707	13,39	107,7	<b>13,39</b>	<b>90,73</b>	13,66	-13,25	98,69	-6,488	0,2551	129,9	-7,095	-0,3172	142,0
<b>Lastfall 4.1.2</b>	-0,0361	13,44	99,42	<b>13,44</b>	<b>90,15</b>	13,43	-13,31	106,8	-6,752	0,2103	135,1	-6,741	-0,2566	134,9
<b>Lastfall 4.1.3</b>	-13,20	39,93	147,1	<b>42,06</b>	<b>108,3</b>	25,74	-39,63	132,1	-6,073	0,1684	121,5	-6,522	-0,3755	130,7
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0,3375	13,40	94,46	<b>13,40</b>	<b>88,56</b>	14,06	-13,25	85,77	-6,902	0,2640	138,1	-7,659	-0,3459	153,3
<b>Lastfall 4.3.1</b>	4,335	13,40	108,0	<b>14,08</b>	<b>72,07</b>	18,16	-13,25	98,99	-6,492	0,2552	129,9	-7,099	-0,3177	142,1
<b>Lastfall 4.4.1</b>	30,38	13,41	96,28	<b>33,21</b>	<b>23,82</b>	44,09	-13,26	87,74	-6,928	0,2644	138,7	-7,690	-0,3490	154,0
<b>Lastfall 4.5.1</b>	33,94	10,78	96,13	<b>35,61</b>	<b>17,62</b>	40,49	-16,70	87,81	-6,917	-8,230	138,3	-7,339	-0,8477	154,3
<b>Lastfall 5.1.1</b>	4,402	2,600	120,4	<b>5,112</b>	<b>30,57</b>	8,088	-27,75	111,7	-5,964	-27,80	119,3	-6,562	-1,220	133,5
<b>Lastfall 5.2.1</b>	1,064	10,14	120,8	<b>10,20</b>	<b>84,01</b>	11,48	-17,61	111,6	-6,044	-8,031	120,9	-6,535	-0,7482	131,6
<b>Lastfall 5.2.2</b>	19,60	-31,92	119,0	<b>37,46</b>	<b>-58,45</b>	-7,254	-33,63	112,1	-5,825	-63,13	116,5	-6,552	-1,965	136,8
<b>Lastfall 6.1.1</b>	19,21	-9,929	117,9	<b>21,62</b>	<b>-27,33</b>	-6,864	-34,22	114,1	-6,019	-54,15	120,4	-6,366	-1,701	131,8
<b>Lastfall 6.2.1</b>	49,77	-53,43	115,0	<b>73,02</b>	<b>-47,03</b>	-37,76	-34,92	116,4	-5,959	-109,0	119,2	-6,091	-2,650	132,8
<b>Lastfall 7.1.1</b>	21,79	-24,12	124,1	<b>32,51</b>	<b>-47,91</b>	-9,211	-0,5519	114,8	-6,014	-28,16	120,3	-6,591	-1,341	134,5

## Analys 3 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 5mm/5mm

	S Pelarfot, nod 100			N Pelarfot, nod 103			Summa Reaktionskrafter			Summa yttre laster			Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	0,0172	0	19,33	0,0171	0	19,40	0,0051	0,0872	523,6	0	0	-523,63	0,0051	0,0872	-0,0030
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-0,0010	0	0	-0,0010	0	0	0,0043	0,0248	523,7	0	0	-523,63	0,0043	0,0248	0,0670
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0,0350	0	38,14	0,0348	0	38,22	-0,0007	0,0826	523,6	0	0	-523,63	-0,0007	0,0826	-0,0230
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0,0216	0	24,12	0,0211	0	23,48	0,0077	-0,1544	523,6	0	0	-523,63	0,0077	-0,1544	-0,0330
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0,0119	0	13,66	0,0142	0	16,21	-0,0030	0,0000	523,7	0	0	-523,63	-0,0030	0	0,0370
<b>Lastfall 2.3.1</b>	0,0104	0	12,08	0,0147	0	16,72	0,0030	0,0000	523,6	0	0	-523,63	0,0030	0	-0,0330
<b>Lastfall 2.4.1</b>	0,0073	0	8,871	0,0135	0	15,51	-0,0001	0,0000	523,7	0	0	-523,63	-0,0001	0	0,0480
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0,2087	0	222,4	0,0207	0	221,2	-0,1906	-0,0045	1043	0	0	-1043,2	-0,1906	-0,0045	0,0500
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0,1835	0	195,7	0,1657	0	177,6	0,0042	0,0111	913,0	0	0	-913,0	0,0042	0,0111	0,0230
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0,0502	0	54,30	0,0468	0	51,03	0,0033	0,0779	583,6	0	0	-583,63	0,0033	0,0779	-0,0130
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0,0709	0	76,25	0,0282	0	31,16	0,0000	0,0837	583,6	0	0	-583,63	0	0,0837	-0,0030
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0,0211	0	23,38	0,0260	0	28,87	-0,0079	0,0929	583,7	0	0	-583,63	-0,0079	0,0929	0,0170
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0,0832	0	89,28	0,0765	0	82,65	-0,0038	0,0681	643,6	0	0	-643,63	-0,0038	0,0681	-0,0730
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0,0499	0	53,95	0,0465	0	50,64	9,000	0,0875	583,6	-9,000	0	-583,63	0,0003	0,0875	-0,0530
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0,0810	0	86,93	0,0741	0	80,06	60,01	0,0654	643,7	-60,00	0	-643,6	0,0071	0,0654	0,0770
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0,0879	0	86,77	0,0743	0	80,27	60,34	-15,00	643,6	-60,00	15,00	-643,6	0,3362	0,0023	-0,0530
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0,0140	0	15,96	0,0204	0	22,86	-0,0016	-54,17	523,7	0	54,18	-523,6	-0,0016	0,0127	0,0870
<b>Lastfall 5.2.1</b>	0,0163	0	18,34	0,01814	0	20,42	-0,0006	-16,249	523,7	0	16,25	-523,6	-0,0006	0,0056	0,0270
<b>Lastfall 5.2.2</b>	0,0096	0	11,22	0,0253	0	28,04	0,0038	-130,6	523,7	0	130,6	-523,6	0,0038	-0,0040	0,0270
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0,0207	0	23,03	0,0144	0	16,44	-0,0039	-100,0	523,7	0	100,0	-523,6	-0,0039	0	0,0370
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0,0239	0	26,47	0,0119	0	13,75	-0,0042	-200,0	523,6	0	200,0	-523,6	-0,0042	0	-0,0130
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0,0094	0	11,04	0,0167	0	18,91	0,0001	-54,17	523,7	0	54,18	-523,6	0,0001	0,0098	0,0170

## Analys 3 - Förskjutningar

Friktnskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 5mm/5mm

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<b>Permanent Last</b>	0	0	0	0	0	0	7,484	0,4615	0	7,472	1,094	0	3,224	2,249	-47,82	3,204	0,2370	-47,64
<b>Lastfall 1.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	4,542	-0,1397	0	4,528	0,4956	0	1,959	1,737	-33,22	1,937	-0,3412	-33,03
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,722	0,4100	0	7,733	1,051	0	3,272	2,243	-47,98	3,275	0,2385	-47,80
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0	0	0	0	0,3791	0	14,54	-2,605	0	14,52	-0,6695	0	4,816	1,096	-46,60	4,791	0,2914	-46,41
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	0,3802	0	0	0,4660	0	0	1,619	2,877	-49,03	1,631	-0,0721	-48,87
<b>Lastfall 2.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	-3,115	0	0	-2,942	0	0	0,8303	3,286	-49,64	0,867	-0,1648	-49,51
<b>Lastfall 2.4.1</b>	0	0	0	0	0	0	-6,684	0	0	-6,428	0	0	0,0236	3,693	-50,24	0,085	-0,2600	-50,13
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0	0	0	0	0,3784	0	8,683	-0,8160	0	8,687	0,6878	0	3,201	3,649	-49,59	3,170	-1,680	-49,41
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0	0	0	0	0	0	8,626	-0,6494	0	8,610	0,8459	0	3,144	3,221	-49,36	3,113	-0,1442	-49,03
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,701	0,4055	0	7,729	1,053	0	3,202	2,237	-48,12	3,181	0,2331	-47,92
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0	0	0	0	0	0	7,837	0,5051	0	7,569	1,036	0	3,188	2,162	-48,32	3,195	0,1881	-47,74
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0	0	0	0	0,2926	0	7,492	0,6299	0	7,494	1,268	0	3,235	3,374	-47,85	3,225	0,9684	-47,72
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,917	0,2509	0	7,986	0,9138	0	3,180	2,203	-48,43	3,158	0,2154	-48,19
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,690	0,4099	0	7,716	1,056	0	3,195	2,238	-48,12	3,174	0,2328	-47,91
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,843	0,2789	0	7,901	0,9361	0	3,134	2,207	-48,41	3,113	0,2132	-48,17
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,843	0,2789	0	7,901	0,9361	0	3,120	12,97	-48,41	3,126	7,251	-48,17
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,299	0	0	7,649	1,423	0	3,191	30,91	-47,79	3,237	20,20	-47,67
<b>Lastfall 5.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,428	0	0	7,526	0,8616	0	3,214	10,77	-47,81	3,214	6,180	-47,65
<b>Lastfall 5.2.2</b>	0	0	0	0	0,7509	0	7,044	0	0	7,896	2,3680	0	3,146	71,70	-47,75	3,283	49,17	-47,71
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0	0	0	0	0,1987	0	7,061	0	0	7,869	2,102	0	3,132	80,57	-47,85	3,291	51,63	-47,61
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0	0	0	0	1,384	0	6,635	0	0	8,269	3,598	0	3,039	159,4	-47,88	3,379	103,6	-47,59
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	0,2333	0	0	0,6048	0,1231	0	1,596	31,55	-49,00	1,653	19,90	-48,90

## Analys 4 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05 Pelares längd avvikelse, N/S: 15mm/15mm

	SV upplag, nod 106					NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>xy</sub> [kN]	α [°]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	-1,141	13,39	91,15	<b>13,44</b>	<b>94,87</b>	12,74	-13,28	81,87	-5,624	0,2757	112,6	-6,079	-0,3248	121,8
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-0,6616	13,63	135,8	<b>13,65</b>	<b>92,78</b>	13,70	-13,56	126,6	-6,290	0,4341	126,1	-6,742	-0,4793	135,2
<b>Lastfall 1.2.1</b>	-1,410	13,36	76,69	<b>13,43</b>	<b>96,02</b>	12,53	-13,27	67,41	-5,406	0,2609	108,2	-5,862	-0,3026	117,4
<b>Lastfall 2.1.1</b>	-4,323	19,09	87,80	<b>19,57</b>	<b>102,8</b>	15,56	-19,06	63,52	-5,570	0,3445	111,6	-5,798	-0,3752	116,2
<b>Lastfall 2.2.1</b>	16,73	-14,09	94,88	<b>21,87</b>	<b>-40,10</b>	-28,40	14,85	67,96	5,671	-19,11	113,4	5,878	18,35	117,6
<b>Lastfall 2.3.1</b>	26,10	-26,74	96,75	<b>37,37</b>	<b>-45,69</b>	-38,02	27,42	84,32	5,700	-25,77	114,0	6,124	25,09	122,5
<b>Lastfall 2.4.1</b>	40,88	-40,11	99,15	<b>57,27</b>	<b>-44,46</b>	-52,85	40,98	85,33	5,733	-38,54	114,7	6,142	37,68	122,8
<b>Lastfall 3.1.1</b>	1,426	15,06	71,66	<b>15,13</b>	<b>84,59</b>	18,00	-14,99	49,96	-9,395	0,9709	188,9	-10,52	-1,053	211,5
<b>Lastfall 3.1.2</b>	9,311	3,687	35,88	<b>10,01</b>	<b>21,60</b>	9,971	-3,302	11,01	-9,432	0,6868	189,1	-10,29	-1,023	206,8
<b>Lastfall 4.1.1</b>	1,529	12,66	78,15	<b>12,75</b>	<b>83,11</b>	10,17	-12,29	53,82	-6,046	0,0370	120,9	-6,418	-0,3423	128,5
<b>Lastfall 4.1.2</b>	2,194	12,71	69,85	<b>12,90</b>	<b>80,21</b>	9,989	-12,35	61,92	-6,308	-0,1069	126,2	-6,065	-0,2527	121,4
<b>Lastfall 4.1.3</b>	-4,174	26,72	117,6	<b>27,04</b>	<b>98,88</b>	15,51	-26,15	87,16	-5,628	-0,2068	112,6	-5,846	-0,3630	117,2
<b>Lastfall 4.2.1</b>	1,917	12,65	64,89	<b>12,79</b>	<b>81,38</b>	11,27	-12,27	40,89	-6,460	0,05341	129,2	-6,983	-0,3564	139,8
<b>Lastfall 4.3.1</b>	6,039	12,67	78,42	<b>14,04</b>	<b>64,52</b>	15,25	-12,29	54,11	-6,050	0,03661	121,0	-6,422	-0,3429	128,6
<b>Lastfall 4.4.1</b>	31,95	12,69	66,71	<b>34,38</b>	<b>21,66</b>	41,30	-12,30	42,87	-6,487	0,0510	129,7	-7,013	-0,3604	140,4
<b>Lastfall 4.5.1</b>	37,38	7,221	66,59	<b>38,07</b>	<b>10,93</b>	35,86	-12,87	42,91	-6,470	-8,657	129,4	-7,000	-0,6881	140,8
<b>Lastfall 5.1.1</b>	9,889	-4,850	90,87	<b>11,01</b>	<b>-26,13</b>	1,386	-20,02	66,75	-5,517	-28,14	110,3	-5,884	-1,167	120,0
<b>Lastfall 5.2.1</b>	0,2911	10,14	90,95	<b>10,14</b>	<b>88,36</b>	11,27	-17,64	81,91	-5,596	-7,909	111,9	-6,071	-0,8371	122,6
<b>Lastfall 5.2.2</b>	28,11	-45,11	89,48	<b>53,15</b>	<b>-58,07</b>	-17,04	-20,14	67,14	-5,378	-63,36	107,6	-5,821	-2,029	123,3
<b>Lastfall 6.1.1</b>	23,22	-18,87	88,14	<b>29,92</b>	<b>-39,10</b>	-11,90	-25,29	84,29	-5,570	-53,97	111,4	-5,849	-1,869	122,8
<b>Lastfall 6.2.1</b>	53,76	-62,37	85,22	<b>82,34</b>	<b>-49,24</b>	-42,86	-25,98	86,60	-5,511	-108,8	110,2	-5,503	-2,840	123,8
<b>Lastfall 7.1.1</b>	14,14	-24,85	93,69	<b>28,59</b>	<b>-60,36</b>	-25,83	0,4167	68,64	5,547	-31,81	110,9	6,024	2,064	120,5



## Analys 4 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 15mm/15mm

	S Pelarfot, nod 100			N Pelarfot, nod 103			Summa Reaktionskrafter			Summa yttre laster			Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	0,0538	0	58,12	0,0535	0	58,13	0,0033	0,0609	523,7	0	0	-523,63	0,0033	0,0609	0,0370
<b>Lastfall 1.1.1</b>	0,0010	0	0	-0,0010	0	0	0,0064	0,0248	523,7	0	0	-523,63	0,0064	0,0248	0,0670
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0,07154	0	76,94	0,0712	0	76,95	-0,0053	0,0483	523,6	0	0	-523,63	-0,0053	0,0483	-0,0430
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0,05789	0	62,49	0,0760	0	82,00	0,0028	-0,0007	523,6	0	0	-523,63	0,0028	-0,0007	-0,0230
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0,04921	0	53,28	0,0708	0	76,53	-0,0010	0	523,7	0	0	-523,63	-0,0010	0	0,0170
<b>Lastfall 2.3.1</b>	0,04682	0	50,75	0,0509	0	55,33	0,0017	0	523,7	0	0	-523,63	0,0017	0	0,0170
<b>Lastfall 2.4.1</b>	0,0438	0	47,54	0,0498	0	54,12	-0,0014	0,0100	523,6	0	0	-523,63	-0,0014	0,0100	0,0070
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0,2452	0	261,1	0,2431	0	260,0	-0,0007	-0,0121	1043	0	0	-1043,2	-0,0007	-0,0121	-0,0600
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0,2197	0	234,1	0,2206	0	236,1	0,0003	0,0488	913,0	0	0	-913,0	0,0003	0,0488	-0,0170
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0,0865	0	92,79	0,1017	0	109,4	-0,5768	0,0647	583,6	0	0	-583,63	-0,5768	0,0647	-0,0730
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0,1072	0	114,7	0,0831	0	89,56	0,0002	0,0004	583,6	0	0	-583,63	0,0002	0,0004	-0,0030
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0,05718	0	61,73	0,0810	0	87,41	0,0002	0,0002	583,7	0	0	-583,63	0,0002	0,0002	0,0670
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0,0120	0	127,8	0,0131	0	141,1	-0,2309	0,0770	643,7	0	0	-643,63	-0,2309	0,0770	0,0470
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0,08617	0	92,44	0,1013	0	109,0	9,004	0,0737	583,6	-9,000	0	-583,63	0,0045	0,0737	-0,0630
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0,1173	0	125,4	0,1289	0	138,5	60,00	0,0806	643,6	-60,00	0	-643,6	-0,0038	0,0806	-0,0530
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0,1170	0	125,2	0,1292	0	138,7	60,02	-14,99	643,6	-60,00	15,00	-643,6	0,0162	0,0059	-0,0330
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0,05022	0	54,35	0,0753	0	81,35	-0,0004	-54,18	523,6	0	54,18	-523,6	-0,0004	0,0057	-0,0130
<b>Lastfall 5.2.1</b>	0,0529	0	57,14	0,5450	0	59,15	0,4920	-16,246	523,7	0	16,25	-523,6	0,4920	0,0087	0,0170
<b>Lastfall 5.2.2</b>	0,04571	0	49,57	0,0803	0	86,58	-0,0030	-130,6	523,7	0	130,6	-523,6	-0,0030	0,0020	0,0370
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0,05719	0	61,74	0,0509	0	55,26	0,0090	-100,0	523,6	0	100,0	-523,6	0,0090	0,0010	-0,0030
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0,06044	0	65,19	0,0483	0	52,57	-0,0052	-200,0	523,6	0	200,0	-523,6	-0,0052	0,0100	-0,0530
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0,04685	0	50,78	0,0732	0	79,10	0,0011	-54,18	523,6	0	54,18	-523,6	0,0011	0,0034	-0,0230

## Analys 4 - Förskjutningar

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 15mm/15mm

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<b>Permanent Last</b>	0	0	0	0	0	0	6,167	0,1890	0	6,155	0,8195	0	2,543	1,956	-38,16	2,523	-0,0993	-37,98
<b>Lastfall 1.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	4,542	-0,1397	0	4,528	0,4956	0	1,959	1,737	-33,22	1,937	-0,3412	-33,03
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	6,405	0,1567	0	6,415	0,7964	0	2,591	1,954	-38,32	2,594	-0,0951	-38,14
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0	0	0	0	0,9931	0	13,22	-0,8214	0	12,55	0,8086	0	4,132	1,244	-36,94	3,771	0,3381	-31,92
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	-0,8921	0	0	-1,417	0	0	0,9472	2,405	-39,37	0,6329	-0,5473	-34,40
<b>Lastfall 2.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	-4,438	0	0	-4,265	0	0	0,1479	3,053	-39,98	0,1845	-0,4627	-39,85
<b>Lastfall 2.4.1</b>	0	0	0	0	0	0	-8,006	0	0	-7,751	0	0	-0,6587	3,460	-40,58	-0,5981	-0,5579	-40,47
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0	0	0	0	0,8148	0	7,365	-0,8594	0	7,370	0,6393	0	2,520	3,597	-39,93	2,489	-1,772	-39,75
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0	0	0	0	0,4330	0	7,303	-0,0933	0	6,640	1,098	0	2,460	3,019	-39,70	2,094	-0,3581	-34,54
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	6,378	0,5699	0	5,759	0,9152	0	2,518	1,760	-38,46	2,162	-0,2464	-33,43
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0	0	0	0	0	0	6,512	0	0	5,600	0,2334	0	2,503	1,537	-38,65	2,177	-0,3853	-33,25
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0	0	0	0	0,8997	0	6,166	0	0	5,527	0,3433	0	2,549	2,987	-38,19	2,207	0,6732	-33,24
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0	0	0	0	0,0031	0	6,595	0,6238	0	6,016	0,9845	0	2,496	1,773	-38,77	2,139	-0,2333	-33,71
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	6,367	0,5688	0	5,746	0,9133	0	2,511	1,759	-38,46	2,155	-0,2475	-33,43
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0	0	0	0	0	0	6,520	0,6165	0	5,930	0,9716	0	2,450	1,768	-38,75	2,093	-0,2420	-33,68
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0	0	0	0	0	0	6,520	0,6165	0	5,930	0,9716	0	2,435	12,52	-38,74	2,107	6,817	-33,69
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0	0	0	0	0,3289	0	5,975	0	0	5,680	1,126	0	2,507	30,54	-38,12	2,218	19,86	-33,18
<b>Lastfall 5.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	6,112	0	0	6,207	0,8559	0	2,533	10,54	-38,15	2,533	5,882	-37,99
<b>Lastfall 5.2.2</b>	0	0	0	0	1,360	0	5,719	0	0	5,928	2,066	0	2,460	71,45	-38,08	2,265	48,96	-33,23
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0	0	0	0	0,6352	0	5,743	0	0	6,552	2,094	0	2,451	80,53	-38,19	2,610	51,54	-37,95
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0	0	0	0	1,821	0	5,317	0	0	6,952	3,588	0	2,358	159,4	-38,22	2,699	103,5	-37,93
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0	0	0	0	1,821	0	5,317	0	0	6,952	3,588	0	0,9258	31,06	-39,35	0,6543	19,41	-34,43

## Analys 5 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05 Pelares längd avvikelse, N/S: 30mm/30mm

	SV upplag, nod 106					NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>xy</sub> [kN]	α [°]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	-0,8202	11,24	46,41	<b>11,27</b>	<b>94,17</b>	10,95	-11,18	37,25	-4,945	0,3632	99,16	-5,398	-0,4116	108,3
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-1,294	13,63	104,3	<b>13,69</b>	<b>95,42</b>	13,27	-13,59	95,15	-5,80	0,5813	116,6	-6,253	-0,6232	125,7
<b>Lastfall 1.2.1</b>	1,228	6,896	31,98	<b>7,004</b>	<b>79,90</b>	8,430	-6,833	22,78	-4,728	0,3306	94,80	-5,181	-0,3818	103,9
<b>Lastfall 2.1.1</b>	-1,448	9,950	42,86	<b>10,05</b>	<b>98,28</b>	11,45	-10,20	34,00	-4,883	0,4901	98,15	-5,348	-0,3829	107,2
<b>Lastfall 2.2.1</b>	11,59	-13,37	49,75	<b>17,69</b>	<b>-49,08</b>	-22,23	13,82	38,82	4,997	-12,98	99,93	5,435	12,54	108,7
<b>Lastfall 2.3.1</b>	26,37	-26,74	52,14	<b>37,56</b>	<b>-45,40</b>	-37,06	27,37	39,83	5,030	-25,75	100,6	5,453	25,13	109,1
<b>Lastfall 2.4.1</b>	41,15	-40,12	54,53	<b>57,47</b>	<b>-44,27</b>	-51,88	40,93	40,84	5,063	-38,52	101,3	5,471	37,71	109,4
<b>Lastfall 3.1.1</b>	7,425	1,654	26,97	<b>7,607</b>	<b>12,56</b>	10,48	-1,588	5,293	-8,685	1,234	175,4	-9,815	-1,311	198,0
<b>Lastfall 3.1.2</b>	10,77	-0,1135	0	<b>10,77</b>	<b>-0,60</b>	7,634	0	0	-8,822	1,339	178,5	-10,08	-1,303	203,4
<b>Lastfall 4.1.1</b>	1,668	7,371	33,18	<b>7,557</b>	<b>77,25</b>	9,374	-7,295	24,32	-5,359	0,3788	107,4	-5,962	-0,4439	119,6
<b>Lastfall 4.1.2</b>	1,641	7,459	24,86	<b>7,637</b>	<b>77,59</b>	9,314	-7,426	32,44	-5,625	0,3213	112,7	-5,611	-0,3503	112,4
<b>Lastfall 4.1.3</b>	-2,801	17,58	72,66	<b>17,80</b>	<b>99,05</b>	12,90	-17,29	57,65	-4,946	0,2812	99,09	-5,385	-0,5072	108,2
<b>Lastfall 4.2.1</b>	4,131	3,504	19,94	<b>5,417</b>	<b>40,31</b>	7,826	-3,413	11,38	-5,773	0,3954	115,7	-6,526	-0,4735	130,9
<b>Lastfall 4.3.1</b>	6,129	7,461	33,45	<b>9,656</b>	<b>50,60</b>	13,92	-7,384	24,61	-5,363	0,3794	107,5	-5,966	-0,4450	119,7
<b>Lastfall 4.4.1</b>	33,86	4,102	21,75	<b>34,11</b>	<b>6,91</b>	38,15	-4,006	13,35	-5,799	0,4001	116,3	-6,556	-0,4802	131,5
<b>Lastfall 4.5.1</b>	38,79	-1,941	21,60	<b>38,84</b>	<b>-2,86</b>	33,15	-4,024	13,41	-5,796	-7,836	115,9	-6,483	-1,196	131,8
<b>Lastfall 5.1.1</b>	11,29	-14,01	45,88	<b>17,99</b>	<b>-51,14</b>	-1,377	-11,18	37,25	-4,843	-27,29	96,86	-5,285	-1,697	111
<b>Lastfall 5.2.1</b>	2,579	3,647	46,23	<b>4,467</b>	<b>54,73</b>	7,477	-11,18	37,28	-4,923	-7,650	98,47	-5,349	-1,067	109,1
<b>Lastfall 5.2.2</b>	29,50	-54,27	44,49	<b>61,77</b>	<b>-61,47</b>	-19,91	-11,29	37,63	-4,704	-62,49	94,08	-5,097	-2,588	114,3
<b>Lastfall 6.1.1</b>	29,15	-32,28	43,44	<b>43,49</b>	<b>-47,92</b>	-19,49	-11,89	39,62	-4,898	-53,57	97,95	-4,978	-2,257	109,3
<b>Lastfall 6.2.1</b>	59,70	-75,79	40,52	<b>96,48</b>	<b>-51,77</b>	-50,60	-12,58	41,92	-4,838	-108,4	96,76	-4,483	-3,216	110,4
<b>Lastfall 7.1.1</b>	10,64	-24,14	48,70	<b>26,38</b>	<b>-66,21</b>	-21,29	-0,6285	39,36	4,875	-29,04	97,49	5,567	-0,3683	111,6

## Analys 5 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 30mm/30mm

	S Pelarfot, nod 100			N Pelarfot, nod 103			Summa Reaktionskrafter			Summa yttre laster			Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	0,1086	0	116,30	0,1081	0	116,2	0,0035	0,0116	523,6	0	0	-523,63	0,0035	0,0116	-0,0130
<b>Lastfall 1.1.1</b>	0,03763	0	41,01	0,03738	0	40,91	-0,0040	-0,0019	523,7	0	0	-523,63	-0,0040	-0,0019	0,0370
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0,1263	0	135,1	0,1258	0	135,1	0,0011	0,0118	523,7	0	0	-523,63	0,0011	0,0118	0,0270
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0,1129	0	120,9	0,1122	0	120,5	-0,0039	-0,1428	523,6	0	0	-523,63	-0,0039	-0,1428	-0,0230
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0,1045	0	112,0	0,1064	0	114,5	0,0029	0,0100	523,7	0	0	-523,63	0,0029	0,0100	0,0670
<b>Lastfall 2.3.1</b>	0,1015	0	108,8	0,1053	0	113,2	-0,0002	0,0100	523,7	0	0	-523,63	-0,0002	0,0100	0,0370
<b>Lastfall 2.4.1</b>	0,0985	0	105,6	0,1042	0	112,0	0,0067	0	523,7	0	0	-523,63	0,0067	0	0,0370
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0,2999	0	319,2	0,2978	0	318,2	0,0027	-0,0110	1043,1	0	0	-1043,2	0,0027	-0,0110	-0,1170
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0,2636	0	280,6	0,2342	0	250,5	-0,0002	-0,0775	913,0	0	0	-913,01	-0,0002	-0,0775	-0,0070
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0,1416	0	151,2	0,1378	0	147,9	0,0004	0,0109	583,6	0	0	-583,63	0,0004	0,0109	-0,0330
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0,1632	0	173,2	0,1192	0	128,0	0,0014	0,0040	583,6	0	0	-583,63	0,0014	0,0040	-0,0330
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0,1123	0	120,1	0,1172	0	125,9	-0,0025	0,0640	583,6	0	0	-583,63	-0,0025	0,0640	-0,0330
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0,1745	0	186,2	0,1675	0	179,6	0	0,0129	643,7	0	0	-643,63	0,0000	0,0129	0,0870
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0,1413	0	150,9	0,1375	0	147,5	8,9988	0,0114	583,7	-9	0	-583,63	-0,0012	0,0114	0,0270
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0,1723	0	183,8	0,1651	0	177,0	59,99	0,0159	643,7	-60,00	0	-643,6	-0,0076	0,0159	0,0670
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0,1721	0	183,6	0,1653	0	177,2	60,00	-15,00	643,5	-60,00	15,00	-643,6	-0,0016	0,0030	-0,1230
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0,1053	0	112,8	0,1115	0	119,8	0,0018	-54,177	523,6	0	54,18	-523,6	0,0018	0,0057	-0,0430
<b>Lastfall 5.2.1</b>	0,1077	0	115,3	0,1091	0	117,3	0,0008	-16,25	523,7	0	16,25	-523,6	0,0008	0,0048	0,0470
<b>Lastfall 5.2.2</b>	0,1008	0	108,0	0,1164	0	125,1	0,0062	-130,64	523,6	0	130,6	-523,6	0,0062	0,0030	-0,0330
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0,1120	0	119,8	0,1055	0	113,5	0,0015	-100,0	523,6	0	100,0	-523,6	0,0015	0,0030	-0,0230
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0,1152	0	123,3	0,1030	0	110,8	-0,0028	-200,0	523,7	0	200,0	-523,6	-0,0028	0,0140	0,0670
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0,1020	0	109,3	0,1090	0	117,2	0,0030	-54,177	523,7	0	54,18	-523,6	0,0030	0,0059	0,0170

## Analys 5 - Förskjutningar

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 30mm/30mm

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<b>Permanent Last</b>	0	0	0	0	0,1050	0	4,191	-0,2071	0	4,178	0,4193	0	1,521	1,565	-23,66	1,501	-0,5509	-23,49
<b>Lastfall 1.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	3,150	-0,4348	0	3,136	0,1938	0	1,238	1,425	-23,00	1,218	-0,6978	-22,83
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0	0	0	0	0,3160	0	4,429	-0,2206	0	4,439	0,4160	0	1,568	1,659	-23,83	1,572	-0,4414	-23,65
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0	0	0	0	1,471	0	11,25	-2,480	0	11,23	-0,5449	0	3,111	1,018	-22,45	3,089	0,0957	-22,26
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	-2,852	0	0	-2,764	0	0	-0,0689	2,298	-24,88	-0,0570	-0,8143	-24,74
<b>Lastfall 2.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	-6,421	0	0	-6,250	0	0	-0,8756	2,704	-25,49	-0,8396	-0,9095	-25,36
<b>Lastfall 2.4.1</b>	0	0	0	0	0	0	-9,990	0	0	-9,736	0	0	-1,682	3,111	-26,09	-1,622	-1,0050	-25,98
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0	0	0	0	1,469	0	5,390	-0,9096	0	5,393	0,5765	0	1,497	3,520	-25,44	1,468	-1,9090	-25,26
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0	0	4,041	0	0,6576	8,0190	5,705	-1,611	0	6,045	0,0383	0	1,942	-0,8224	-24,67	1,711	2,6560	-25,10
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0	0	0	0	0,2941	0	4,408	-0,2282	0	4,435	0,4135	0	1,498	1,643	-23,97	1,479	-0,4579	-23,77
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0	-0,2909	0	0	0	0	4,543	-0,2319	0	4,275	0,2945	0	1,485	1,317	-24,16	1,493	-0,7690	-23,59
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0	0	0	0	1,3830	0	4,198	0,2840	0	4,201	0,9175	0	1,530	3,190	-23,70	1,523	0,7055	-23,57
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0	0	0	0	0,4832	0	4,624	-0,2146	0	4,692	0,4424	0	1,476	1,728	-24,28	1,456	-0,3600	-24,04
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0	0	0	0	0,2898	0	4,396	-0,2274	0	4,423	0,4134	0	1,491	1,641	-23,97	1,472	-0,4608	-23,76
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0	0	0	0	0,4549	0	4,550	-0,1954	0	4,607	0,4558	0	1,430	1,718	-24,26	1,410	-0,3772	-24,02
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0	0	0	0	0,6209	0	4,483	0	0	4,670	0,8620	0	1,416	12,66	-24,25	1,423	6,807	-24,02
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0	0	0	0	0,8111	0	4,007	0	0	4,355	1,398	0	1,488	30,67	-23,63	1,534	19,85	-23,52
<b>Lastfall 5.2.1</b>	0	0	0	0	0,3169	0	4,137	0	0	4,230	0,8436	0	1,511	10,33	-23,66	1,511	5,588	-23,50
<b>Lastfall 5.2.2</b>	0	0	0	0	1,842	0	3,751	0	0	4,603	2,337	0	1,441	71,590	-23,59	1,581	48,95	-23,57
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0	0	0	0	1,290	0	3,768	0	0	4,576	2,075	0	1,428	80,46	-23,69	1,589	51,41	-23,46
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0	0	0	0	2,476	0	3,342	0	0	4,977	3,571	0	1,335	159,3	-23,72	1,678	103,3	-23,44
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	-3,003	0	0	-2,622	0,1735	0	-0,0928	30,97	-24,86	-0,0333	19,16	-24,76

## Analys 6 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelse, N/S: 0mm/10mm

	SV upplag, nod 106						NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>xy</sub> [kN]	α [°]		R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	-4,526	14,82	105,6	15,50	107,0		17,05	-15,22	126,6	-5,812	0,6803	117,0	-6,748	-0,5390	135,1
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-0,6616	13,63	135,8	13,65	92,78		13,70	-13,56	126,6	-6,290	0,4341	126,1	-6,742	-0,4793	135,2
<b>Lastfall 1.2.1</b>	-4,863	14,82	91,10	15,60	108,2		16,93	-15,24	112,6	-5,595	0,6609	112,7	-6,538	-0,3182	130,9
<b>Lastfall 2.1.1</b>	-14,89	30,57	101,9	34,00	116,0		27,29	-31,36	123,8	-5,739	0,8440	116,0	-6,708	0,2197	134,2
<b>Lastfall 2.2.1</b>	2,208	-12,09	108,4	12,29	-79,65		-1,357	12,14	126,6	5,881	-2,914	117,6	-6,763	2,862	135,3
<b>Lastfall 2.3.1</b>	16,27	-25,44	110,7	30,20	-89,93		-28,97	25,65	126,8	5,913	-14,75	118,3	6,76	14,55	135,2
<b>Lastfall 2.4.1</b>	31,38	-38,86	113,1	49,95	-51,08		-44,12	39,27	126,9	5,947	-27,89	118,9	6,764	27,49	135,3
<b>Lastfall 3.1.1</b>	-7,644	25,80	86,00	25,80	106,50		27,99	-26,31	95,16	-9,555	1,459	193,3	-11,20	-1,046	225,0
<b>Lastfall 3.1.2</b>	-1,365	14,70	49,98	14,76	95,31		21,78	-15,13	71,33	-9,571	1,429	193,5	-11,19	-1,087	224,9
<b>Lastfall 4.1.1</b>	-4,218	14,84	92,29	15,43	105,9		17,66	-15,25	114,1	-6,225	0,7152	125,3	-7,319	-0,3828	146,6
<b>Lastfall 4.1.2</b>	-4,027	14,89	83,99	15,42	105,1		17,39	-15,31	122,2	-6,493	0,6707	130,6	-6,964	-0,3302	139,4
<b>Lastfall 4.1.3</b>	-16,36	39,51	131,7	42,76	112,5		28,87	-39,79	147,5	-5,815	0,6209	117,0	-6,746	-0,4215	135,2
<b>Lastfall 4.2.1</b>	-3,807	14,85	79,04	15,33	104,4		18,17	-15,25	101,2	-6,639	0,7397	133,6	-7,833	-0,413	157,9
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0,3112	14,85	92,56	14,85	88,80		22,14	-15,25	114,4	-6,229	0,7141	125,4	-7,323	-0,3855	146,7
<b>Lastfall 4.4.1</b>	26,25	14,86	80,85	30,16	29,51		48,17	-15,26	103,1	-6,665	0,7423	134,1	-7,913	-0,4222	158,5
<b>Lastfall 4.5.1</b>	28,22	12,20	80,65	30,74	23,38		46,15	-18,72	103,3	-6,69	-7,153	133,8	-7,832	-1,322	158,8
<b>Lastfall 5.1.1</b>	-1,284	4,026	104,9	4,226	107,7		13,69	-29,78	127,1	-5,736	-26,80	114,7	-6,708	-1,618	138,0
<b>Lastfall 5.2.1</b>	-4,639	11,57	105,3	12,47	111,8		17,12	-19,64	127,1	-5,817	-6,998	116,3	-6,702	-1,179	136,1
<b>Lastfall 5.2.2</b>	12,54	-27,9	103,5	30,59	-65,80		-0,2952	-38,26	127,5	-5,598	-62,17	112,0	-6,680	-2,305	141,1
<b>Lastfall 6.1.1</b>	12,98	-6,681	102,5	14,60	-27,24		-0,7614	-38,02	126,7	-5,792	-53,27	115,8	-6,466	-2,024	135,5
<b>Lastfall 6.2.1</b>	44,19	-50,76	99,63	67,30	-48,96		-32,35	-38,10	127,0	-5,732	-108,2	114,6	-6,152	-2,889	135,9
<b>Lastfall 7.1.1</b>	4,243	-22,74	107,6	23,13	-79,43		-3,787	-2,493	129,3	5,763	-25,92	115,3	-6,248	-3,020	138,8

## Analys 6 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelse, N/S: 0mm/10mm

	S Pelarfot, nod 100			N Pelarfot, nod 103			Summa Reaktionskrafter			Summa yttre laster			Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	0,0360	0	39,34	-0,0010	0	0	-0,0010	-0,2587	523,6	0	0	-523,63	-0,0010	-0,2587	0,0070
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-0,0010	0	0	-0,0010	0	0	0,0043	0,0248	523,7	0	0	-523,63	0,0043	0,0248	0,0670
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0,0054	0	58,16	0,0016	0	18,24	-0,0590	-0,0773	523,7	0	0	-523,63	-0,0590	-0,0773	0,0670
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0,0405	0	44,11	0,0024	0	3,533	-0,0042	0,2737	523,5	0	0	-523,63	-0,0042	0,2737	-0,0900
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0,0327	0	35,75	-0,0010	0	0	0,0006	-0,0020	523,7	0	0	-523,63	0,0006	-0,0020	0,0170
<b>Lastfall 2.3.1</b>	0,0297	0	32,63	-0,0010	0	0	0,0017	0,0100	523,6	0	0	-523,63	0,0017	0,0100	-0,0030
<b>Lastfall 2.4.1</b>	0,0267	0	29,38	-0,0010	0	0	-0,0034	0,0090	523,6	0	0	-523,63	-0,0034	0,0090	-0,0530
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0,2275	0	242,5	0,1879	0	201,2	0,0064	-0,0970	1043	0	0	-1043,2	0,0064	-0,0970	-0,0200
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0,2023	0	215,7	0,1470	0	157,6	0,0033	-0,0880	913,0	0	0	-913,01	0,0033	-0,0880	0,0030
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0,0690	0	74,32	0,0282	0	31,05	-0,0048	-0,0776	583,7	0	0	-583,63	-0,0048	-0,0776	0,0270
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0,0897	0	96,26	0,0095	0	11,17	0,0052	-0,0795	583,6	0	0	-583,63	0,0052	-0,0795	-0,0130
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0,0399	0	43,40	0,0074	0	8,892	-0,0038	-0,0806	583,7	0	0	-583,63	-0,0038	-0,0806	0,0590
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0,1020	0	109,3	0,0578		62,67	0,0508	-0,0733	643,7	0	0	-643,63	0,0508	-0,0733	0,0770
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0,0687	0	73,97	0,0278	0	30,66	8,9957	-0,0714	583,7	-9,000	0	-583,63	-0,0043	-0,0714	0,0570
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0,0998	0	106,9	0,0554	0	60,08	60,00	-0,0799	643,5	-60,00	0	-643,6	-0,0028	-0,0799	-0,1030
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0,0997	0	106,8	0,0555	0	60,24	60,00	-15,00	643,6	-60,00	15,00	-643,6	0,0032	0,0050	-0,0430
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0,0329	0	36,02	0,0163	0	2,835	0,0112	-54,17	523,6	0	54,2	-523,6	0,0112	0,0107	-0,0780
<b>Lastfall 5.2.1</b>	0,0352	0	38,41	0	0	0,3901	-0,003	-16,247	523,6	0	16,25	-523,6	-0,0028	0,0078	-0,0329
<b>Lastfall 5.2.2</b>	0,0285	0	31,32	0,0065	0	7,993	0,0018	-130,64	523,4	0	130,6	-523,6	0,0018	0,0060	-0,1900
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0,0396	0	43,05	-0,0010	0	0	-0,0009	-100,00	523,6	0	100,0	-523,6	-0,0009	0,0050	-0,0830
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0,0428	0	46,44	-0,0010	0	0	-0,0023	-199,95	523,6	0	200,0	-523,6	-0,0023	0,0510	-0,0630
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0,0298	0	32,68	-0,0010	0	0	-0,0003	-54,17	523,7	0	54,18	-523,3	-0,0003	0,0097	0,3500

## Analys 6 - Förskjutningar

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 0mm/10mm

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<b>Permanent Last</b>	0	0	0	0	0	0	6,835	-1,565	0	8,103	-0,3382	0	2,888	2,239	-42,99	3,532	0,2070	-52,33
<b>Lastfall 1.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	4,542	-0,1397	0	4,528	0,4956	0	1,959	1,737	-33,22	1,937	-0,3412	-33,03
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,073	-1,589	0	8,381	-0,3444	0	2,936	2,247	-43,16	3,612	0,2179	-52,63
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0	-0,5419	0	0	0	0	13,90	-3,580	0	15,17	-1,036	0	4,481	0,9752	-41,77	5,126	0,0289	-51,24
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	-0,1687	0	0	0,9383	0,0000	0	1,308	3,165	-44,22	1,883	0,0823	-52,62
<b>Lastfall 2.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	-3,734	0	0	-2,454	0,0000	0	0,5024	3,606	-44,82	1,128	0,0104	-53,38
<b>Lastfall 2.4.1</b>	0	0	0	0	0	0	-7,305	0	0	-5,978	0,0000	0	-0,3047	3,998	-45,42	0,3254	-0,0957	-53,71
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0	-0,3627	0	0	0	0	8,036	-2,171	0	9,333	-0,0711	0	2,866	3,504	-44,77	3,506	-1,930	-54,24
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0	0	0	0	0	0	7,979	-2,082	0	9,257	0,0102	0	2,809	3,349	-44,53	3,449	-0,0856	-53,85
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,052	-1,552	0	8,377	-0,3028	0	2,866	2,249	-43,30	3,518	0,2183	-52,74
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0	0	0	0	0	0	7,188	-1,524	0	8,217	-0,3909	0	2,852	2,158	-43,49	3,532	0,1632	-52,57
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0	-0,3825	0	0	0	0	6,844	-1,551	0	8,142	-0,3098	0	2,899	3,078	-43,03	3,561	0,6374	-52,55
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,269	-1,582	0	8,634	-0,3179	0	2,844	2,243	-43,60	3,494	0,2180	-53,02
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,041	-1,579	0	8,364	-0,3305	0	2,859	2,243	-43,29	3,511	0,2136	-52,74
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,195	-1,582	0	8,549	-0,3239	0	2,798	2,241	-43,58	3,449	0,2118	-53,00
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,131	0	0	8,608	1,454	0	2,786	13,41	-43,58	3,460	7,509	-53,00
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	6,655	0	0	8,292	2,000	0	2,858	31,35	-42,96	3,571	20,4600	-52,49
<b>Lastfall 5.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	6,785	0	0	8,169	1,437	0	2,880	11,22	-42,98	3,548	6,438	-52,47
<b>Lastfall 5.2.2</b>	0	0	0	0	0,6241	0	6,400	0	0	8,539	2,947	0	2,812	72,08	-42,92	3,618	49,3700	-52,54
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0	0	0	0	0,1033	0	6,416	0	0	2,798	80,92	-43,02	8,394	2,628	0	3,564	51,80	-51,56
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0	0	0	0	1,3120	0	5,988	0	0	8,705	4,087	0	2,704	159,80	-43,05	3,606	103,7	-50,87
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	-0,3390	0	0	1,211	0,5854	0	1,280	31,94	-44,19	1,969	20,12	-53,45



## Analys 7 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelse, N/S: 10mm/0mm

	SV upplag, nod 106						NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>xy</sub> [kN]	α [°]		R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	5,258	11,97	135,9	<b>13,07</b>	<b>66,3</b>		7,314	-11,28	96,20	-6,298	-0,6378	126,0	-6,310	-0,0552	126,2
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-0,66	13,63	135,8	<b>13,65</b>	<b>92,78</b>		13,70	-13,56	126,6	-6,290	0,4341	126,1	-6,742	-0,4793	135,2
<b>Lastfall 1.2.1</b>	5,063	11,93	122,0	<b>12,96</b>	<b>67,0</b>		7,048	-11,23	81,73	-6,088	-0,6441	121,8	-6,092	-0,0491	121,8
<b>Lastfall 2.1.1</b>	-7,306	28,23	132,7	<b>29,16</b>	<b>104,5</b>		19,76	-27,91	93,05	-6,251	0,2116	125,1	-6,248	-0,3656	125,2
<b>Lastfall 2.2.1</b>	32,03	-14,55	135,7	<b>35,18</b>	<b>-24,43</b>		-32,10	15,51	97,32	-6,291	-22,37	125,8	6,323	21,42	126,5
<b>Lastfall 2.3.1</b>	34,36	-27,87	135,8	<b>44,24</b>	<b>-39,05</b>		-47,01	29,01	98,33	6,281	-35,38	125,6	6,341	34,24	126,8
<b>Lastfall 2.4.1</b>	48,28	-41,12	135,7	<b>63,42</b>	<b>-40,42</b>		-60,95	42,41	99,42	6,278	-47,17	125,6	6,359	45,88	127,2
<b>Lastfall 3.1.1</b>	3,243	19,94	116,9	<b>19,94</b>	<b>80,76</b>		17,22	-19,30	64,32	-10,12	0,3034	202,4	-10,770	-0,8402	216,0
<b>Lastfall 3.1.2</b>	7,784	11,80	80,84	<b>14,14</b>	<b>56,59</b>		12,75	-11,13	40,52	-10,13	0,2821	202,6	-10,75	-0,8649	215,8
<b>Lastfall 4.1.1</b>	5,763	11,95	123,2	<b>13,27</b>	<b>64,3</b>		7,734	-11,24	83,27	-6,72	-0,6444	134,4	-6,875	-0,0628	137,5
<b>Lastfall 4.1.2</b>	6,455	12,00	114,9	<b>13,63</b>	<b>61,7</b>		6,946	-11,30	91,33	-6,983	-1,6870	139,7	-6,518	0,9885	130,4
<b>Lastfall 4.1.3</b>	-5,682	35,88	162,6	<b>36,33</b>	<b>99,0</b>		18,24	-35,00	116,7	-6,302	-0,8277	126,0	-6,306	-0,0553	126,1
<b>Lastfall 4.2.1</b>	6,157	11,96	109,9	<b>13,45</b>	<b>62,8</b>		8,257	-11,24	70,35	-7,134	-0,6294	142,7	-7,440	-0,0811	148,8
<b>Lastfall 4.3.1</b>	10,27	11,96	123,4	<b>15,76</b>	<b>49,35</b>		12,23	-11,24	83,57	-6,724	-0,6459	134,5	-6,879	-0,0622	137,6
<b>Lastfall 4.4.1</b>	36,22	11,97	111,7	<b>38,15</b>	<b>18,29</b>		38,25	-11,25	72,32	-7,161	-0,6391	143,2	-7,470	-0,0771	149,4
<b>Lastfall 4.5.1</b>	39,69	9,352	111,6	<b>40,78</b>	<b>13,26</b>		34,78	-14,67	72,37	-7,144	-9,363	142,9	-7,482	-0,3171	149,8
<b>Lastfall 5.1.1</b>	9,475	1,322	132,7	<b>9,567</b>	<b>7,9</b>		3,024	-25,94	96,29	-6,144	-28,73	122,9	-6,394	-0,8283	128,9
<b>Lastfall 5.2.1</b>	6,523	8,779	134,9	<b>10,937</b>	<b>53,39</b>		6,038	-15,68	96,23	-6,252	-9,064	125,0	-6,345	-0,2894	127,0
<b>Lastfall 5.2.2</b>	25,53	-36,05	127,6	<b>44,17</b>	<b>-54,69</b>		-13,23	-29,03	96,76	-5,951	-63,87	119,0	-6,394	-1,692	132,3
<b>Lastfall 6.1.1</b>	26,30	-13,95	133,4	<b>29,77</b>	<b>-27,94</b>		-13,86	-29,59	98,62	-6,246	-55,14	124,9	-6,226	-1,314	127,3
<b>Lastfall 6.2.1</b>	56,80	-57,45	130,5	<b>80,79</b>	<b>-45,33</b>		-44,69	-30,28	100,9	-6,186	-109,9	123,7	-5,966	-2,359	128,3
<b>Lastfall 7.1.1</b>	28,86	-25,22	132,6	<b>38,33</b>	<b>-41,15</b>		-20,61	0,963	98,82	-6,138	-34,82	122,8	-2,143	4,896	129,7

## Analys 7 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 10mm/0mm

	S Pelarfot, nod 100			N Pelarfot, nod 103			Summa Reaktionskrafter			Summa yttre laster			Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	-0,0010	0	0	0,0360	0	39,4	-0,0011	-0,0030	523,7	0	0	-523,63	-0,0011	-0,0030	0,0670
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-0,0010	0	0	-0,0010	0	0	0,0043	0,0248	523,7	0	0	-523,63	0,0043	0,0248	0,0670
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0,0160	0	18,10	0,0536	0	58,23	0,0007	0,0068	523,7	0	0	-523,63	0,0007	0,0068	0,0270
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0,0029	0	4,094	0,0397	0	43,48	-0,0024	0,1660	523,6	0	0	-523,63	-0,0024	0,1660	-0,0090
<b>Lastfall 2.2.1</b>	-0,0010	0	0	0,0349	0	38,29	-0,0041	0,0100	523,6	0	0	-523,63	-0,0041	0,0100	-0,0230
<b>Lastfall 2.3.1</b>	-0,0010	0	0	0,0338	0	37,08	0,0047	0	523,6	0	0	-523,63	0,0047	0,0000	-0,0230
<b>Lastfall 2.4.1</b>	-0,0010	0	0	0,0325	0	35,76	-0,0015	0,0325	523,7	0	0	-523,63	-0,0015	0,0325	0,0470
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0,1898	0	202,3	0,2254	0	241,2	-0,0118	0,1032	1043	0	0	-1043,2	-0,0118	0,1032	-0,0600
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0,1646	0	175,6	0,1845	0	197,6	0,0031	0,0872	913,0	0	0	-913,0	0,0031	0,0872	-0,0470
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0,0313	0	34,26	0,0657	0	71,04	-0,0011	0,0028	583,7	0	0	-583,63	-0,0011	0,0028	0,0370
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0,0519	0	56,14	0,0471	0	51,23	-0,0010	0,0015	583,7	0	0	-583,63	-0,0010	0,0015	0,0670
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0,0021	0	3,300	0,0449	0	48,92	-0,0030	-0,0030	583,6	0	0	-583,63	-0,0030	-0,0030	-0,0130
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0,0643	0	69,23	0,0954	0	102,7	-0,0004	0,0095	643,7	0	0	-643,63	-0,0004	0,0095	0,0470
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0,0309	0	33,91	0,0653	0	70,65	8,9932	0,0119	583,6	-9,000	0	-583,63	-0,0068	0,0119	-0,0030
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0,0620	0	66,88	0,0929	0	100,10	59,99	0,0038	643,6	-60,00	0	-643,6	-0,0060	0,0038	-0,0330
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0,0619	0	66,70	0,0931	0	100,30	60,00	-15,00	643,7	-60,00	15,00	-643,6	-0,0010	0,0019	0,0370
<b>Lastfall 5.1.1</b>	-0,0010	0	0	0,0392	0	42,82	-0,0009	-54,18	523,6	0	54,2	-523,6	-0,0009	0,0064	-0,0230
<b>Lastfall 5.2.1</b>	-0,0010	0	0	0,03692	0	40,43	-0,0001	-16,254	523,6	0	16,25	-523,6	-0,0001	0,0004	-0,0730
<b>Lastfall 5.2.2</b>	-0,0010	0	0	0,0440		47,940	-0,0021	-130,64	523,6	0	130,6	-523,6	-0,0021	-0,0010	-0,0330
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0,0017	0	2,931	0,0332	0	36,49	0,0030	-99,99	523,6	0	100,0	-523,6	0,0030	0,0060	0,0080
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0,0080	0	6,382	0,0307	0	33,79	-0,0033	-199,99	523,6	0	200,0	-523,6	-0,0033	0,0110	-0,0610
<b>Lastfall 7.1.1</b>	-0,0010	0	0	0,0362	0	39,69	0,0042	-54,18	523,6	0	54,18	-523,6	0,0042	0,0017	-0,0230

# Analys 7 - Förskjutningar

Friktnskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 10mm/0mm

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<b>Permanent Last</b>	0	0	0	0	0	0	8,104	0	0	6,830	0,0598	0	3,545	1,711	-52,47	2,870	-0,0849	-42,81
<b>Lastfall 1.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	4,542	-0,1397	0	4,528	0,4956	0	1,959	1,737	-33,22	1,937	-0,3412	-33,03
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,366	0	0	7,090	0,0572	0	3,606	1,710	-52,81	2,941	-0,0783	-42,98
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0	0	0	0	0,5155	0	15,20	0,9744	0	13,87	2,2980	0	5,153	1,501	-51,43	4,453	0,6000	-41,59
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	0,7723	0	0	-0,0803	0	0	1,829	2,582	-52,16	1,320	-0,2532	-44,07
<b>Lastfall 2.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	-2,775	0	0	-3,566	0	0	1,013	2,973	-52,38	0,537	-0,3621	-44,69
<b>Lastfall 2.4.1</b>	0	0	0	0	0	0	-6,447	0	0	-7,055	0	0	0,1530	3,400	-52,21	-0,247	-0,4524	-45,31
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0	0	0	0	0,5090	0	9,330	0,6703	0	8,040	1,576	0	3,537	3,591	-54,42	2,834	-1,6680	-44,59
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0	0	0	0	0	0	9,273	0,5645	0	7,964	1,462	0	3,479	3,045	-54,19	2,777	-0,2336	-44,20
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,344	0	0	7,087	0,0649	0	3,535	1,705	-52,95	2,847	-0,0829	-43,09
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0	0	0	0	0	0	8,477	0	0	6,929	0,0000	0	3,521	1,615	-53,14	2,862	-0,1376	-42,92
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0	0	0	0	0,4176	0	8,135	0	0	6,852	0,0602	0	3,568	2,847	-52,68	2,891	0,6821	-42,90
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,561	0	0	7,343	0,0802	0	3,513	1,705	-53,25	2,824	-0,0789	-43,37
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,333	0	0	7,074	0,0641	0	3,529	1,705	-52,94	2,840	-0,0838	-43,09
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,487	0	0	7,258	0,0750	0	3,467	1,703	-53,23	2,779	-0,0850	-43,35
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,419	0	0	7,322	0,3103	0	3,454	12,53	-53,23	2,792	6,993	-43,35
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,807	0	0	7,004	0,9074	0	3,455	30,500	-51,61	2,902	19,95	-42,84
<b>Lastfall 5.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,015	0	0	6,882	0,314	0	3,518	10,35	-52,21	2,880	5,926	-42,82
<b>Lastfall 5.2.2</b>	0	0	0	0	0,8984	0	7,395	0	0	7,249	1,919	0	3,328	71,39	-50,40	2,948	49,01	-42,89
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0	0	0	0	0,3256	0	7,704	0	0	7,226	1,525	0	3,466	80,18	-52,67	2,957	51,43	-42,79
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0	0	0	0	1,511	0	7,279	0	0	7,626	3,015	0	3,373	159,0	-52,70	3,045	103,4	-42,76
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	0,5510	0	0	0	0	0	1,766	31,23	-51,53	1,328	19,70	-44,08

## Analys 8 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,2/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 0mm/0mm

	SV upplag, nod 106					NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>xy</sub> [kN]	α [°]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	-0,0206	13,39	135,8	<b>13,39</b>	<b>90,09</b>	13,26	-13,24	126,50	-6,298	0,2187	126,0	-6,755	-0,2927	135,2
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-0,6616	13,63	135,8	<b>13,65</b>	<b>92,78</b>	13,70	-13,56	126,6	-6,290	0,4341	126,1	-6,742	-0,4793	135,2
<b>Lastfall 1.2.1</b>	-0,5960	13,37	121,4	<b>13,38</b>	<b>92,55</b>	13,18	-13,22	112,00	-6,081	0,2177	121,7	-6,538	-0,2671	130,9
<b>Lastfall 2.1.1</b>	-7,108	24,46	132,3	<b>25,47</b>	<b>106,2</b>	20,04	-24,66	123,3	-6,237	0,4384	125,0	-6,699	-0,3819	134,2
<b>Lastfall 2.2.1</b>	23,07	-13,30	134,9	<b>26,63</b>	<b>-29,96</b>	-9,913	13,87	125,7	-6,335	-13,92	126,7	-6,817	13,35	136,3
<b>Lastfall 2.3.1</b>	24,65	-26,57	135,8	<b>36,24</b>	<b>-47,15</b>	-37,70	27,24	126,8	6,286	-24,4	125,7	6,765	23,75	135,3
<b>Lastfall 2.4.1</b>	38,92	-39,88	135,7	<b>55,72</b>	<b>-45,70</b>	-51,97	40,70	126,9	6,282	-36,58	125,7	6,769	35,77	135,4
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0,3520	19,03	116,4	<b>19,03</b>	<b>88,94</b>	20,57	-18,92	94,58	-10,08	0,8077	202,3	-11,210	-0,9100	225,0
<b>Lastfall 3.1.2</b>	3,424	13,25	80,33	<b>13,69</b>	<b>75,51</b>	17,56	-13,11	70,79	-10,10	0,8056	202,6	-11,20	-0,9145	224,8
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0,1227	13,40	122,6	<b>13,40</b>	<b>89,48</b>	13,85	-13,24	113,6	-6,713	0,2390	134,3	-7,320	-0,3069	146,5
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0,2851	13,44	114,3	<b>13,44</b>	<b>88,78</b>	13,59	-13,29	121,7	-6,976	0,1945	139,6	-6,966	-0,2508	139,4
<b>Lastfall 4.1.3</b>	-7,447	29,73	162,1	<b>30,65</b>	<b>104,1</b>	20,48	-29,39	146,9	-6,297	0,1414	126,0	-6,747	-0,3788	135,2
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0,5088	13,40	109,4	<b>13,41</b>	<b>87,83</b>	14,38	-13,24	100,6	-7,126	0,2555	142,6	-7,885	-0,3257	157,8
<b>Lastfall 4.3.1</b>	4,629	13,40	122,9	<b>14,18</b>	<b>70,94</b>	18,35	-13,24	113,9	-6,717	0,2390	134,4	-7,325	-0,3073	146,6
<b>Lastfall 4.4.1</b>	30,57	13,42	111,2	<b>33,39</b>	<b>23,70</b>	44,38	-13,25	102,6	-7,153	0,2539	143,2	-7,915	0,3303	158,4
<b>Lastfall 4.5.1</b>	34,32	10,78	111,0	<b>35,97</b>	<b>17,44</b>	40,60	-16,68	102,7	-7,141	-8,285	142,8	-7,899	-0,8087	158,8
<b>Lastfall 5.1.1</b>	5,657	0,1298	132,6	<b>5,658</b>	<b>1,314</b>	7,282	-25,32	126,60	-6,148	-27,79	123,0	-6,792	-1,2070	138,0
<b>Lastfall 5.2.1</b>	1,282	10,18	134,9	<b>10,26</b>	<b>82,82</b>	11,74	-17,65	126,5	-6,256	-8,052	125,1	-6,764	-0,7266	136,1
<b>Lastfall 5.2.2</b>	23,36	-40,23	127,6	<b>46,52</b>	<b>-59,86</b>	-10,63	-25,41	127,00	-5,955	-63,02	119,1	-6,783	-1,978	141,3
<b>Lastfall 6.1.1</b>	24,67	-18,72	132,9	<b>30,97</b>	<b>-37,19</b>	-11,84	-25,34	126,7	-6,243	-54,32	124,9	-6,587	-1,613	135,6
<b>Lastfall 6.2.1</b>	55,86	-62,83	130,0	<b>84,07</b>	<b>-48,36</b>	-43,37	-25,39	127,0	-6,183	-109,2	123,7	-6,311	-2,541	136,1
<b>Lastfall 7.1.1</b>	21,00	-23,84	132,6	<b>31,77</b>	<b>-48,62</b>	-8,036	-0,940	129,3	-6,143	-28,07	122,9	-6,816	-1,328	138,9

## Analys 8 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,2/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 0mm/0mm

	S Pelarfot, nod 100			N Pelarfot, nod 103			Summa Reaktionskrafter			Summa yttre laster			Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Permanent Last</b>	-0,0103	0	0,0379	0,0103	0	0	0,1864	0,0760	523,5	0	0	-523,63	0,1864	0,0760	-0,0951
<b>Lastfall 1.1.1</b>	-0,0103	0	0	-0,0103	0	0	-0,0143	0,0248	523,7	0	0	-523,63	-0,0143	0,0248	0,0670
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0,0167	0	18,75	0,0166	0	18,85	-0,0017	0,1006	523,6	0	0	-523,63	-0,0017	0,1006	-0,0330
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0,0328	0	4,649	0,0297	0	4,192	0,0585	-0,1435	523,6	0	0	-523,63	0,0585	-0,1435	0,0080
<b>Lastfall 2.2.1</b>	-0,0103	0	0	0,0103	0	0	0,0050	0,0000	523,6	0	0	-523,63	0,0050	0,0000	-0,0330
<b>Lastfall 2.3.1</b>	-0,0103	0	0	-0,0103	0	0	-0,0197	0,0200	523,6	0	0	-523,63	-0,0197	0,0200	-0,0330
<b>Lastfall 2.4.1</b>	-0,0103	0	0	-0,0103	0	0	-0,0197	-0,0003	523,7	0	0	-523,63	-0,0197	-0,0003	0,0670
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0,1904	0	203,0	0,1885	0	201,9	0,0109	0,0077	1043	0	0	-1043,2	0,0109	0,0077	0,0000
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0,1652	0	176,3	0,1475	0	158,3	-0,0033	0,0311	913,1	0	0	-913,0	-0,0033	0,0311	0,1130
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0,0319	0	34,91	0,0287	0	31,66	0,0003	0,0921	583,6	0	0	-583,63	0,0003	0,0921	-0,0630
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0,0526	0	56,85	0,0100	0	11,79	-0,0043	0,0937	583,6	0	0	-583,63	-0,0043	0,0937	0,0070
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0,0268	0	3,884	0,0794	0	9,609	0,0952	0,1026	583,7	0	0	-583,63	0,0952	0,1026	0,0600
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0,0649	0	69,88	0,0583	0	63,29	0,0011	0,0898	643,6	0	0	-643,63	0,0011	0,0898	-0,0630
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0,0316	0	34,55	0,0283	0	31,27	8,997	0,0917	583,6	-9,000	0	-583,63	-0,0031	0,0917	-0,0130
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0,0627	0	67,53	0,0559	0	60,70	60,00	0,7542	643,6	-60,00	0	-643,6	0,0006	0,7542	-0,0030
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0,0625	0	67,37	0,0562	0	60,90	60,00	-14,99	643,6	-60,00	15,00	-643,6	-0,0014	0,0063	-0,0630
<b>Lastfall 5.1.1</b>	-0,0103	0	0	0,0222	0	3,465	0,0109	-54,19	523,7	0	54,18	-523,6	0,0109	-0,0045	0,0320
<b>Lastfall 5.2.1</b>	-0,0103	0	0	0	0	1,04	-0,0083	-16,249	523,6	0	16,25	-523,7	-0,0083	0,0062	-0,0230
<b>Lastfall 5.2.2</b>	-0,0103	0	0	-0,0706	0	8,622	-0,0890	-130,64	523,6	0	130,6	-523,6	-0,0890	0,0030	-0,0110
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0,0226	0	3,490	-0,0103	0	0	0,0122	-99,99	523,6	0	100,0	-523,6	0,0122	0,0070	-0,0430
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0,0055	0	6,884	-0,0103	0	0	-0,0089	-200,0	523,7	0	200,0	-523,6	-0,0089	0,0390	0,0510
<b>Lastfall 7.1.1</b>	-0,0103	0	0	-0,0103	0	0	-0,0157	-54,18	523,7	0	54,18	-523,6	-0,0157	0,0045	0,0670

## Analys 8 - Förskjutningar

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,2/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 0mm/0mm

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<b>Permanent Last</b>	0	0	0	0	0	0	8,142	0,4140	0	8,132	1,047	0	3,564	2,355	-52,64	3,545	0,3794	-52,47
<b>Lastfall 1.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	4,542	-0,1397	0	4,528	0,4956	0	1,959	1,737	-33,22	1,937	-0,3412	-33,03
<b>Lastfall 1.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,381	0,5455	0	8,392	1,187	0	3,613	2,390	-52,81	3,615	0,4065	-52,63
<b>Lastfall 2.1.1</b>	0	0	0	0	0,7626	0	15,20	-2,418	0	15,18	-0,4820	0	5,156	1,421	-51,43	5,132	0,6532	-51,24
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	0,8492	0	0	1,011	0	0	1,861	2,989	-52,45	1,913	0,0556	-52,89
<b>Lastfall 2.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	-2,692	0	0	-2,379	0	0	1,048	3,414	-52,70	1,158	-0,0300	-53,65
<b>Lastfall 2.4.1</b>	0	0	0	0	0	0	-6,366	0	0	-5,911	0	0	0,1863	3,825	-52,51	0,3526	-0,1321	-53,96
<b>Lastfall 3.1.1</b>	0	0	0	0	0,6217	0	9,341	-0,6956	0	9,346	0,8109	0	3,541	3,899	-54,42	3,511	-1,396	-54,24
<b>Lastfall 3.1.2</b>	0	0	0	0	0	0	9,285	-0,4964	0	9,269	1,001	0	3,485	3,372	-54,19	3,453	0,0264	-53,86
<b>Lastfall 4.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,359	0,5052	0	8,388	1,153	0	3,542	2,376	-52,95	3,522	0,3961	-52,75
<b>Lastfall 4.1.2</b>	0	0	0	0	0	0	8,495	0,5659	0	8,228	1,098	0	3,529	2,292	-53,15	3,536	0,3456	-52,57
<b>Lastfall 4.1.3</b>	0	0	0	0	0,7912	0	8,150	0,7746	0	8,154	1,414	0	3,575	3,740	-52,68	3,566	1,380	-52,55
<b>Lastfall 4.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,576	0,5148	0	8,645	1,178	0	3,520	2,378	-53,26	3,499	0,4014	-53,02
<b>Lastfall 4.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,348	0,5095	0	8,375	1,157	0	3,536	2,376	-52,95	3,515	0,3958	-52,74
<b>Lastfall 4.4.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,502	0,5091	0	8,559	1,167	0	3,474	2,375	-53,24	3,453	0,3945	-53,00
<b>Lastfall 4.5.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,433	0	0	8,624	0,8830	0	3,460	13,09	-53,24	3,467	7,400	-53,00
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0	0	0	0	0,1269	0	7,842	0	0	8,307	1,477	0	3,472	31,11	-51,77	3,577	20,42	-52,50
<b>Lastfall 5.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	8,052	0	0	8,184	0,8793	0	3,537	10,90	-52,38	3,555	6,332	-52,48
<b>Lastfall 5.2.2</b>	0	0	0	0	1,171	0	7,429	0	0	8,553	2,494	0	3,344	72,07	-50,55	3,623	49,55	-52,54
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0	0	0	0	0,6232	0	7,717	0	0	8,436	2,066	0	3,472	80,83	-52,68	3,584	51,95	-51,75
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0	0	0	0	1,833	0	7,290	0	0	8,746	3,521	0	3,378	159,7	-52,71	3,626	103,90	-51,06
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	0,6150	0	0	1,241	0,2418	0	1,793	31,72	-51,79	1,983	20,07	-53,58

## Analys 2 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05 Pelares längd avvikelse, N/S: 0/0

	SV upplag, nod 106						
	R <sub>x</sub> , friktion [kN]	R <sub>y</sub> , friktion [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> , bult [kN]	R <sub>y</sub> , bult [kN]	R <sub>xy</sub> , bult [kN]	α [°]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	23,05	-13,25	135,7	0	0	0	
<b>Lastfall 2.3.1</b>	24,65	-26,57	135,8	0	0	0	
<b>Lastfall 2.4.1</b>	29,62	-28,33	135,7	0,1030	-0,0978	<b>0,1420</b>	<b>-43,51</b>
<b>Lastfall 5.1.1</b>	4,262	2,726	132,7	0	0,0	0	
<b>Lastfall 5.2.2</b>	16,56	-27,55	127,6	0	0	0	
<b>Lastfall 6.1.1</b>	17,89	-6,088	132,9	0	0	0	
<b>Lastfall 6.2.1</b>	10,28	-36,75	127,2	3,533	-16,52	<b>16,89</b>	<b>-77,93</b>
<b>Lastfall 7.1.1</b>	21,00	-23,84	132,6	0	0	0	

NV upplag, nod 107			
R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	
-9,961	13,8	126,6	
-37,70	27,24	126,8	
-42,41	28,98	126,9	
8,677	-27,92	126,6	
-3,816	-38,13	127,1	
-5,059	-38,00	126,7	
-14,78	-38,14	127,1	
-8,037	-0,9401	129,3	

SÖ upplag, nod 108			
R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	
-6,296	-12,31	125,9	
6,286	-24,40	125,7	
6,286	-32,98	125,7	
-6,148	-27,77	123,0	
-5,956	-62,99	119,1	
-6,243	-54,29	124,9	
6,158	-104,2	123,2	
-6,143	-28,07	122,9	

NÖ upplag, nod 109			
R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	
-6,768	11,8	135,4	
6,765	23,75	135,3	
6,765	32,41	135,3	
-6,793	-1,206	138,0	
-6,784	-1,975	141,3	
-6,586	-1,611	135,6	
-5,206	-4,342	135,6	
-6,817	-1,324	138,9	

## Analys 2 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 0/0

	S Pelarfot, nod 100		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<i>Lastfall 2.2.1</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 2.3.1</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 2.4.1</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 5.1.1</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 5.2.2</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 6.1.1</i>	0,00237	0	3,614
<i>Lastfall 6.2.1</i>	0,0090	0	10,53
<i>Lastfall 7.1.1</i>	-0,0010	0	0

	N Pelarfot, nod 103		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	-0,0010	0	0
	-0,0010	0	0
	-0,0010	0	0
	-0,0010	0	3,440
	0,0069	0	8,500
	-0,0010	0	0
	-0,0010	0	0
	-0,0010	0	0

	Summa Reaktionskrafter		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0,0229	0,0400	523,6
	0,00	0,0200	523,6
	0,3619	-0,0178	523,6
	-0,0041	-54,17	523,7
	0,0099	-130,6	523,6
	0,0033	-100,0	523,7
	-0,0071	-200,0	523,6
	0,0009	-54,2	523,7

	Summa yttre laster		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0	0	-523,63
	0	0	-523,63
	0	0	-523,63
	0	54,18	-523,6
	0	130,6	-523,6
	0	100,0	-523,6
	0	200,0	-523,6
	0	54,18	-523,6

	Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0,0229	0,0400	-0,0330
	-0,0011	0,0200	-0,0330
	0,3619	-0,0178	-0,0330
	-0,0041	0,0127	0,1070
	0,0099	-0,0040	-0,0330
	0,0033	0,0110	0,0810
	-0,0071	0,0480	-0,0030
	0,0009	0,0086	0,0670



## Analys 2 - Förskjutningar

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 0/0

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<i>Lastfall 2.2.1</i>	0	0	0	0	0	0	0,8496	0	0	1,012	0	0	1,861	2,989	-52,45	1,913	0,0556	-52,90
<i>Lastfall 2.3.1</i>	0	0	0	0	0	0	-2,692	0	0	-2,379	0	0	1,048	3,414	-52,70	1,158	-0,0300	-53,65
<i>Lastfall 2.4.1</i>	-0,3863	0,3666	0	0	0	0	-6,722	0	0	-5,942	0	0	-0,1865	3,801	-52,63	0,3394	-0,1584	-53,84
<i>Lastfall 5.1.1</i>	0	0	0	0	0	0	7,844	0	0	8,307	1,476	0	3,473	31,05	-51,78	3,577	20,36	-52,50
<i>Lastfall 5.2.2</i>	0	0	0	0	0,5515	0	7,434	0	0	8,552	2,490	0	3,347	71,79	-50,59	3,623	49,24	-52,54
<i>Lastfall 6.1.1</i>	0	0	0	0	0,0063	0	7,718	0	0	8,430	2,062	0	3,473	80,56	-52,68	3,581	51,65	-51,72
<i>Lastfall 6.2.1</i>	-13,25	61,95	0	0	70,09	0	-5,821	0	0	8,621	10,09	0	-9,822	206,60	-52,73	3,563	155,30	-50,60
<i>Lastfall 7.1.1</i>	0	0	0	0	0	0	0,6150	0	0	1,241	0,2420	0	1,793	31,72	-51,79	1,983	20,07	-53,58

### Analys 3 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05 Pelares längd avvikelse, N/S: 5mm/5mm

	SV upplag, nod 106							NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> , friktion [kN]	R <sub>y</sub> , friktion [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> , bult [kN]	R <sub>y</sub> , bult [kN]	R <sub>xy</sub> , bult [kN]	α [°]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	23,46	-13,34	125,2	0	0	0		-10,75	13,91	114,2	-6,138	-13,06	122,8	-6,581	12,53	131,6
<b>Lastfall 2.3.1</b>	25,93	-26,74	126,5	0	0	0		-38,67	27,45	114,0	6,146	-25,78	122,9	6,572	25,07	131,4
<b>Lastfall 2.4.1</b>	28,47	-25,97	128,5	0,1290	-0,1177	<b>0,1746</b>	<b>-42,38</b>	-41,39	26,66	115,4	6,177	-33,63	123,5	6,592	33,07	131,8
<b>Lastfall 5.1.1</b>	4,401	2,6	120,4	0,0	0,0	0		8,088	-27,75	111,7	-5,964	-27,8	119,3	-6,562	-1,220	133,5
<b>Lastfall 5.2.2</b>	16,39	-31,64	118,8	0,2369	-0,6337	<b>0,6765</b>	<b>-69,50</b>	-4,366	-33,68	112,3	-5,825	-62,64	116,5	-6,47	-2,217	136,8
<b>Lastfall 6.1.1</b>	19,21	-9,92	117,9	0	0	0		-6,864	-34,22	114,1	-6,019	-54,15	120,4	-6,366	-1,701	131,8
<b>Lastfall 6.2.1</b>	8,192	-32,63	112,2	4,664	-23,79	<b>24,24</b>	<b>-78,91</b>	-14,07	-35,35	117,8	5,934	-103,6	118,7	-4,755	-4,629	132,7
<b>Lastfall 7.1.1</b>	21,80	-24,12	124,1	0	0	0		-9,210	-0,5520	114,8	-6,014	-28,17	120,3	-6,590	-1,344	134,5

## Analys 3 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längdåvikelse, N/S: 5mm/5mm

	S Pelarfot, nod 100		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<i>Lastfall 2.2.1</i>	0,0119	0	13,66
<i>Lastfall 2.3.1</i>	0,0104	0	12,08
<i>Lastfall 2.4.1</i>	0,0079	0	9,496
<i>Lastfall 5.1.1</i>	0,0140	0	15,96
<i>Lastfall 5.2.2</i>	0,0098	0	11,47
<i>Lastfall 6.1.1</i>	0,02068	0	23,03
<i>Lastfall 6.2.1</i>	0,02745	0	30,09
<i>Lastfall 7.1.1</i>	0,0094	0	11,04

	N Pelarfot, nod 103		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0,0142	0	16,21
	0,0147	0	16,72
	0,0130	0	14,92
	0,02043	0	22,86
	0,0251	0	27,82
	0,1441	0	16,44
	0,0102	0	12,15
	0,0167	0	18,91

	Summa Reaktionskrafter		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0,0170	0,0400	523,7
	0,0030	0,0000	523,6
	-0,0011	0,0123	523,6
	-0,0026	-54,17	523,7
	0,0008	-130,8	523,7
	0,1258	-100,0	523,7
	0,0026	-200,0	523,6
	0,0121	-54,19	523,7

	Summa yttre laster		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0	0	-523,63
	0	0	-523,63
	0	0	-523,63
	0	54,18	-523,6
	0	130,6	-523,6
	0	100,0	-523,6
	0	200,0	-523,6
	0	54,18	-523,6

	Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0,0170	0,0400	0,0370
	0,0030	0	-0,0330
	-0,0011	0,0123	-0,0170
	-0,0026	0,0127	0,0870
	0,0008	-0,1697	0,0570
	0,1258	0,0090	0,0370
	0,0026	0,0010	0,0070
	0,0121	-0,0033	0,0170

## Analys 3 - Förskjutningar

Friktnskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 5mm/5mm

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<i>Lastfall 2.2.1</i>	0	0	0	0	0	0	0,3802	0	0	0,466	0	0	1,619	2,877	-49,03	1,631	-0,0721	-48,87
<i>Lastfall 2.3.1</i>	0	0	0	0	0	0	-3,115	0	0	-2,942	0	0	0,830	3,286	-49,64	0,8672	-0,1648	-49,51
<i>Lastfall 2.4.1</i>	-0,484	0,441	0	0	0	0	-7,147	0	0	-6,448	0	0	-0,453	3,667	-50,25	0,0774	-0,2935	-50,13
<i>Lastfall 5.1.1</i>	0	0	0	0	0	0	7,299	0	0	7,649	1,423	0	3,191	30,91	-47,79	3,237	20,20	-47,67
<i>Lastfall 5.2.2</i>	-0,888	2,376	0	0	3,594	0	6,164	0	0	7,888	2,798	0	2,261	73,48	-47,75	3,279	51,11	-47,71
<i>Lastfall 6.1.1</i>	0	0	0	0	0,199	0	7,061	0	0	7,869	2,102	0	3,132	80,57	-47,85	3,291	51,63	-47,61
<i>Lastfall 6.2.1</i>	-17,490	89,180	0	0	99,68	0	-10,71	0	0	8,202	12,37	0	-14,40	227,6	-47,90	3,347	178,2	-47,57
<i>Lastfall 7.1.1</i>	0	0	0	0	0	0	0,2333	0	0	0,605	0,123	0	1,596	31,55	-49,00	1,653	19,90	-48,90

## Analys 4 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05 Pelares längd avvikelse, N/S: 15mm/15mm

	SV upplag, nod 106							NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> , friktion [kN]	R <sub>y</sub> , friktion [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> , bult [kN]	R <sub>y</sub> , bult [kN]	R <sub>xy</sub> , bult [kN]	α [°]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	11,34	-13,35	94,36	0	0			-23,20	13,88	83,31	5,666	-13,00	113,3	6,106	12,51	122,1
<b>Lastfall 2.3.1</b>	20,62	-20,35	96,57	0,05705	-0,0539	<b>0,0785</b>	<b>-43,37</b>	-32,60	20,92	84,50	5,698	-23,64	114,00	6,125	23,11	122,5
<b>Lastfall 2.4.1</b>	22,46	-19,20	98,49	0,1989	-0,1701	<b>0,2617</b>	<b>-40,54</b>	-34,62	19,71	85,96	5,729	-30,96	114,6	6,146	30,62	122,9
<b>Lastfall 5.1.1</b>	5,332	-0,6066	90,57	0	0			6,154	-24,58	81,92	-5,515	-27,64	110,3	-6,075	-1,358	124,5
<b>Lastfall 5.2.2</b>	5,967	-25,77	88,18	3,117	-16,79	<b>17,08</b>	<b>-79,48</b>	1,269	-24,93	83,10	-5,375	-59,28	107,5	-5,086	-3,865	127,8
<b>Lastfall 6.1.1</b>	18,43	-18,82	87,80	0,0304	-0,0577	<b>0,0652</b>	<b>-62,20</b>	-7,542	-25,38	84,59	-5,570	-53,01	111,4	-5,729	-2,208	122,8
<b>Lastfall 6.2.1</b>	5,277	-24,09	82,19	7,525	-41,94	<b>42,61</b>	<b>-79,83</b>	-14,76	-26,45	88,16	5,485	-102,5	109,7	-3,642	-5,000	123,7
<b>Lastfall 7.1.1</b>	9,971	-24,13	93,28	0	0			-21,74	-0,0580	83,89	5,544	-28,22	110,9	6,126	-1,245	125,0

## Analys 4 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 15mm/15mm

	S Pelarfot, nod 100		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<i>Lastfall 2.2.1</i>	0,0498	0	53,95
<i>Lastfall 2.3.1</i>	0,0471	0	51,01
<i>Lastfall 2.4.1</i>	0,0447	0	48,64
<i>Lastfall 5.1.1</i>	0,0506	0	54,73
<i>Lastfall 5.2.2</i>	0,0473	0	51,12
<i>Lastfall 6.1.1</i>	0,05754	0	62,11
<i>Lastfall 6.2.1</i>	0,06427	0	69,03
<i>Lastfall 7.1.1</i>	0,0473	0	51,30

	N Pelarfot, nod 103		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0,0521	0	56,55
	0,0507	0	55,08
	0,0489	0	53,22
	0,05682	0	61,62
	0,0608	0	65,97
	0,0505	0	54,94
	0,0463	0	50,83
	0,0546	0	59,26

	Summa Reaktionskrafter		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0,0139	0,0400	523,6
	-0,0022	-0,0139	523,7
	0,0075	-0,0001	523,8
	0,0034	-54,18	523,6
	0	-130,6	523,7
	-0,2725	-99,48	523,6
	-0,0044	-200,0	523,6
	0,0029	-53,65	523,6

	Summa yttre laster		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0	0	-523,63
	0	0	-523,63
	0	0	-523,63
	0	54,18	-523,6
	0	130,6	-523,6
	0	100,0	-523,6
	0	200,0	-523,6
	0	54,18	-523,6

	Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0,0139	0,0400	-0,0630
	-0,0022	-0,0139	0,0270
	0,0075	-0,0001	0,1770
	0,0034	-0,0019	0,0070
	0	0,0060	0,0370
	-0,2725	0,5243	0,0070
	-0,0044	0,0200	-0,0230
	0,003	0,5297	-0,0030

## Analys 4 - Förskjutningar

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 15mm/15mm

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	-0,8687	0	0	-0,7793	0,000	0	0,9546	2,647	-39,38	0,9670	-0,3675	-39,23
<b>Lastfall 2.3.1</b>	-0,2139	0,2021	0	0	0	0	-4,642	0	0	-4,274	0,000	0	-0,063	3,044	-39,98	0,1813	-0,4750	-39,85
<b>Lastfall 2.4.1</b>	-0,7459	0,6378	0	0	0	0	-8,721	0	0	-7,783	0,000	0	-1,393	3,405	-40,59	-0,609	-0,6255	-40,46
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0	0	0	0	0,1563	0	5,982	0	0	6,331	1,415	0	2,510	30,74	-38,13	2,556	19,98	-38,01
<b>Lastfall 5.2.2</b>	-11,69	62,97	0	0	70,24	0	-5,921	0	0	6,540	8,240	0	-9,205	119,9	-38,08	2,584	101,9	-38,05
<b>Lastfall 6.1.1</b>	-1,140	2,162	0	0	3,398	0	4,616	0	0	6,539	2,642	0	1,317	82,13	-38,19	2,604	53,27	-37,95
<b>Lastfall 6.2.1</b>	-28,22	157,3	0	0	173,7	0	-22,75	0	0	6,874	17,88	0	-25,81	279,8	-38,23	2,660	235,4	-37,91
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	-1,017	0	0	-0,6399	0,1298	0	0,9313	31,32	-39,35	0,9900	19,60	-39,25

## Analys 5 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05 Pelares längd avvikelse, N/S: 30mm/30mm

	SV upplag, nod 106							NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> , friktion [kN]	R <sub>y</sub> , friktion [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> , bult [kN]	R <sub>y</sub> , bult [kN]	R <sub>xy</sub> , bult [kN]	α [°]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	9,828	-11,21	49,69	0,0170	-0,0194	<b>0,0258</b>	<b>-48,77</b>	-20,49	11,65	38,88	4,996	-12,34	99,93	5,435	11,94	108,7
<b>Lastfall 2.3.1</b>	11,73	-10,11	51,62	0,1577	-0,1356	<b>0,2080</b>	<b>-40,69</b>	-22,58	10,47	40,34	5,027	-19,75	100,5	5,456	19,53	109,1
<b>Lastfall 2.4.1</b>	12,94	-9,486	53,48	0,3213	-0,2344	<b>0,3977</b>	<b>-36,11</b>	-24,00	9,696	41,86	5,057	-26,30	101,1	5,477	26,33	109,5
<b>Lastfall 5.1.1</b>	6,788	-11,88	45,62	0,5698	-2,611	<b>2,672</b>	<b>-77,69</b>	2,443	-11,23	37,45	-4,842	-26,40	96,84	-5,176	-2,003	111,0
<b>Lastfall 5.2.2</b>	1,962	-12,76	43,02	6,721	-42,94	<b>43,46</b>	<b>-81,10</b>	-10,30	-11,36	37,86	4,679	-58,94	93,58	-3,279	-4,679	114,3
<b>Lastfall 6.1.1</b>	2,581	-12,24	41,70	3,748	-21,61	<b>21,93</b>	<b>-80,16</b>	-7,485	-12,06	40,21	4,875	-50,30	97,50	-3,938	-3,787	109,3
<b>Lastfall 6.2.1</b>	2,243	-10,99	37,40	11,79	-69,34	<b>70,34</b>	<b>-80,35</b>	-16,70	-13,05	43,51	4,811	-101,7	96,22	-2,369	-4,976	110,2
<b>Lastfall 7.1.1</b>	4,582	-13,85	48,61	0,0391	-0,1128	<b>0,1194</b>	<b>-70,89</b>	-15,26	-10,91	39,44	4,874	-28,82	97,49	5,557	-0,4985	111,6



## Analys 5 - Reaktionskrafter

	S Pelarfot, nod 100			N Pelarfot, nod 103			Summa Reaktionskrafter			Summa yttre laster			Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0,0105	0	112,0	0,1064	0	114,4	-0,0971	0,0206	523,6	0	0	-523,63	-0,0971	0,0206	-0,0330
<b>Lastfall 2.3.1</b>	0,1022	0	109,5	0,1046	0	112,5	-0,0025	0,0044	523,6	0	0	-523,63	-0,0025	0,0044	-0,0730
<b>Lastfall 2.4.1</b>	0,0999	0	107,0	0,1028	0	110,6	-0,0020	0,0056	523,5	0	0	-523,63	-0,0020	0,0056	-0,0930
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0,1057	0	113,1	0,1112	0	119,6	-0,0003	-54,12	523,6	0	54,18	-523,6	-0,0003	0,0587	-0,0230
<b>Lastfall 5.2.2</b>	0,1030	0	110,1	0,1157	0	124,8	0,0017	-130,7	523,7	0	130,6	-523,6	0,0017	-0,0380	0,0300
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0,1143	0	122,1	0,1047	0	112,8	0	-100,0	523,6	0	100,0	-523,3	0	0,0030	0,2800
<b>Lastfall 6.2.1</b>	0,1194	0	127,3	0,1006	0	109,0	-0,0050	-200,1	523,6	0	200,0	-523,6	-0,0050	-0,0560	-0,0030
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0,1021	0	109,4	0,1089	0	117,1	0,0031	-54,19	523,6	0	54,18	-523,6	0,0031	-0,0086	0,0070

## Analys 5 - Förskjutningar

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 30mm/30mm

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	-0,0637	0,0727	0	0	0	0	-2,913	0	0	-2,767	0	0	-0,132	2,299	-24,89	-0,0580	-0,8133	-24,74
<b>Lastfall 2.3.1</b>	-0,5915	0,5084	0	0	0	0	-6,987	0	0	-6,276	0	0	-1,458	2,661	-25,49	-0,8484	-0,9622	-25,35
<b>Lastfall 2.4.1</b>	-1,205	0,8790	0	0	0	0	-11,14	0	0	-9,788	0	0	-2,869	2,970	-26,10	-1,6400	-1,170	-25,97
<b>Lastfall 5.1.1</b>	-2,136	9,790	0	0	11,72	0	1,881	0	0	4,344	2,466	0	-0,6434	38,15	-23,63	1,529	28,02	-23,52
<b>Lastfall 5.2.2</b>	-25,20	161,0	0	0	175,9	0	-21,36	0	0	4,578	15,18	0	-23,73	195,1	-23,59	1,568	184,4	-23,56
<b>Lastfall 6.1.1</b>	-14,05	81,04	0	0	89,63	0	-10,19	0	0	4,543	9,170	0	-12,60	142,5	-23,70	1,573	119,4	-23,46
<b>Lastfall 6.2.1</b>	-44,21	260,0	0	0	285,4	0	-40,71	0	0	4,883	26,12	0	-42,81	358,6	-23,72	1,631	321,7	-23,42
<b>Lastfall 7.1.1</b>	-0,1465	0,4229	0	0	0	0	-3,147	0	0	-2,625	0,2384	0	-0,2377	31,07	-24,86	-0,0347	19,26	-24,76

## Analys 6 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05 Pelares längd avvikelse, N/S: 0mm/10mm

	SV upplag, nod 106							NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> , friktion [kN]	R <sub>y</sub> , friktion [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> , bult [kN]	R <sub>y</sub> , bult [kN]	R <sub>xy</sub> , bult [kN]	α [°]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	2,229	-12,07	108,4	0	0	0	0	-1,357	12,16	126,6	5,881	-2,914	117,6	-6,763	2,862	135,3
<b>Lastfall 2.3.1</b>	16,27	-25,44	110,7	0	0	0	0	-28,97	25,65	126,8	5,913	-14,75	118,3	6,760	14,55	135,2
<b>Lastfall 2.4.1</b>	21,40	-26,22	112,8	0,09474	-0,1156	<b>0,1495</b>	<b>-50,66</b>	-34,22	26,51	126,9	5,945	-24,44	118,9	6,761	24,26	135,2
<b>Lastfall 5.1.1</b>	-1,288	4,026	104,9	0	0	0	0	13,69	-29,78	127,1	-5,736	-26,79	114,7	-6,709	-1,617	138,0
<b>Lastfall 5.2.2</b>	11,97	-28,63	103,4	-0,0665	0,6690	<b>0,6723</b>	<b>95,68</b>	0,3041	-38,28	127,6	-5,598	-62,00	112,0	-6,643	-2,409	141,3
<b>Lastfall 6.1.1</b>	12,98	-6,672	102,5	0	0	0	0	-0,7614	-38,02	126,7	-5,792	-53,27	115,8	-6,466	-2,024	135,5
<b>Lastfall 6.2.1</b>	6,685	-28,35	97,11	4,717	-25,30	<b>25,74</b>	<b>-79,44</b>	-12,18	-38,15	127,2	5,707	-103,6	114,1	-4,970	-4,608	135,5
<b>Lastfall 7.1.1</b>	4,245	-22,74	107,6	0	0	0	0	-3,787	-2,4930	129,3	5,763	-25,93	115,3	-6,248	-3,021	138,8

## Analys 6 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 0mm/10mm

	S Pelarfot, nod 100		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<i>Lastfall 2.2.1</i>	0,0327	0	35,75
<i>Lastfall 2.3.1</i>	0,0297	0	32,63
<i>Lastfall 2.4.1</i>	0,0271	0	29,82
<i>Lastfall 5.1.1</i>	0,0329	0	36,03
<i>Lastfall 5.2.2</i>	0,0286	0	31,38
<i>Lastfall 6.1.1</i>	0,03956	0	43,05
<i>Lastfall 6.2.1</i>	0,04593	0	49,67
<i>Lastfall 7.1.1</i>	0,0298	0	32,68

	N Pelarfot, nod 103		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	-0,0010	0	0
	-0,0010	0	0
	-0,0010	0	0
	0,00163	0	2,834
	0,0064	0	7,922
	-0,0010	0	0
	-0,0010	0	0
	-0,0010	0	0

	Summa Reaktionskrafter		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0,0216	0,0380	523,7
	0,0017	0,0100	523,6
	0,0068	-0,0056	523,6
	-0,0084	-54,16	523,6
	0,0015	-130,7	523,6
	-0,0009	-100,0	523,6
	0,0039	-200,0	523,6
	0,0017	-54,18	523,7

	Summa yttre laster		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0	0	-523,63
	0	0	-523,63
	0	0	-523,63
	0	54,18	-523,6
	0	130,6	-523,6
	0	100,0	-523,3
	0	200,0	-523,6
	0	54,18	-523,6

	Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0,0216	0,0380	0,0170
	0,0017	0,0100	-0,0030
	0,0068	-0,0056	-0,0130
	-0,0084	0,0217	-0,0690
	0,0015	-0,0090	-0,0280
	-0,0009	0,0140	0,2200
	0,0039	-0,0080	-0,0530
	0,0017	-0,0013	0,0470

## Analys 6 - Förskjutningar

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 0mm/10mm

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	-0,1687	0	0	0,9383	0	0	1,308	3,165	-44,22	1,308	3,165	-44,22
<b>Lastfall 2.3.1</b>	0	0	0	0	0	0	-3,734	0	0	-2,454	0	0	0,5024	3,606	-44,82	1,128	0,0104	-53,38
<b>Lastfall 2.4.1</b>	-0,3552	0,4334	0	0	0	0	-7,645	0	0	-6,008	0	0	-0,6546	4,010	-45,42	0,31	-0,0836	-53,60
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	6,655	0	0	8,292	2,000	0	2,858	31,35	-42,96	3,571	20,46	-52,49
<b>Lastfall 5.2.2</b>	0,2495	-2,508	0	0	-2,012	0	6,651	0	0	8,538	2,810	0	3,062	70,15	-42,92	3,617	47,24	-52,54
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0	0	0	0	0,1033	0	6,416	0	0	8,394	2,628	0	2,798	80,92	-43,02	3,564	51,80	-51,56
<b>Lastfall 6.2.1</b>	-17,69	94,86	0	0	105,4	0	-11,57	0	0	8,595	12,97	0	3,778	111,1	-20,88	-14,89	220,9	-40,12
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	-0,3390	0	0	1,211	0,5854	0	1,280	31,94	-44,19	1,969	20,12	-53,45

## Analys 7 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05 Pelares längd avvikelse, N/S: 10mm/0mm

	SV upplag, nod 106							NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> , friktion [kN]	R <sub>y</sub> , friktion [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> , bult [kN]	R <sub>y</sub> , bult [kN]	R <sub>xy</sub> , bult [kN]	α [°]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	32,05	-14,53	135,7	0	0	0		-32,10	15,53	97,32	-6,291	-22,37	125,8	6,233	21,42	126,5
<b>Lastfall 2.3.1</b>	32,03	-25,17	135,8	0,0526	-0,0222	<b>0,0571</b>	<b>-22,84</b>	-44,71	26,30	98,41	6,282	-34,40	125,6	6,341	33,33	126,8
<b>Lastfall 2.4.1</b>	32,84	-24,09	135,7	0,177	-0,1312	<b>0,2203</b>	<b>-36,55</b>	-45,69	25,06	99,96	6,284	-40,62	125,7	6,363	39,79	127,3
<b>Lastfall 5.1.1</b>	9,478	1,322	132,7	0	0	0		3,024	-25,94	96,29	-6,144	-28,73	122,9	-6,394	-0,8284	128,9
<b>Lastfall 5.2.2</b>	16,42	-34,56	127,6	0,766	-2,455	<b>2,572</b>	<b>-72,67</b>	-5,128	-29,19	97,31	-5,959	-61,96	119,2	-6,141	-2,451	132,2
<b>Lastfall 6.1.1</b>	26,29	-13,95	133,4	0	0	0		-13,86	-29,59	98,62	-6,246	-55,14	124,9	-6,226	-1,314	127,3
<b>Lastfall 6.2.1</b>	9,668	-36,92	127,2	4,944	-24,1	<b>24,58</b>	<b>-78,40</b>	-16,47	-30,82	102,7	6,161	-103,5	123,2	-4,342	-4,714	128,2
<b>Lastfall 7.1.1</b>	28,86	-25,22	132,6	0	0	0		-20,61	0,9630	98,82	-6,138	-34,82	122,8	-2,143	4,489	129,7

## Analys 7 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 10mm/0mm

	S Pelarfot, nod 100		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<i>Lastfall 2.2.1</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 2.3.1</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 2.4.1</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 5.1.1</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 5.2.2</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 6.1.1</i>	0,00173	0	2,931
<i>Lastfall 6.2.1</i>	0,00895	0	10,47
<i>Lastfall 7.1.1</i>	-0,0010	0	0

	N Pelarfot, nod 103		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0,0349	0	38,29
	0,0337	0	36,97
	0,0318	0	35,00
	0,03917	0	42,82
	0,0434	0	47,35
	0,0332	0	36,49
	0,0287	0	31,83
	0,0362	0	39,69

	Summa Reaktionskrafter		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	-0,0741	0,0500	523,6
	0,0282	0,0378	523,6
	0,0048	0,0088	523,7
	0,0021	-54,18	523,6
	0,0004	-130,6	523,7
	-0,0070	-100,0	523,6
	-0,0014	-200,0	523,6
	0,004	-54,59	523,6

	Summa yttre laster		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0	0	-523,63
	0	0	-523,63
	0	0	-523,63
	0	54,18	-523,6
	0	130,641	-523,6
	0	100,0	-523,6
	0	200,0	-523,6
	0	54,18	-523,6

	Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	-0,0741	0,0500	-0,0230
	0,0282	0,0378	-0,0530
	0,0048	0,0088	0,0270
	0,0021	0,0063	-0,0230
	0,0004	0,0250	0,0270
	-0,0070	0,0060	0,0080
	-0,0014	-0,0340	-0,0330
	0,0042	-0,4053	-0,0230

## Analys 7 - Förskjutningar

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,3/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 10mm/0mm

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	0,7723	0	0	-0,080	0	0	1,829	2,582	-52,16	1,320	-0,2532	-44,07
<b>Lastfall 2.3.1</b>	-0,0947	0,0830	0	0	0	0	-2,862	0	0	-3,569	0	0	0,9218	2,966	-52,41	0,5358	-0,3701	-44,69
<b>Lastfall 2.4.1</b>	-0,6663	0,4921	0	0	0	0	-7,059	0	0	-7,083	0	0	-0,490	3,319	-52,41	-0,2561	-0,5430	-45,30
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	7,807	0	0	7,004	0,9074	0	3,455	30,50	-51,61	2,902	19,95	-42,84
<b>Lastfall 5.2.2</b>	-2,872	9,204	0	0	11,61	0	4,570	0	0	7,226	3,309	0	0,479	78,35	-50,58	2,937	56,59	-42,88
<b>Lastfall 6.1.1</b>	0	0	0	0	0,3256	0	7,704	0	0	7,226	1,525	0	3,466	80,18	-52,67	2,957	51,43	-42,79
<b>Lastfall 6.2.1</b>	-18,54	90,29	0	0	101,5	0	-11,10	0	0	7,546	12,29	0	-15,11	228,0	-52,72	3,007	178,8	-42,75
<b>Lastfall 7.1.1</b>	0	0	0	0	0	0	0,5510	0	0	0	0	0	1,766	31,23	-51,53	1,328	19,70	-44,08



## Analys 8 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,2/0,05 Pelares längd avvikelse, N/S: 0mm/0mm

	SV upplag, nod 106							NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109		
	R <sub>x</sub> , friktion [kN]	R <sub>y</sub> , friktion [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> , bult [kN]	R <sub>y</sub> , bult [kN]	R <sub>xy</sub> , bult [kN]	α [°]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	23,05	-13,25	135,7	0	0			-9,961	13,80	126,6	-6,296	-12,31	125,9	-6,768	11,8	135,4
<b>Lastfall 2.3.1</b>	18,86	-19,54	135,8	0,0602	-0,0608	<b>0,0855</b>	<b>-45,27</b>	-31,97	20,11	126,8	6,288	-22,31	125,8	6,763	21,79	135,3
<b>Lastfall 2.4.1</b>	20,30	-18,03	135,8	0,2035	-0,1807	<b>0,2721</b>	<b>-41,60</b>	-33,56	18,53	126,8	6,289	-29,38	125,8	6,762	29,07	135,2
<b>Lastfall 5.1.1</b>	5,663	0,1207	132,6	0	0			7,282	-25,32	126,6	-6,148	-27,78	123,0	-6,792	-1,207	138,0
<b>Lastfall 5.2.2</b>	5,878	-24,81	127,5	3,179	-17,20	<b>17,49</b>	<b>-79,53</b>	3,013	-25,56	127,8	-5,966	-59,53	119,3	-6,109	-3,545	141,3
<b>Lastfall 6.1.1</b>	18,43	-19,03	132,5	0,3657	-0,4885	<b>0,6102</b>	<b>-53,18</b>	-6,095	-25,36	126,8	-6,243	-53,06	124,9	-6,460	-2,045	135,5
<b>Lastfall 6.2.1</b>	5,461	-24,78	126,8	7,606	-42,21	<b>42,89</b>	<b>-79,79</b>	-14,68	-25,44	127,2	6,155	-102,6	123,1	-4,554	-5,018	135,5
<b>Lastfall 7.1.1</b>	17,91	-19,56	132,6	0,03712	-0,0367	<b>0,0522</b>	<b>-44,70</b>	-5,042	-5,288	129,3	-6,144	-27,72	122,9	-6,760	-1,584	138,9

## Analys 8 - Reaktionskrafter

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,2/0,05

Pelares längd avvikelser, N/S: 0mm/0mm

	S Pelarfot, nod 100		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
<i>Lastfall 2.2.1</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 2.3.1</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 2.4.1</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 5.1.1</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 5.2.2</i>	-0,0010	0	0
<i>Lastfall 6.1.1</i>	0,00273	0	3,986
<i>Lastfall 6.2.1</i>	0,0095	0	10,95
<i>Lastfall 7.1.1</i>	-0,0103	0	0

	N Pelarfot, nod 103		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	-0,0010	0	0
	-0,0010	0	0
	-0,0010	0	0
	0,00222	0	3,465
	0,0061	0	7,739
	-0,0010	0	0
	-0,0010	0	0
	-0,0010	0	0

	Summa Reaktionskrafter		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0,02	0,0	523,6
	0,00	0,0	523,7
	-0,01	0,0	523,6
	0,01	-54,2	523,7
	0,00	-130,6	523,6
	0,00	-100,0	523,7
	0,00	-200,0	523,6
	-0,01	-54,2	523,7

	Summa yttre laster		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0	0	-523,63
	0	0	-523,63
	0	0	-523,63
	0	54,18	-523,6
	0	130,6	-523,6
	0	100,0	-523,3
	0	200,0	-523,6
	0	54,18	-523,6

	Kontroll av jämvikt		
	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
	0,0229	0,0400	-0,0330
	-0,0009	-0,0108	0,0670
	-0,0076	0,0093	-0,0330
	0,0062	-0,0036	0,0320
	0	-0,0040	0,0090
	-0,0006	0,0165	0,3560
	-0,0035	-0,0480	-0,0830
	-0,0103	-0,0060	0,0670

## Analys 8 - Förskjutningar

Friktionskoefficient, Ö/V: 0,2/0,05

Pelares längdavvikelse, N/S: 0mm/0mm

	SV upplag, nod 106			NV upplag, nod 107			SÖ upplag, nod 108			NÖ upplag, nod 109			S Pelartopp, nod 19			N Pelartopp, nod 22		
	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]	u <sub>x</sub> [mm]	u <sub>y</sub> [mm]	u <sub>z</sub> [mm]
<b>Lastfall 2.2.1</b>	0	0	0	0	0	0	0,8496	0	0	1,012	0	0	1,861	2,989	-52,45	1,913	0,0556	-52,90
<b>Lastfall 2.3.1</b>	-0,2257	0,2278	0	0	0	0	-2,900	0	0	-2,397	0	0	0,8299	3,405	-52,77	1,151	-0,0403	-53,59
<b>Lastfall 2.4.1</b>	-0,7630	0,6776	0	0	0	0	-7,069	0	0	-5,971	0	0	-0,5501	3,761	-52,74	0,3267	-0,2013	-53,73
<b>Lastfall 5.1.1</b>	0	0	0	0	0,1269	0	7,842	0	0	8,307	1,477	0	3,472	31,11	-51,77	3,472	31,11	-51,77
<b>Lastfall 5.2.2</b>	-11,92	64,48	0	0	71,85	0	-4,408	0	0	8,513	8,482	0	-8,534	121,4	-50,87	3,605	103,6	-52,53
<b>Lastfall 6.1.1</b>	-1,371	1,831	0	0	3,184	0	6,362	0	0	8,403	2,713	0	2,108	82,16	-52,68	3,568	53,37	-51,63
<b>Lastfall 6.2.1</b>	-28,52	158,2	0	0	174,9	0	-21,07	0	0	8,590	17,91	0	-25,08	280,8	-52,72	3,548	236,6	-50,50
<b>Lastfall 7.1.1</b>	-0,1392	0,1377	0	0	0	0	0,4823	0	0	1,235	0,2934	0	1,658	31,73	-51,81	1,980	20,06	-53,56