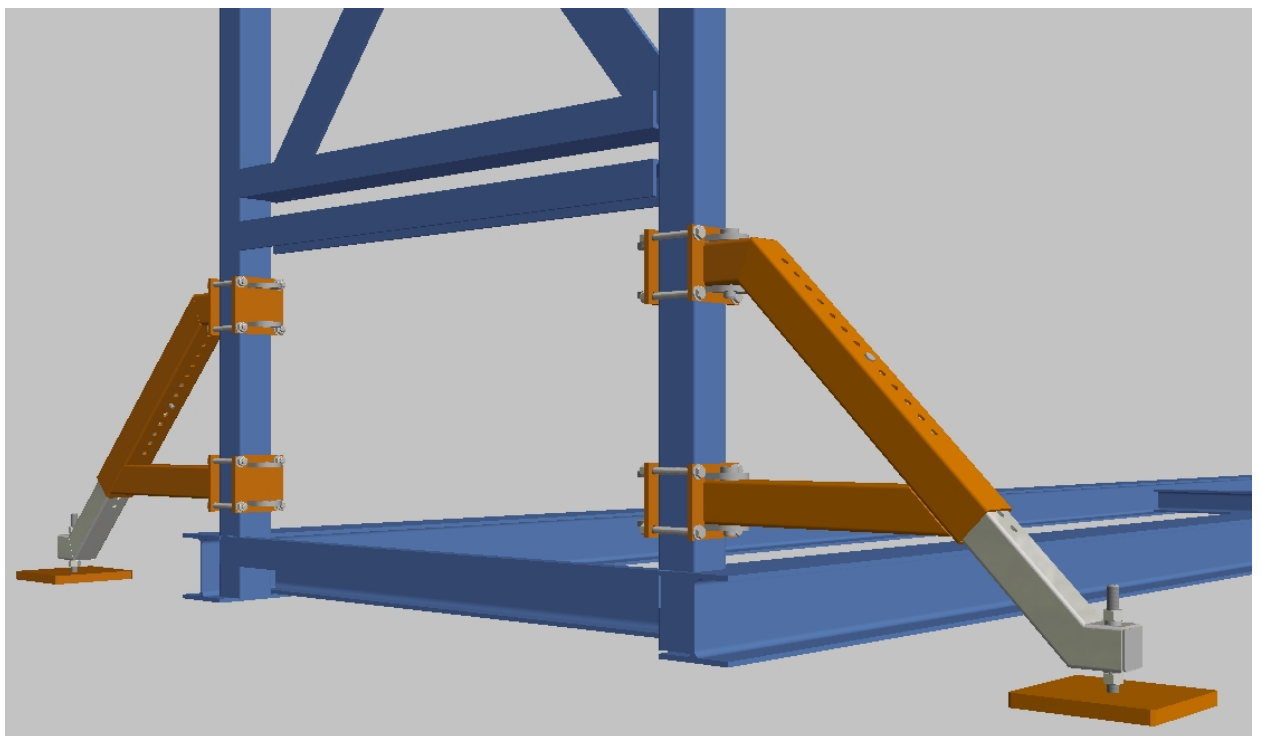


LOSSNINGSSÄKRING AV BYGELTRAILER

Konstruktion av stödben



SKANSKA SVERIGE AB

2018

FÖRORD

Tack till alla inblandade i projektet och ett speciellt tack till SBUF som med sin verksamhet bidrar till att svensk byggindustri utvecklas!

Medverkande i projektet:

Projektledning: Mikael Johansson / Martin Blohm, Skanska Sverige AB, Teknik

Beräkning: Tobias Eriksson / Patrik Thorsson, Skanska Sverige AB, Teknik

Konstruktion: Mikael Johansson / Håkan Svensson, Skanska Sverige AB, Teknik

Diverse: Martin Jönsson, praktikant från CTH

Styrgrupp:

Åsa Åkerblom, Skanska Sverige AB, Arbetsmiljö och säkerhet

Pertti Johansson, Skanska Sverige AB, Teknik

Referensgrupp:

Mikael Arnudd, Mantum Logistics (VD)

Jonas Celander, Skanska Sverige AB, Inköp (Ansvarig betong)

Bengt Wansulin, Skanska Stomsystem AB (Lossningsledare)

Dick Sjölund – NCC

Stefan Ronquist – Heidelberg Cement

Huvudförfattare till rapport: Mikael Johansson / Martin Blohm, Skanska Sverige AB, Teknik

Göteborg, Februari 2018

SAMMANFATTNING

Att lossa tunga prefabricerade betongelement på byggarbetsplatser kan vara ett farligt arbete. Betongelementen transporteras ofta stående till arbetsplatsen med så kallade bygeltrailers. Bygeltrailerns golv består av ett flak som kan ställas ned på backen och lösgöras från trailern. Bygelflak är i sin konstruktion relativt smala, vilket gör dem instabila då de är lastade med höga stående betongelement. Bygelflak med betongelement utgör därmed en vältrisk på arbetsplatsen om de lastas av fel, utsätts för hård vind, blir påkörda, ställs på lutande mark eller mark med dålig bärighet.

Syftet med detta SBUF-projekt är att ta fram en enkel säkerhetsförbättrande produkt som lösning på ovanstående problem. Arbetet har resulterat i ett komplett tillverkningsunderlag, samt en tillverkad prototyp på stödben som väsentligt förbättrar bygelflakens stabilitet. Praktiska prov med stödbenen har ej varit möjligt att genomföra, istället har teoretiska stabilitetsberäkningar utförts. Beräkningarna visar på väsentligt ökad stabilitet jämfört med bygelflak utan stödben. Detta gäller oavsett om bygelflaket blir utsatt för vindlast, lutande underlag, förskjuten tyngdpunkt eller mark med dålig bärighet. Stödbenen kan monteras på de flesta typer av bygelflak, och kan följa med bygelflaket alternativt förvaras på arbetsplatsen.

Projektets syfte att ta fram en enkel lösning för att öka stabiliteten, har därmed uppnåtts. Nästa steg är att utföra praktiska tester av stödbenen, där man också utvärderar hantering och användande över tid.

INNEHÅLL

1. BAKGRUND.....	4
2. SYFTE	5
3. AVGRÄNSNINGAR.....	5
4. METODIK.....	5
5. KONSTRUKTIONEN	6
6. FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR ANVÄNDNING	8
7. INSTRUKTIONER VID ANVÄNDNING.....	8
8. TEORETISKA STABILITETSBERÄKNINGAR	9
9. RESULTAT OCH SLUTSATSER	15

1. BAKGRUND

Transport och hantering av betongelement till byggnadsverk är förknippat med farliga lyft. Tillbud och olyckor sker allt för ofta och beror både på att man ibland inte följer de föreskrifter som finns, men också på att metoder och hjälpmedel som finns är farliga i sig. Skanska har följt upp och utrett var de största riskerna finns och hur man effektivast skulle kunna göra hanteringen säkrare för de som jobbar med detta.

I undersökningen har åtta olika företag inom betongelement- och transportbranschen intervjuats för att undersöka och studera hur de jobbar, vilka risker som finns och hur hjälpmedel skulle kunna utformas för att hanteringen skulle bli säkrare.

I dessa undersökningar har det mottagits som väldigt positivt att vi vill driva denna fråga.

Ett vanligt transportsätt som studerats är en så kallad bygeltrailer. Detta är en bäranordning som betongelementen lastas i stående på sidan jämte varandra. Hela bygelflaket lastas av på byggarbetsplatsen och lastbilen kan därefter köra därifrån.

Elementen lossas därefter ur bygelflaket ett och ett.

Det som är farligt i detta skede är att bygelflaket med elementen har en ganska hög tyngdpunkt och bygelflakets bas är relativt smal. Detta medför att hela paketet är känsligt stabilitetsmässigt och lätt kan komma i obalans och välta. Ytterligare saker som kan förvärra situationen är om uppställningsplatsen där mellanlagringen sker har dålig bärighet eller inte är tillräckligt plan.

Vid lossning av elementen i tur och ordning från ett håll, blir också bygelflaket mer instabilt genom förskjutning av paketets tyngdpunkt, vilket gör att man måste vara noggrann med att arbeta på rätt sätt för att bibehålla balans och tyngdpunkt.

En annan sak som kan hända är att bygelflaket får en knuff vid lossning alternativt av ett fordon eller maskin, som orsakar att bygelflaket välter.

Betongelementen är tunga och välter dessa är risken för allvarliga tillbud, olyckor eller olyckor med dödlig utgång stor.

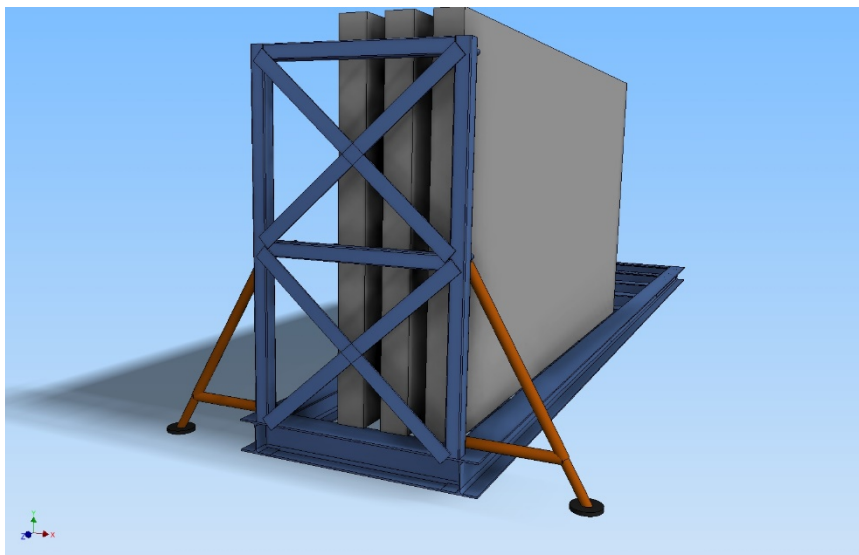


Bild 1.1. Bygelflak med tidigt förslag på stöd

I transportbranschen precis som byggbranschen tar man säkerhetsaspekten på allvar, men man har inga eller få egna möjligheter att utveckla denna typ av hjälpmedel. De företag vi har varit i kontakt med har varit väldigt positiva till att fler produkter som säkrar hanteringen av betongelement finns tillgängliga.

Med detta hjälpmedel kan också byggande företag ställa krav på transportfirmor att arbeta på ett säkert sätt och tillhandahålla förslag på hur man förbättrar säkerheten.

Stödet ska kunna användas även vid lastning för att göra detta säkrare. Vid lastning är dock markförhållandena oftast så bra att behov av extra stöd minskar, men möjligheten finns. Storleken ska vara sådan att man kan förvara det antingen på arbetsplatsen eller på transportbilen. Helst ska man även kunna ha stödet monterat i transportläge på bygelflaket vid transport.

Att utveckla ett hjälpmedel av detta slag via SBUF istället för att varje företag hittar på sin egen lösning, är fördelaktigt för branschen i helhet, då man enklare kan få fram gemensamma arbetssätt som underlättar i alla led.

2. SYFTE

Syftet med projektet är att ta fram ett lätthanterligt stöd till bygelflaket som gör lossandet betydligt säkrare. Meningen är att man ska kunna montera stödet på i princip vilket bygelflak som helst. Bygelflaken ser ungefär likadana ut men med lite olika balkdimensioner och gör man fästet flexibelt kan det passa på olika storlekar.

Resultat och handlingar inom detta projekt kommer att göras tillgängliga för alla i branschen att implementera eller jobba vidare med för att förhindra olyckor.

3. AVGRÄNSNINGAR

Projektet börjar vid de idéer som kommit fram vid tidigare utredningar som behandlar riskerna med lossning av betongelement. Ursprungligen var målet med detta projekt att ta fram en fungerande prototyp som skulle testas praktiskt och jämföras med ett bygelflak utan stöd. Prototypen är tillverkad men ej testad. Detta på grund av att förutsättningarna förändrades då Mantum en bit in i projektet meddelade att de ej längre hade möjligheten att tillhandahålla bygelflak, trailer m.m. för att utföra de praktiska testerna.

Inom ramarna för detta projekt får resultaten istället beräknas teoretiskt. Ett antal olika fall med olika förutsättningar har identifierats, och för dessa har jämförande stabilitetsberäkningar utförts vilket redovisas i denna rapport.

4. METODIK

För att hitta ett sätt att göra lossningen av bygelflak säkrare tog vi på Skanska fram ett antal exempel på hur man kan göra detta. Ett exempel var den typ av stödben som vi nu tagit fram en prototyp på.

Idén med stödbenen vidareutvecklades under projektets gång och detaljlösningar togs fram. Konstruktionen är hållfasthetsberäknad, och ett komplett tillverkningsunderlag i form av ritningar har tagits fram.

En prototyp har tillverkats utifrån tillverkningsunderlaget, men denna är alltså ej testad. Utvecklingsprojektet genomfördes mellan 2015-08 och 2018-02.

5. KONSTRUKTIONEN

Stödbenets tanke är att vara litet och smidigt nog att man ska kunna ensam montera på och av benet på arbetsplatsen. Vid behov kan man även montera benet i ett transportläge på bygelflaket så att det hela tiden följer med transporterna.

En diskussion som vi haft under konstruktionsarbetet är behovet av att ha fyra stödpunkter i marken, alltså att ha ben även bak på flaket. Detta har vi utrett och med hjälp av stabilitetsberäkningar kommit fram till att det inte ska behövas.

Infästning

På prototypen som togs fram är infästningen i bygelflaket en demonterbar konstruktion. Denna kan anpassas till andra bygelflak med andra balkdimensioner.

Man kan också svetsa fast de öronen som sitter på infästningen direkt på flaket om man vill ha en permanent infästningslösning. Dessa är inte i vägen för något annat.

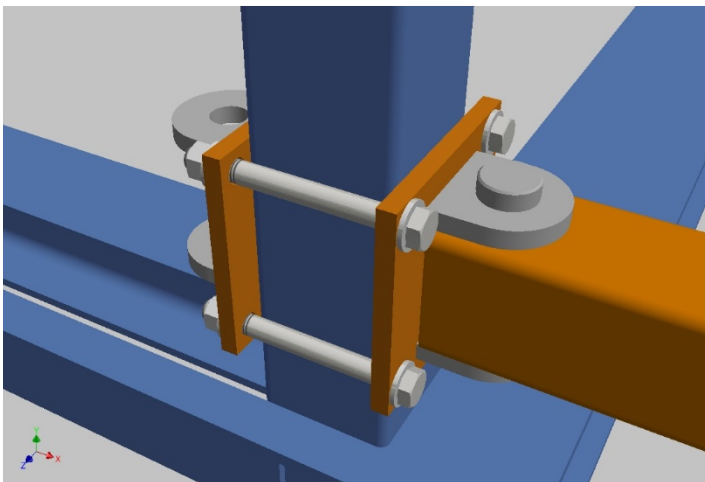


Bild 5.1 Infästning monterad på bygeltrailer

Justering av benets längd

Vi har valt en rör-i-rör lösning för att kunna teleskopera benet. Hålmönstret som är borrade genom yterröret har en annan delning än den i innerröret för att man ska kunna justera benlängden med större noggrannhet.

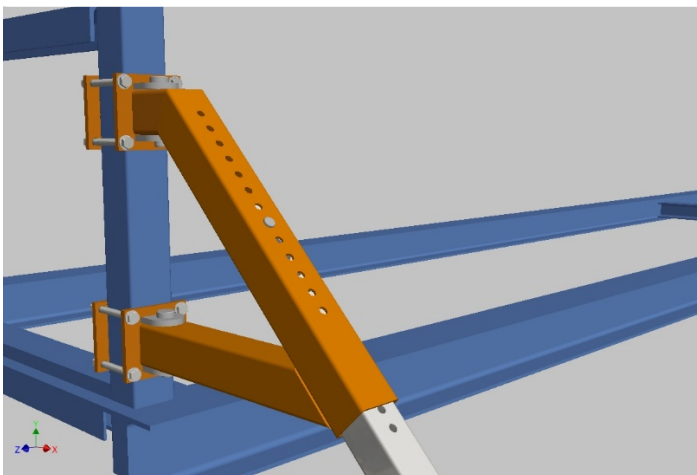


Bild 5.2 Hål med sprint utmed benet för justering av längd.

Justering av foten

För att ytterligare kunna finjustera benet mot marken går det även att justera höjden på foten genom att skruva gängstången upp och ner. Detta för att säkerställa att benen står med tryck ner i backen och därmed förhindra att bygelflaket kan komma i rörelse. Kommer flaket med sina lastade betongelement i gungning så bidrar både rörelseenergi och förskjutning av tyngdpunkt till att flaket blir instabilt.

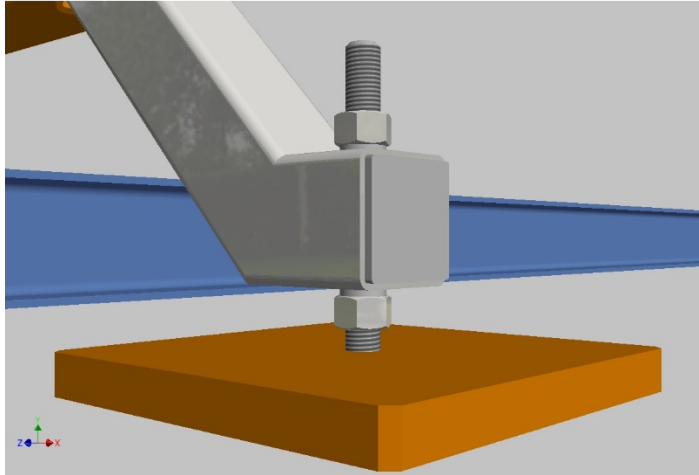


Bild 5.3 Justerbar fot

Montering i transportläge

I utrymmet mellan flakgavelns vertikala rör finns utrymme att montera benen då de inte används. För att göra detta drar man ur sprintar i infästningen och vänder benen inåt. Ett av benen monteras upp och ned för att de ska få plats. Alternativt plockas benen på och av på arbetsplatsen.

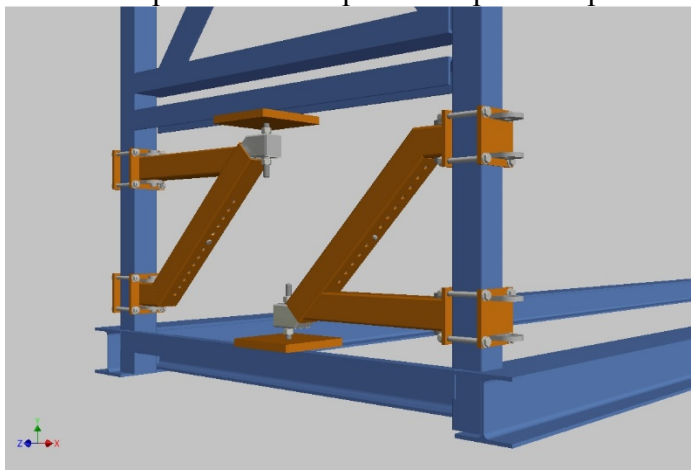


Bild 5.4 Stödben monterade i transportläge.

Färg på benen

En risk som finns med benen är att man snubblar på dem eller att de på annat sätt är i vägen för verksamheten på arbetsplatsen. För att uppmärksamma personer som befinner sig i närheten av flaket kan man med fördel måla stöden i en fluorescerande färg, samt förse dem med reflexer.

6. FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR ANVÄNDNING

För att bygelflaket med stödbenen ska stå stabilt krävs att platsen som flaket ställs upp på uppfyller vissa krav. Marken ska vara plan och tillräckligt stabil. Om den inte är plan innebär det att bygelflaket med sina betongelement har en instabilitet p.g.a. att tyngdpunkten förskjuts. Med stabil mark menar vi att den ska hålla det tryck som benen ger ner i backen. Den får inte ge vika så att benen sjunker. Stabil mark är exempelvis asfalt, betong eller packad jord/grus. Var också uppmärksam på att vatten kan göra marken instabil och att frusen mark som tinar kan förändra bärförmågan.

Platsen som bygelflaken ställs på ska därför väljas med omsorg både med tanke på markförhållanden och så att det fungerar att placera flak på platsen man väljer.

Man ska också inspektera både flak och stödben vid användning så att de inte skadats eller på annat sätt försvagats.

Platsen ska vara markerad så att alla på arbetsplatsen kan se att det är en reserverad plats för uppställning av transporter och utformad enligt övriga regler som gäller för arbetsplatsen, särskilt med hänsyn till sådant som har med personsäkerhet att göra.

7. INSTRUKTIONER VID ANVÄNDNING

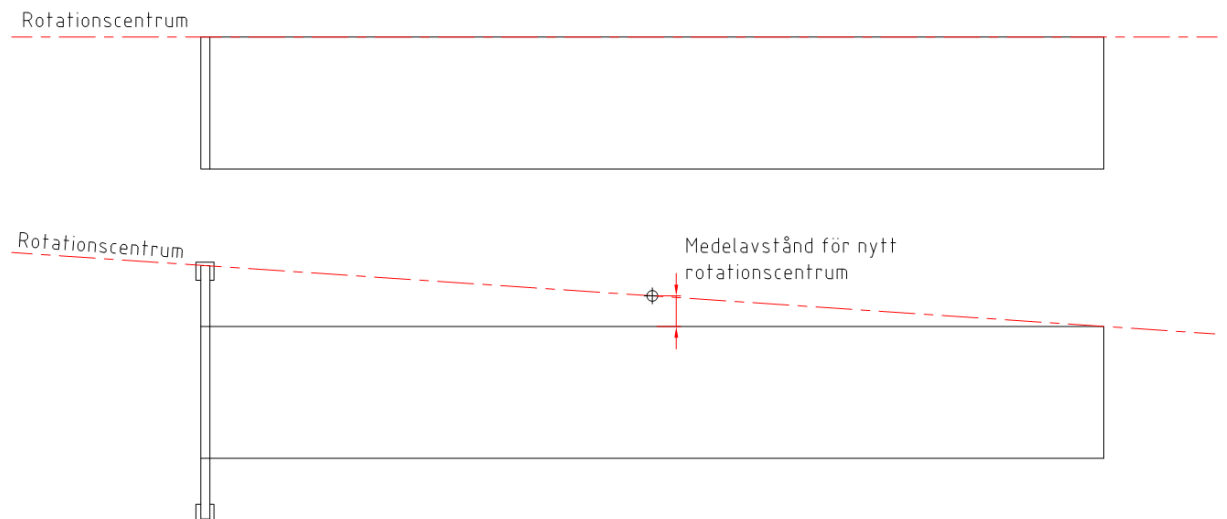
- Ställ upp bygelflaket på avsedd plats på arbetsplatsen. Denna ska vara plan och stabil. Säkerställ även att monterande av stödbenen inte kommer att innebära särskild fara för passerande eller att de på annat sätt kan vara i vägen.
- Montera på stödben. Om lösa stödbensfästen används monteras dessa i rätt höjd genom att hålla stödbenen vid sidan som mall.
- Justera in benens längd mot marken och fixera med sprintarna
- Justera eventuellt även fotplattan för att få bra tryck mot underlaget
- Kontrollera att alla sprintar är ordentligt monterade och att muttrar vid fotplåten och stödbensfästena är ordentligt åtdragna.
- Kontrollera att alla delar är hela och i fullgott skick.

8. TEORETISKA STABILITETSBERÄKNINGAR

För att bestämma till vilken grad stödbenen ökar säkerheten, jämförs utformning med och utan stödben med avseende på de olika kritiska faktorerna som diskuterats tidigare. Värden som anges används endast för att rent analytiskt jämföra fallen och skall ej användas som designparametrar.

Antaganden

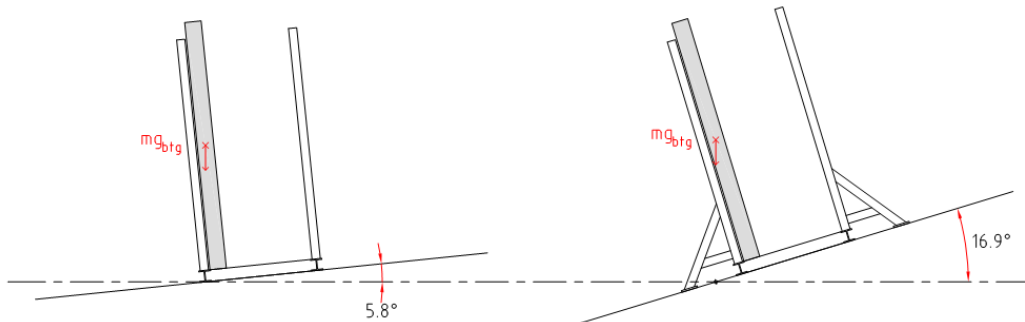
- Endast egenvikt av betongelementen beaktas.
- Betongelementet sitter helt fast i bygelplanet och är oändligt styvt.
- Rotationspunkten för fallet med stödben ligger mitt emellan stödben och bygelplanets kant, se förklaring i Figur 8.1. Denna punkt används som rotationscentrum i momentjämviktsberäkningar. Med det nya rotationscentrum bestämt görs förenklingen att all rotation och alla laster sker vinkelrät mot bygelplanets längd.



Figur 8.1. Rotationscentrum för beräkningar

Sned uppställningsyta

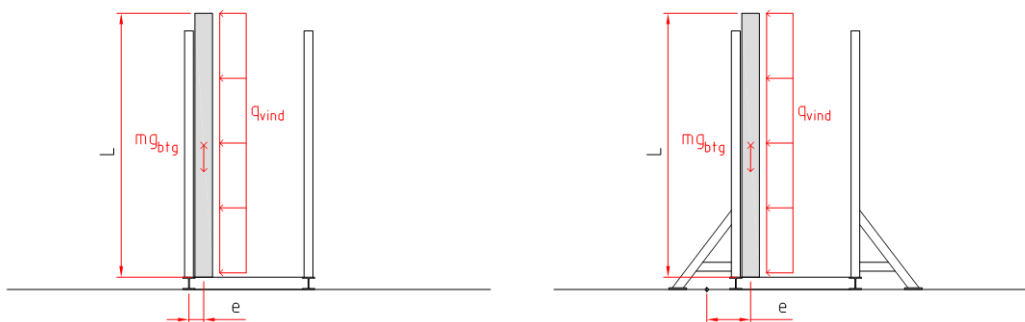
En sned uppställningsyta gör att tyngdpunkten för betongelementen förskjuts åt sidan. Vid få element placerade åt ena sidan finns risk att tyngdpunkten hamnar utanför stödytan vilket medför att konstruktionen stjärper. Vid en geometrisk analys jämförs den kritiska vinkeln då tyngdpunkten passerar vridcentrum för fallen med och utan stödben.



Figur 8.2. Kritisk lutning på uppställningsyta

Vindlast

För vindlast görs en jämviktsanalys där det stjärpande momentet från vinden jämförs med det mothållande momentet från betongelementens egentyngd. Värsta fallet är ett tunt betongelement uppställt vid ena sidan. Den kritiska vindlasten beräknas för de båda fallen.



Figur 8.3. Modell för jämviktsberäkning - vind

Egentyngd betong:

$$mg_{btg} = L \times b \times \rho = 3000\text{mm} \times 200\text{mm} \times 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Jämviktsekvation:

$$mg_{btg} \times e = q_{vind} \times \frac{L^2}{2} \rightarrow q_{vind} = \frac{2 \times mg_{btg} \times e}{L^2}$$

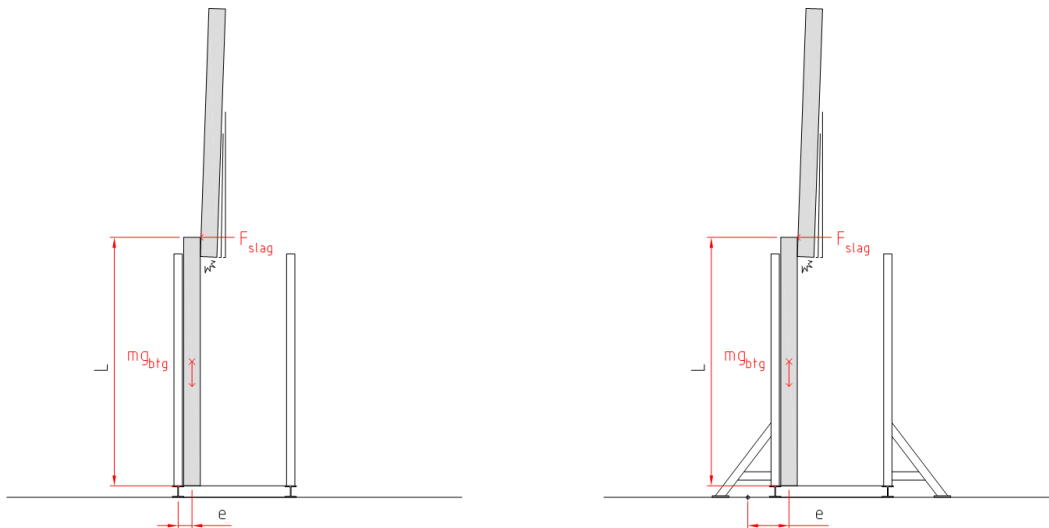
Kritisk vindlast:

$$q_{vind.utan} = \frac{2 \times 15 \times 0,17}{3^2} = 0,57 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{vind.med} = \frac{2 \times 15 \times 0,50}{3^2} = 1,67 \frac{kN}{m^2}$$

Slag

För slag emot betongelement görs en liknande analys som för vindlasten, där det stjälpande momentet från vinden jämförs med det mothållande momentet från betongelementens egentygnd. Värsta fallet är ett tunt betongelement uppställt vid ena sidan. Den kritiska slagkraften beräknas för de båda fallen.



Figur 8.4. Modell för jämviktsberäkning - slag

Egentygnd betong:

$$mg_{btg} = L \times b \times \rho = 3000mm \times 200mm \times 25 \frac{kN}{m^3} = 15 \frac{kN}{m}$$

Jämviktsekvation:

$$mg_{btg} \times e = F_{slag} \times L \rightarrow F_{slag} = \frac{mg_{btg} \times e}{L}$$

Kritisk slagkraft:

$$F_{slag.utan} = \frac{15 \times 0,17}{3} = 0,85 \frac{kN}{m}$$

$$F_{slag.med} = \frac{15 \times 0,50}{3} = 2,50 \frac{kN}{m}$$

Deformation i mark

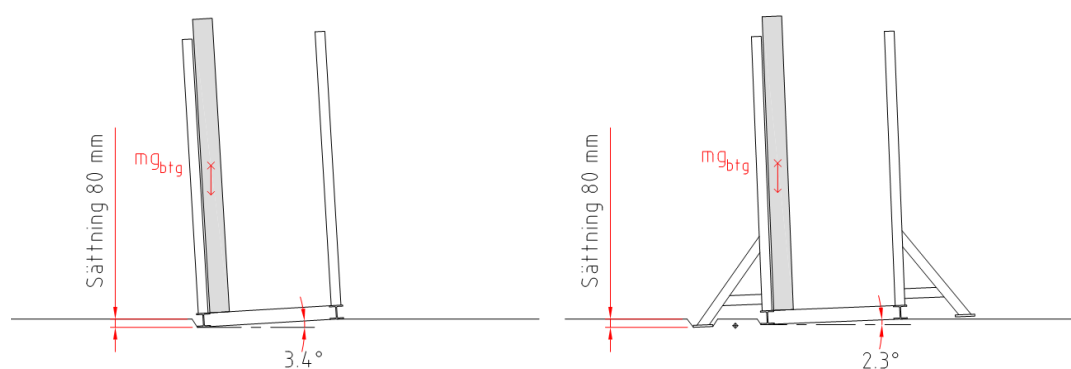
Vid placering av flaket på mark med dålig bärighet kan hela konstruktionen snedställas.

Analys gjorda ovan gäller med antagandet att markförhållandena är goda.

Deformationsanalyser görs för att jämföra rotation av konstruktionen med eller utan stödbenet.

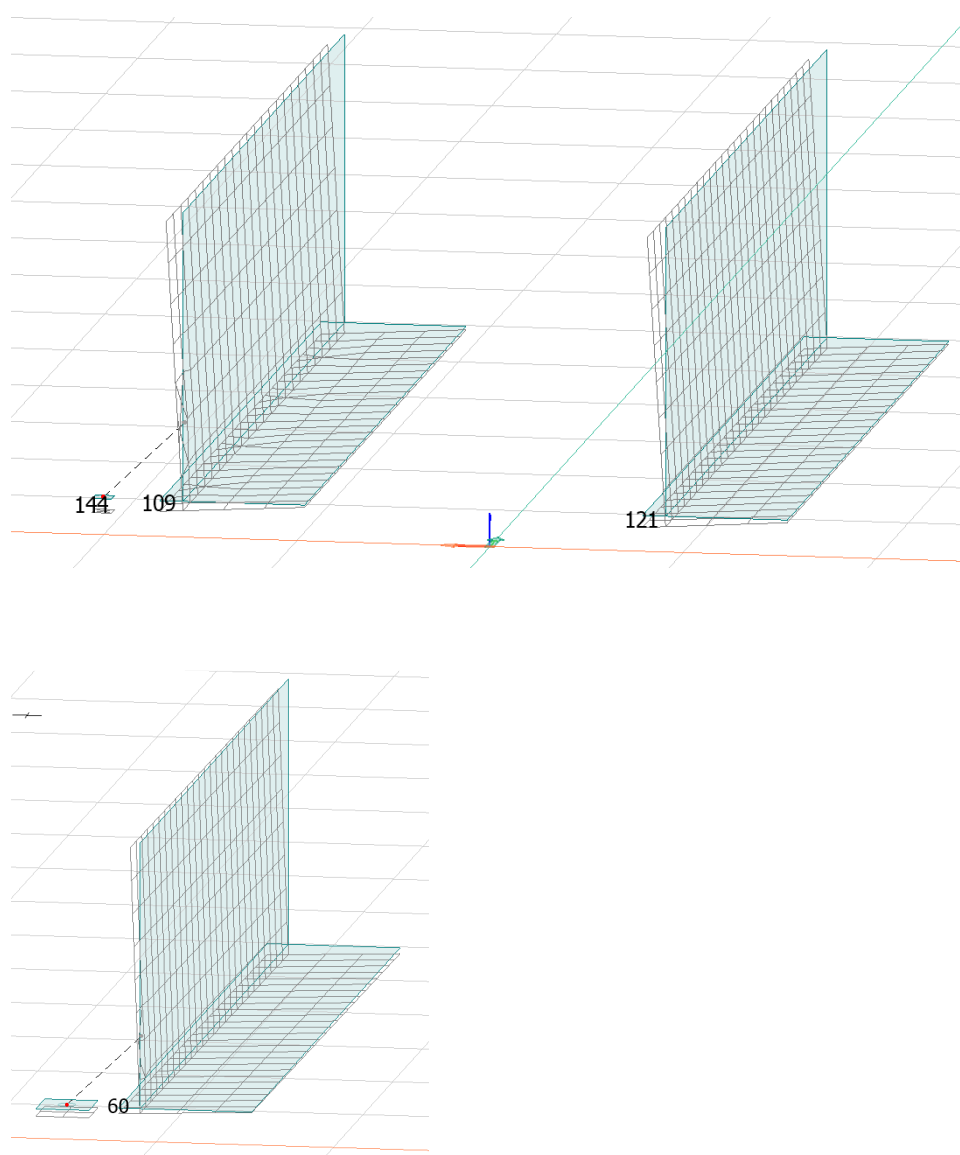
När deformationerna är bestämda kan resultat jämföras med de från uppställning på sned yta.

Analys 1: Antaget ett markförhållande där bäddmodulen är försummat upp till en deformation på 80 mm och ökar drastiskt därefter. Deformationen vid stödbenet antas då samma som i fallet utan stödben, trots skillnader i grundtryck. Fallet utan stödbenet får en lutning ca 50 % större än det med stödben.



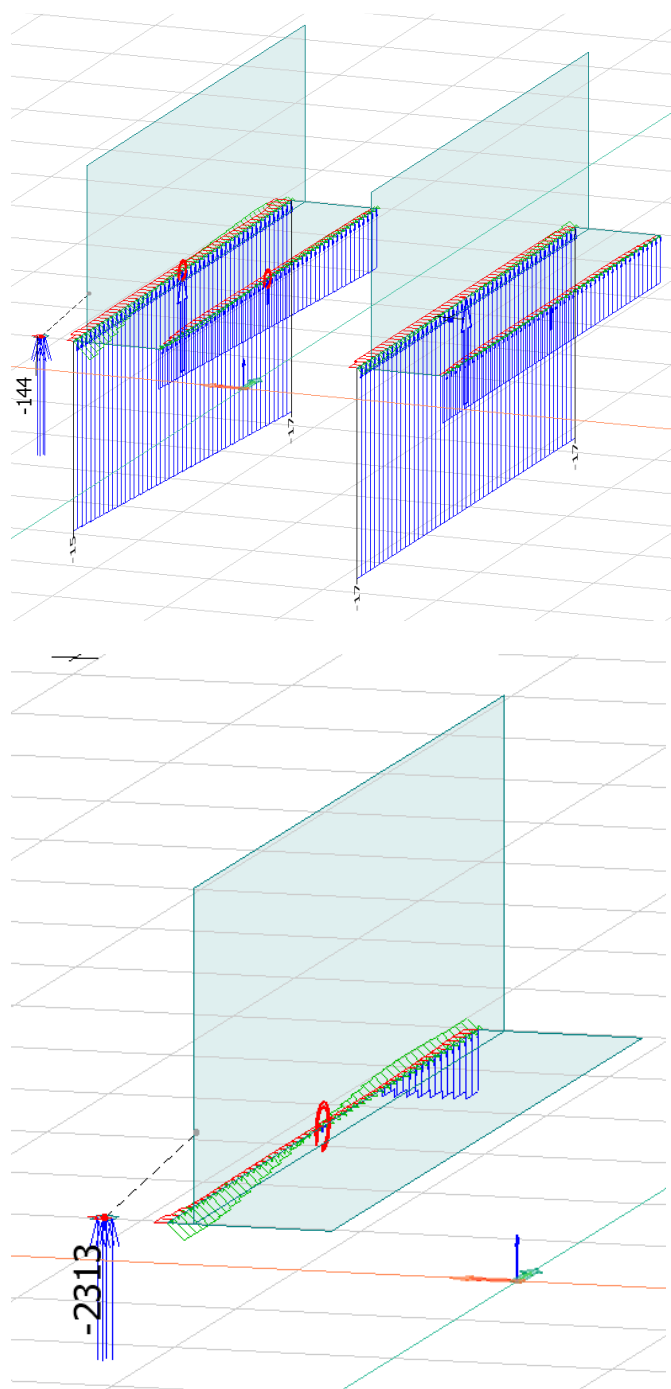
Figur 8.5. Lutning vid deformation på 80 mm

Analys 2: Antaget ett markförhållande där bäddmodulen är konstant kommer sättningen vid stödbenet vara större än vid fallet utan stödben eftersom anliggningsytan är mindre. Deformationerna jämförs i en fem-analys. Vid analysen läggs en vindlast på $0,5 \text{ kN/m}^2$ på och konstruktionen står på mark med en linjär bäddmodul på 1 MN/m^3 . Analysen visar att stödbenet minskar sättningen vid flakets kant med ca 10 %. I grader motsvarar det en minskning från 4,6 till 4,2. För att minska deformationen ytterligare kan fördelningsplattor användas. En analys görs med en platta $600 \times 600 \text{ mm}$. Deformationen minskar då till 50 % av fallet utan stödben. Nedan visas deformation för fallen med stödben, utan stödben, samt stödben med fördelningsplatta.



Figur 8.6. Deformation för konstruktion med stödben, utan stödben samt fördelningsplatta

Reaktionskrafterna under flakets balk minskar något medan det skapas ett högt tryck under stödbenet. Detta trycket måste jorden klara av att bära. Nedan visas reaktionskrafter vid en vindlast på 0,5 respektive 3 kN/m² (last strax före stjälpning).



Figur 8.7. Reaktionskrafter vid vindlast på 0,5 kN/m² respektive 3 kN/m²

Analys 1 och 2 är två ytterligheter och verkligheten ligger någonstans där emellan. Trots att stödbenet utan fördelningsplatta inte markant minskar snedställningen vid sättning, skall det noteras att stödbenen gör att konstruktionen klarar en mycket större lutning, se analys med lutande uppställningsyta.

9. RESULTAT OCH SLUTSATSER

Framtagen lösning på stödben kan monteras på de flesta typer av bygelflak, och kan följa med bygelflaket alternativt förvaras på arbetsplatsen. Beräkningarna visar på väsentligt ökad stabilitet jämfört med bygelflak utan stödben. Detta gäller oavsett om bygelflaket blir utsatt för slag, vindlast, lutande underlag, förskjuten tyngdpunkt eller mark med dålig bärighet. Alla dessa faktorer kan i ogynnsamma fall verka samtidigt, dessutom kan alla lasterna leda till deformationer i marken. Osäkra variabler är för stora för att kunna bestämma exakt vilken last konstruktionen klarar. Det kan därmed inte försäkras att konstruktionen inte stjälper trots att stödbenen appliceras. Däremot visar analyser att det krävs runt 3 gånger större krafter eller värre förhållanden för att detta skall ske.

Projektets syfte att ta fram en enkel lösning för att öka stabiliteten, har därmed uppnåtts. Nästa steg är att utföra praktiska tester av stödbenen, där man också utvärderar hantering och användande över tid.

Nedan sammanfattas resultat från de rent teoretiska analyserna för att beskriva förbättringen från stödbenen:

	Med stödben	Utan stödben	Enhet	Förbättring
Sned uppställningsyta	16,9	5,9	Grader	186 %
Vindlast	1,67	0,57	kN/m ²	194 %
Slag	2,50	0,85	kN/m	194 %

Tabell 9.1

Till förbättringsfaktorerna kan tilläggas den minskade rotationen (vinkel) vid deformationer i marken:

	Med stödben	Utan stödben	Enhet	Förbättring
Analys 1	2,3	3,4	Grader	32 %
Analys 2	4,2	4,6	Grader	8,7 %

Tabell 9.2