Energimyndigheten
Projektet stöds av Energimyndigheten
Project supported by Swedish Energy Agency

SeaFlat

MariTerm AB

Rapport

Säkra och miljöeffektiva betongtransporter till sjöss



2021-03-30

Nils Andersson
Sven-Sökjer Petersen
Bob Zether
MariTerm AB
Tel. +46 (0)42 33 31 00
Box 74
263 21 Höganäs
Sverige
www.mariterm.se

Lück Mora smide AB

Stena Line

CONSOLIS STRÄNGBETONG

Förord

Projektet Seaflat har under en tvåårsperiod gjorts i samarbete mellan Consolis/Strängbetong, Lockmora Smide, Stena Line och MariTerm och har finansierat av Energimyndigheten. På grund av corona-pandemin har fysiska besök och möten hållits till ett minimum och gjort att den ursprungliga projekttiden förlängts i ca tre månader. MariTerm AB har varit projektledare och vill tacka de medverkande i projektet:

Consolis/Strängbetong
- Patrik Haake
- Ove Berentsen
- Patrik Svedberg
- Emil Pettersson
- Tomas Botin

LockMora Smide AB
- Jan Karlsson

Stena Line
- Jörgen Lorén

Ett extra tack till följande organisationer/personer utanför projektet som bidragit med värdefull information och input:

Karlshamns Hamn
- Ian Birgersson
- Peter Andersson

DFDS Karlshamn
- Per Henrik Persson
- Johan Stegerö

Kombikonsult, Tyskland
- Klaus-Uwe Sondermann

Från MariTerms sida har följande personer deltagit:
- Nils Andersson
- Petra Hugoson
- Jonathan Nilsson
- Sven Sökjer-Petersen
- Bob Zether

Innehållsförteckning

Sammanfattning **5**

Summary **12**

1 Inledning **19**

1.1 Bakgrund 19

1.2 Syfte 20

1.3 Mål 20

1.4 Avgränsning 21

1.5 Metod 21

2 Transportflöden **22**

3 Gods **24**

3.1 Höjd på betongelement 24

3.2 Längd på betongelement 24

3.3 Tjocklek på betongelement 25

3.4 Vikt på betongelement 26

4 Lastbärare **28**

4.1 Bygelflak/Bygeltrailer 28

4.2 Semitrailer med öppet flak 31

4.3 Lyftbar A-bock 32

4.4 Containerflak 33

4.5 Standarder och lagkrav 35

5 Hanteringsutrustning **37**

5.1 Motviktstruck med gafflar 37

5.2 Reachstacker 38

5.3 Lyftkran 40

5.4 Lyftredskap 41

6 Lastsäkringsutrustning **42**

6.1 Surrningsmaterial 42

6.2 Förstängningsutrustning 45

7 Utvärdering av olika transportlösningar **48**

7.1 Landsväg 48

7.2 Järnväg 49

7.3 Sjötransport 52

8 Utvärdering av olika lastbärare **56**

8.1 Huvudprincip för stöttning av last 56

8.2 Semitrailer 58

8.3 Bygelflak 58

8.4 Containerflak 59

8.5 Rolltrailers ... 60
8.6 Sammanfattning lastbärare ... 61
9 Utvärdering av hanteringsutrustning ... 62
9.1 Lyft med truckgafflar ... 62
9.2 Lyft med griparmar ... 63
9.3 Lyft med kran ... 64
10 Specifikation av flakets funktionalitet ... 66
10.1 Dimensioner ... 66
10.2 Utformning av gavlar ... 66
10.3 Hanteringsmöjligheter ... 66
10.4 Krav vid järnvägstransport ... 66
10.5 Krav vid sjötransport ... 67
10.6 Surrningsfästen ... 67
11 Erfarenheter från andra projekt ... 68
11.1 Transport av bygelflak på ro-ro-fartyg ... 68
11.2 Transport av bygelflak på lo-lo-fartyg i Norge ... 69
12 Förslag på utformning – Intermodalt bygelflak ... 70
12.1 Dimensioner ... 70
12.2 Hantering ... 71
12.3 Transport på flak på bygeltrailer ... 72
12.4 Säkring av flak till rolltrailers och fartyg ... 73
12.5 Säkring av flak till järnvägsvagnar ... 75
12.6 Säkring av gods till flaket ... 76
13 Underlag till standard ... 79
13.1 Huvudprinciper för flakets utformning ... 79
13.2 Dimensioner ... 79
13.3 Säkring av lasten ... 79
13.4 Säkring av flaken med hjälp av containerfästen ... 80
13.5 Säkring vid järnvägstransport ... 80
13.6 Hantering ... 80
13.7 Styrka ... 80
13.8 Märkning ... 80
14 Slutsatser ... 81
Bilaga 1 – Lyft med förskjuten tyngdpunkt ... 84
Bilaga 2 – Erforderlig styrka i sidobalkar ... 87

Sammanfattning

Syftet med projektet har varit att ta fram underlag för en framtida standard för lastbärare för byggelement, prefabricerade betongelement, glas och stora träkonstruktioner som är anpassade för effektiva intermodala transporter, vilket ökar möjligheterna till en överflyttning av detta godsslag från väg till sjö- och järnvägstransport. Projektets huvudspår har varit transport av stående, ofta höga, betongelement.

Lastbäraren ska vara optimerad med avseende på:

- Godsdimensioner
- Lastkapacitet
- Lyftbarhet
- Lastsäkring på lastbärare
- Lastsäkring till fordon, fartyg och tåg
- Staplingsbarhet

Information om tänkbara lastbärare har samlats in och en studie har genomförts om vilka befintliga lagkrav och standarder som det måste tas hänsyn till vid konstruktion av en lastbärare för stående betongelement.

Olika hanteringsutrustningar har gåtts igenom för att utröna vilka tekniker som kan bli användbara vid hantering av lastbärarna. Även information om lämpliga metoder och utrustning för att godset ska vara säkrat enligt lastsäkringsföreskrifterna för de olika transportslagen har samlats in.

En analys av de olika transportslagen och dess begränsningar har genomförts som ganska direkt visade att lyftbarhet är en nyckelfunktion för intermodaliteten d.v.s. hur enkelt det är att växla mellan transportslagen väg/sjö/järnväg med en och samma lastbärare.

Det som framför allt talar för att basera intermodala logistiksystem för stående betongelement på antingen semitrailers eller containerflak är att omlastning enkelt kan ske i hamnar och på järnvägsterminaler enligt etablerade rutiner med befintlig utrustning.

Ett bygelflaks stora fördel, å andra sidan, är att det medger en betydligt större höjd på de stående betongelementen.

Det är möjligt att hantera intermodala lastbärare med olika typ av hanteringsutrustning vid omlastning mellan olika transportslag. Det är tänkbart att utrusta framtida flak för att erbjuda ett flertal hanteringsalternativ men eftersom det fördyrar konstruktionen, baseras det slutliga förslaget på utformning på att flaket hanteras med kranlyft. Valet är främst baserat på att det i stor utsträckning är önskvärt att kunna använda sig av befintlig hanteringsutrustning i hamnar och på terminaler, utan krav på alltför omfattande modifikationer eller extrautrustning, samt att hanteringen ska vara möjlig att utföra i samtliga transportslag med hög säkerhet.

Efter noggranna analyser kom projektet fram till att välja bygelflaket som utgångspunkt för en ny, standardiserad lastbärare. För att göra bygelflaket så flexibelt som möjligt för de olika transportsätten är det nödvändigt att använda redan framtagna standarder när det gäller storlek, styrka och placering för lyft-, säkrings- och låsningsdon. Likaså bör bygelflakets

dimensioner på samma sätt anpassas för att om möjligt kunna transporteras på olika lastbärare såsom rolltrailers, containerflak och liknande.

För vägtransport med bygeltrailer måste flaket vara utrustat med spår som anpassas efter bygeltrailerns lyftlinjaler och bör därför ges följande ungefärliga dimensioner:

- Längd: 9,5 m
- Bredd: 1,5 m

Bygelflaket ska för en sjötransport vara utrustat med:

- Lyftöglor som är placerade i varje gavel av bygelflaket
- Containerfästen för att kunna säkra bygelflaket på en rolltrailer för sjötransport
- En bygel som monteras i främre änden av bygelflaket
- Knivar på bygeln på minst två olika höjder för att förhindra de stående betong-elementen från att tippa i sidled och därför måste styrkan i bygeln vara tillräcklig för att kunna motstå de krafter som kan uppstå i sidled under transport
- Surrningsfästena på båda långsidorna av bygelflaket för att kunna tilläggssäkra lasten till flaket

För att kunna utnyttja en maximal höjd på betongväggarna på ca 4 meter vid järnvägstransport måste:

- Flaken placeras i den nedsänkta delen på en s.k. kombivagn
- Flaken vara lyftbara med kran
- Lasten kunna säkras till flaket
- Flaket kunna säkras till järnvägsvagnen

Baserat på ovan ställda krav har ett designförslag tagits fram, vilket erbjuder en kompromisslösning som fungerar i samtliga noder i en intermodal transportkedja. Förslaget är tänkt som en principiell lösning för att visa att det är möjligt att utforma en lastbärare så att den går att hantera i intermodala transporter på ett sådant sätt att den utnyttjas maximalt vad gäller lastkapacitet.

Förslaget bygger på kraftigare balkar för att öka lyftbarheten. Detta gör att tillverknings-kostnaderna ökar men genom att inte välja alltför avancerade lösningar kan denna kostnadsökning begränsas.



Figur 0.1 - Föreslagen utformning av bygelflak för intermodala transporter

Förslaget baseras på befintliga dimensioner för bygelflak, eftersom dessa möjliggör en lasthöjd på över 4 meter i samtliga transportslag, vilket är en avgörande fördel jämfört med andra lastbärare. För att möjliggöra lyft av flaket kommer det dock att behöva göras något högre och starkare än befintliga bygelflak.

Flaket har getts följande dimensioner:

- Största bredd: 1 546 mm – baserad på befintliga flak och trailers
- Bredd mellan liv på balk: 1 394 mm - baserad på befintliga trailers lyftlinjaler
- Längd: 9 500 mm – baserad på största längd på vanligt förekommande byggelement samt kapacitet på befintlig fordonspark av bygeltrailers
- Höjd på flak: 160 mm – minsta möjliga med tillräcklig styrka för lyft, se Bilaga 1
- Höjd på bygel: 2 550 mm – ska klara att hindra element som är 4,2 m höga från att tippa med hjälp av knivar på minst två nivåer

Flakets egenvikt, tara, som ska hållas så liten som möjligt, uppskattas till ca 1 500 kg. Det är möjligt att ytterligare optimera flakvikten genom att till exempel göra urtag i balkarnas liv där det finns överflödig bärförmåga.

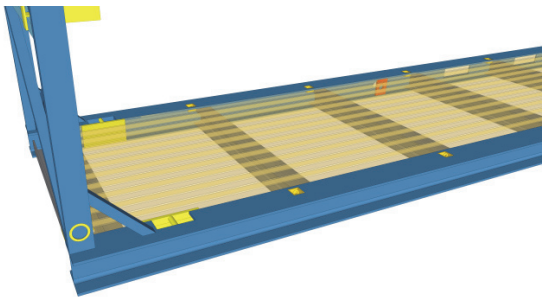
Flaket är dimensionerat för att kunna få en bruttovikt på 30 000 kg, enligt begränsningar som sätts av tillåtna lastvikter för vägfordon i norra Europa.

Med hänsyn tagen till egenvikten blir då lastförmågan, nettovikten, 28 500 kg.

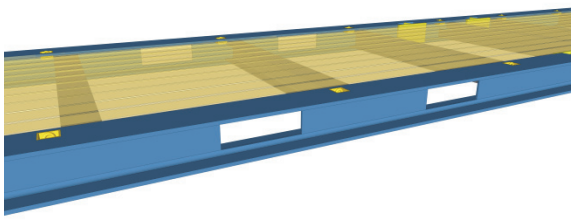
Flaken kan lyftas med kran genom att krokar kopplas till lyftpunkter som i huvudsak placeras infällda i sidobalkarna. Ett fäste föreslås fällas in i utsidan på bygelns vertikala balkar, eftersom en sådan lyftpunkt blir lättåtkomlig i alla sammanhang och lyftkättingen då kan peka både framåt och bakåt beroende på okets utformning.

Eftersom det ska vara möjligt att placera flaken tätt mot varandra vid transport på rolltrailer eller placering i containerpositioner ombord i fartyg, placeras lyftpunkterna så att de är åtkomliga ovanifrån.

Hantering av tomt flak sker lämpligen med truck via gaffelfickor, som erhålls genom håltagning i sidobalkarnas liv. Gaffelfickorna centreras kring tyngdpunkten för ett tomt flak.



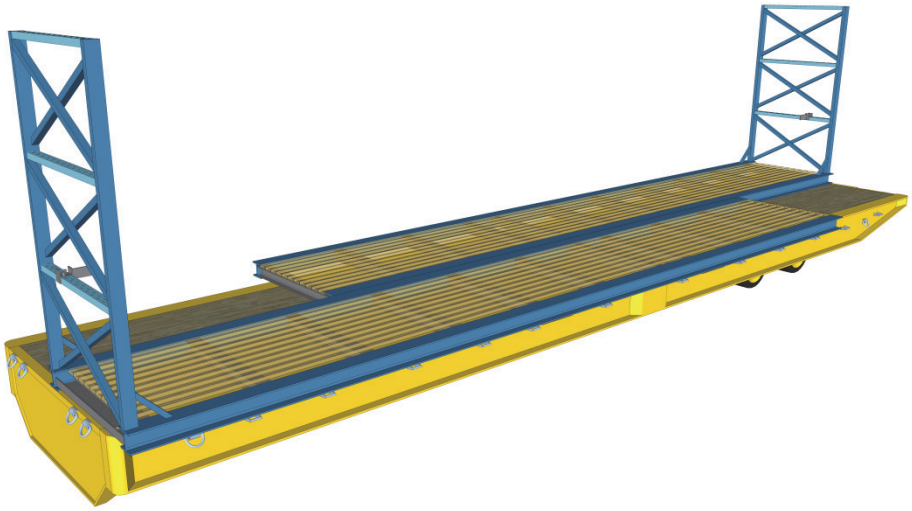
Figur 0.2 - Lyftpunkter för hantering med kran



Figur 0.3 - Gaffelfickor för hantering av tomma flak

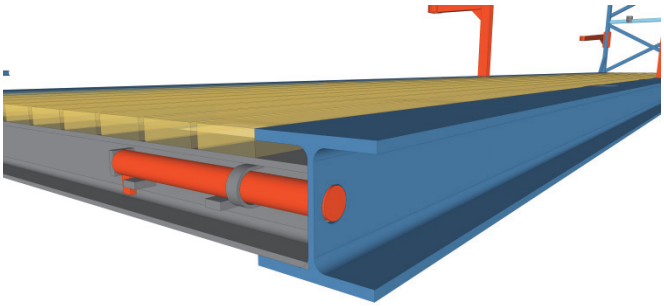
I likhet med befintliga bygelflak, är flaket avsett att lyftas i sidobalkarnas flänsar vid vägtransport på bygeltrailer eller vid förflyttning på terminaler.

För sjötransport förses flaken med socklar avsedda för containerlås så att de kan låsas fast till rolltrailers eller containerpositioner på fartyg. Socklarna placeras på vänster sida så att två flak kan placeras omlott med högersidan tätt intill varandra, varvid de upptar en 40-fots containers längd och får ett visst överhäng på vardera sidan.



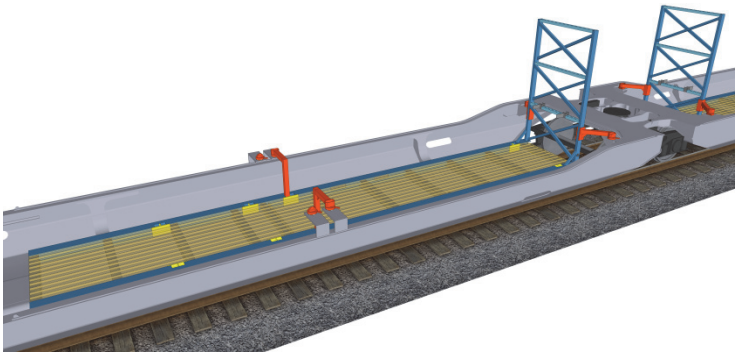
Figur 0.4 - Två flak placerade bredvid varandra på en rolltrailer

För att hindra tippning förses flaken med en skjutbar tapp i bakkant på högersidan, som kan föras ut och låsa flaken till varandra.



Figur 0.5 - Tapp för låsning av flak till varandra

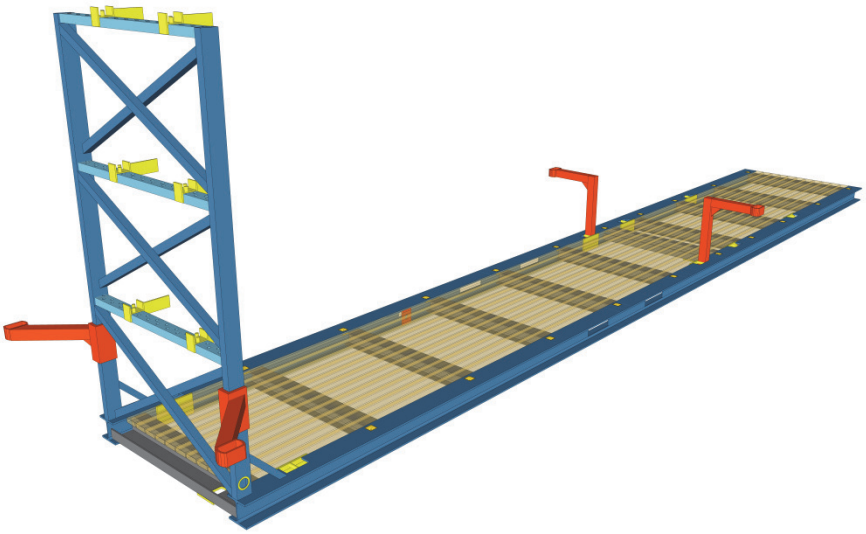
För att utnyttja maximal höjd i järnvägens lastprofil är flaken avsedda att kunna placeras i trailerfickan på vanligt förekommande kombivagnar. Vid optimalt utnyttjande av järnvägens lastprofil skulle då stående element med en höjd på 3 700 - 4 100 mm kunna transporteras beroende på lastprofil på den aktuella banan.



Figur 0.6 - Bygelflak placerat i hjulficka på kombivagn

Kombivagnar är normalt sett inte utrustade med surrningsfästen för att säkra lastenheter och kombiterminaler är normalt inte organiserade så att det finns personal tillgänglig för att utföra omfattande lastsäkringsarbete. För att undvika en avancerad konstruktion av flaket med många rörliga delar, kommer det att därför behövas extra, specialframtagen utrustning.

Genom att utrusta flaket med fästen för stöttor och balkar, kan låsning av flaket erhållas genom att utnyttja tappar för hörnlådorna på containers som är placerade på fasta avstånd på vagnen. Denna lösning medger att flaket förbereds för säkring under järnvägstransporten innan den lyfts ombord på järnvägsvagnen och den ställer sedan inget krav på manuellt utförda moment vid placering på vagnen.



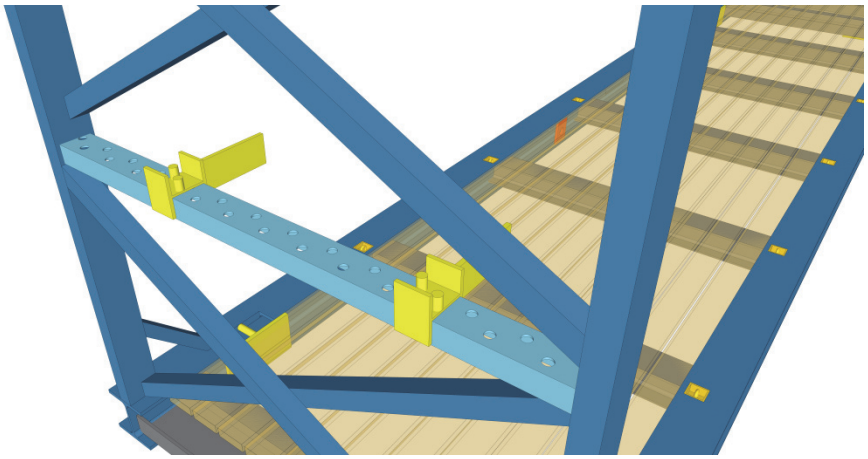
Figur 0.7 - Låsning av flak till järnvägsvagn med balkar och stöttor

Säkring av lasten till bygelflaket föreslås ske med tre huvudsakliga metoder; förstängning mot bygel utrustad med knivar, surrning samt sidostolpar.

Stående byggelement placeras vanligen direkt mot bygeln i flakets framkant. Bygeln sätts då mot trailerns framstam och det erfordras ingen större styrka i denna i längdled vid vägtransport. Vid själva transporten på bygeltrailern säkras bakkanten på stående byggelement med hjälp av hydrauliskt opererade låsbalkar.

Eftersom det är relativt enkelt att åstadkomma en stor sidostyrka med hjälp av fackverks-konstruktion vänds de vertikala profilerna i bygeln så att de får maximal böjstyrka i längdled. Detta medför en bättre lastsäkring av både flaket och dess last vid sjö- och järnvägstransport.

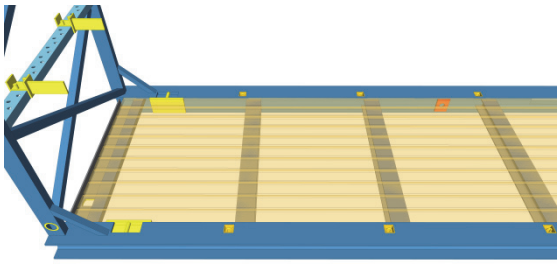
I sidled är det nödvändigt att förhindra tippning av stående byggelement med hjälp av knivar som fästs på olika nivåer i bygeln. För god flexibilitet föreslås att bygeln ges tre horisontella balkar på vilka knivar kan placeras på en H-profil med tappar som placeras i fasta positioner enligt skissen nedan. Genom att vända H-profilen upp-och-ner dubbleras antalet möjliga positioner för kniven så att den kan placeras tätt mot lasten.



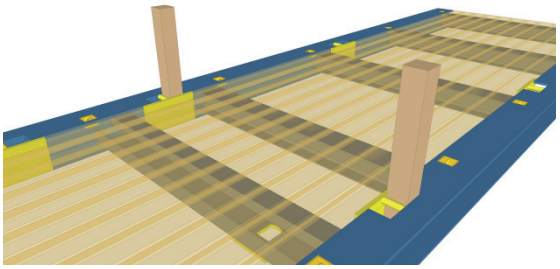
Figur 0.8 - Knivar för stöttning av stående byggelement

Lasten ska kunna säkras direkt till flaket på ett sådant sätt att flaket kan förberedas för sjö- eller järnvägstransport innan det stuvas ombord eller lyfts upp på en järnvägsvagn. Därför förses flaket med surrningsfästen, vilka lämpligen fälls in i sidobalkarnas flänsar. Framförallt är det viktigt att kunna säkra stående byggelements bakkant för att förhindra tippning.

Glidning i sidled förhindras lämpligen med hjälp av stolpar eller reglar som förs ner i hål i flaket. Genom lämplig utformning kan lyftpunkterna utnyttjas för detta ändamål. I likhet med de hållare för sidostöttor som återfinns på containerflak, kan lyftpunkterna i detta förslag ha utrymme för stolpar eller reglar med en dimension på 75 × 75 mm.



Figur 0.9 - Surrningsfästen



Figur 0.10 - Regel placerad i urtag för lyftpunkt

Genom framtagning av en rätt utformad, standardiserad, intermodal lastbärare för byggelement bedöms möjligheterna till att flytta över delar av de transporter som idag sker med detta gods på väg till sjöfart eller kombitransporter på järnväg vara goda. Även prämtransporter på inre vattenvägar kan bli aktuella i vattennära nybyggnationer i tätorter,

vilket skulle kunna bidra till en avlastning av vägnätet. En smidig intermodal lösning öppnar även upp nya marknader, som till exempel norra delarna av Norge, för export av prefabricerade betongväggar.

Vid standardisering av en framtida lastbärare för intermodala transporter av stående betongelement bör huvudsakliga aspekter för dimensioner, styrka, hantering och säkring av last definieras och kvantifieras på ett sådant sätt att erforderliga funktioner hos flaket säkerställs men att vidareutveckling av designen inte förhindras. Det är därför viktigare att ange funktionskrav än exakta utformningar.

Det föreslagna bygelflaket är med alla sannolikhet dyrare att tillverka på grund av kraftigare balkar och fler utrustningsdetaljer för att kunna hanterar och transportera flak och gods säkert med de olika transportslagen. I förslaget har mer avancerade lösningar ratas för att hålla ner tillverkningskostnaderna.

En annan aspekt på att ha en robustare konstruktion som är lyftbart jämfört med tillgängliga flak på marknaden är att livslängden ökar och underhållskostnaderna minskar. Många flak som idag finns omlopp har visserligen relativt låga tillverkningskostnader men är så klena att de antingen får en kort livslängd eller stora underhållskostnader genom att de måste riktas om.

En standardisering av flaken gör dessutom att kostnaderna för tillverkningen minskar. Skulle dessutom föreslaget flak bli intressant även för flödet av stående betongelement som enbart går på väg ger det volymskalfördelar som ytterligare minskar tillverkningskostnaderna.

Det är fullt möjligt att hitta tekniska lösningar som gör att ett flak som uppfyller de ställda kraven tas fram. Den största utmaningen bedöms ligga i de administrativa rutiner och operativa åtgärder som måste implementeras hos samtliga inblandade parter för att flaken ska kunna hanteras på ett säkert och effektivt sätt i intermodala transportkedjor.

Projektet har inte fokuserat på tillverkningskostnader och transportkostnader vilket i slutänden bestämmer lönsamheten med föreslagen lösning. Det är uppenbart att detta kommer vara en huvudfaktor för framgång för lösningen. En naturlig fortsättning av detta projekt är att genomföra en ny studie som koncentrerar sig på att:

- Ta fram en prototyp för att mer handgripligen kunna studera hur föreslaget intermodalt bygelflak kan fungera i olika situationer
- Beräkna hur olika kostnader påverkas
- Beräkna vid vilka volymer det finns en lönsamhet för det intermodala bygelflaket
- Belysa miljöpåverkan och även inkludera miljökostnader för olika transportlösningar
- Genomföra är en marknadsstudie för att analysera om ett intermodalt bygelflak kan öppna upp nya marknader och därmed öka volymen av bygelflak i omlopp

Summary

The aim of the project has been to develop a basis for a future standard for cargo transport units for building elements, prefabricated concrete elements, glass and large wooden structures adapted for efficient intermodal transport, which increases the possibilities for moving this type of goods from road to sea and rail transport. The main objective of the project has been the transport of standing, often tall, concrete elements.

The cargo transport unit (CTU) shall be optimised with respect to:

- Cargo dimensions
- Load capacity
- Ability to lift
- Load securing on the CTU
- Cargo securing to road vehicles, ships and trains
- Ability to stack

Information on possible, already existing CTUs has been collected and a study has been carried out on the existing legal requirements and standards that must be taken into account when designing a CTU for standing concrete elements.

Various handling equipment have been reviewed to determine which techniques can be useful when handling the CTUs. Information on appropriate methods and equipment for securing the cargo in accordance with the cargo securing regulations for the different modes of transport has also been collected.

An analysis of the different modes of transport and their limitations has been carried out which rather directly showed that the ability to lift the CTU is a key function of an intermodal transport chain, i.e. how easy it is to shift between road/sea/rail transport with the same cargo transport unit.

The main advantage basing intermodal logistics systems for standing concrete elements on either semi-trailers or container flat racks is that the handling, when shifting from one mode of transport to the other, can easily take place in ports and at railway terminals according to established routines with existing handling equipment.

The major advantage of the inloader flat, on the other hand, is that it allows for a much greater height of the standing concrete elements.

It is possible to handle intermodal CTUs with different types of handling equipment when shifting between different modes of transport. It is feasible to equip future flats to offer a number of handling options, but since this will increase the manufacturing cost, the final proposal is based on that the flat is lifted by crane. The choice of method for handling is mainly based on the advantage of being able to use existing handling equipment in ports and combi rail terminals, without the need for excessive modifications or additional equipment, and that the handling should be possible in all modes of transport with a high safety.

After thorough analysis, the project came to choose the inloader flat as the base for a new, standardized cargo transport unit. In order to make the inloader flat as flexible as possible for the different modes of transport, it is necessary to use already developed standards in terms of size, strength and position of lifting, securing and locking devices. Similarly, the dimensions of the inloader flat should be adapted in order to be transported, where possible, on different load carriers such as roll trailers, container bodies etc.

For road transport, the inloader flat must be equipped with tracks adapted to the lifting guides of the inloader semi-trailer and should therefore be given the following approximate dimensions:

- Length: 9.5 m
- Width: 1.5 m

For sea transport, the inloader flat should be equipped with:

- Lifting eyes positioned in each end of the flatbed
- Container cone fittings in order to secure the inloader flat to a roll trailer
- A gallows mounted at the front end of the inloader flat
- Knives on the gallows on at least two different heights to prevent the standing concrete elements from tipping sideways and therefore the strength of the gallows must be sufficient to withstand the forces that may occur transverse during transport
- Securing points on both long sides of the inloader flat to be able to additionally secure the load to the flatbed

In order to take advantage of a maximum height of the concrete walls of about 4 meters for rail transport:

- The flatbed is placed in the semi-trailer pocket of a so-called combi railway wagon
- The flats can be lifted by crane
- The load can be secured to the flatbed
- The inloader flat can be secured to the railway wagon

Based on the above requirements, a design proposal has been developed, which offers a compromise solution that works in all nodes in an intermodal transport chain. The proposal is intended as a principal solution to show that it is possible to design a cargo transport unit so that it can be handled in intermodal transport in such a way that the maximum load capacity can be utilized.

The proposal is based on stronger beams to increase the ability to lift. This also increases the manufacturing costs, but by not choosing too advanced solutions, this cost increase can be limited.



Figure 0.1 – Proposed design of inloader flat for intermodal transport

The proposal is based on existing dimensions for inloader flats, as these allow for a load height of over 4 meters in all modes of transport, which is a crucial advantage over other cargo transport units. However, in order to enable the lifting of the flatbed, it will need to be done slightly higher and stronger than the existing inloader flats.

The flatbed has been given the following dimensions:

- Maximum width: 1 546 mm – based on existing inloader flats and trailers
- External width between webs of the beams: 1 394 mm - based on existing trailer lifting guides
- Length: 9 500 mm – based on maximum length of commonly used building elements and capacity of existing fleet of inloader trailers
- Height of flatbed: 160 mm – minimum possible with sufficient strength for lifting, see Annex 1
- Height of gallows: 2 550 mm – shall be capable of preventing elements 4,2 m high from tipping with the help of knives on at least two levels

The tare weight of the flat, which should be kept as low as possible, is estimated to about 1 500 kg. It is possible to further optimize the flatbed weight by, for example, making recesses in the web of the beams where there is excess carrying capacity.

The flat is designed for a gross weight capacity of 30 000 kg, due to load restrictions of road vehicles in northern Europe. Taking into account the tare weight, the pay load will be 28 500 kg.

The flat can be lifted by crane by connecting hooks to lifting points that are mainly embedded into the longitudinal beams. A lifting point is proposed to be embedded into the outside of each vertical beam of the gallows, as such a lifting point would always be readily accessible and the lifting chain can then point either forwards and backwards, depending on the design of the spreader.

Since it shall be possible to place the flats tightly against each other when transporting on roll trailers or positioning in container positions on board ships, the remaining lifting points are positioned so that they are accessible from above.

Handling of empty flatbed is conveniently done by forklift pockets placed on the web of the longitudinal beams. The forklift pockets are centred around the centre of gravity of an empty flat.

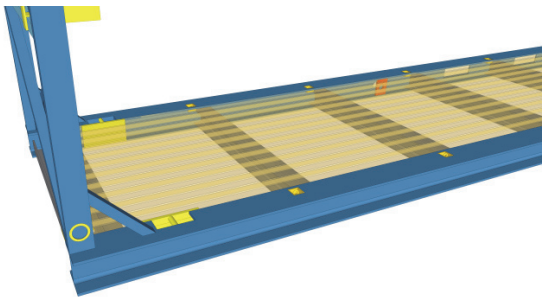


Figure 0.2 – Lifting points for handling with crane

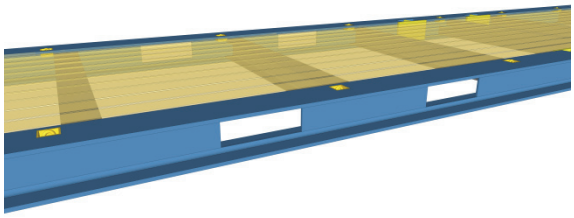


Figure 0.3 – Forklift pockets for handling of empty flats

Like existing inloader flats, the flatbed is intended to be lifted by the flanges of the side beams when transported by road on inloader semi-trailers or when moving in terminals. For sea transport, the flatbed is equipped with container cone fittings so that they can be locked to roll trailers or container positions on ships. The container fittings are placed on the left side so that two flats can be placed wrap-around with the right side close together, occupying a 40-foot container length and receiving an overhang on each side.

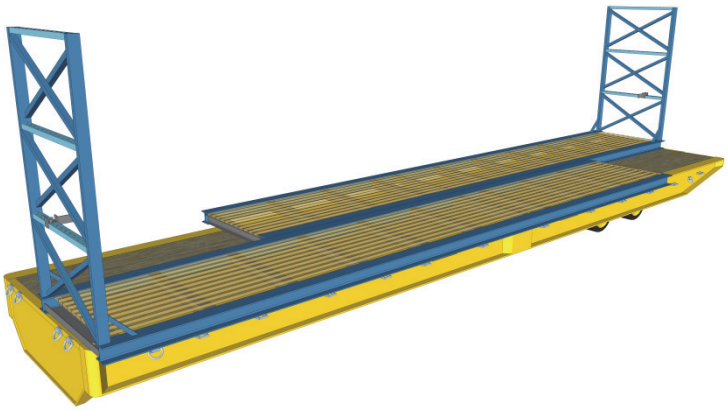


Figure 0.4 – Two flats placed wrap-around each other on a roll trailer

To prevent tipping, the flatbed is equipped with a sliding pin at the rear edge of the right side, which can be moved and lock the flats to each other.

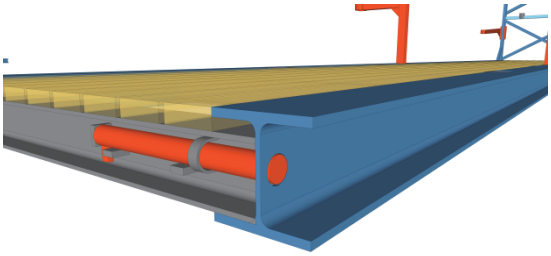


Figure 0.5 – Pin for locking the flats to each other

In order to take advantage of the maximum height in load profile of the railway, the inloader flat is intended to be placed in the trailer pocket of commonly used combi railway wagons. In the optimal use of the railway's load profile, standing elements with a height of 3 700 – 4 100 mm could then be transported depending on the load profile of the current track.

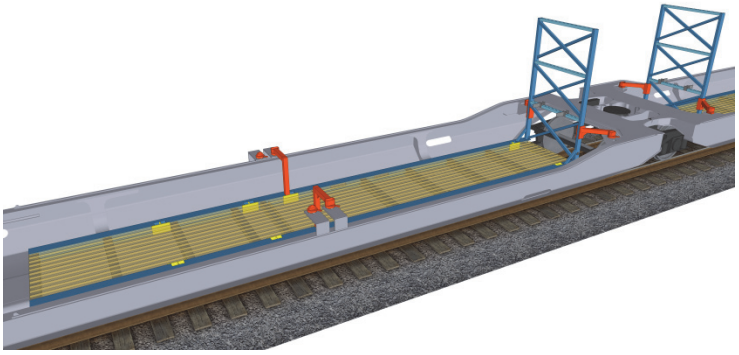


Figure 0.6 – Inloader flat placed in the trailer pocket of a combi railway wagon

Combi wagons are not normally equipped with securing points to secure cargo units and combi terminals are not normally organised so that personnel are available to carry out extensive cargo securing work. Therefore, in order to avoid an advanced construction of the inloader flat with many moving parts, additional, specially developed equipment will be needed.

By equipping the inloader flat with fittings for supports and beams, locking the flat can be obtained by utilizing the cones normally used for container corner fittings, which are placed with fixed distances on the railway wagon. This solution allows the flat to be prepared for securing during the rail transport before being lifted on board the railway wagon and it does not require manually performed operations when positioning it on the wagon.

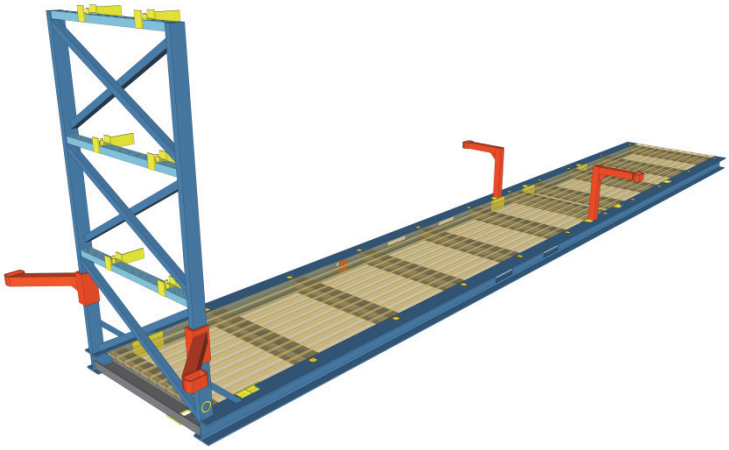


Figure 0.7 – Locking the inloader flat to the railway wagon by supports and beams

Securing the cargo to the inloader flat is proposed to be done using three main methods; blocking against gallows equipped with knives or wedges, lashing and using side stanchions.

Standing building elements are usually placed directly against the gallows at the front edge of the flatbed. The inloader flat is then placed into the inloader trailer with the gallows against

the trailer´s front board or swan neck. In this case there is no need for much strength of the gallows in longitudinally direction during a road transport. By using the inloader semi-trailer the rear edge of standing building elements is secured using hydraulically operated locking beams on the trailer.

Since it is relatively easy to achieve a large lateral strength with the help of truss construction, the vertical profiles in the gallows are turned so that they have maximum longitudinal bending strength. This results in better cargo securing of both the flat and its cargo at sea and during rail transport.

Laterally, it is necessary to prevent the tipping of standing building elements with the help of knives attached at different levels of the gallows. For good flexibility, it is suggested that the gallows be given three horizontal beams on which knives can be placed on an H-profile with pins placed in fixed positions as outlined below. By turning the H-profile upside down, the number of possible positions for the knife is doubled so that it can be placed tightly against the load.

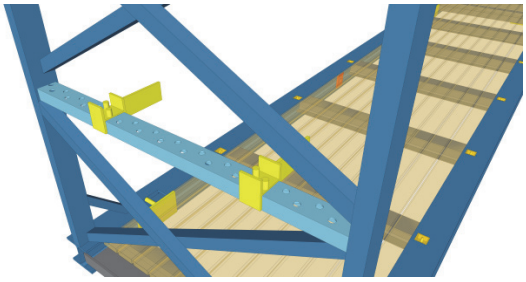


Figure 0.8 – Knives for supporting the standing building elements

The load shall be able to be secured directly to the flatbed in such a way that the inloader flat can be prepared for sea or rail transport before being stowed on board or lifted onto a railway wagon. Therefore, the flat is supplied with securing points, which are conveniently embedded into the flanges of the longitudinal side beams. Above all, it is important to be able to secure the rear end of standing building elements to prevent tipping.

Lateral sliding is conveniently prevented by means of stanchions or battens that are brought into stanchion holes in the flatbed. By appropriate design, the lifting points also can be used for this purpose. Like the stanchions holes found on container bodies, the lifting points in this proposal may have space for battens or stanchions with a dimension of 75 × 75 mm.

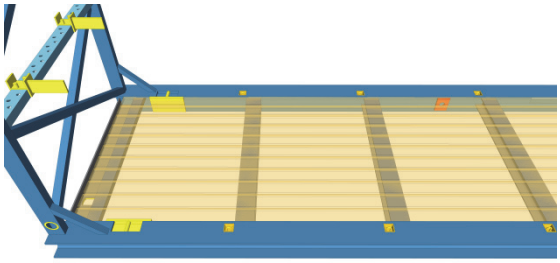


Figure 0.9 – Securing points

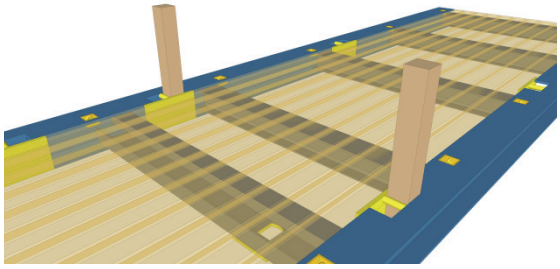


Figure 0.10 – Stanchions placed in lifting points

By developing a properly designed, standardised, intermodal cargo transport unit for building elements, the possibilities for transferring road transport volumes to sea or combined railway transport are considered to be good. Barge transport on inland waterways may also be relevant in waterfront new constructions in urban areas, which could contribute to relive the pressure of the road network. A more flexible intermodal solution also opens up new markets, such as northern parts of Norway, for the export of prefabricated concrete walls.

When standardising a future cargo transport unit for intermodal transport of standing building elements, the main aspects of dimensions, strength, handling and securing of loads should be defined and quantified in such a way as to ensure the necessary functions of the CTU but not to prevent further development of the design. It is therefore more important to specify functional requirements than precise designs.

The proposed inloader flat is probably more expensive to manufacture due to stronger beams and additional equipment parts in order to be able to handle and transport flats and goods safely by the different modes of transport. More advanced solutions have been rejected to keep the manufacturing costs down.

Another aspect of having a more robust design that is able to lift compared to available inloader flats on the market is that the service life increases and the maintenance costs decrease. Although many of the inloader flats currently in circulation have relatively low manufacturing costs, they are so weak that they either have a short service life or large maintenance costs by having to be re-straightened.

In addition, standardisation of the inloader flats should reduce the manufacturing costs. In addition, if the proposed inloader flat becomes interesting also for the flow of standing concrete elements that only is transported on road, it provides volume scaling benefits that further reduce manufacturing costs.

It is perfectly possible to find technical solutions of the inloader flats that meet the requirements. The main challenge is judged to lie in the administrative procedures and operational measures that must be implemented by all parties involved in order for the flats to be handled safely and efficiently in the entire intermodal transport chains.

The project has not focused on manufacturing and transport costs, which ultimately determines profitability with the proposed solution. It is clear that this will be a key factor in the success of the solution. A natural continuation of this project is to carry out a new study that concentrates on;

- Developing a prototype in order to be able to study more easily how proposed intermodal inloader flats can work in different situations
- Calculate how different costs can be affected
- Calculate which volumes of cargo is needed to get the profitability of the intermodal inloader flat
- Illustrate the environmental impact and include environmentally costs of different transport solutions
- Perform a market study to analyse whether an intermodal inloader flat can open up new markets and thus increase the volume of inloader flats in circulation

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Vid nybyggnationer krävs ofta omfattande transporter av prefabricerade betongelement. En stor del av transporterna sker inrikes som direktleveranser via vägnätet, men betongindustrin är internationell och en växande del av transporterna som sker med byggelement är multimodal. Till exempel importeras många byggelement från Östeuropa på trailers via ro-ro-fartyg eller i bulk på styckegodsfartyg.

Vid multimodala transporter, det vill säga en transportkedja som sker på flera transportslag, uppstår ofta komplikationer när transporten går över från ett transportslag till ett annat. Orsaken är att lastbäraren ofta endast är anpassad till ett av transportslagen i transportkedjan. Det kan innebära en dålig fyllnadsgrad på vissa delar av transportkedjan som innebär att mängden lastbärare ökar, vilket i sin tur ökar trycket på infrastrukturen. Vid bytet av transportslag är inte alltid lastbärarna anpassade till det nya transportslaget vilket minskar effektiviteten i transportkedjan. Ibland kan skifte till nytt transportslag innebära omlastning av godset till nya lastbärare som ger längre ledtider och varje omlastning ökar dessutom risken för skador på betongelementen.

Branschen eftersträvar därför intermodala transporter, det vill säga en transportkedja med en och samma lastbärare, som är effektiva ur kostnads-, resurs-, energi- och miljöhänseende. Byggföretag, transportörer och tillverkare av utrustning utvecklar egna konstruktioner för lastbärare samtidigt som ett flertal rederier just nu funderar på hur de ska kunna ta med andra typer av lastbärare än de som vanligen används för RoRo-transporter.

Det saknas dock ett centralt initiativ för hur den här utvecklingen ska ske vilket innebär att lösningar tas fram av olika aktörer med olika dimensioner och förmåga. Eftersom mycket logistik för byggmaterial i dagsläget är uppbyggd kring direkttransporter på väg och att det alltid eftersträvas en så enkel och kostnadseffektiv utformning av lastbärare som möjligt, tas dessutom sällan hänsyn till krav och önskemål från samtliga aktörer i transportkedjan i form av möjligheter till hantering, lyft och säkring av last och lastbärare.

Transporter till byggprojekt består till stor del av tunga, koncentrerade laster som transporteras på olika typer av fordon eller lastbärare beroende på utformning och hur de kan hanteras hos avsändare och mottagare. Vanligt förekommande är semitrailers i både standard och lågbyggt specialutförande försedda med A-bockar eller andra typer av ställningar i vilka byggelementen kan placeras samt diverse förstängnings- och låsningsdon för lasten. Det finns ingen enhetlig standard för dessa konstruktioner. Endast ett fåtal av de bockar som används är baserade på ISO-containerns dimensioner och därmed möjliga att låsa fast till fordon som har containerlås.

I allt större omfattning används också bygelflak, även kallade inloaders eller flatliners, vilka är specialframtagna för höga laster och försedda med låsningsdon för byggelementen på en eller båda kortsidorna. Transport av dessa kräver specialbyggda fordon; bygeltrailers, som gränslar flaket. Ett flertal olika system med sinsemellan olika dimensioner finns tillgängliga på marknaden.

För att minska kostnaden för hantering och risken för godsskador är det önskvärt att undvika omlastning av betongelementen vid växling av transportslag. Gemensamt för alla de system som används är att inget är optimalt för intermodala transporter. Vid ro-ro-transport krävs mycket utrymme ombord och stora insatser för att säkra last och lastbärare. Dessutom innebär det ett slöseri med resurser i de fall dragbilen och trailern följer med och inte kan utnyttjas till andra transporter då den står stilla ombord i fartyget under sjöresan. Hamnarna saknar idag utrustning för att lasta bygelflak och dessa är i sin tur inte anpassade för att hanteras av andra transportslag än väg. Införskaffandet av hanteringsutrustning försvåras av att det finns flera olika system för bygelflak.

Varken trailers, bygelflak eller A-bockar är utformade för att lyftas med truck eller kran. De lämpar sig därför inte för transport på lo-lo-fartyg eller pråmar för inre vattenvägar, vilka kan användas vid byggen i stadskärnor för att minska flöden på väg och som lagringsplats.

För att vinna framgång bör nya lösningar bygga på att redan befintliga resurser och utrustning kan användas så att det inte krävs stora investeringar för enskilda användare. Nya lösningar bör därför baseras på befintliga system för lastbärare som kompletteras med olika typer av moduler eller adaptrar som gör att lastbäraren kan bli en anpassad, effektiv och resurssnål del för alla transportslagen i transportkedjan med betongelement.

Det finns därför ett behov av att ta fram underlag för en branschgemensam standard för nya lastbärare för byggelement som är optimerade för intermodala transporter med avseende på dimensioner, kapacitet, lyftbarhet och möjlighet till att förankra både gods och lastbärare.

1.2 Syfte

Projektet syftar till att ta fram underlag för en framtida standard för lastbärare för byggelement, prefabricerade betongelement, glas och stora träkonstruktioner som är anpassade för effektiva intermodala transporter, vilket ökar möjligheterna till en överflyttning av detta godsslag från väg till sjö- och järnvägstransporter. Lastbäraren ska därför vara optimerad med avseende på:

- Dimensioner
- Lastkapacitet
- Lyftbarhet
- Lastsäkring på lastbärare
- Lastsäkring till fordon, fartyg och tåg
- Staplingsbarhet

1.3 Mål

Målsättningen är att främja en snabbare hantering i hamn, vilket medger en långsammare sjöresa och därigenom lägre bränsleförbrukning, att minska behovet av medföljande dragbilar till semitrailers samt att öka fyllnadsgraden ombord i fartyg. Genom bättre möjligheter att säkra gods och lastbärare minskar risken för olyckor och haverier.

Genom en standardiserad utformning minskar behovet av alternativa resurser för hantering av olika typer av lastbärare i hamnar och på terminal. Projektet utförs därför i samarbete mellan parter som representerar alla delar i transportkedjan och som har god erfarenhet av produktutveckling, forskning och standardiseringsarbete inom området.

För att uppnå projektets mål och syften har följande delmål satts upp:

- Definiera krav och önskemål från varuägare och transportörer
- Identifiera och utvärdera befintliga lastbärarsystem
- Identifiera vilken funktionalitet som lastbäraren måste förses med i grundutförande samt hur de ska utformas för att kunna förses med sådan extrautrustning som kan krävas i specifika transportupplägg

Baserat på resultatet av dessa delmål görs en sammanställning av krav på funktionalitet, dimensioner, kapacitet och testning av lastbärare för byggelement, vilket avses kunna användas som underlag för framtida standardiseringsarbete samt vid framtagning av prototyper för demoprojekt.

1.4 Avgränsning

Projektet tar inte hänsyn till vare sig transportkostnader eller tillverkningskostnaden för lastbärare. Projektet kommer att koncentrera på lösningar som förenklar transporter av stående byggelement på ett intermodalt flak på väg, sjö och järnväg.

1.5 Metod

Projektet har genomförts i nära samarbete med branschens aktörer: Betongtillverkare, rederier, hamnterminal, transportörer samt tillverkare av lastbärare för att ta fram effektiva, säkra samt miljövänliga transporter av betongelement.

Befintliga transportlösningar har identifierats med hjälp av intervjuer med betongtillverkare och transportörer. Några fall med test av nya lösningar har studerats. Vidare har branschens krav och önskemål samt specifikation av den funktionalitet som lastbärarna måste kunna erbjuda tagits fram via inventering av projektdeltagarnas egen verksamhet på området, intervjuer med berörda parter, systematisk sammanställning och analys av insamlat material, tekniska beräkningar samt kombinerade workshops och projektmöten.

På grund av rådande pandemi har det tänkta antalet fysiska möten begränsats och till stor del ersatts av dito digitala.

2 Transportflöden

Transportflöden av betongelement styrs ofta av var entreprenören har sina fabriker och var aktuellt byggprojekt är placerat. Mindre komplicerade dvs. mindre arbetsintensiva betongelement såsom håldäck och filigran och även mindre specialiserade typer av betongelement tillverkas på den geografiskt närmaste betongfabriken. Transporten sker sedan på väg eller som en kombitransport på väg/järnväg. Vid transport av stående betongelement är det vägtransport som gäller på grund av godsets höjd.



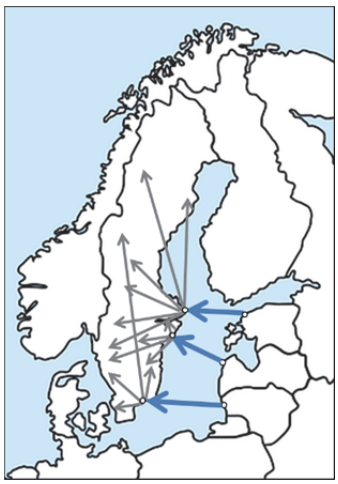
Figur 2.1 – Inrikes transportflöden av mindre arbetsintensiva betongelement

Vid mer arbetsintensiva betongelement, t.ex. väggelement med olika typer av strukturer och ytfinish, styrs produktionen till antingen de anläggningar inom landet som kan göra de önskade konstruktionerna eller till utlandet, då främst Baltikum, där arbetsintensiva produktionsprocesser blir så pass mycket billigare att det försvarar högre transportkostnader. Under åren 2016 - 2020 transporterade till exempel enbart Strängbetong ca 55 000 ton betongelement motsvarande ca 2500 trailers.



Figur 2.2 – Inrikes transportflöden av mer arbetsintensiva betongelement

Transporter av betongelement från Baltikum sker på befintliga färjelinjer med dagliga avgångar från Estland via Paldiski-Kapellskär, från Lettland tolv gånger i veckan via Ventspils-Nynäshamn (numera Norvik) och dagliga avgångar från Litauen via Klaipeda-Karlshamn. Vid transporter av stående betongelement används bygelflak som står på bygeltrailer och körs av en och samma chaufför till bygget och sedan tillbaka med tom last. Här finns en stor potential till mer kostnadseffektivare transporter om bygelflaken skulle kunna ställas av i hamnen för att sedan lastas och säkras på fartyget för att sedan göra det omvända i ankomsthamnen dvs. lossas och ställas upp tills bygeltrailers kommer och hämtar bygelflaken till aktuellt byggprojekt.



Figur 2.3 – Transporter från Baltikum av betongelement

Land (maxvikt flak)	Totalvikt [ton]	Antal flak	Per avgång	Kommentar
Estland (22 ton)	9 724	1 411	1,2	Dagliga avgångar
Lettland (22 ton)	39 716	5 337	4,9	12 gånger/vecka
Litauen (22 ton)	5 218	812	0,6	Dagliga avgångar
Total	**54 657**	**2 484**	**6,8**	

Tabell 2.1 – Volym år 2016-2020 från Baltikum av betongelement (Strängbetong)

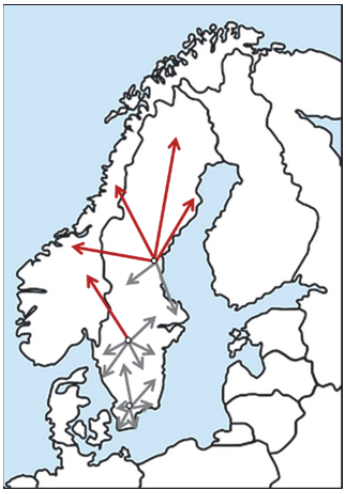
En smidigare intermodal lösning skulle troligtvis öka volymerna av stående betongelement som transporteras till sjöss. Ett exempel är husmoduler som de senaste åren har fraktats med inrikes sjötransporter från Piteå till Gävle. På så sätt har långa specialtransporter på väg undvikits. Det skulle också kunna öka möjligheterna för betongelement producerade i Baltikum att komma in på den danska marknaden.

Vid riktigt stora byggprojekt förekommer ett alternativ till bygelflak och det är att löslasta betongelementen på chartrade fartyg som sedan lossas i ankomsthamnen där betongelementen lastas upp på bygelflak. Detta sker t.ex. via Södertälje och Norrköpings hamn.

Även inre vattenvägar kan utnyttjas för att avlasta vägnätet vid större byggnationer. I dagsläget rör det sig mest om prämtransporter av byggavfall eller schaktmassor, men det är inte otänkbart att samma prämar kan tillhandahålla både transport och lagringsutrymme för betongelement i de fall nybyggnationen sker nära vattenvägar.

Skulle en lösning tas fram för att smidigt transportera intermodala lastbärare på järnväg skulle detta vara en mycket intressant lösning ur flera aspekter. Längre inrikes transporter kan göras mer miljövänliga och en stor marknad i Norge hade öppnats för stående betongelement tillverkade i Sverige.

En del järnvägstransporter utförs redan idag med betongelement lastade på containerflak. Nackdelen med denna typ av transport är att höjden på betongelementen blir lägre än som varit fallet om det hade varit möjligt att lasta dem på t.ex. ett bygelflak.



Figur 2.4 – Framtida järnvägstransporter av betongelement

3 Gods

Huvudspåret för denna studie är stående betongelement. Om detta sedan kan kombineras med annat gods t.ex. andra sorter av betongelement eller annan last så är det en fördel.

En av volymerna av betongelement som är intressant för projektet är den som kommer ifrån Baltikum och därmed ska transporteras både på väg och till sjöss. För att få fram olika typiska dimensioner för betongelementen har grunddata använts över betongelement som tillverkats på Strängbetongs fabiksenheter i Baltikum. Totalt handlar det om 7 560 betongelement som tillverkats under perioden år 2016-2020 (sista månaderna för 2020 är prognoser).

3.1 Höjd på betongelement

Det grundläggande önskemålet är att kunna transportera så höga stående betongelement som möjligt av den enkla orsaken att desto högre de är desto färre element blir det att montera ihop på byggarbetsplatsen.

På vägar i Baltikum är det tillåtet att transportera betongelement med maxhöjden 4,2 meter. I statistiken finns några fåtal element med högre höjd som då troligtvis inte transporterats på bygelflak utan med någon annan lastbärare. Medelhöjden på de 7 560 betongelementen är 2,6 meter. Diagrammet nedan visar ackumulerade procent av elementen som har en viss höjd. T.ex. har ca 50 % av elementen en höjd på max 2,7 meter.

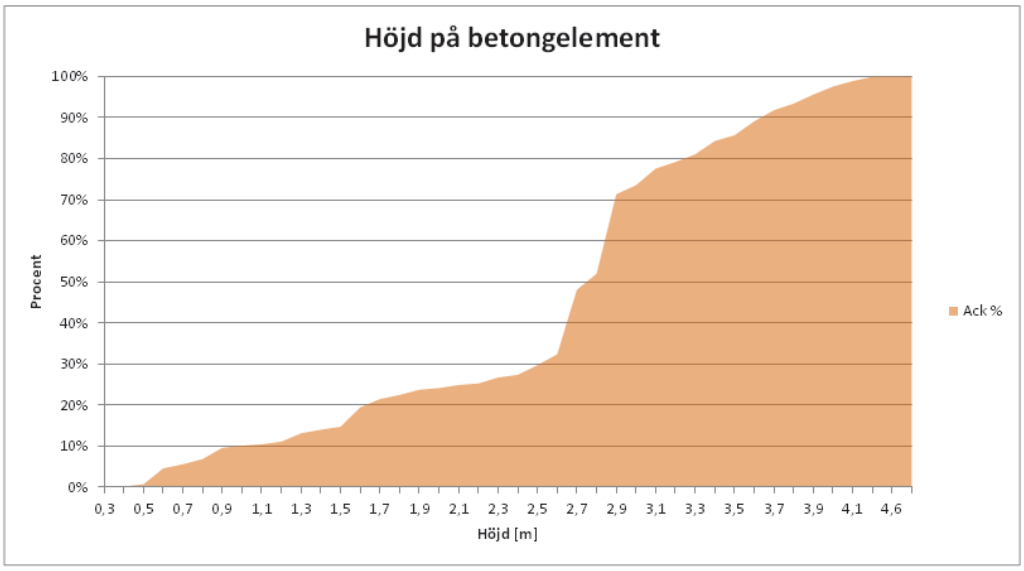


Diagram 3.1 – Höjd på betongelement

Intressant att notera är dels att 40 % av elementen har en höjd inom 2,5 – 2,9 meter dels att 90 % av elementen har en maxhöjd på knappt 3,7 meter och vid maxhöjden 4 meter är siffran ca 98 %.

3.2 Längd på betongelement

Längden på betongelementen styrs av längden på lastbäraren som i denna statistik är bygelflak med en tillåten lastlängd på upp till 9 m. Nu transporteras ca 1-2 % element som är längre än 9 m och då krävs olika typer av speciallösningar. Medellängden på de 7 560

betongelementen är 5,3 meter. Diagrammet nedan visar ackumulerade procent av elementen som har en viss längd. T.ex. har ca 50 % av elementen en längd på max 5,1 meter.

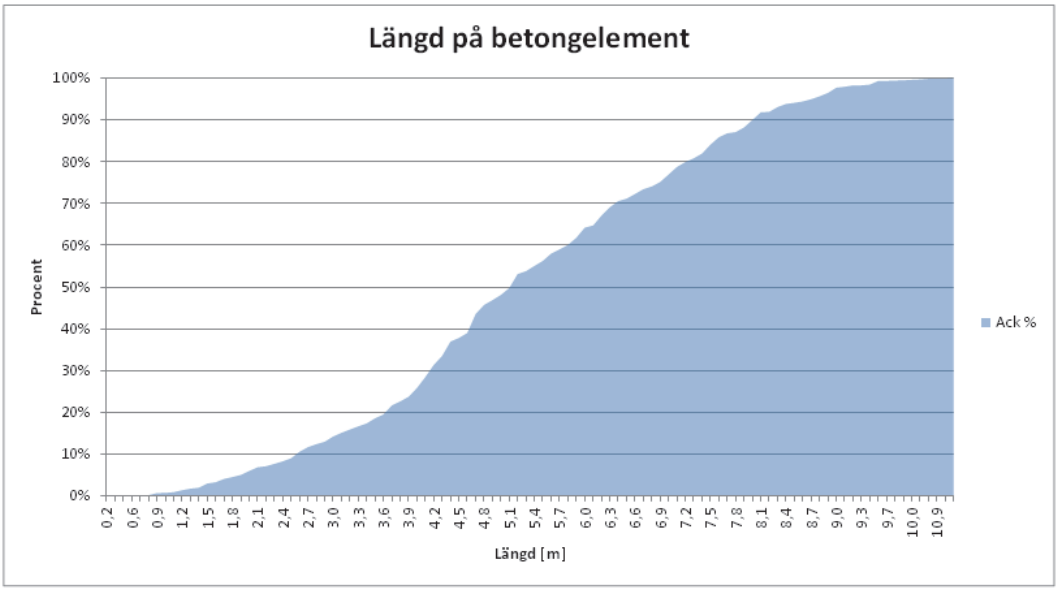


Diagram 3.2 – Längd på betongelement

Intressant att notera är fördelningen är jämnt spridd mellan de olika längderna och att vid maxlängden 9 meter är den ackumulerade siffran drygt 98 %.

3.3 Tjocklek på betongelement

I princip är det inga större begränsningar på betongelementens tjocklek. Det som blir styrande är snarare höjd, längd eller vikt. I underlaget till statistiken finns tjocklekar från 10 cm till 1 meter. Medeltjockleken på de 7 560 betongelementen är ca 40 cm. Diagrammet nedan visar ackumulerade procent av elementen som har en viss tjocklek. T.ex. har ca 50 % av elementen en tjocklek på max 43 cm.

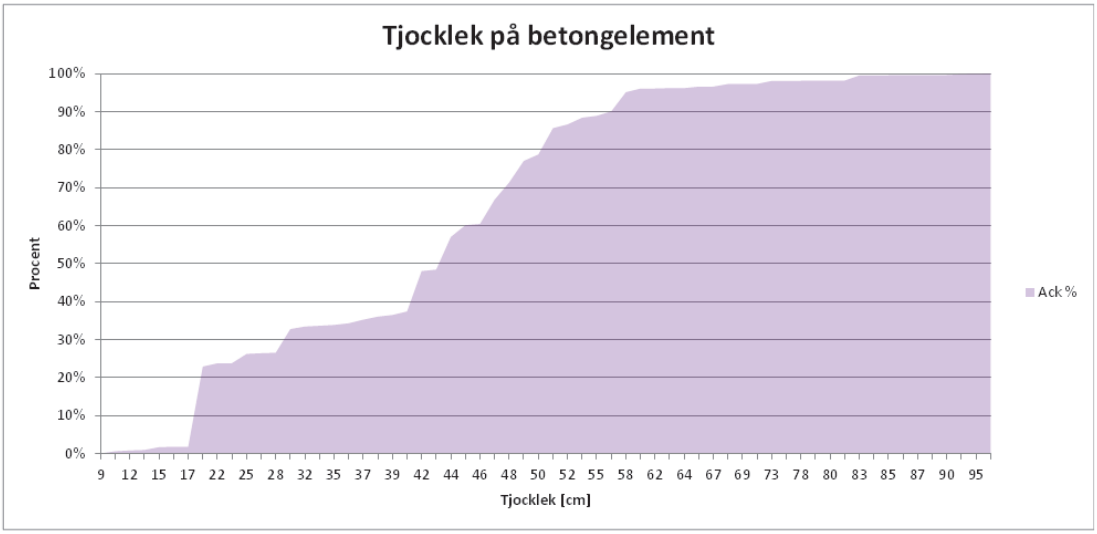


Diagram 3.3 – Tjocklek på betongelement

Intressant att notera är till skillnad från höjd och längd är spridningen sker i större steg. Det innebär att vissa tjocklekar är mycket mer vanliga än de övriga.

3.4 Vikt på betongelement

Vikten på betongelementen styrs av dess längd (max 9 m), höjd (max 4,2 m) och bredd. Dessutom påverkas vikten av antal fönster och dörrar etc. på elementet. Medelvikten på de 7 560 betongelementen är 7,2 ton. Diagrammet nedan visar ackumulerade procent av elementen som har en viss vikt.

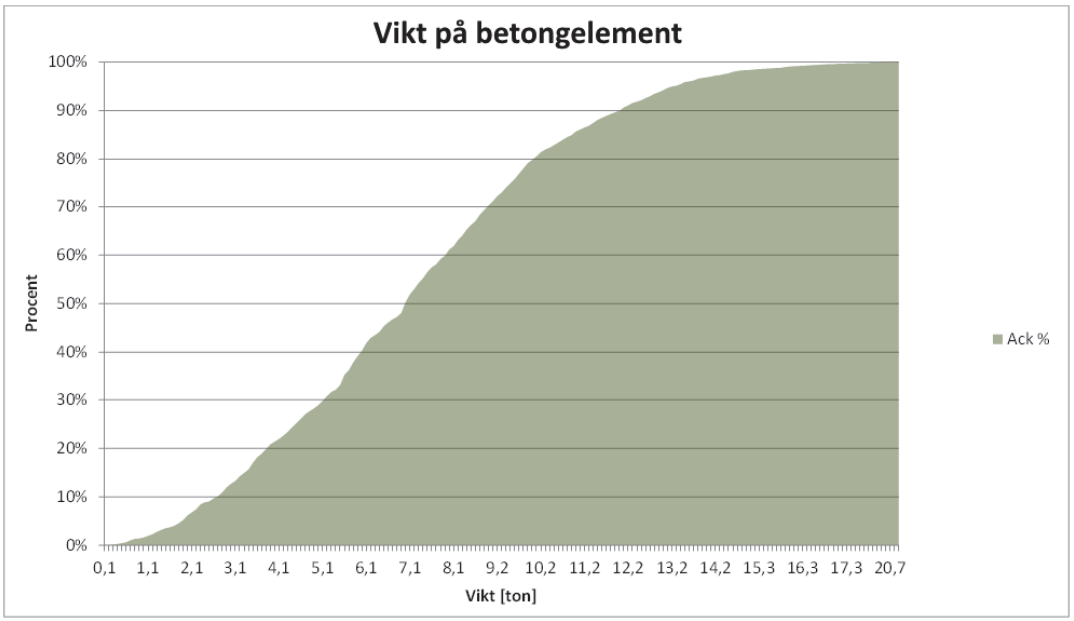


Diagram 3.4 – Vikt på betongelement

Intressant att notera är fördelningen är jämnt spridd mellan de olika vikterna.



Bild 3.1 - Fasadväggar



Bild 3.2 - Gråvägg (massivvägg)

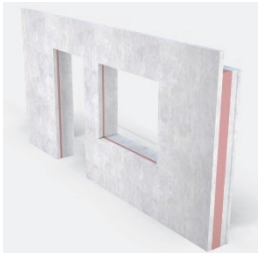


Bild 3.3 - Sandwichelement (isolerad gråvägg)

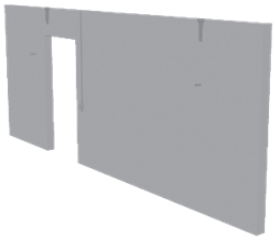


Bild 3.4 - Smala väggar (tjocklek ≤ 10 cm)

(Bilder Conelement)

Som tidigare nämnts är det framför allt arbetsintensiva betongelement, t.ex. väggelement med olika typer av strukturer och ytfinish där produktionen styrs till Baltikum, där arbetsintensiva produktionsprocesser blir så pass mycket billigare att det försvarar högre transportkostnader. Grafen nedan visar att det är framför allt olika fasadväggar som importeras från Baltikum.

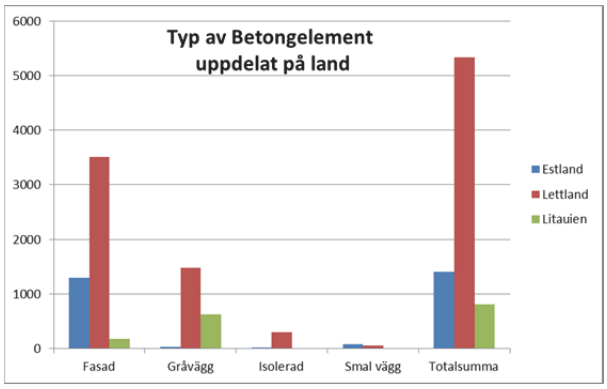


Diagram 3.5 – Typ av fasad som importeras från Baltikum

4 Lastbärare

Vid transport av stående betongelement används i de många fall ett bygelflak för transporten. Orsaken till detta är att bygelflakets placering på bygeltrailern gör att bygelflaket är väldigt nära marken vilket medför möjligheten till att maximera höjden av betongelementen. I Sverige kan man i de flesta fall transportera betongelement med en höjd upp till 4,6 meter. Detta p.g.a. att våra broar är byggda med hög fri passagehöjd. I våra skandinaviska grannländer samt grannländer runt Östersjöregionen är passagehöjden under broar inte lika hög utan där begränsas oftast höjden på betongelementen till maximalt 4,2 m, vilket även är vad vi räknar med i denna forskningsrapport.

Det transporteras även stora mängder stående betongelement på öppna maskintrailers och trailers med eller utan svanhals. P.g.a. trailerflakets något högre avstånd till marken går det i dessa fall inte att lasta lika höga betongelement som fallet är med ett bygelflak.

Förutom ovanstående alternativ transporteras även stående betongelement på containerflak som utrustats med en A-bock som betongelementen vilar mot, dock är dessa betongelement inte lika höga som fallet är på bygelflak.

4.1 Bygelflak/Bygeltrailer

Det finns flera olika tillverkare av bygeltrailers (inloaders/flatliners) som med sina olika system ställer något olika krav på dimensionerna på bygelflaket, vars dimensioner inte är standardiserade. Fördelen med bygelflak är att de p.g.a. att de transporteras nära marken kan ta höga betongelement. I detta avsnitt kommer några av de största leverantörer av bygeltrailers på den svenska marknaden att beskrivas i korta ordalag



Bild 4.1 – Bygeltrailer (MariTerm)

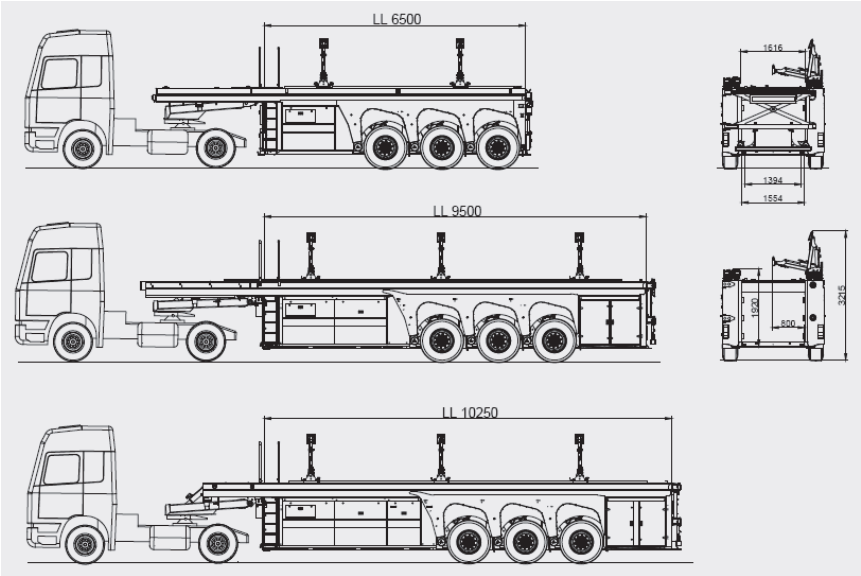
4.1.1 Langendorf

Langendorf är en tysk tillverkare av bygeltrailers som sedan några år tillbaka tillhör den polska koncernen Wielton Group. Företaget började på 1950-talet att tillverka låglastare och 1979 gjordes den första bygeltrailern som var anpassad för betongelement.

Langendorfs inloaders kan hantera bygelflak med olika längder allt från 6,5 upp till 10,25 meter. Innermåttet mellan bygeltrailerns lyftlinjaler är 1394 och maximal extrem bredd på bygelflaket är 1554 mm. Lyfthöjden anges till 350 mm. Maxlast är 35 600 kg.



Bild 4.2 – Bygeltrailer från Langendorf (Langendorf)

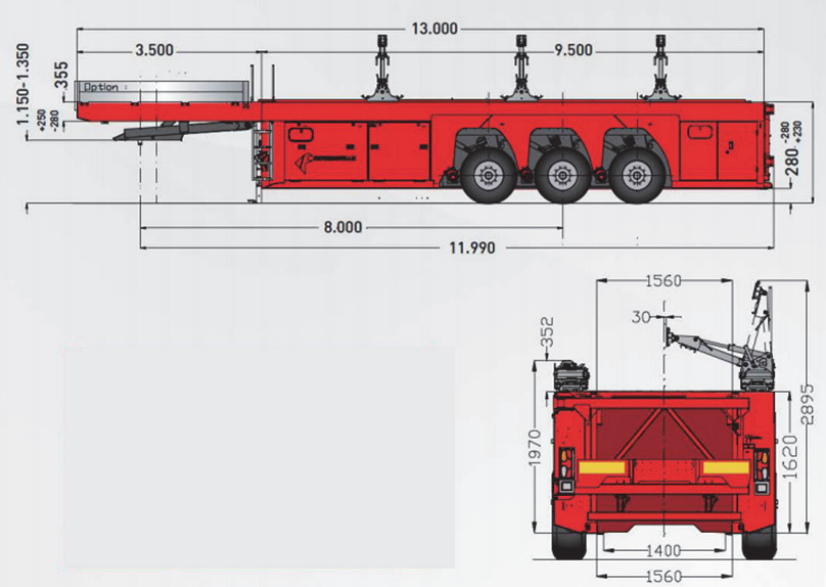


Ritning 4.1 – Bygeltrailer från Langendorf (Langendorf)

4.1.2 Faymonville

Faymonville är den största tillverkaren av bygeltrailers och ett familjeföretag med över 1100 anställda. Produktionen som omfattar av ca 3000 fordon av olika typer sker i fem länder; Luxemburg, Belgien, Polen, Italien och Ryssland.

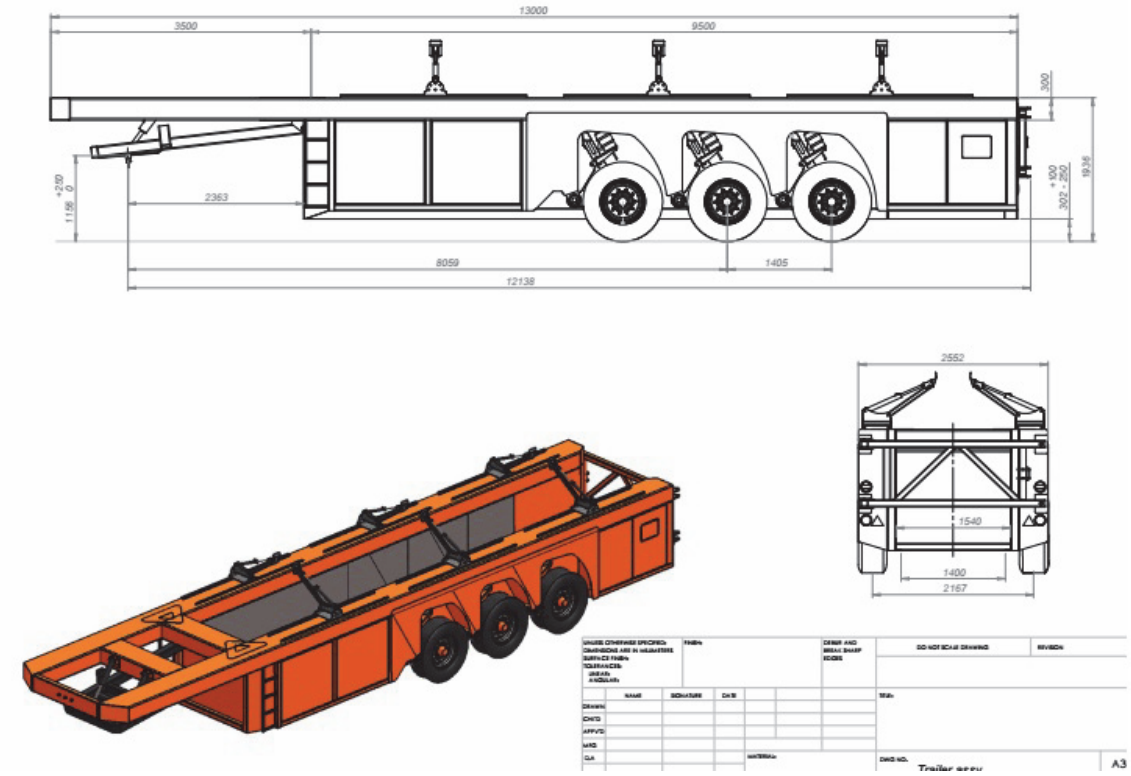
Till den svenska markanden säljer Faymonville bygeltrailers som kan ta bygelflak med en längd upp till 9,5 meter. Innermåttet mellan bygeltrailerns lyftlinjaler är 1400 och maximal bredd på bygelflaket är 1560 mm. Lyfthöjden anges till 280 mm. Maxlast är 34 500 kg.



Ritning 4.2 – Bygeltrailer från Faymonville (Faymonville)

4.1.3 Cargoman

Cargoman är en estländsk tillverkare av bygelfordon som kan ta bygelflak med längder upp till 9,5 meter. Innermåttet mellan bygeltrailerns lyftlinjaler är 1400 mm och maximal extrem bredd på bygelflaket är 1540 mm. Lyfthöjden anges till 302 mm. Maxlast är 30 000 kg.



Ritningar 4.2, 4.3 och 4.4 – Bygeltrailer från Cargoman (Cargoman)

4.1.4 Movella U-loader system

Movella Oy är en finsk tillverkare av olika typer av rullande hanteringsutrustning. Deras U-loader är ett system att förflytta bygelflak exempelvis i en hamn med hjälp av en terminaltraktor. Systemet kan även med fördel användas på betongindustrier där färdiglastade bygelflak kan placeras på en uppställningsplats i väntan på att bygeltrailer kommer och lastar upp dem för transport till mottagaren. Systemet kan även användas hos mottagaren om det finns tillgång till uppställningsytor och det är många bygelflak som ställas upp i väntan på att de ska lossas.



Bild 4.3 och 4.4 – Bygeltrailer från Movella (Movella)

4.2 Semitrailer med öppet flak

4.2.1 Säkrat mot grind på svanhals

För byggelement används ofta öppna trailerflak på vilka en grind har monterats mot svanhalsen och som betongelementen ställs mot. Betongelementen hålls på plats genom ”knivarna” som sitter monterad på grinden både nedre samt övre delen av grinden. I tillägg till detta säkras betongelementen med surrning.



Bild 4.5 – Bygelflak på semitrailer med svanhals (MariTerm)

4.2.2 A-bock på öppet flak

Istället för att säkra de stående betongelementen mot en grind är ett annat sätt att transportera de stående betongelementen att använda sig av en A-bock som betongelementen ligger mot. A-bocken kan antingen vara säkrad till flaket med hjälp av containerlås eller tappar eller genom att A-bocken säkras med surrning till flaket. Betongelementen är i sin tur säkrade till A-bocken och flaket med hjälp av surrning.



Bild 4.6 – A-bock surrad till flaket på semitrailer (MariTerm)

4.3 Lyftbar A-bock

Dessa används flitigt för transport av stående betongelement på öppna flak. De har flera fördelar såsom att A-bocken kan bli färdiglastad på betongfabriken och vara klar att lastas på lastbilen när den anländer och den kan lastas av från lastbilen på byggarbetsplatsen för förvaring så att elementen kan lossas från A-bocken när det är lämpligt, vilket innebär att lastbilen kan utföra andra transportuppdrag under tiden och alltså inte behöver stå och vänta på att bli lossad.

Ställningen med A-bock är ofta utrustad med containerlås så att den kan låsas fast till containerfästen på lastbilsflaket. Dessutom är de utrustade med gaffelfickor så de går att lyfta med hjälp av en gaffeltruck. Om de är utrustade med lyftöglor kan de också hanteras med kran. Svenska föreskrifter för lastsäkring vid vägtransport, TSFS 2017:25, kräver att A-bockar i likhet med andra förstängningsdon ska ha en certifierad styrka, men det kan noteras att det inte finns någon standard för hur denna ska fastställas och att denna typ av utrustning inte går att CE-märka.



Bild 4.7 – Lyftbar A-bock på semitrailer (Handbok i lastsäkring, MariTerm, Beijer)



Bild 4.8 – Lyftbar A-bock

4.4 Containerflak

Containerflaken är standardiserade, d.v.s. dimensioner samt styrkan i dem är samma för alla containerflak. En annan fördel med dem är att de finns i tillräckligt antal då de används för andra typer av transporter samt det blir lättare att finna returlast där containerflak kan användas. De är lyftbara genom containerhörnlådor placerade på gavlarna och de kan transportera bredare liggande betongelement än fallet är med bygelflak (2,33 m vs 1,4 m). Vidare har containerflaken bättre staplingsbarhet än bygelflaken vilket gör att returresor utan returlast kan göras både enklare och billigare.



Bild 4.9 och 4.10 – 40-fots containerflak med gavlarna resta respektive nerfällda (Handbok i Lastsäkring, MariTerm)

För att containerflak med gavlar ska kunna hanteras på normalt sätt i containersystemet ställs samma krav på förmågan hos gavlarna att ta upp yttre krafter som på en vanlig torrlastcontainer.

Tara för ett containerflak med gavlar är något högre än motsvarande lättvikt för en vanlig container. 20-fots gavelflak med maximala bruttovikter på 30 480–40 000 kg har lättvikt på

ca 2 500–3 000 kg. Ett 40-fots gavelflak med en max bruttovikt upp till 55 000 kg har en lättvikt på ca 6 000 kg.

Gavelflaket utgör ett bättre skydd för lasten än flak utan gavlar samtidigt som det innebär större möjligheter till en god säkring av godset. Flak med gavlar kan dubbelstaplas i terminaler och fartyg utan att godset på flaket belastas, men det bör noteras att detta kraftigt begränsar den maximala höjden på lasten.

För att klara de höga bruttovikterna som containerflaken är designade för krävs golvhöjder på cirka 600 mm, vilket begränsar höjden på stående betongelement som ska hanteras. Även den invändiga fria längden kan i vissa fall bli mindre än motsvarande containerlängd, beroende på att gavlarna måste göras kraftiga för att klara de i standarden fastställda påkänningarna.



Bild 4.11 – 20-fots gavelflak (Handbok i Lastsäkring, MariTerm)

Containerflaken brukar tillverkas inom ramen för ISO-standarden för containers med standardiserade yttermått och bruttovikt. På marknaden förekommer huvudsakligast 20- och 40-fots flak. Nedanstående utrustningsdetaljer ska uppfylla följande ISO-krav som finns för containers:

- **Gaffelfickor:**
  Enligt ISO 1496-1:2013 (en) ska gaffelfickorna klara av en vikt motsvarande 0,8 x lastvikten i vardera gaffelficka.

  Avståndet mellan gaffelfickorna ska vara 2050 mm och varje gaffelficka ska ha B x H: 355 m x 115 mm.

- **Lyftlinjaler:**
  Enligt ISO 1496-1:2013 (en) ska lyftlinjaler:
  - Placeras med ett avstånd mellan sig på 4 876 mm (+/- 6 mm).
  - Ha en bredd av minst 600 mm
  - Klacken ska ha ett djup av 51 mm

- **Containerfästen/ hörnlådor:**
  Enligt ISO 1161:1984(E) ska containerfästen klara en testkraft på 810 kN vardera när flaket står på ett plant underlag. Om man även ska kunna lyfta i containerfästena ska dessa klara en testvikt av 300 kN vardera.

- **Lyftutrustning:**
  Enligt ISO 1496-1:2013 ska containerfästen klara av att lyfta 2 × lastvikten av flaket fördelat på 4 fästen d v s 0,5 × lastvikten per fäste.

4.4.1 Fällbara/flyttbara gavlar

Gavlarna på containerflaken kan ofta fällas ner för att öka stapelbarheten och erhålla en smidigare transportlösning av tomma returflak.

4.5 Standarder och lagkrav

4.5.1 Standarder

Om en lastbärare eller anordning är byggd eller konstruerad enligt en internationell standard så innebär det en rad fördelar för användaren såsom att man vet vilka dimensioner, fäst- och lyftpunkter, max last m.m. som gäller. Tyvärr är det än så länge rätt få standarder som lastbärare och anordningar kan byggas efter men nedan är en sammanställning över de vanligt förekommande:

ISO 1496-1:2013(en): 20’ samt 40’ standard containers samt containerflak byggds vanligen enligt den internationella standarden ISO 1496-1:2013 (en). Detta innebär att yttermått, maxlast samt styrkan i hörnfästen är samma för alla enheter byggda enligt denna standard. Det är alltså aldrig någon diskussion eller tveksamhet om vad som gäller med avseende påkänningskrav, styrka m.m. när man använder sig av dessa.

EN 12640: Standard som anger för hur surrningsfästen på vägfordon ska vara placerade samt hur styrkan ska testas, certifieras och märkas ut.

EN 12642: Standard som anger för hur styrkan i påbyggnader på vägfordon ska testas, certifieras och märkas ut.

EN 283: Standard för hur växelflak ska vara byggda och konstruerade, samt vilka påkänningskrav och lastvikter de är konstruerade för.

EUMOS 40511: Standard för hur stolpar som används vid förstängning av gods ska vara testade och märkta med avseende på vilken lastvikt de är konstruerade att användas för.

4.5.2 Lagkrav

För transporter finns det oftast ett lagkrav kopplat till vilken maximal längd, bredd, vikt m.m. som ett fordon eller lastbärare får lov att transportera. Dessa lagkrav måste man ha kännedom om samt ta hänsyn till innan transporten påbörjas. Detta kan vara extra viktigt att känna till om man t.ex. ska utföra en transport som går genom två eller flera länder då lagkraven kan variera mellan olika länder.

Nedan är en sammanställning över de lagkrav som gäller för transporter på svenska vägar.

Viktbestämmelser

Det allmänna vägnätet i Sverige är indelat i fyra klasser, Bärighetsklass 1 (BK 1), Bärighetsklass 2 (BK 2), Bärighetsklass 3 (BK 3) och Bärighetsklass 4 (BK 4). På vägnätet med behörigklass BK 1 och BK 4 tillåts högre fordonsvikter som bland annat överensstämmer med de fordonsvikter som ska vara tillåtna enligt EU:s bestämmelser.

Viktbestämmelserna för BK 1 och BK 4 gäller på ca 95% av vägnätet. Inom tätort är i regel andelen BK 1 gator betydligt lägre. För övriga delar av vägnätet gäller BK 2, BK 3, BK 4 eller särskilda lokala viktbegränsningar.

Bred transport
Bredtransporter d.v.s. transporter som är bredare än 2,60 meter ska ha extrakrav beroende på vilken bredd det är på transporten enligt följande:
- **261 cm – 310 cm** – extrakrav: Utmärkning
- **311 cm – 450 cm** – extrakrav: Utmärkning och varningsbil
- **Bredare än 450 cm** – extrakrav: Utmärkning, varningsbil och eskort.

Hög transport
Om höjden är mer än 450 cm måste transportören förvissa sig om att fordonet kan komma fram på vägen.

Lång transport
Vid långtransporter tillkommer det extrakrav enligt följande:
- **24 m – 30 m** – extrakrav: Utmärkning
- **Längre än 30 m men högst 35 m** – extrakrav: Utmärkning, varningsbil och styrbara axlar
- **Längre än 35 m** – extrakrav: Utmärkning, varningsbil, eskort och styrbara axlar

5 Hanteringsutrustning

För att uppnå en enkel hantering av flaken vid skifte från ett transportslag till annat, och därmed möjliggöra en överflyttning av gods från landsväg till järnvägs- resp. sjötrafik, krävs det att lastbäraren är lyftbar. Det ska vara möjligt av lyfta ett fullastat flak såsom fallet är med ett containerflak. Om lastbäraren är lyftbar öppnas möjligheten upp för lastning med hjälp av en kran eller reachstacker direkt på en kombivagn för järnvägstransport samt även möjligheten för lastning via kran direkt ner i ett lastrum ombord i ett fartyg (lo-lo-fartyg) eller på rolltrailers som sedan kan rullas ombord på ett ro-ro-fartyg. Olika lyftmetoder har studerats och beskrivs nedan.

5.1 Motviktstruck med gafflar

Om lastbäraren utrustas med gaffelfickor på samma sätt som en container kan det lyftas och hanteras av en gaffeltruck. Det kan vara ett alternativ att lasta och lossa flak från rolltrailers som används vid sjötransport via ro-ro-fartyg. Denna hantering är dock inte möjlig för att lasta flak på kombivagnar på järnväg,

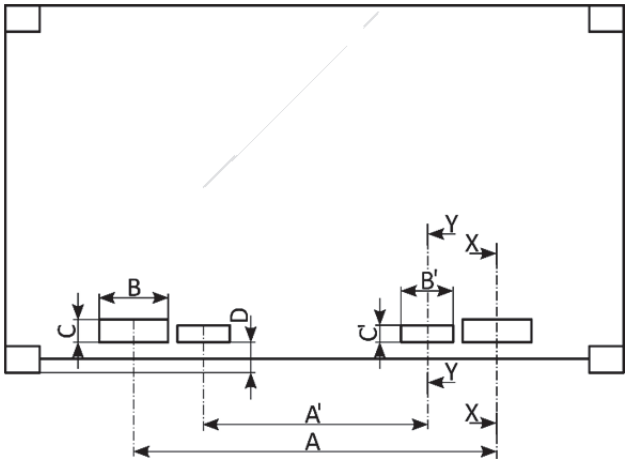
För att hantera lastade flak krävs det stora motviktstruckar med gaffelpaket som är dimensionerad för att kunna hantera minst 30 ton.



Bild 5.1 – Motviktstruck med gaffelpaket (Konecranes)

I containerstandarden ISO 1496-1:2013 (en) finns krav på hur gaffelfickorna ska vara dimensionerande.

- Gaffelfickorna ska klara av en vikt motsvarande 0,8 x lastvikten i vardera gaffelfickan.
- Avståndet mellan gaffelfickorna ska vara 2050 mm och varje gaffelficka ska ha B x H: 355 mm x 115 mm.



Ritning 5.1 – Gaffelfickor

Mått på gaffelfickor enligt standard ISO 1496-1:

Lastade containers:

A	*2 050 ± 50 mm*
B	*min. 355 mm*
C	*min. 115 mm*
D	*min. 20 mm*

Tomma containers:

A'	*900 ± 50 mm*
B'	*min. 305 mm*
C'	*min. 102 mm*

För att hantera vikter upp till 30 ton krävs dock ofta kraftigare gafflar med dimensionerna som gör att de inte passar till standardens krav på gaffelfickor. Gaffelfickorna måste då göras

större och detta vilket kan innebära svårigheter att få plats på lastbäraren och riskerar försvaga konstruktionen.

5.2 Reachstacker

Reachstacker är en vanligt förekommande utrustning på hamn- och kombiterminaler och används främst för att hantera container eller semitrailer med vikter upp mot 45 ton. Reachstackers kan förses med olika typer av lyftok beroende vilken typ av last de ska hantera.



Bild 5.2 – Lyftok för container (Elme)

5.2.1 Topplyft i hörnlådor

Vid hantering av container är ett fast eller reglerbart ok vanligast som har containerfästen anpassade för att kunna hantera olika dimensioner av container. Container lyfts i hörnlådorna på ovansidan.

Enligt ISO 1161:1984(en) ska bottenhörnlådorna klara en testkraft av 300 kN vardera vid lyft.

Enligt ISO 1496-1:2013 ska dessutom hörnlådor monterade på en container klara av att lyfta 2 × lastvikten av flaket fördelat på 4 lyftpunkter d.v.s 0,5 × lastvikten per hörnlåda.



Bild 5.3 – Lyft av container med reachstacker (Konecranes)

För att kunna lyfta ett bygelflak krävs att bygelflaket har gavlar i båda ändarna och att dessa förses med övre hörnlådor. Avståndet mellan gavlarna bör passa en containerstander vilket främst blir en svårighet i djupled då en standard container är ca 2,4 meter bred och ett bygelflak ca 1,5 meter brett. Det innebär att det krävs specialok för att kunna lyfta bygelflak i hörnlådor.

5.2.2 Lyft med griparmar

På kombiterminaler hanteras ofta lastbärare utrustade med lyftlinjer, t.ex. semitrailer för kombitrafik. I dessa fall är lyftoket även utrustat med griparmar som kan fällas ned och gripa tag om lyftlinjalerna.

I standard ISO 1496-1:2013 (en) finns krav på lyftlinjalerna som ska:

- Placeras med ett avstånd mellan sig på 4 876 mm (+/- 6 mm).
- Ha bredd av minst 600 mm
- Klacken ska ha ett djup av 51 mm

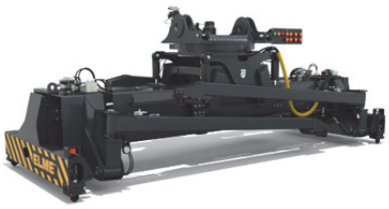
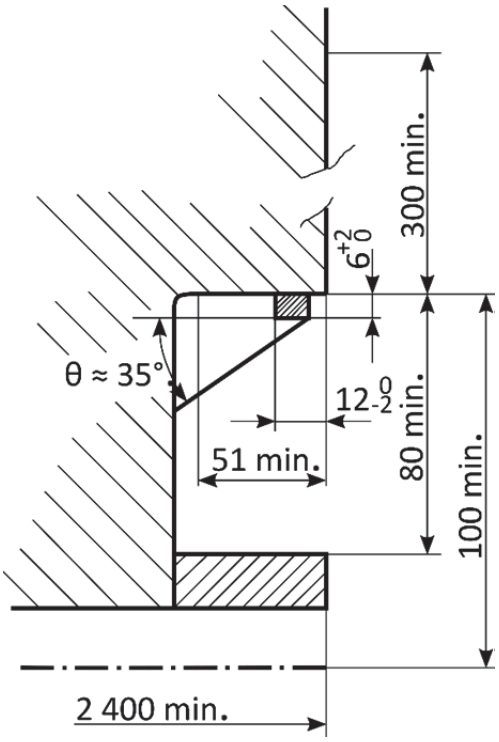


Bild 5.4 – Lyftok med griparmar (Elme)

För att ett ok med griparmar ska kunna ta tag om ett bygelflak krävs det att den minsta benöppningen ska vara runt 1,4 m. Olika tillverkare anger att standardoken har en minsta armöppning på ca 1,7 meter och detta har bekräftas vid kontrollmätning i Karlshamns hamn. Det innebär att om bygelflak ska hanteras med lyftlinjaler måste specialok tas fram



Ritning 5.2 – Klack lyftlinjal (mått enligt ISO 1469-1)



Bild 5.5 – Lyftlinjaler (Green Cargo)



Bild 5.6 – Lyft av semitrailer med lyftlinjaler (Hyster)

5.2.3 Andra lyftmetoder

Saknas övre containerhörnlådor eller lyftlinjaler på lastbäraren finns det andra typer av ok och/eller utrustning som kan användas till en reachstacker. Ett alternativ är att använda ett befintligt containerok som är försett eller förses med lyftöglor där lyftredskap såsom lyftsling eller kätting kan placeras.

Ett annat alternativ är att ta fram ett lyftok eller lyftbom som är anpassat till flakets dimensioner. Ett tredje alternativ är att reachstackern istället förses med lyftkrok.



Bild 5.7 – Lyftsling placerade på containeroket (Taylor)



Bild 5.8 – Reachstacker med anpassat lyftok (SISU)



Bild 5.9 – Reachstacker med lyftkrok (Taylor)



Bild 5.10 – Kassett för att lyfta semitrailers som saknar lyftlinjaler (www.railfrieght.com)

Detta är olika tänkbara lösningar att hantera lastbärare med en reachstacker. Det som krävs är att flaket är försett med lyftfästen. En komplikation är att tyngdpunkten på godset är förskjuten och inte alltid hamnar mitt emellan lämpliga fästen på flaket, se Bilaga 1.

5.3 Lyftkran

Olika typer av kranar förekommer både på hamn- och kombiterminaler och på byggarabetsplatser. Det kan vara fasta enheter t.ex. hamnkranar, bockkranar, traverser, byggkranar etc. eller mobila enheter t.ex. kranbilar.



Bild 5.11 – Hamnkran (Transport och Logistik)



Bild 5.12 – Bockkran på kombiterminal (Transport och Logistik)



Bild 5.13 – Mobilkran på byggarbetsplats (Motor-Magasinet)

De olika typerna av lyftkranar kan förses med lyftok, lyftkrokar m.m. för att med hjälp av lyftredskap hantera flak som är utrustade med lyftfästen.

Enligt ISO 1161:1984(E) ska bottenhörnlådorna klara en testkraft av 300 kN vardera vid lyft.

Enligt ISO 1496-1:2013 ska dessutom hörnlådor monterade på en container klara av att lyfta 2 × lastvikten av flaket fördelat på 4 lyftpunkter d.v.s. 0,5 × lastvikten per hörnlåda.



Bild 5.14 – Containerhörnlåda (Containerpoolen)

5.4 Lyftredskap

På markanden finns ett stort utbud av olika typer av lyftredskap. Det finns kättingredskap i olika klasser och dimensioner och mjuka lyftredskap som rundsling, bandsling och bandstroppar. Det finns olika typer av lyftok samt lyftkrokar anpassade för olika typer av utrustning och lyftfästen.



Bild 5.15 – Exempel på kättingredskap (Certex)



Bild 5.16 – Exempel på rundsling (Certex)

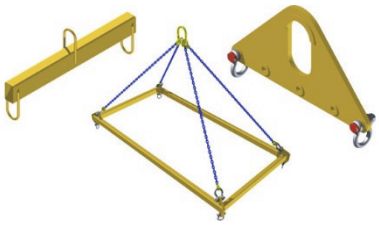


Bild 5.17 – Exempel lyftok (Certex)

Val av och dimensionering av lämpliga lyftredskap att hantera flak med ingår inte i syftet med projektet. Dock har marknaden för att lyfta flak utrustade med containerfästen ytligt studerats.

Det visar sig att det finns ett brett utbud av olika typer av containerkrokar. Dessa kan antingen placeras uppifrån eller från sidan i containerfästet och en del av krokarna är utrustade med spärrar. Slutledningen är att det inte bör vara någon svårighet att hitta lämpliga containerkrokar för att hantera lastbärare med lyftredskap främst kätting.



Bild 5.18 – Lyft av container med hjälp av containerkrok (Certex)



Bild 5.19 – Containerkrok för lyft från sidan (Certex)



Bild 5.20 – Containerkrok med spärr (Certex)

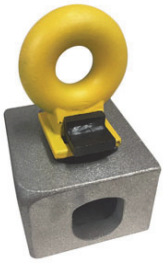


Bild 5.21 – Containerkrok för lyft uppifrån (Certex)



Bild 5.22 – Säkerhetskrok (Certex)



Bild 5.23 – Lastkrok med gaffelkoppling (Certex)



Bild 5.24 – Gripkrok med spärr (Certex)

6 Lastsäkringsutrustning

6.1 Surrningsmaterial

Surrningsutrustning förekommer i en mängd olika material, styrkor och utförande vilka är mer eller mindre lämpliga för att säkra olika typer av gods. Vid val av typ och styrka på surrningsutrustning måste hänsyn också tas till styrkan i lastbärarens surrningsfästen.

Både spännband eller kätting kan användas för surrning av betongelement. De olika surrningsmaterialen har olika egenskaper som gör att de är mer eller mindre fördelaktiga att använda. Spännband är lättare att hantera men de måste skyddas mot skarpa kanter med kantskydd och liknade samt att de slits fortare och måste bytas ut mer frekvent jämfört med kätting. Kätting å sin sida håller längre då den är mindre känslig för slitage men är mer otymplig att arbeta med.

Surrningsutrustning med olika styrka och av olika material bör inte kombineras för att säkra en och samma lastenhet.

6.1.1 Märkning av surrningsutrustning

Lastsäkringsutrustning som används under vägtransport ska i Europa vara märkt med sin styrka i enlighet med de europeiska standarderna EN 12195-2 för spännband och EN 12195-3 för kätting. Nedan visar hur ett spännband ska vara märkt enligt EN 12195-2

Förklaring:

1 daN = 1 kg

LC = Lashing capacity / Tillåten belastning
= 1 600 daN

S_{HF} = Standard hand force
= Handkraft för vilken spännaren är dimensionerad
= 50 daN

S_{TF} = Standard tension force = Förspänningskraft
= 400 daN



Bild 6.1 – Märkning av spännband enligt standard EN 12195-2 (MariTerm)

För sjötransport ska tillåten belastning anges som MSL (Maximum Securing Load). I tabellen nedan, som hämtats från *CTU-koden*, anges hur MSL kan bestämmas från dess brottstyrka när surrningen är ny.

Material	MSL
Schacklar, ringar, öglor, vantskruv	50 % av brottstyrkan
Rep	33 % av brottstyrkan
Spännband för engångsbruk	75 % av brottstyrkan
Spännband avsedda för återanvändning	50 % av brottstyrkan
Wire för engångsbruk	80 % av brottstyrkan
Wire avsedd för återanvändning	30 % av brottstyrkan
Stålband för engångsbruk	70 % av brottstyrkan *
Kätting	50 % av brottstyrkan

** Dock rekommenderas att endast använda 50 % av brottstyrkan som MSL*

Tabell 6.1 – Beräkning av MSL

Utrustningens förspänningskraft är den viktigaste parametern vid överfallssurrning och enligt Europastandarden ska den vara märkt på utrustningen med beteckningen S_{TF} (Standard Tension Force). Motsvarande krav för sjötransport finns inte i *CTU-koden* men däremot anges att om inte förspänningen i spännaren är känd kan det antas att den är ca 10 % av brottstyrkan, dock max 1 ton (1000 daN).

6.1.2 Spännband med spännare

Spännband med spännare är mycket vanliga lastsäkringshjälpmedel som används i många sammanhang och vid olika typer av lastsäkringsarrangemang, både på land och till sjöss. Utrustningen består av två delar, den korta delen som är fäst i spännaren och den långa delen som är helt fristående. Båda är försedda med krokar i ena änden.

Spännband förekommer i många utföranden med varierande bredd, längd och styrka. Den vanligast förekommande spännbandsutrustningen har en brottstyrka på ca 4 ton, vilket ger en säker belastning LC/MSL på mellan 1 600 daN och 2 000 daN beroende på vilka regler som tillämpas. Förspänningskraften är normalt max ca 400 daN, vilket uppnås med en handkraft på 50 daN. Enheten daN anges för krafter och styrkor och 1 daN är ungefär lika med 1 kg.

Spännbanden är känsliga för vassa och spetsiga kanter som med tiden gör att de slits ut eller brister. Smuts och en del kemikalier är andra exempel på faktorer som påverkar bandens hållfasthet negativt. Det är därför viktigt att kontinuerligt undersöka och bedöma eventuella skador och tecken på funktions- nedsättning. Utrustning som inte längre anses uppfylla kraven för säker transport ska kasseras eller repareras.



Bild 6.2 – Spännband (Forankra)

Ofta används en kombination där man har kätting på de delar av surrningsutrustningen som ligger direkt an mot betongelementen och spännband på övriga delar. Viktigt att komma ihåg

när man använder utrustning på detta vis är att utrustningen inte är starkare än sin svagaste länk, i detta fall oftast spännbandsdelen.

6.1.3 Kättingsurrning

Kätting används huvudsakligen för säkring av tungt gods som kräver extra styrka i lastsäkringsarrangemanget, som t.ex. fordon, projektlaster och maskingods. Även för gods som kräver extra slitstark surrningsutrustning som betongelement och stenprodukter används ofta kätting.

Kättingar förekommer i olika material-kvalitet och dimensioner liksom med korta respektive långa länkar och valet är beroende på användningsområde. När lastsäkringen kräver att kättingen passerar över en skarp kant finns det risk att länkarna i en långlänkad kätting böjs eller knäcks och då är det lämpligare att använda kortlänkad kätting. Kortlänkad kätting väger dock något mer än långlänkad med samma styrka.



Bild 6.3 – Länk i långlänkad kätting som böjs över en skarp kant (Tya Branschnorm)

Vanliga kättingdimensioner vid landsvägstransport är 8 eller 10 mm kortlänkad kätting medan långlänkad kätting 9, 11 eller 13 mm ofta används vid sjötransport. Kättingens styrka avgörs dock inte enbart av grovleken på länken utan även kvaliteten på materialet har betydelse. Vanligast för kätting som används för lastsäkring är material som betecknas med klass 8, men även andra klasser förekommer. Kättingar av klass 10 är 25 % starkare än kättingar av klass 8 med samma dimension. Den som utför lastsäkringen ska därför utgå från kättingens märkbricka, vilken anger kättingens styrka, MSL/LC. I vissa fall är märkbrickan även försedd med en kättingtolk som används för att bestämma om kättingen har deformerats genom töjningen av materialet. På märkbrickan till höger betyder 8-8 att kättingen har länkdimension 8 mm och att den är tillverkad av klass 8. LC 40 kN betyder att kättingen kan ta upp en säker belastning på ca 4 ton.



Bild 6.4 – Exempel på märkbricka för kättingsurrning (Tya Branschnorm)

För att få förspänningskraft i kättingsurrningar används vanligtvis en handspännare i form av en vantskruv (spärrbjörn) eller en björnspännare (spännbjörn).

6.1.4 Surrningsfästen

Surrningsfästen på lastbäraren som både är till för att lastsäkra godset på lastbäraren samt att kunna lastsäkra lastbäraren till underlaget hade i vissa fall haft en stor positiv inverkan på transporterna. Detta hade medfört enklare lastsäkring av lastbärarna till ett fartyg vid

sjötransport men även gjort det möjligt att ge en säker lastsäkring av godset på flaket vid intermodala transporter d.v.s. transporter som förutom väg även inbegriper en järnvägs alt. sjötransport.
Styrkan på surrningsfästena ska vara högre än den tänkta surrningsutrustningen. Ett exempel är att fordon med en totalvikt över 12 ton ska enligt den europeiska standarden EN 12640 ha surrningsöglor som klara minst 2 tons belastning. Detta stämmer bra överens med de vanligast förekommande spännbanden som har en tillåten belastning på 1,6-2 ton.

6.1.5 Kantskydd

För att skona spännband mot skarpa kanter måste kantskydd användas för att förhindra att bandet går av.

Det finns färdigtillverkade slitskydd och kantprofiler i en rad olika dimensioner och utföranden. Egentillverkade träprofiler kan också användas och dessa bör då ha dimensionen 22 × 95 mm.

Om lastsäkringen ska förbereds hos avsändaren kan det vara lämpligt att montera fasta kantskydd redan på betongfabriken.



Bild 6.5 – Effekten av saknat kantskydd (MariTerm)



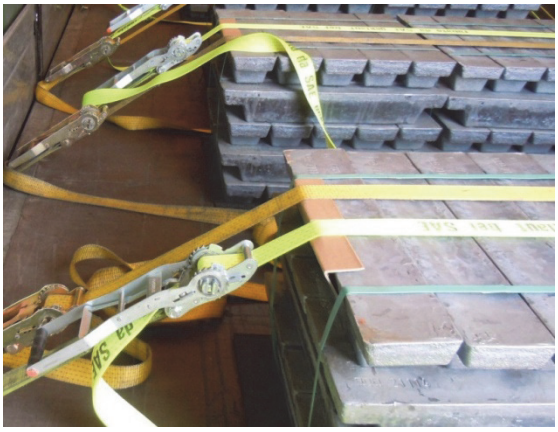


Bild 6.6 och 6.7 – Exempel på kantskydd (MariTerm)

6.2 Förstängningsutrustning

Förstängning av gods innebär att lasten förhindras att röra sig genom utfyllnad eller direkt placering mot starka konstruktioner på lastbäraren. Sådana konstruktioner är exempelvis framstam och sidolämmar på en trailer, väggar och dörrar i en container eller fasta kantlister längs lastbärarens sidor. Gods som lastas tätt mot någon av dessa detaljer kan anses som förstängt om det sammanlagda fria utrymmet i sidled respektive längdled inte överstiger 15 cm. Förstängning av gods är den enklaste och billigaste metoden och bör därför alltid användas om det är möjligt.

Utöver fasta förstängningsdetaljer är vissa lastbärare även utrustade med speciella fästen för avtagbara stöttor, vilket ökar flexibiliteten och underlättar lastsäkringen vid transporter där hela lastbärarens yta inte fylls ut. En annan vanlig förstängningsmetod är utnyttjandet av träreglar, som anpassas till lasten. Beroende på regelkonstruktionens utformning kan godset förhindras att antingen glida och/eller tippa. Utfyllnad med tompallar eller luftkuddar kan också användas.

6.2.1 Stöttor/stolpar

Stöttor förekommer i en rad olika utformningar och användningsområdena varierar beroende på placering och styrka. Stöttor utmed lastbärarens sidor används huvudsakligen till att förstänga gods på öppna lastbärare, t.ex. vid transport av betongprodukter, timmer eller annat långgods. Andra lastbärare är försedda med hylsor i flaket som kan användas för flyttbara stöttor vilket ger stor flexibilitet. Flyttbara stöttor är särskilt användbara vid transport av gods med hög densitet, som metall- eller stenprodukter eftersom dessa kan behöva lastas med stort mellanrum mellan de olika lastenheterna. De flyttbara stöttorna kan användas för att hindra glidning och tippning framåt, bakåt eller åt sidorna.

Styrkan i respektive stötta anges av tillverkaren och denna information måste finnas tillgänglig vid lastningen. Det är också viktigt att känna till att stöttans styrka avtar ju högre upp belastningen sker. Maximal belastning brukar därför anges vid en viss höjd över flaket.



Bild 6.8 och 6.9 – Olika typer av stöttor på lastbilsflak
(MariTerm)

Hur styrkan i monterbara stolpar som används för förstängning bör testas och märkas på utrustningen framgår av standarden EUMOS 40511. Stöttans förstängningskapacitet i olika riktningar anges med beteckningen RBC (Reference Blocking Capacity). Med detta avses den kraft som stöttan kan ta upp antingen som en punktbelastning 0,5 meter över flaket eller som en jämnt utbredd belastning från en last som är 1 meter hög.

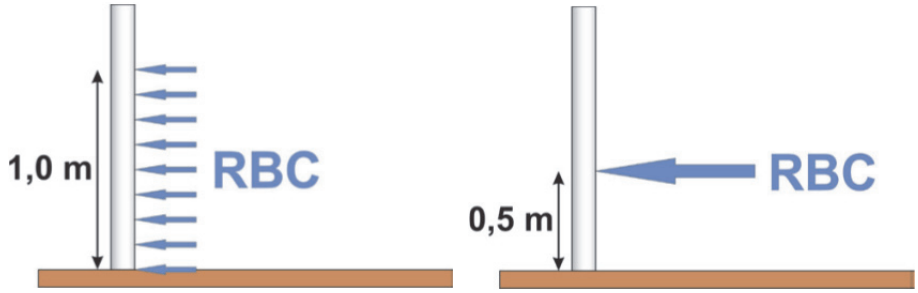


Bild 6.10 – RBC anger tillåten jämt utbred belastning över 1 meters höjd eller en punktbelastning på 0,5 meters höjd.
(TYA Branschnorm)

Styrkan ska framgå av en märkskylt utformad enligt exemplet nedan. Det är tillåtet att använda en förenklad märkning där endast det lägsta RBC för samtliga riktningar anges. Det är uppenbart att påbyggaren måste testa så att kombinationen av löstagbara stöttor och flakets stakhylsor tål de angivna belastningarna och märka fordonet med denna uppgift alternativt utfärda ett certifikat.



Bild 6.11 – Exempel på märkskylt för stöttor där RBC är 1 400 daN (1 400 kg) framåt, bakåt och åt sidorna.
(TYA Branchnorm)

6.2.2 Stakhål

Många olika typer av flak och fordon är utrustade med runda eller fyrkantiga hylsor i vilka stöttor kan föras ner. Dessa används frekvent för att säkra lasten i sidled, framförallt mot glidning.

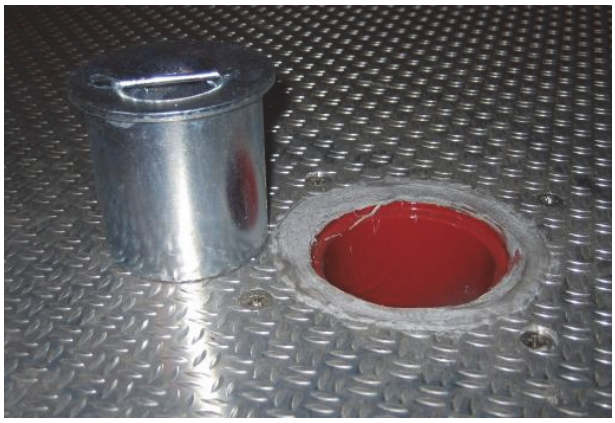


Bild 6.12 – Exempel på stakhål (Scania)



Bild 6.13 – Exempel balk med genomföringar för varierbar placering av stakar (MariTerm)

7 Utvärdering av olika transportlösningar

Till de krav branschen ställer på transport av betongelement hör att de ska vara så flexibla som möjligt. Minimikravet är att betongelementen ska kunna transporteras på landsväg. Förutom detta är det önskvärt att det går att genomför transporter av stående betongelement på både järnväg och till sjöss på ett smidigt och effektivt sätt. Dels för att få miljösäkra transporter samt för att göra det möjligt att kunna optimera transportlogistiken med avseende på maximalt utnyttjande av fordon, chaufförer och lastbärare.

Dock skiljer sig förutsättningarna åt beroende på transportsätt, vilket beskrivas utförligare i nedanstående text.

7.1 Landsväg

Transporter av stående betongelement involverar i dagsläget alltid en landsvägstransport och i de flesta fall sker huvuddelen av transporten på väg.

7.1.1 Begränsningar vid landsvägstransport

Maximal höjd på betongelement varierar land för land beroende på frigången under broar som gäller i olika länder. Exempelvis är max höjd i Sverige ca 4,60 m, i våra skandinaviska grannländer: 4,20 meter medan det i de övriga länderna i Europa är ca 4,0 meter.

Även tillåten bredd på en transport kan skilja mellan olika länder i Europa men är normalt inte en begränsande faktor när det gäller transporter av stående byggelement t.ex. med bygelflak.



Bild 7.1 och 7.2 – Exempel på begränsning i bredd i Sverige (Transportstyrelsen)

Vikten är också en begränsande faktor där det är tre olika faktorer som bestämmer hur högt axel-, boggi- eller trippelaxeltryck som fordonet får ha eller vilken bruttovikt som gäller för fordonet på olika typer av vägar; vägens bärighet, vägmärken och fordonets lastförmåga.

Reglerna är inte lika inom Europa utan skiljer sig en hel del. Den vanligaste maximala lastvikt som en transportör kan räkna med är 24 ton och den fungerar i många länder. Det finns dock länder som har lägre max lastvikt på 21 ton såsom Bulgarien, Ryssland, Vitryssland och Rumänien medan de Brittiska öarna har 27 ton. Störst maximal lastvikt har de nordiska länderna där Sverige och Finland toppar med 36 ton.

Det innebär att vid en internationell transport från t.ex. baltstaterna är lastvikten begränsad jämfört med en inrikes transport i Sverige.

Vidare kan vägmärken begränsa tillåten lastvikt på vissa enskilda avsnitt t.ex. vid passage över bro.



Bild 7.3 – Begränsat axeltryck



Bild 7.4 – Begränsat boogietryck



Bild 7.5 – Begränsat bruttovikt



Bild 7.6 – Bärighetsklass



Bild 7.7 – Begränsad bruttovikt på fordon och fordonståg

(Transportstyrelsen)

Fördelen med vägtransporter är att transporten i de flesta fall kan ske från avsändare till mottagare utan att byte av transportslag behövs. Detta leder till en flexibilitet som öppnar upp för smidigare transportlösningar både logistiskt och ekonomiskt.

Nackdelen med vägtransporter är till viss del begränsningen i höjd och framför allt i hur mycket vikt som kan transporteras på ett flak. Vägtransporter blir även kostsamma eftersom minst en chaufför följer med transporten och resurser i form av t.ex. dragbil och trailer binds upp under hela transporten.

7.2 Järnväg

Järnvägstransporter av stående betongelement är inte så vanligt förekommande i dagsläget. En orsak till detta är att bygelflaken inte är konstruerade för att lyftas samt det faktum att det inte finns några specialvagnar att tillgå för denna typ av transport. Det leder i sin tur till att om betongelement ska transporteras stående på t.ex. ett containerflak blir höjden av betongelementen starkt begränsad på grund av järnvägens lastprofil. Detta gäller dock inte om transporten skulle ske med hjälp av kombitrafik där höjdbegränsningen blir något mindre, maxhöjd på ca 4 m, beroende på att en kombivagn till sin konstruktion gör att containerflaket lastas högre upp än fallet är med en bygeltrailer samt det faktum att elledningar m.m. gör att höjden begränsas av järnvägens lastprofil.

7.2.1 Begränsningar vid järnvägstrafik

För transport av gods på järnväg står en lång rad olika typer av järnvägsvagnar till förfogande. Hur mycket lastvikt en enskild vagn kan lasta beror på vagnens och banans bärighet på aktuell transportsträcka.

Järnvägsnätet såväl i Sverige som utomlands har varierande tillåten belastning. Detta innebär att godsvagnar tillåts ha olika axellast och lastgräns på olika bandelar. Hur mycket som får lastas på en vagn är därmed helt beroende av destination och färdväg. Linjeklasserna är baserade på olika maximala axelbelastningar och största tillåtna metervikt räknat på vagnens totallängd.

Linjeklass	Största tillåtna axellast (ton)	Största tillåtna metervikt (ton /m)
A	16,0	5,0
B1	18,0	5,0
B2	18,0	6,4
C2	20,0	6,4
C3	20,0	7,2
C4	20,0	8,0
D2	22,5	6,4
D3	22,5	7,2
D4	22,5	8,0

Tabell 7.1 – Största tillåten axellast och metervikt för olika linjeklasser

Viktsmässigt klarar järnvägen normalt av att med god marginal transportera enheter som kan gå på landsväg.

Det blir istället betongelementens höjd som blir en begränsande faktor på grund av lastprofilen, det vill säga gränser på höjd och bredd som järnvägsvagnar med gods ska vara inom för att klara mötande tåg och fasta bananläggningar, t.ex. kontaktledningar m.m.

Lastprofilen för järnvägstransporter är baserad på två parametrar, statiska och dynamiska profiler. Den statiska lastprofilen används för att fastställa de maximalt tillåtna måtten på en järnvägsvagn som placeras på ett rakt spår, medan den dynamiska profilen ökas med ett avstånd som kan bero på överhängande delar av vagnen i kurvor. Om järnvägsvagnen med last inte överskrider dessa gränser kan enheten transporteras säkert inom järnvägsnätet, utan risk för att kollidera med andra tåg eller fast utrustning utmed banan.

I Sverige används tre typer av lastprofiler för olika delar av järnvägsnätet som delas in i följande klasser:

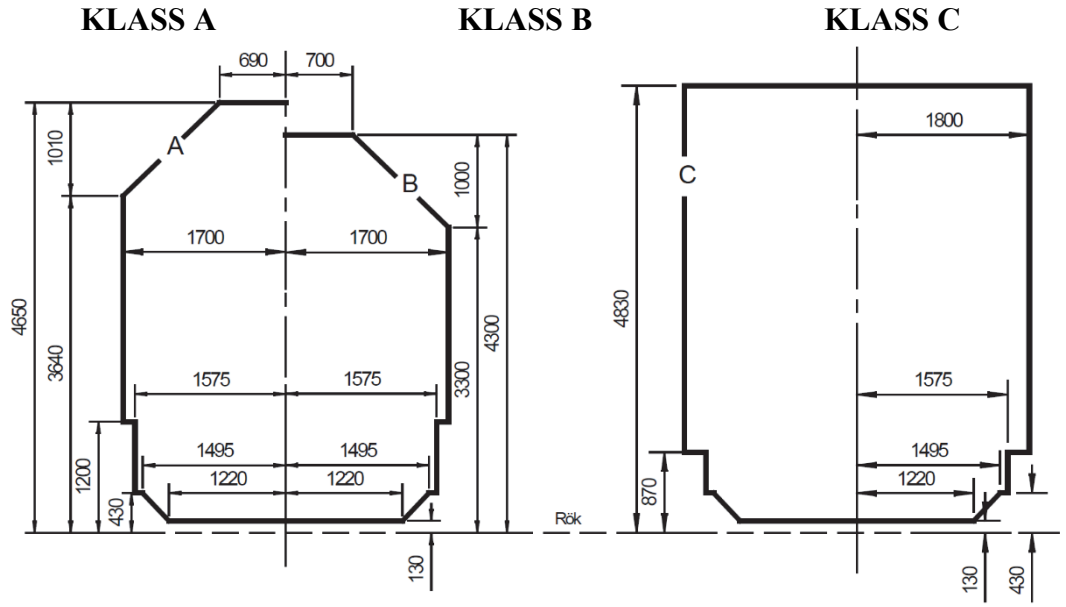


Bild 7.8 – Lastprofiler i Sverige (Trafikverket 2013)

För internationella järnvägstransporter inom EU används den europeiska lastprofilen GA för de flesta järnvägsnäten, med undantag för transporter som utförs i Storbritannien. Spår baserade på denna lastprofil har en bredd på 3,15 meter och en höjd av 4,32 meter, där den maximala höjden ligger mitt på vagnen och sedan minskar ut mot sidorna. Järnvägar i Centraleuropa är dock byggda i enlighet med lastprofilen GC, som har en bredd på 3,15 meter och en höjd av 4,65 meter. Alla medlemsstater inom EU är skyldiga att vid anläggning av nya järnvägar gör dessa i enlighet med GC-profilen eller större. De europeiska lastprofilerna GA och GB passar in i den svenska "klass A" medan lastprofilen GC passar in i "klass C".

Som visas i bilden nedan passar en standard ISO-container samt en High-cube container i alla profiler om de lastas på en vanlig platt däcksvagn med en fri maximal höjd på 940 mm.

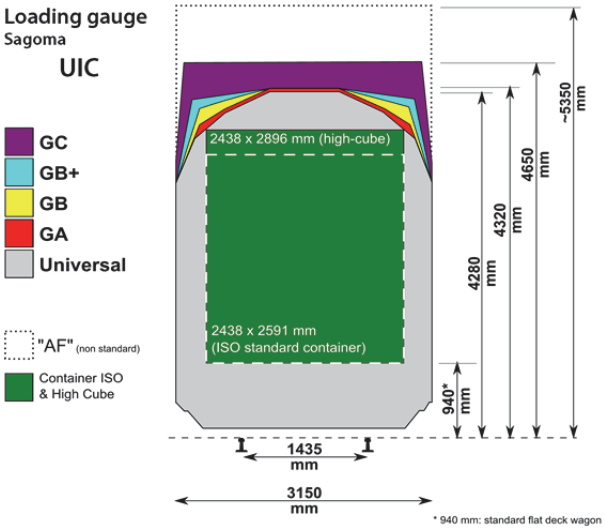


Bild 7.9 – Europeiska lastprofiler (Cheminvento)

Skulle ett bygelflak med stående byggelement placeras i nivå med containerpositionerna på samma typ av järnvägsvagn skulle höjden på betongelementen begränsas till ca 2,75 meter och för ett containerflak skulle motsvarande höjd vara drygt 2 m. För betongelement som placeras mitt på flaket och vagnen med en max bredd på ca 1 meter skulle höjden kunna öka med ca 0,5 till 3,25 meter för bygelflak och 2,5 meter för containerflak.

Om ett bygelflak hade varit lyftbart är det tänkbart att dessa skulle kunna lastas i hjulfickan på en kombivagn anpassad för semitrailers. Det skulle teoretiskt innebära att betongelement med en höjd upp till ca 4,0 meter skulle kunna lastas på bygelflaket. I ett sådant fall behöver inte höjden på betongelementet vara en allt för begränsande faktor vid val av transportväg.

Fördelen med järnvägstransporter är att relativt höga vikter kan transporteras långa sträckor med lägre kostnader jämfört med vägtransporter.

Nackdelen med järnvägsvägtransporter är begränsningen i höjd på godset på grund av banans lastprofiler. Järnvägstransporter har ofta längre ledtid än motsvarande vägtransporter på grund av låga hastigheter och system som inte är flexibla.

7.3 Sjötransport

I nuläget är det i begränsad omfattning som stående betongelement transporteras till sjöss. De flesta transporter som genomförs är då betongelementen transporteras tillsammans med sin dragbil/bygeltrailer under kortare sjöresor exempelvis färjeturer mellan Sverige och Danmark resp. Sverige och Tyskland.

Då lastbärarna med betongelement helst ska kunna transporteras både som ro-ro-gods (rullas ombord) och som lo-lo-gods (lyfts ombord), är önskemålet att lastbäraren ska vara lyftbar när den är fullastat.

Detta kommer att ställa krav på flakets konstruktion för att det ska klara av de påfrestningar som kan uppstå under lyftet men också de påkänningar som är aktuella under sjöresan. Detta kommer att kräva möjlighet till att kunna lastsäkra dels betongelementen till flaket, dels att lastsäkra flaket till fartyget när det väl är lastat.

Ett önskemål från branschen, d.v.s. rederier och stuveri, är en snabb och effektiv hantering av flak. För att uppnå detta krävs det en del förberedelser från inblandade parter. Betongelementen måste vara säkrade till flaket innan dessa ställs av i hamnen, vilket kan innebära att de är förberedda för detta redan vid på fabriken och att transportören kan se till att detta är gjort vid avlämning i hamnen.

I hamnen ska stuveripersonal helst bara lasta upp de förberedda flaken på en rolltrailer (mafi) samt säkra flaken till rolltrailern med hjälp av containerlås. Stuveripersonal drar sedan ombord rolltrailern i fartyget samt lastsäkrar den till fartygetenligt väl etablerade rutiner.

Vid ankomst till lossningshamnen kör stuveripersonal av rolltrailern från fartyget och ställer den på hamnplanen. Därefter måste stuveripersonal lasta av flaken från rolltrailern så att dessa antingen kan bli upphämtade av fordon för landsvägstransport alternativt bli omlastade till en kombivagn för järnvägstransport.

Fördelen med detta förfaringssätt är:

- Effektivare och smidigare hantering vid lastning/lossning till fartyget
- Fler enheter kan lastas på rolltrailern vilket innebär ett bättre utnyttjande av ytan ombord fartyget.
- Enklare att lastsäkra rolltrailern ombord i fartyget.

Nackdelarna med detta förfaringssätt är:

- Kräver extra resurser i form av stuveripersonal för att lasta på och av flaken på rolltrailern.
- Flaken måste troligen lyftas på och av rolltrailern med ok, inte med gafflar, vilket kräver tillgång till kran.
- Lägre höjd på betongelementen då rolltrailern är ca 750 mm hög.

7.3.1 Begränsningar vid sjötransport

Vid sjötransporter ombord i ro-ro-fartyg är en begränsning som kan uppstå maximal lasthöjd, vilken beror på fri höjd på det fartygsdäck som godset lastas på. Generellt kan det antas att fri höjd på ro-ro-fartyg ligger någostans mellan 4,5 – 5,0 meter. Om t.ex. ett bygelekipage ska transporteras ombord ett ro-ro-fartyg är detta inget problem då ro-ro-fartygets maxhöjd överstiger den maxhöjd som är tillåten vid vägtransport. Dock kan det uppstå problem om ett

bygelflak skulle lastas på en annan lastbärare t.ex. en rolltrailer för transport ombord i ett ro-ro-fartyg. I dessa lägen skulle maxhöjden kunna överstigas då lastbärarens ”interna” höjd tillsammans med bygelflakets höjd överstiger de begräsningar som finns för ro-ro-fartygets lastdäck.

Nedan följer en förteckning över maximal fri däckshöjd ombord på några olika ro-ro- fartyg som trafikerar Östersjön.

Rutt:	Rederi:	Fartygsnamn:	Fri däckshöjd(m):
Karlshamn – Klaipeda	DFDS	Optima Seaways / Victoria Seaways	4,9*
Norvik - Ventspils	Stena Line	Stena Flavia / Scottish Viking	5,0
Kapellskär - Paldiski	DFDS	Sirena Seaways / Patria Seaways	5,0

**Gäller även på de nybyggen som kommer att sättas in på linjen under år 2021/2022.*

Tabell 7.2 – Maximal fri däckshöjd på några olika ro-ro-fartyg som trafikerar Östersjön

Med utgångspunkt av en fri höjd på 4,9 m i fartyget skulle maximal höjd av stående väggar på olika lastärare bli följande:

- Bygelflak ca 4,0 m (4,9 m – rolltrailer 0,75 m - bygelflaket 0,15 m)
- Containerflak ca 3,55 m (4,9 m – rolltrailer 0,75 m - containerflak 0,60 m)
- Semitrailer ca 3,25 m
  Låglastare 3,8 m (Maskintrailer)
- Bygeltrailer: 4,6 m

Då begränsningarna på max höjd på landsväg i Sverige ligger på 4,5 meter och 4,0 meter i Baltikum skulle detta inte vara ett problem eller något som gör att man måste ha lägre väggar vid denna typ av sjötransport.

7.3.2 Lastning i Roll on-Roll off(ro-ro)- fartyg

Ro-ro lastning innebär att godset rullas ombord i lastrummet. Nedan följer några olika alternativ samt arbetsmoment för lastnings och lossning av fordon, exempelvis bygeltrailer/containerbil/ maskintrailer lastade med betongelement.

7.3.2.1 Ro-ro lastning med fordon där chauffören medföljer sjötransporten

- Fordon anländer till hamnen.
- Fordonet transporteras från uppställningsplatsen i hamnen ombord i fartyget av lastbilschauffören.
- Fordonet lastsäkras vid behov ombord i fartyget av antingen fartygets besättning eller stuveripersonal.
- Vid ankomst till lossningshamnen tas ev. lastsäkring för sjöresan bort av besättningen eller stuveripersonal.
- Fordonet körs av fartyget av lastbilschauffören.
- Fordonet körs vidare till kund av samma lastbilschaufför.

Fördelen med att chauffören följer med transporten är att ingen extra personal krävs för att köra in och ut fordonet ur fartyget.

Nackdelen är att både chauffören och fordonet är uppbundna under sjötransporten.

7.3.2.2 Ro-ro lastning med fordon där chaufförен inte medföljer sjötransporten

- Fordon (exempelvis bygeltrailer/containerbil/maskintrailer) med betongelement anländer till hamnen.
- Fordonet transporteras från uppställningsplatsen i hamnen ombord i fartyget av stuveripersonal.
- Fordonet lastsäkras vid behov ombord i fartyget av antingen fartygets besättning eller stuveripersonal.
- Vid ankomst till lossningshamnen tas ev. lastsäkring för sjöresan bort av besättningen eller stuveripersonal.
- Fordonet körs av fartyget av stuveripersonalen.
- Fordonet körs vidare till kund av samma lastbilschaufför.

Fördelen är att chaufförен inte blir uppbunden till sjötransporten.

Nackdelen Det krävs extra personal för att köra in och ut fordonet ur fartyget jämfört med första alternativet. Fordonet är uppbundet under sjötransporten.

7.3.2.3 Ro-ro lastning utan medföljande fordon eller chaufför under sjötransporten

Detta alternativ är endast möjligt med bygelflak eftersom containerflaket kräver lyft av lastbil och ombord i fartyg se avsnitt *7.3.3 Lastning i Lift on-Lift off (lo-lo) fartyg.*

- Bygeltrailer ställer av bygelflaket i hamnen.
- Flaket transporteras från uppställningsplatsen i hamnen ombord i fartyget med hjälp av terminaltruck utrustad med lyftanordning för bygelflak som körs av stuveripersonal.
- Bygelflaket lastsäkras ombord i fartyget av antingen fartygets besättning eller stuveriarpersonal.
- Vid ankomst till lossningshamnen tas lastsäkringen för sjöresan bort av besättningen eller stuveripersonalen.
- Bygelflaket körs av fartyget av stuveripersonal.
- Bygelflaket ställs av på uppställningsplats i hamnen.
- Bygelflaket hämtas av lastbilschaufför med bygeltrailer.

Fördelen är att varken chaufför eller fordon följer med på sjöresan. Längden på fartygets körfiler utnyttjas bättre än om fordonet följer med under sjötransporten.

Nackdelen är att det krävs specialutrustning i lastnings- och lossningshamnarna. Bredden på fartygets körfiler utnyttjas inte optimalt. Det krävs extra personal för att köra in och ut fordonet ur fartyget jämfört med första alternative och lastning och lossning är tidskrävande.

7.3.2.4 Tungtransporter på rolltrailer

En rolltrailer är en intern lastbärare som enbart används ombord i Ro-ro fartyg samt i hamnar. Rolltrailern används för sjötransport och finns i olika längder mellan 20’ - 82’. Rolltrailern är byggd för att klara av tungt gods och vissa rolltrailers klarar av vikter upp till 160 MT.

Ska gods transporteras på en rolltrailer måste godset lastas om först i lastningshamnen sedan i lossningshamnen innan vidare transport kan påbörjas på landsvägs. alt. järnvägstransport.

Transportkedjan ser ut som följer:

- Lastbil/järnvägsvagn ankommer till hamnen med godset där det lastas om till rolltrailern.
- Godset lastsäkras till rolltrailern.
- Rolltrailern transporteras ombord till anvisad plats ombord i fartyget med hjälp av en tugmaster.
- Rolltrailern lastsäkras till fartygsdäcket.
- Vid ankomst lossningshamnen transporteras rolltrailern från fartyget till kajen med hjälp av en tugmaster.
- Godset omlastas från rolltrailern till en lastbärare för landsvägstransport alternativt till en järnvägsvagn för vidare transport på järnväg till kund.

Fördelen är att lastnings- och lossningstider minimeras då flera flak kan hanteras på en rolltrailer. Varken chaufförен eller fordonet följer med transporten.

Nackdelen är att det krävs omlastning i både lastnings- om lossningshamnen. Hanteringen av flaken kräver att de är lyftbara. Har flaken mycket olika vikter kan det innebära snedfördelning på rolltrailern.

7.3.3 Lastning i Lift on-Lift off (lo-lo) fartyg

Lo-lo-lastning innebär att godset lyfts ombord ner i lastrummet på fartyget och även pråmtransporter kan liknas vid denna hantering. Vid pråmtransport kan dock arbetsuppgifter som stuveripersonal hanterar i nedan beskrivning utföras av någon annan personalkategori som är närvarande vid lastnings- och lossningsplatsen.

Vid lolo-lastning av bygel- eller containerflak sker följande moment under transportkedjan från lastnings- till lossningshamn:

- Lastbil ställer av bygelflaket eller containerflak lyfts av i hamnen alternativt lastas de stående betongelement upp på ett containerflak i hamnen.
- Betongelementen säkras till flaket.
- Bygel-/containerflaket lyfts på plats i lastrummet ombord i fartyget med hjälp av lyftkran.
- Bygel-/containerflaket säkras ombord i lastrummet av besättningen eller stuveripersonal.
- Vid ankomst till lossningshamn tas lastsäkringen för sjöresan bort.
- Bygel-/containerflaken lyfts ur lastrummen m h a lyftkran och ställs på kajen.
- Bygel-/containerflaken transporteras från kajen till anvisad uppställningsplats av bygel-/containerbil.
- Bygel-/containerflaket transporteras från hamnen m h a bygelbil alt. dragbil med containerflak.

Fördelen med lo-lo-fartyg är att de i princip inte ställer några begränsningar vad det gäller höjd och vikt på betongelement.

Nackdelen är att det krävs en del omlastningar. Flaken måste vara lyftbara. Lastbärare som inte är staplingsbara kan endast lastas i ett lager.

8 Utvärdering av olika lastbärare

Vid transport av stående betongelement används i allt större utsträckning bygelflak eftersom deras placering väldigt nära marken medför möjligheten till att maximera höjden av betongelementen. I Sverige kan man i de flesta fall transportera betongelement med en höjd upp till 4,6 meter. Detta p.g.a. att våra broar är byggda med hög fri passagehöjd. I våra skandinaviska grannländer är passagehöjden under broar inte lika hög utan där räknar man oftast med en höjd på betongelementen av max 4,2 m, vilket även är vad vi räknar med i denna forskningsrapport.

I viss utsträckning transporteras även stående betongelement på containerflak som utrustats med en A-bock som betongelementen vilar mot, dock är dessa betongelement inte lika höga som fallet är på bygelflak. Förutom ovanstående alternativ transporteras det även stora mängder stående betongelement på öppna maskintrailers och trailers med eller utan svanhals. P.g.a. trailerflakets något högre avstånd till marken kan man inte heller i dessa fall lasta lika höga betongelement som fallet är med ett bygelflak.

8.1 Huvudprincip för stöttning av last

Vid transport av stående betongelement räcker det normalt inte med att surra fast elementen utan de måste i tillägg säkras mot att glida eller tippa med hjälp av förstängning. Det finns i huvudsak två olika lösningar för att detta som används i lite olika utföranden på olika typer av lastbärare. Dels kan framkanten av betongelementen säkras mot en grind eller bygel med hjälp av utstickande knivar och dels kan de lutas mot och surras till en bock.

8.1.1 Säkring med hjälp av grind eller bygel

På vissa lastbärare är en ställning, ofta kallad ”grind” eller ”bygel”, monterad. På lösa flak sitter bygeln på ena gaveln medans den på trailers ofta är monterad där trailerflaket får en höjning, kallad ”svanhals”. Mot denna grind går det sedan ställa betongelementen så att de blir förstängda i färdriktningen. Med hjälp av knivar som sätts på utsidan av varje element kan de också säkras deras framkant säkras mot rörelser i sidled. För att placeringen av knivarna ska bli så flexibel som möjligt är de ofta monterade på en bult som dras fast i ett spår mellan två horisontella balkar som sitter monterade på olika höjder på grinden.

På bygelflak var knivarnas längd från början ca 150 mm, men de är numera ca 300 mm långa. Förändringen i längd har dock inte medfört att styrkan i brickor och muttrar har ökat, dessa måste följa varandra för att knivarnas konstruktion ska kunna klara av de påfrestningar som kan uppstå vid hanteringen.

Fördelen med detta arrangemang är att det medger en relativt snabb placering och infästning av stående byggelement. Surrning behöver endast ske i elementens bakkant.

Till **nackdelarna** hör att det ställer stora krav på styrka i galgen och dess infästning i flaket. Eftersom knivarna fästs med friktion mellan bultens brickor och de horisontella balkarna på galgen, har de ofta en väldigt begränsad stryka, särskilt i de fall där slitage har bockat brickorna. Det är också så att samtliga element måste placeras med sin framkant mot galgen och det kan medföra att lastens tyngdpunkt hamnar långt fram på lastbäraren, vilket i sin tur

kan medföra att lastvikten begränsas till följd av överskridna axeltryck eller att enheten blir svår att hantera vid lyft.

8.1.2 Säkring med hjälp av A-bock

En annan vanligt förekommande metod för att hindra byggelement och liknande laster från att tippa i sidled är att luta dem med en snedställd bock. I de fall element kan ställas på båda sidor om bocken kallas den A-bock. Bockens fötter bör också var så utformade att de lutar inåt så att elementens underkant inte kan glida ut i sidled. En relativt liten mängd överfallssurrningar kan då användas för att förhindra både glidning och tippning i sidled. Ju större vinkeln är på A-bocken desto effektivare förhindrar den sidorörelser, men det medför också att den maximala bredden på lasten begränsas.

Det förekommer en mängd olika varianter av A-bockar. Det kan röra sig om enskilda ramar som placeras eftervarandra på lämpligt avstånd eller hela ställningar med flera ramar. Gemensamt är att de måste säkras till flaket antingen genom låsning med hjälp av containerlås, tappar i flaket eller med surrningar. Om det inte går att säkra A-bocken till flaket så måste hela lasten inklusive A-bocken säkras till lastbäraren med hjälp av spännband eller kätting.



Bild 8.1 – A-bock på maskintrailer (MariTerm)

Fördelar: En rätt utformad A-bock i kombination med relativt få surrningar ger en effektiv säkring mot sidorörelser och liten risk för att byggelement ska falla av vid lossning av lasten. A-bocken kan också placeras så att lasten får en optimal tyngdpunkt på lastbäraren.

Nackdelar: Eftersom elementens dimensioner varierar kraftigt blir det ofta svårt att säkra dem mot rörelser i längdled på ett effektivt sätt. Eftersom det inte finns någon vedertagen standard för A-bockar är det ofta fallet att de inte kan låsas fast med de tänkta anordningar när de skiftas mellan olika lastbärare eller fordon.

8.2 Semitrailer

Transport av stående betongelement på semitrailer är vanligt förekommande. Säkring av elementen utförs både med hjälp av grind och med A-bock. I de fall en grind monteras på en lågbyggd maskintrailer sätts den ofta vid svanhalsen. Detta medger en mycket stark kontraktion av grind och en stark förstängning av elementen framåt.

Fördelen med transporter på semitrailers är att det är enkelt att variera lasten mellan liggande och stående betongelement. Denna flexibilitet öppnar upp för smidigare transportlösningar både logistiskt och ekonomiskt. Semitrailers medger också transport av byggelement med en längd upp till 13.6 meter vid intermodala transporter. Eftersom de redan idag hanteras regelbundet i intermodala transportkedjor utgör detta inga nya utmaningar för de inblandade terminalerna och transportörerna. Omlastningen i intermodala noder kan utföras snabbt och effektivt. De kan också användas för att medföra returlaster, vilket ger bra förutsättningar för ekonomin i hela transportupplägget.

Nackdelen med transporter på semitrailers är att det inte går att transportera lika höga betongelement på dem jämfört med bygelflak eftersom flakhöjden på en semitrailer är mellan ca 0,7 – 1,1 m. En semitrailer är också något tyngre och dyrare än ett rent flak utan hjul, vilket innebär lägre lastkapacitet vid järnvägstransporter och en större uppbindning av resurser vid intermodala transporter.

8.3 Bygelflak

Bygelflak används främst för transport av stående betongelement. Oftast transporteras dessa direkt från tillverkaren till byggarbetsplatsen där bygelflaket ställs av i väntan på lossning. Under tiden bygelflaket lossas kan bygelbilen utföra andra transporter med antingen tomma eller lastade bygelflak.

Som namnet antyder, är flaken försedda med minst en bygel till vilken stående betongelement säkras.

Det finns ingen standard för bygelflak, utan flera parallella system från olika tillverkare har utvecklats för att erbjuda optimal kapacitet vid vägtransporter. Tabellen nedan visar vilka dimensioner på flak som fordon från de tre största Europiska tillverkarna kan hantera.

Tillverkare	Längd av bygelflak (m)	Bredd av bygelflak Ytter/innermått (m)	Max lastvikt (kg)
Langendorf	10,25/9,50/6,50	1,554/1,394	35 600
Faymonville	9,50	1,560/1,400	34 500
Cargoman	9,50	1,540/1,400	30 000

Tabell 8.1 – Dimensioner på bygelflak som kan transporteras med fordon från olika tillverkare

Flaken är också ofta framtagna på uppdrag av enskilda varuägare med specialiserade behov. Detta gör att det finns väldigt varierande möjligheter att säkra laster med hjälp av surrning eller förstängning mot sidostolpar. För att underlätta för de som tillverkar och arbetar med bygelflak vore det vidare önskvärt om dimensionerna på hylsor, brickor, muttrat etc. var standardiserade.

De bygelflak som finns tillgängliga idag är inte avsedda att lyftas med last för omlastning till andra transportslag.
Största **fördelen** med transport på bygelflak är höjden på betongelement kan maximeras eftersom markfrigången på en bygelbil är endast ca 0,1-0,35 m. Denna möjlighet har ingen annan lastbärare. En annan fördel är att betongelementen lastsäkras med hjälp av hydraulik mot bygelbilen varvid inget manuellt lastsäkringsarbete krävs från chaufförens sida.

En **nackdel** med bygelflaksystemet är flakens begränsade bredd och att bygeltrailers inte tillåter överbred last. Detta begränsar kraftigt storleken på liggande byggelement och försvårar möjligheterna att hitta returlaster. Avsaknaden av en standard på dimensioner för dessa flak, liknande den som finns för containers, minskar också möjligheterna att åstadkomma flexibla logistiklösningar eftersom inte alla fordon kan hantera samtliga flak. Dagens konstruktion av bygelflak saknar en definierad stryka i bygel och de knivar som är monterade i den, vilket gör att det inte går att förlita sig på detta system för säkring av lasten vid sjö- och järnvägstransport.

8.4 Containerflak

Flak, med eller utan gavlar, baserade på det internationella ISO-systemet är en mycket vanlig och flexibel typ av lastbärare som är väl lämpad för intermodala transporter. De standardiserade måtten avseende dimensioner samt placering av hörnlådor och gaffelficker gör att de blir hanterbara med utrustning som redan finns tillgänglig intermodala noder.

Containerflaken finns både som 20’ (6,058 m) och 40’ (12,18 m). Max lastvikt är för ett 20´ca 24 ton och för ett 40’ ca 39 ton. Bredden på containerflak är 2,44 m.

Vid transport på järnväg kan containerflak placeras på vagnar som är specialbyggda för containers eller i containerfästen som är placerade uppe på ramen på vanliga kombivagnar.

Fördelen med containerflak är att det är en internationellt standardiserad lastbärare som används flitigt för olika typer av last. Det innebär att tillgången på containerflak är god samt att det blir lättare att finna returlaster efter att betongelementen har lossats. De är utrustade med både containerhörnlådor och gaffeltunnlar som gör att flaken är lyftbara med truck eller lyftkran. De kan även transportera bredare liggande betongelement jämfört med bygelflak, dels eftersom de är bredare, 2,44 meter jämfört med 1,5 meter, dels därför att de tillåter överbred last. Containerflaken har också bättre staplingsbarhet än bygelflaken vilket gör att returresor utan returlast kan göras både enklare och billigare.

Nackdelen med att transportera stående betongelement på containerflak är att gränsen på betongelementens höjd blir lägre både jämfört med bygelflak, men också jämfört med semitrailers, eftersom de vid vägtransport måste placeras uppe på flaket på ett fordon. av samma anledning som transport med A-bockar.

En annan nackdel är att stående betongelement måste lastas mot någon typ av A-bock och dessa måste ingå i ett returflöde tillbaka till avsändaren.



Bild 8.2 – 40-fots containerflak med fällbara gavlar (Handbok i Lastsäkring, MariTerm)

8.5 Rolltrailers

Vid sjötransporter kan betongelementen transporteras på en rolltrailer (även kallad ”mafi”). Denna enhet kan dock endast användas vid sjötransport ombord i ro-ro-fartyg och är därför inte aktuell som lösning på ett intermodalt transportbehov. De går dock att använda för att hantera andra lastbärare under en sjöresa. Fördelen med denna lösning är att lasten kan förberedas innan fartyget anländer till hamnen och rolltrailern kan hanteras och säkras med utrustning som redan finns tillgänglig enligt väl etablerade rutiner. Därmed erhålls en snabb och effektiv lastning och lossning av fartyget.

Rolltrailers tillhandahålls av många olika tillverkare med stor variation i kapacitet och dimensioner. Vanligt är att de har en bredd på ca 2,60 m, en höjd på 0,7-0,9 m och längder enligt ISO-containersystemet, t.ex. 20 fot (ca 6 m), 30 fot (ca 9 m) och 40 fot (ca 12 m). Lastförmågan ligger vanligen mellan 80 och 160 ton.

Hos många rederier har rolltrailrarna utrustats med fästen för containerlås på ovansidan, vilket möjliggör effektiv låsning av lastenheter som är utrustade med hörnlådor.

Noteras bör att rolltrailers saknar fjädrande hjulupphängning och därför är alldeles stumma. Detta ska finnas i åtanke vid på-/avkörning ombord i ro-ro-fartyget så att lasten inte skadas eller riskerar att tippa p.g.a. kraftiga stötar vid ovarsam körning.



Bild 8.3 – 40-fots rolltrailer ombord i ro-ro-fartyg. (Handbok i lastsäkring, MariTerm)

8.6 Sammanfattning lastbärare

Tabellen nedan anger de huvudsakliga dimensionerna för tre av lastbärarna som utvärderas i detta kapitel.

Lastbärare:	Längd (m):	Bredd (m):	Lastvikt (ton):	Stapelbar/antal:
Semitrailer	13,60	2,55	ca 27	2
Bygelflak	6,00 - 9,50	1,50	34	3/4
Containerflak	6,06 - 12,18	2,40	24-39	5

Tabell 8.2 – Sammanfattning olika lastbärare

Det som framför allt talar för att basera intermodala logistiksystem för stående betongelement på antingen semitrailers eller containerflak är att omlastning ska ske enkelt i hamnar och på järnvägsterminaler enligt etablerade rutiner med befintlig utrustning.

Bygelflakets stora fördel är ett det medger en betydligt större höjd på de stående betongelementen.

9 Utvärdering av hanteringsutrustning

Som framgår av kapitel 4 är det möjligt att hantera flak med olika typ av hanteringsutrustning vid omlastning mellan olika transportslag. Det är tänkbart att utrusta flaket för att erbjuda ett flertal hanteringsalternativ men eftersom det fördyrar konstruktionen, utgår det slutliga förslaget på utformning av ett intermodalt flak för transport av byggelement i denna rapport från att hantering sker via lyft med kran.

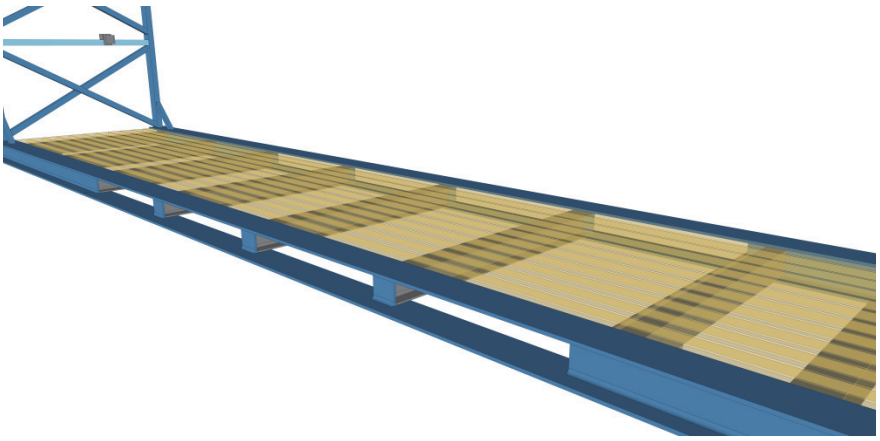
Valet av denna huvudsakliga metod för att hantera flaken vid skifte av transportslag baseras i stor utsträckning på att det är önskvärt att kunna använda sig av befintlig hanteringsutrustning i hamnar och terminaler, utan krav på alltför omfattande modifikationer eller extrautrustning, att hanteringen ska vara möjlig att utföra i samtliga transportslag med hög säkerhet.

Lastens tyngdpunkt på t.ex. ett bygelflak kan variera mycket, vilket då ställer krav på flexibilitet i lyftpunkternas placering och på att hanteringsutrustningen kan hantera viss snedlast.

De byggelement som flaken i första hand kommer att vara lastade med är relativt styva. Detta innebär att lasten i de flesta fall inte kommer att skapa något nämnvärt böjmoment i flakets sidobalk om lyftet sker nära stödpunkterna för lasten. Det kan dock tänkas att flaken används även till andra laster än till exempel väggelement. Om lasten ej är helt formstabil eller består av flera korta sektioner, måste flakets konstruktion ge det ett böjmotstånd som är av samma storleksordning som det som återfinns på befintliga containerflak.

9.1 Lyft med truckgafflar

Hantering med truckgafflar kan möjliggöras om flaket utrustas med gaffelfickor. Dessa erhålls enklast genom att göra genomföringar i sidbalkarnas liv. För att kunna lyfta flak med förskjuten tyngdpunkt måste de förses med ett flertal gaffelfickor med stor relativt stor längd.



Figur 9.1 - Gaffelfickor för hantering med truck i ett bygelflak



Bild 9.1 - Gaffelfickor för hantering med truck i ett containerflak (Atlantic Coast Container)

Fördelar:

- Stor tillgänglighet på truckar på terminaler och i hamnar
- Enkelt och snabbt att lyfta och hantera flaket

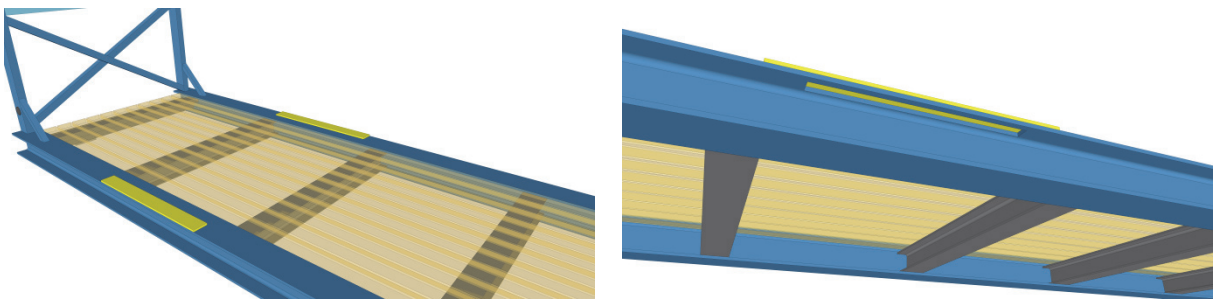
Nackdelar:

- Behövs många gaffelfickor för att kunna hantera snedlast
- Behövs höga gaffelfickor, minst 115 mm, för att passa för gafflar på en truck som kan hantera 30 ton last
- Försvagar konstruktionen även om sidobalkarnas liv bidrar mindre till böjstyvheten än deras flänsar
- Bedöms som osäkert av erfarna truckförare för smala enheter med hög last, typ bygelflak
- Svårt att placera bredvid annat flak på rolltrailer eftersom tunga enheter måste placeras långt in på gafflarna
- Går inte att använda vid nedsättning av flak i ficka på kombivagn vid järnvägslastning

Slutsatsen är att gaffeltruck passar bäst för hantering av tomflak vid till exempel returpositionering.

9.2 Lyft med griparmar

För att kunna hantera ett flak med griparmarna på en reachstacker behöver det utrustas med lyftlinjaler med liknande utformning som de som finns på semitrailers och containers. Dessa kan utföras som spår i sidobalkarnas övre fläns som täckas och förstärks med en plåt som svetsas på balkarnas ovansida.



Figur 9.2 - Lyftlinjaler för hantering med griparmar på ett bygelflak



Bild 9.2 - Lyftlinjaler för hantering med griparmar på en bygeltrailer (KombiConsult GmbH)

Fördelar:

- Stor tillgänglighet på reachstackers på terminaler och i hamnar
- Griparmar ger bra kontroll över enheten vid lyft och medger en säker förflyttning
- Det bedöms som relativt enkelt att utrusta ett bygelflak med lyftlinjaler genom att göra urtag i flänsen som används vid transport med trailer

Nackdelar:

- Svårt att placera tätt mot annat flak vid placering på till exempel på rolltrailer
- Begränsad höjd under aggregatet på reachstacker. (Dagens konstruktioner medger en lasthöjd på ca 4000 mm.)
- Dagens griparmar är inte konstruerade för att kunna greppa ett flak som är 1,5 meter brett (dagens konstruktioner medger en minsta flakbredd på ca 1850 mm.)

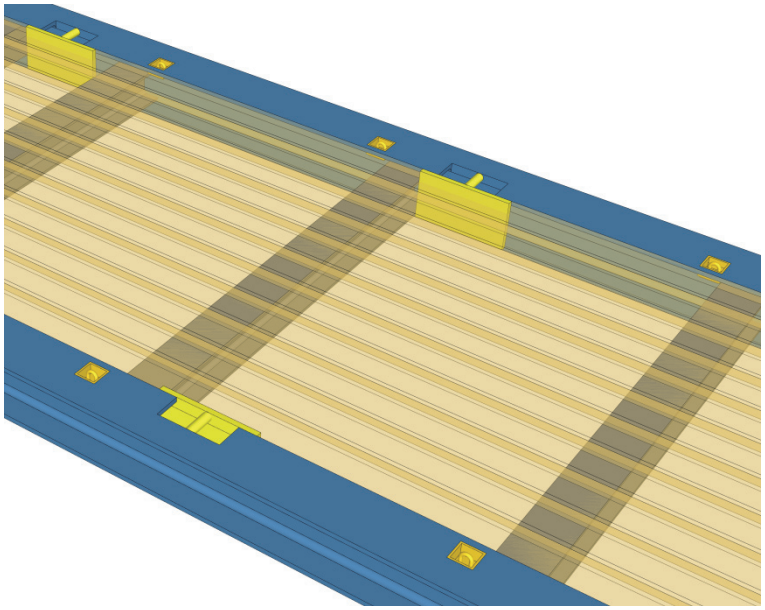
På grund av begränsningen i minsta bredd på flak som kan hanteras är det med dagens reachstackers inte möjligt att utnyttja denna lösning.

9.3 Lyft med kran

För att kunna lyfta flaket med kran krävs lyftöglor för krokar eller mer specialiserade lyftdon på flaket. Längs med varje sida krävs ett flertal lyftpunkter för att lyftdonen ska kunna placeras rätt med avseende på lastens aktuella tyngdpunkt.

Det är relativt enkelt att förse flak med ett flertal lyftpunkter och dessa kan utformas olika beroende på vilket lyftdon som önskas användas.

Lyftpunkterna bör företrädelsevis placeras på flakets ovansida, så att lyftdonen kan kopplas till flaket även då de placeras tätt intill varandra. För bygelflak bör de dock placeras så långt ut mot sidan som möjligt för att inte påverka flakets lastkapacitet men utan att störa möjligheten att lyfta flaket med bygeltrailer.



Figur 9.3 - Lyftpunkter för hantering med kran

Fördelar:

- Lyft av detta slag kan göras av olika typer av hanteringsutrustning, inklusive kran, mobilkran, reachstacker etc. vilkas tillgänglighet är god i hamnar samt på terminaler och byggarbetsplatser
- Medger att flak kan placeras tätt på rolltrailer
- Medger att flak kan placeras i hjulfickan på kombivagnar
- Relativt enkelt att utrusta flak med multipla lyftpunkter

Nackdelar:

- Kräver manuell koppling
- Kan krävas speciellt ok eller annan specialiserad lyftutrustning för att hantera förskjuten tyngdpunkt
- Kräver viss precision vid applicering av krokar och inställning av längd på kätting för att få till ett rakt lyft
- Felaktiga lyftvinklar riskerar skada lasten
- Kräver viss precision vid nedsättning på rolltrailer och i järnvägsvagn
- Kräver personal som genomför lyftkopplingen

Även om denna hanteringsmetod är mest personalkrävande och förmodligen något långsammare än de övriga, har den ett par fördelar som gör den mest fördelaktig för detta ändamål. Den är genomförbar i samtliga hanteringssituationer som identifierats i detta projekt och det är den metod som det är enklast att utrusta flaken för att klara av.

10 Specifikation av flakets funktionalitet

Baserat på de önskemål och krav som branschen ställer samt de förutsättningar som olika transportlösningar erbjuder, har slutsatsen blivit att en intermodal lastbärare för stående betongelement bör baseras på bygelflakets funktion och utförande. Den främsta orsaken till detta är den maximala lasthöjd som flaket har möjlighet att erbjuda i samtliga transportslag.

För transportflöden där snabb omlastning i intermodala transportkedjor är viktigare än maximalt utnyttjande av de tillgängliga lastprofilerna i respektive transportslag, är det tänkbart att i framtiden överväga utveckling av en parallell flakstandard, baserad på ISO containers mått med en fällbar A-bock. Detta har dock inte vidare behandlats i denna rapport.

För att göra bygelflaket så flexibelt som möjligt mellan de olika transportsätten är det nödvändigt att använda redan framtagna standarder när det gäller storlek, styrka och placering för lyft-, säkrings- och låsningsdon. Likaså bör bygelflakets dimensioner på samma sätt anpassas för att om möjligt kunna transporteras på olika sekundära lastbärare, såsom bygeltrailers, järnvägsvagnar och rolltrailers.

10.1 Dimensioner

Bygelflaket förslås få följande huvudsakliga dimensioner och kapacitet:

Längd:	9 500 mm
Extrem bredd:	1 546 mm
Flakhöjd:	160 mm
Payload (lastvikt):	ca 28,5 ton

Längden baseras dels på kapaciteten i vanligt förekommande bygeltrailers, dels på att flaket ska kunna ställas i hjulfickan på en kombivagn.

10.2 Utformning av gavlar

En gavel med en höjd av minst 2 500 mm ska kunna monteras i främre änden av bygelflaket. Som tillägg kan man tänka sig att gavel även ska kunna monteras baktill på bygelflaket. Gaveln ska vara utrustad med knivar på minst två olika höjder. Knivarnas uppgift är att förhindra de stående betongelementen från att tippa i sidled. Styrkan i gavlarna ska vara tillräcklig för att kunna motstå de krafter som kan uppstå i sidled under intermodala transporter.

10.3 Hanteringsmöjligheter

Flaket ska kunna hanteras med kran och ska därför vara utrustat med lyftöglor med tillräcklig styrka. Lyftöglorna placeras på flakets ovansida längs med långsidorna, dels nära den gavel där bygeln är placerad, och dels på flera ställen från flakets mitt och ut mot motstående gavel. Detta för att säkert kunna hantera laster med olika längd.

10.4 Krav vid järnvägstransport

För att kunna utnyttja en maximal höjd på betongväggarna (4 m) vid järnvägstransport innebär det att dessa måste transporteras stående i den nedsänkta delen på en s.k. kombivagn,

d.v.s. en vagn specialgjord för transport av semitrailers där hjulen står i den nedsänkta delen och semitrailern är fastgjord i en ”kingpin säkring”.

Enda sättet att placera ett bygelflak på denna position på en kombivagn är genom att den lyfts på plats med hjälp av ett ok. Bygelflaket måste alltså vara lyftbart med kran.

Likaså måste bygelflaket kunna säkras till järnvägsvagnen på ett sätt som kan förberedas innan flaket lyfts upp på vagnen. För att undvika rörliga delar på flaket som inte kommer att användas annat än för järnvägstransport, föreslås detta ske genom löstagbara armar som låser flaket till järnvägsvagnens containertappar.

10.5 Krav vid sjötransport

Vid sjötransport ska bygelflaket placeras på en rolltrailer (mafi), till vilken bygelflaket säkras med hjälp av containerfästen som placerade undertill på bygelflaket. Containerfästenas placering på bygelflaket är anpassade efter måtten på ett 20’ containerflak. Två flak kan ställas omlott med ett mindre överhäng i sidled på en 40’ rolltrailer, vilket gör containerfästen endas behövs på flakets ena sida, ca 250 mm in från långsidan.

10.6 Surrningsfästen

För att kunna säkra lasten till flaket på ett tillfredställande sätt även vid sjö- och järnvägstransporter, monteras surrningsfäst utmed båda långsidorna på bygelflaket. Inbördes avstånd mellan fästena ska inte överstiga 1 meter och de föreslås få en tillåten belastning (LC på landsväg/MSL vid sjötransport) på 4 ton.

Eftersom flaket säkras genom låsning i samtliga transportslag ställs inga krav på surrningsfästen för att säkra själva flaket vid transport.

11 Erfarenheter från andra projekt

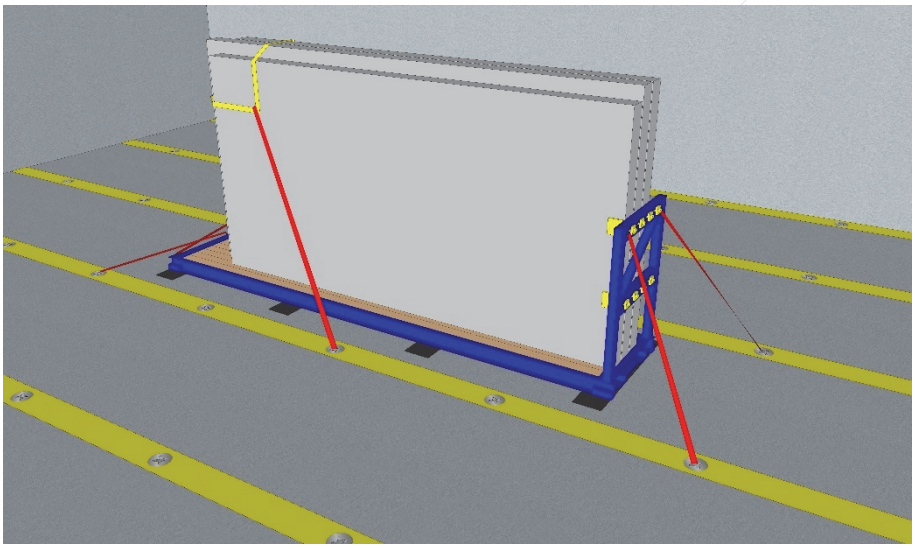
Transport av lösa bygelflak för sjötransport ombord i ro-ro-fartyg har hitintills bara genomförts undantagsvis. Dock har vissa rederier haft tankar på att påbörja transporter i större skala. För järnvägstransport har det inte genomförts några transporter med lösa bygelflak.

11.1 Transport av bygelflak på ro-ro-fartyg

När det gäller transporter av stående betongelement ombord i ro-ro-fartyg så genomförs dessa transporter i dagsläget mer eller mindre uteslutande med hjälp av bygelbil som man säkrar till fartyget. Vid något tillfälle har man genomfört transport av lösa bygelflak på ett ro-ro-fartyg mellan Danmark och Norge.

11.1.1 Transport av bygelflak på ro-ro-fartyg i Östersjötrafik

För rederierna med trafik i Östersjön sker för nuvarande inga transporter med löst stående bygelflak, men vissa rederier har dock haft tankar på det samt tagit fram lastsäkrings-instruktioner för hur löst stående bygelflak ska säkras till fartyget.



Figur 11.1 - Förslag till säkring av bygelflak vid löslastning i ro-ro-fartyg.

Erfarenheten från diskussioner för att genomföra denna typ av transport gav dock vid handen att det krävs ett stort manuellt arbete ombord för att placera flaken på däcket, särskilt som det är önskvärt att placera dem på friktionshöjande gummimattor. Flakens dimensioner gör också att det är svårt att få en god fyllnadsgrad på däcket om många enheter av denna typ ska lastas ombord.

Eftersom det idag inte finns några krav på vilka krafter som bygeln ska kunna motstå, är det också osäkert om det går att surra flaket och dess last på ett tillfredställande sätt. Slutsatsen är att lastsäkringen måste förberedas genom att surrningar fästs till toppen av betongelementen innan de förs ombord.

11.1.2 Transport av bygelflak på ro-ro-fartyg i Norge

Bygelflak som transporterats ombord på ro-ro-fartyg i trafik mellan Danmark och Norge utförs med jämna mellanrum p.g.a. brist av betongelement i Norge. Transporten utförs av en lastbilschaufför som kommer med sitt bygelflak och förutom last på fordonet även har med sig 2 extra bygelflak som har körts ner till hamnen innan fartygets ankomst. Chaufförен kör ombord de 2 lösa bygelflaken, lossar dem och säkrar dem ombord i fartyget. Därefter körs trailern ombord med det sista flaket, vilket blir kvar i trailern under överfarten. Det är chaufförен som säkrar de lösa bygelflaken till fartyget som både kör ombord dem samt kör av dem med hjälp av sin bygelbil. Väl framme i lossningshamnen kör sedan chaufförен ut bygelflaken med last till kunderna. Returresan med tomma bygelflak gör man genom att bygelflaken staplas ovanpå varandra och lastas på bygelbilen.



Bild 11.1 - Löslastat bygelflak ombord i ro-ro-fartyg (Consolis)

Erfarenheten från dessa transporter liknar de som övervägts på Östersjön. Säkringen av flaken måste förberedas innan de förs ombord och fyllnadsgraden på däcket blir inte särskilt god.

Det noteras också att det ur säkerhetssynpunkt inte är önskvärt, vare sig från stuverier eller rederier, att förare av vägfordon utför lastsäkringsarbete ombord i fartyget.

11.2 Transport av bygelflak på lo-lo-fartyg i Norge

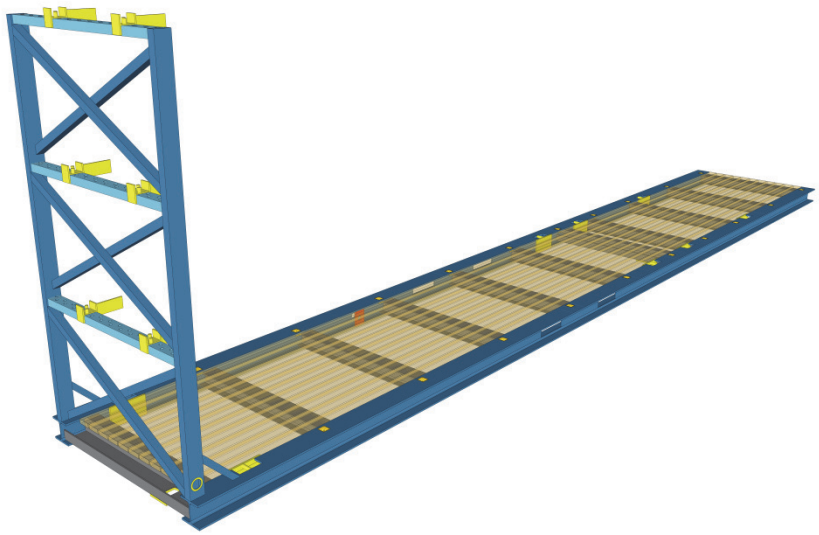
I Norge förekommer transporter av betongelement ombord i lo-lo-fartyg (bulkfartyg), varvid betongelement lastats på containerflak som sedan blockstuvas i lastrummet på fartyget. I tillägg till detta säkras även betongelementen och containerflaken till fartyget med hjälp av surrning.

För att dessa transporter ska bli ekonomiskt hållbara krävs det att många betongelement ska transporteras på en och samma gång. Detta medför att det krävs tillgång till stora förvaringsytor i hamnområdet. Det kan också medföra att det krävs en stor mängd containerflak som betongelementen står uppställda på, dels i väntan på att sjötransporten ska genomföras och dels på att lasten lossas före eller efter transporten till mottagaren.

12 Förslag på utformning – Intermodalt bygelflak

Nedan föreslagen design försöker erbjuda en kompromisslösning som fungerar i samtliga noder i en intermodal transportkedja. Förslaget är tänkt som en principiell lösning för att visa att det är möjligt att utforma en lastbärare så att den går att hantera i intermodala transporter på ett sådant sätt att de utnyttjas maximalt vad det gäller lastkapacitet.

För att hålla nere produktionskostnaden har alltför avancerade och specialiserade lösningar för enskilda transportslag undvikits i förslaget. Likaså har lösningar som kräver rörliga delar hållits till ett minimum för att minska slitage och underhållskostnader.



Figur 12.1 – Föreslagen utformning av bygelflak för intermodal transporter

Förslaget baseras på befintliga dimensioner för bygelflak, eftersom dessa möjliggör en lasthöjd på över 4 meter i samtliga transportslag, vilket är en avgörande fördel jämfört med andra lastbärare. För att möjliggöra lyft av flaket kommer det dock att behöva göras något högre och starkare än befintliga bygelflak

Flaget föreslås i huvudsak bestå av sidobalkar av HE160B profiler samt tvärbalkar av HE120A täckta av ett flak av trä. Bygeln utförs som en fackverkskonstruktion av rektangulära profiler. Stående byggelement säkras med knivar som kan placeras på horisontella U-profiler på tre nivåer i fasta steg för garanterad styrka minsta möjliga antal rörliga delar.

12.1 Dimensioner

Flaket har gets följande dimensioner:

- Bredd: 1546 mm – Baserad på befintliga flak och trailers
- Bredd mellan liv på balk: 1394 mm – Baserad på befintliga flak och trailers
- Längd: 9500 mm – Baserad på största längd på vanligt förekommande byggelement samt kapacitet på befintlig fordonspark av bygeltrailers
- Höjd på flak: 160 mm – Minsta möjliga med tillräcklig styrka för lyft, se Bilaga 2
- Höjd på bygel: 2550 m – Ska klara att hindra element som är 4,2 m höga från att tippa med hjälp av knivar på minst två nivåer

Flakets egenvikt, TARA, som ska hållas så liten som möjligt, uppskattas till ca 1500 kg. Det är möjligt att ytterligare optimera flakvikten genom att till exempel göra urtag i balkarnas liv där det finns överflödig bärförmåga.

Flaket är dimensionerat för att kunna få en bruttovikt på 30 000 kg, enligt begränsningar som sätts av tillåtna lastvikter för vägfordon i norra Europa.

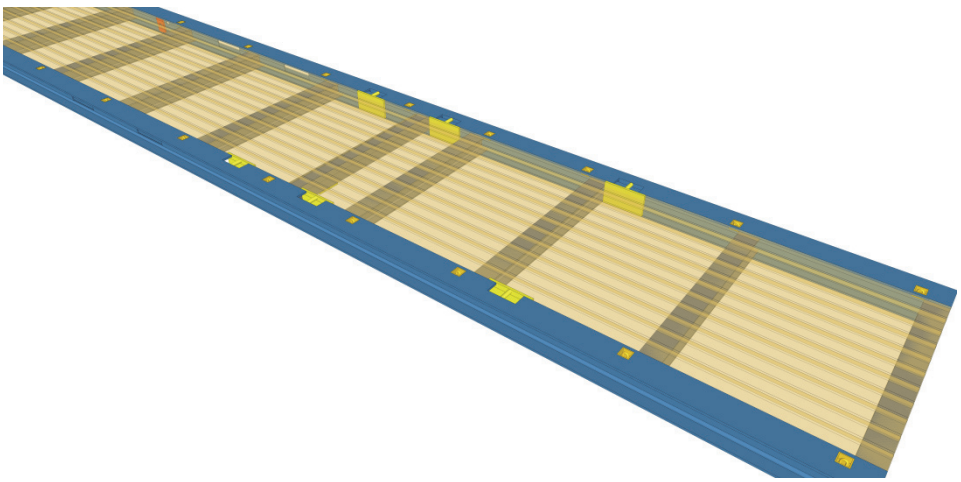
Med hänsyn tagen till egenvikten blir då lastförmågan, nettovikten, 28 500 kg.

12.2 Hantering

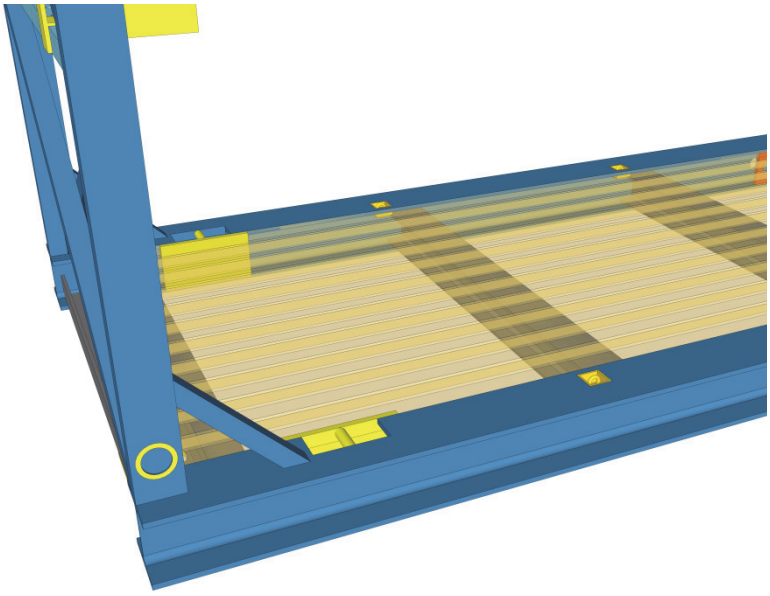
Enligt resonemanget i kapitel 4, avses lyft av lastat flak ske med kran och kättingar. Krokar kopplas till lyftpunkter som i huvudsak placeras infällda i sidobalkarna. Ett fäste föreslås fällas in i utsidan på bygelns vertikala balkar, eftersom en sådan lyftpunkt blir lätt åtkomlig i alla sammanhang och lyftkättingen då kan peka både framåt och bakåt beroende på okets utformning.

Eftersom flak med förskjuten tyngdpunkt måste kunna hanteras, så behövs det flera fästen per sida så att krokar kan placeras på ungefär lika avstånd på ömse sidor om tyngdpunkten i längdled. Det är rimligt att anta att tyngdpunkten i de flesta fallen kommer att vara förskjuten mot bygeln, varför det finns störst behov av multipla lyftpunkter i bakkant. I detta förslag har flaket försetts med tre lyftpunkter på vardera sidan i flakets ände, men det är möjligt att vidare utredning och praktiska försök med en framtida prototyp påvisar behov av ytterligare lyftpunkter för en säker hantering. Lyftdonen ska vid hantering placeras nära lastens fram- respektive bakkant, så att flaket utsätts för minsta möjliga böjmoment.

Eftersom det ska vara möjligt att placera flaken tätt mot varandra vid transport på rolltrailer eller placering i containerpositioner ombord i fartyg, placeras lyftpunkterna så att de är åtkomliga ovanifrån.



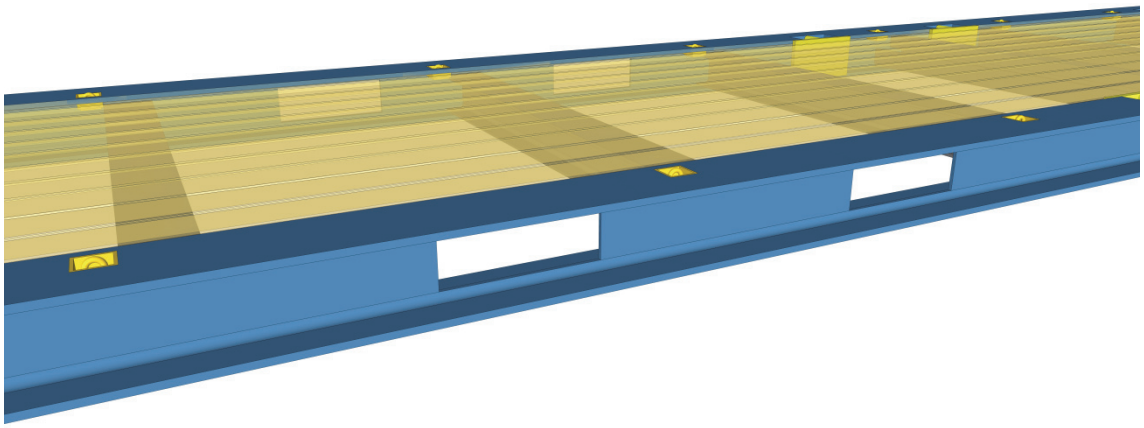
Figur 12.2 – Lyftpunkter för hantering med kran på flakets bakre del



Figur 12.3 – Lyftpunkter för hantering med kran i flakets framkant

Exempelberäkningar på lyftvinklar för flak med förskjuten tyngdpunkt återfinns i Bilaga 1. Beräkning av erforderlig stryka i sidobalkarna återfinns i Bilaga 2.

Hantering av tomt flak sker lämpligen med truck via gaffelfickor, som erhålls genom håltagning i sidobalkarnas liv. Dimensionerna, 305 x 102 mm, är hämtade från de mindre gaffelfickorna i standard ISO 1496, vilka är avsedda för hantering av tomcontainers. Gaffelfickorna centreras kring tyngdpunkten för ett tomt flak.



Figur 12.4 – Gaffelfickor för hantering av tomma flak

12.3 Transport på flak på bygeltrailer

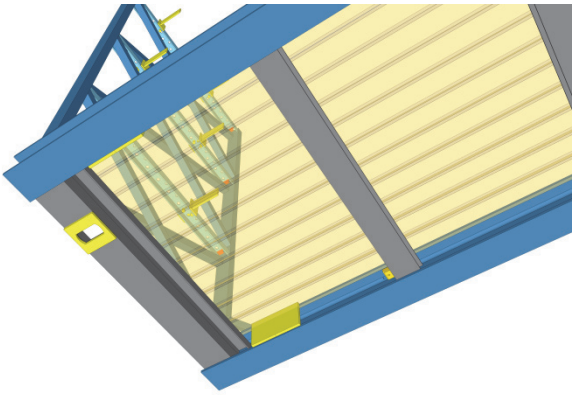
I likhet med befintliga bygelflak, är flaket avsett att lyftas i sidobalkarnas flänsar vid transport på bygeltrailer för transport på väg eller vid förflyttning på terminaler. Yttermåttet mellan

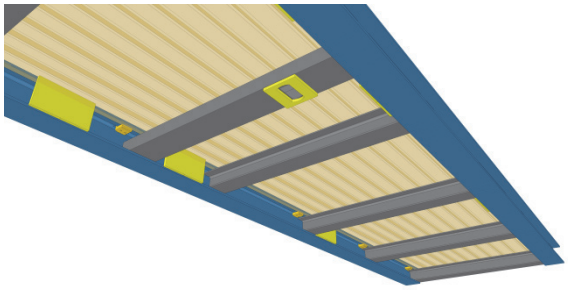
liven på sidobalkarna är satt till 1394 mm för att passa befintlig fordonspark. Överhänget på balkarnas flänsar är 76 mm, vilket ger en största bredd på 1546 mm.

Vid transport på bygeltrailer placeras bygeln direkt mot trailerns framstam och väggarna säkras med hydrauliska balkar.

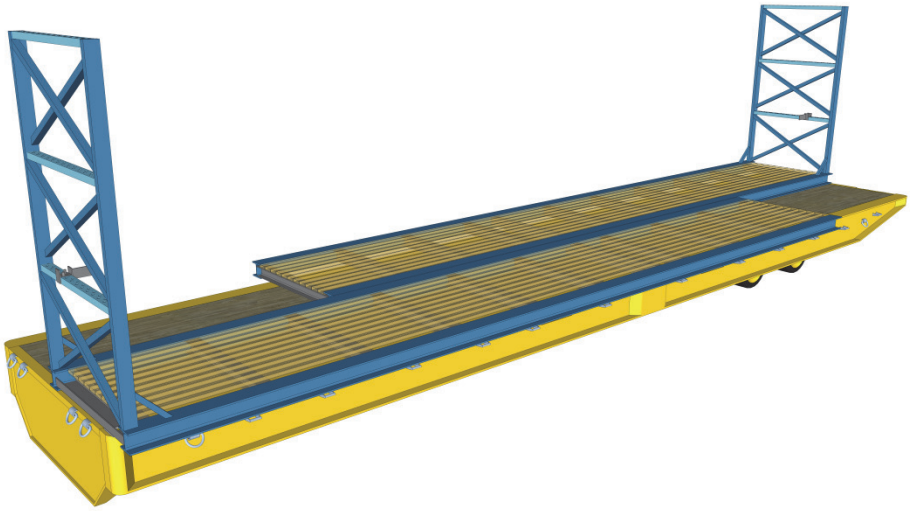
12.4 Säkring av flak till rolltrailers och fartyg

Flaken föreslås förses med socklar avsedda för containerlås så att de kan låsas fast till rolltrailers eller containerpositioner på fartyg. Socklarna placeras på vänster sida i enlighet med mått angivna i standard ISO 1469 för 20-fots containers, så att två flak kan placeras omlott med högersidan tätt intill varandra, varvid de upptar en 40-fotscontainers längd och får ett visst överhäng på vardera sidan.

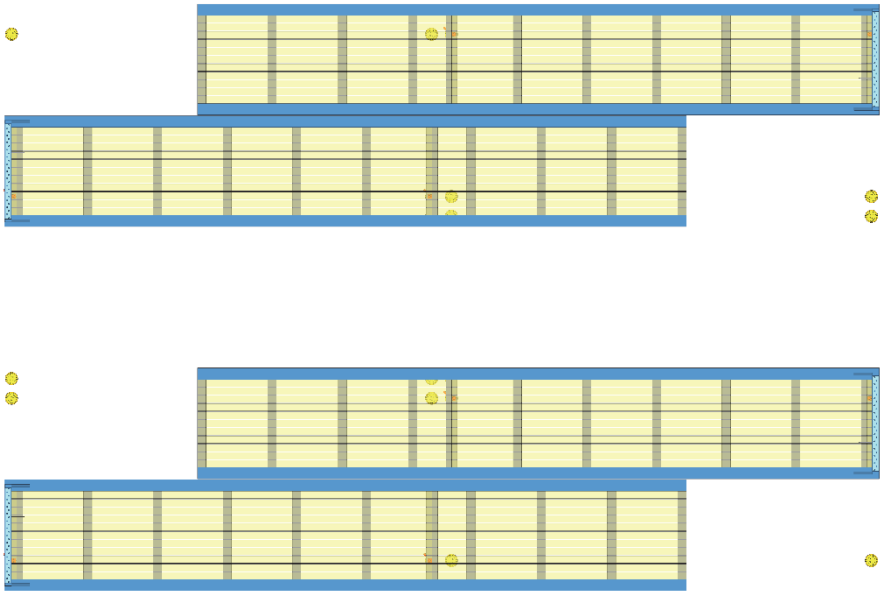




Figur 12.5 och 12.6 – Fästen för containerlås i framkant respektive bakkant på flaket.

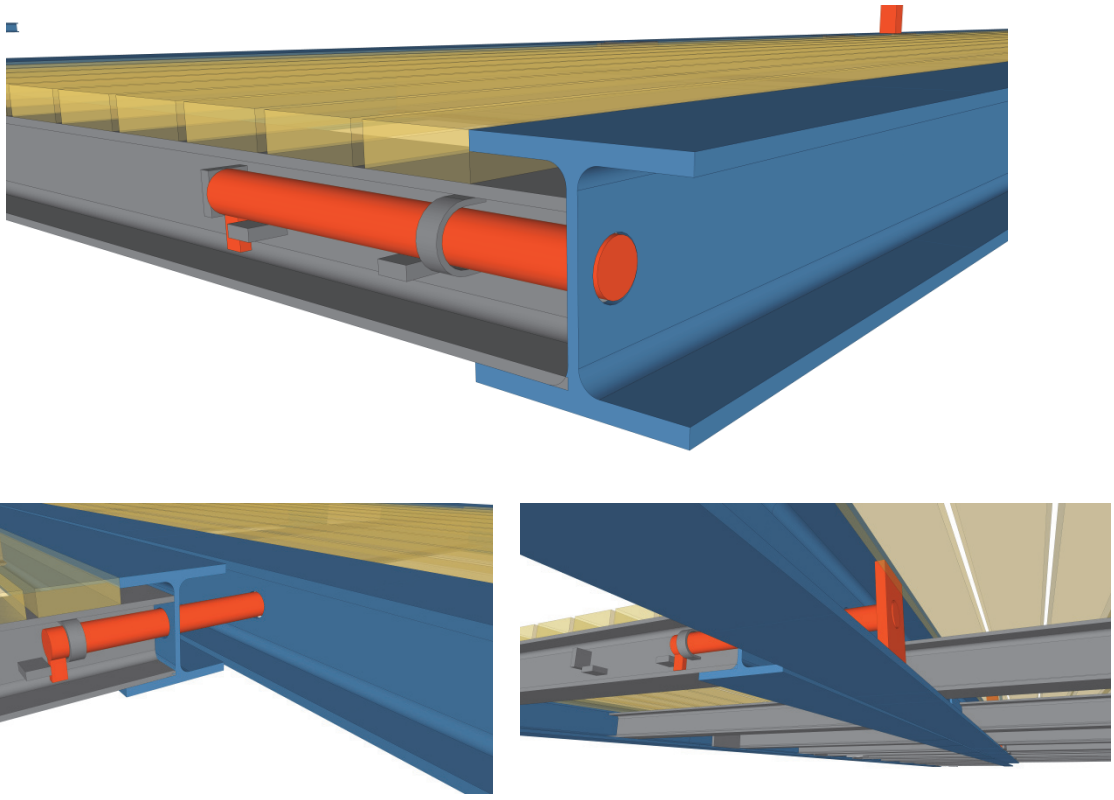


Figur 12.7 – Två flak placerade bredvid varandra på en rolltrailer



Figur 12.8 – Fyra flak placerade parvis i containerpositioner ombord i fartyg

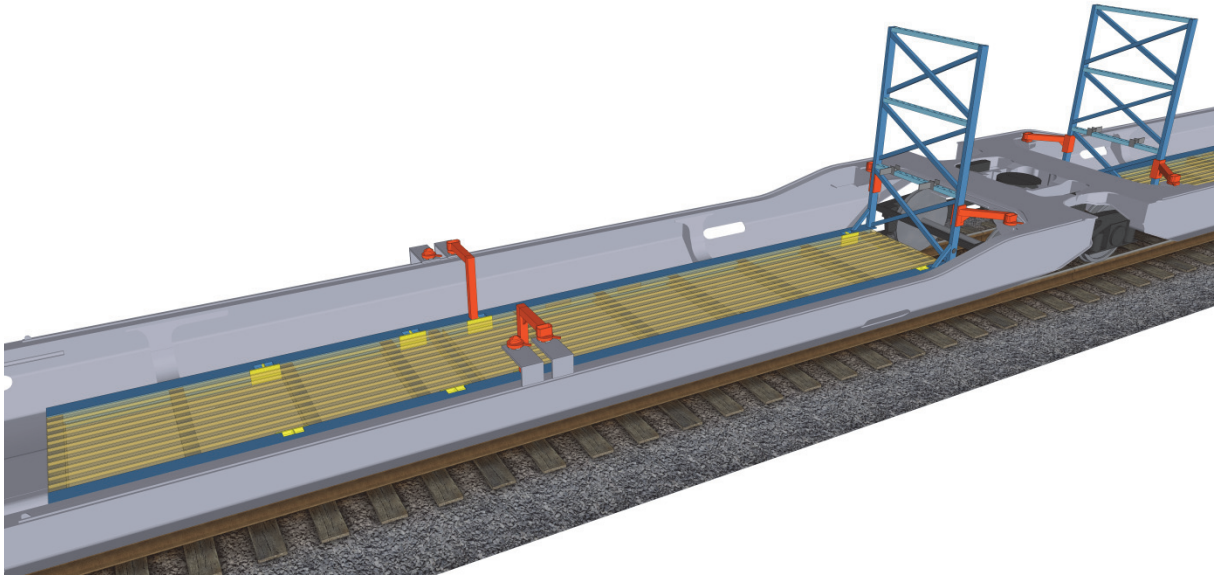
För att hindra tippning förses flaken med en skjutbar tapp i bakkant på högersidan, som kan föras ut och låsa flaken till varandra.



Figur 12.9, 12.10 och 12.11 – Tapp för låsning av flak till varandra

12.5 Säkring av flak till järnvägsvagnar

För att utnyttja maximal höjd i järnvägens lastprofil är flaken avsedda att kunna placeras i trailerfickan på vanligt förekommande kombivagnar, till exempel Sdggmrss – T3000. Vid optimalt utnyttjande av järnvägens lastprofil skulle då stående element med en höjd på 3700-4100 mm kunna transporteras beroende på lastprofil på den aktuella banan.

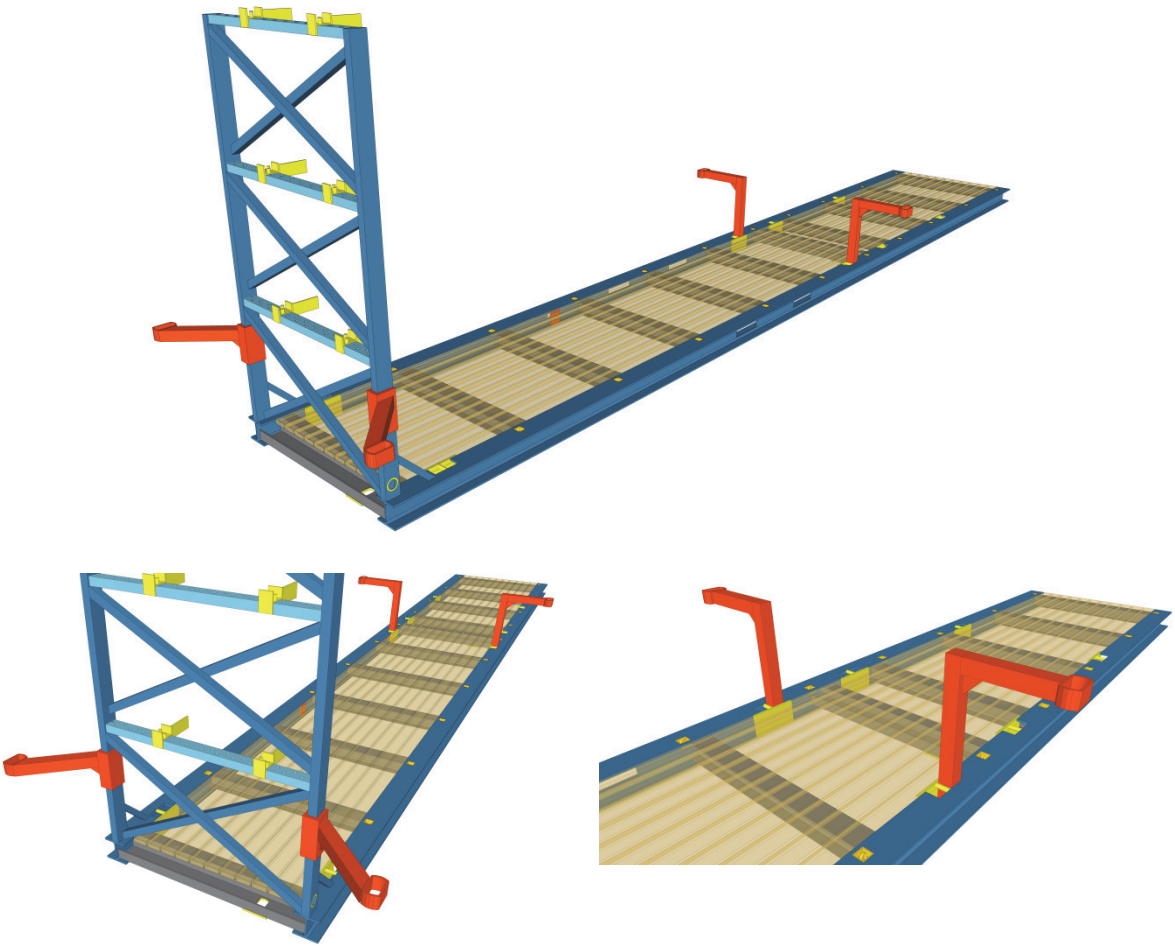


Figur 12.12 – Bygelflak placerat i hjulficka på combivagn

Det bör noteras det har gått att verifiera att järnvägsvagnar av denna typ kan ta tyngre laster än de som erhålls från treaxliga semitrailers med 9 tons axeltryck. Vid järnvägstransport antas därför bruttovikten behöva begränsas till 27 ton.

Kombivagnar är normalt inte utrustade med surrningsfästen för att säkra lastenheter och kombiterminaler är normalt inte organiserade så att det finns personal tillgänglig för att utföra omfattande lastsäkringsarbete. För att undvika en avancerad konstruktion av flaket med många rörliga delar, kommer det att därför behövas extra, specialframtagen utrustning.

Genom att utrusta flaket med fästen för stöttor och balkar, kan låsning av flaket erhållas genom att utnyttja tappar för containrars hörnlådor. Denna lösning medger att flaket förbereds för säkring under järnvägstransporten innan den lyfts ombord på järnvägsvagnen och den ställer sedan inget krav på manuellt utförda moment vid placering på vagnen.



Figur 12.13, 12.14 och 12.15 – Låsning av flak till järnvägsvagn med balkar och stöttor.

Alternativt kan flaken placeras i kassetter likande de som redan finns tillgänglig på marknaden och som används för enheter som inte är möjliga att hantera på samma sätt som en semitrailer utrustad med lyftlinjaler, se kapitel 5. Detta bedöms dock som en relativt dyr lösning som begränsar både möjlig lastvikt och höjd på godset.

12.6 Säkring av gods till flaket

Säkring av lasten till bygelflaket föreslås ske med tre huvudsakliga metoder; förstängning mot bygel utrustad med knivar, surrning samt sidostolpar.

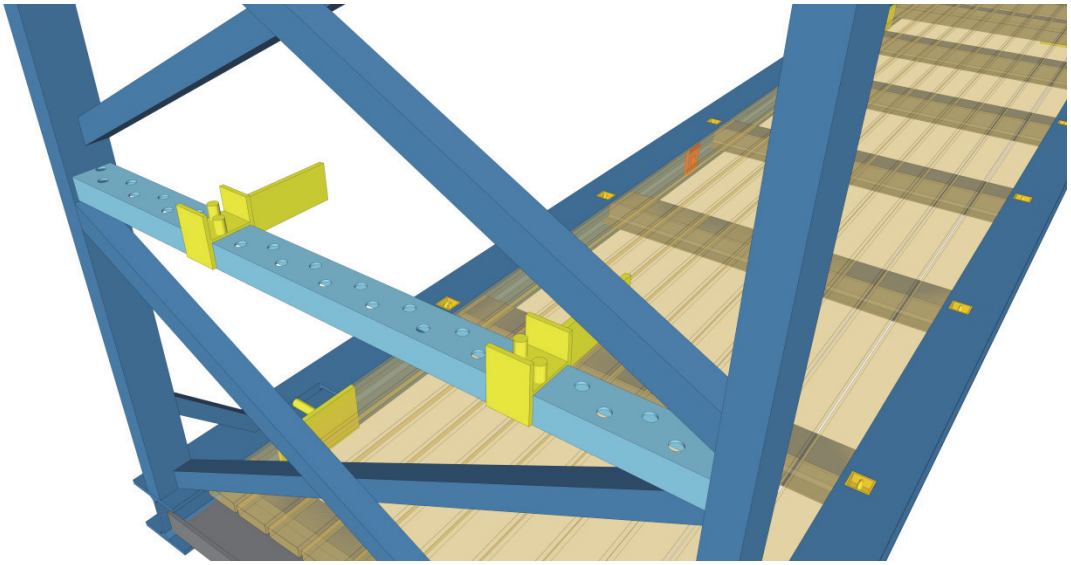
Vid transport på bygeltrailer säkras bakkanten på stående byggelement med hjälp av hydrauliskt opererade låsbalkar.

Det är möjligt att utrusta flaket med tvärgående fyrkantprofiler i vilka kontinuerliga genomföringar har gjorts för stolpar mot vilka lasten kan förstängas i länd- och sidled, se kapitel 6.2. Av kostnadsskäl har detta dock inte tagits med i förslaget som beskrivs i detta kapitel, då denna lastsäkring är möjlig att utföra med hjälp av stämpling mot de stolpar som beskrivs nedan samt grimsurrning till förslagna surrningsfästen.

12.6.1 Bygel med knivar

Stående byggelement placeras vanligen direkt mot bygeln i flakets framkant. Bygeln sätts då mot trailerns framstam och det erfordras ingen större styrka i denna i längdled vid vägtransport. Eftersom det är relativt enkelt att på ett effektivt sätt åstadkomma en stor sidostyrka med hjälp av fackverkskonstruktion, är det är rimligt att vända de vertikala profilerna i bygeln så att de får maximal böjstyrka i längdled. Detta medför en bättre lastsäkring av både flaket och dess last vid sjö- och järnvägstransporter.

I sidled är det nödvändigt att förhindra tippning av stående byggelement med hjälp av knivar som fästs på olika nivåer i bygeln. För god flexibilitet föreslås att bygeln ges tre horisontella balkar på vilka knivar kan placeras. För att få en garanterad styrka i dessa även vid slitage av utrustningen baseras detta förslag på knivar monterade på en H-profil med tappar som placeras i fasta positioner, enligt skissen nedan. Genom att vända profilen upp-och-ner dubbleras antalet möjliga positioner för kniven så att den kan placeras tätt mot lasten.



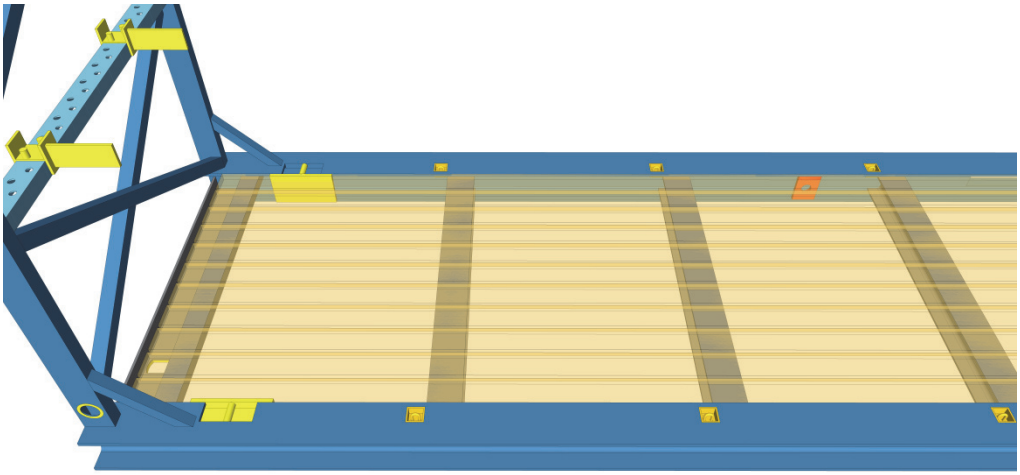
Figur 12.16 – Knivar för stöttning av stående byggelement.

På befintliga flak fästs idag knivarna med hjälp av friktion i horisontella spår med hjälp av bultar och brickor. Praktiska försök bör utföras för att avgöra vilken lösning som erbjuder bäst förutsättningar för garanterad styrka i infästningen, enkelt och smidigt handhavande, låg tillverkningskostnad och minimalt behov av underhåll.

12.6.2 Surrningsfästen

Lasten ska kunna säkras direkt till flaket på ett sådant sätt att flaket kan förberedas för sjö- eller järnvägstransporter innan det stuvas ombord eller lyfts upp på en järnvägsvagn. Därför bör flaket förses med surrningsfästen, vilka lämpligen fälls in i sidobalkarnas flänsar.

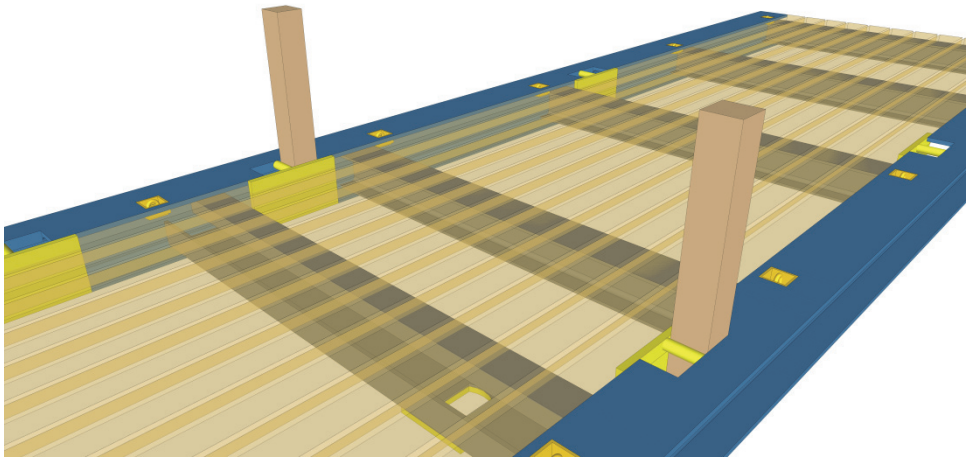
Det är framförallt viktigt att kunna säkra stående byggelements bakkant för att förhindra tippning.



Figur 12.17 – Surrningsfästen infällda i sidobalkarna.

12.6.3 Hål för stöttor

Glidning i sidled förhindras lämpligen med hjälp av stolpar eller reglar som förs ner i hål i flaket. Genom lämplig utformning kan lyftpunkterna utnyttjas för detta ändamål. I likhet med de hållare för sidostöttor som återfinns på containerflak, har lyftpunkterna i detta förslag utrymme för stolpar eller reglar med en dimension på 75 x 75 mm.



Figur 12.18 – Regel placerad i urtag för lyftpunkt.

13 Underlag till standard

Vid standardisering av en framtida lastbärare för intermodala transporter av stående betongelement bör aspekterna som beskrivs nedan definieras och kvantifieras på ett sådant sätt att erforderliga funktioner hos flaket säkerställs men att vidareutveckling av designen inte förhindras. Det är därför viktigare att ange funktionskrav än exakta utformningar.

13.1 Huvudprinciper för flakets utformning

En framtida standard bör tydligt ange huvudfunktionaliteten i flaket, vilket inkluderar följande:

- Vilka godsslag det ska vara anpassat för
- Att låsning av lasten ska kunna ske i flakets ena ände
- Vilken form av hantering som ska kunna ske vid skifte av transportslag
- Hur det ska kunna placeras och säkras till vägfordon, järnvägsvagnar och fartyg

13.2 Dimensioner

För flaket bör följande dimensioner standardiseras:

- Största längd
- Största respektive minsta extrema bredd
- Största bredd och minsta höjd för spår i vilket bygelflaket kan lyftas vid transport med bygeltrailer

Flakets höjd bör dock inte specificeras, så tillverkaren får utrymme att utveckla mer optimala konstruktioner med till exempel högre stålkvaliteter.

13.3 Säkring av lasten

Standarden bör definiera hur lasten ska säkras mot sidorörelser genom att låsas med knivar monterade på en bygel i flakets ena gavel. Följande bör då specificeras i standarden:

- Höjd över flakytan för övre nivå för knivar
- Minsta antal nivåer med knivar, förslagsvis 2
- Styrka i bygeln, dels mot sidorörelser men även en viss styrka för att förstänga lasten i längdriktning
- Styrka i knivarnas infästning till bygeln.

Utöver låsning kan betongelementen behöva säkras med hjälp av surrning, varvid följande bör framgå av en standard:

- Minsta antal surrningspunkter per sida
- Minsta tillåtna belastning i surrningspunkter
- Tillåten placering av surrningspunkter

Det rekommenderas också att standarden föreskriver hål för sidostolpar genom att ange:

- Dimension för stakhål
- Minsta antal stakhål per sida
- Tillåten placering av stakhål
- Minsta böjmoment och skjuvstyrka i stakhålen

13.4 Säkring av flaken med hjälp av containerfästen

Eftersom flaken ska kunna säkras till en sekundär lastbärare utrustad med containerfästen samt till containerpositioner ombord i fartyg, bör standarden föreskriva position, antal och styrka i minst två containerfästen under flaket.

Vidare bör standarden föreskriva en metod för att säkra flaken till varandra då de placeras omlott i containerpositioner.

13.5 Säkring vid järnvägstransport

För att möjliggöra en standardiserad säkring vid järnvägstransport så bör, i enlighet med förslaget på utformning som beskrivs i kapitel 12 i denna rapport, följande specificeras:

- Infästningspunkter för låsarmar som monteras på bygeln
- Position, dimension och styrka för ett stakhål per sida i vilken de bakre låsarmarna kan placeras

13.6 Hantering

Flaket ska kunna hanteras via lyft med kran, genom att lyftdon kopplas till flakets ovansida. Följande behöver därför ingå i en framtida standard:

- Utformning och styrka i lyftöglor
- Minsta antal och placering av lyftöglor

Vidare ska tomma flak kunna hanteras med gaffeltruck. Standarden föreslås därför innehåll motsvarande krav på gaffelfickor som återfinns i standard ISO1496 för hantering av tomcontainers.

13.7 Styrka

Standarden bör innehålla testfall för hur flaket ska provlastas vid typgodkännande. Dessa ska återspegla realistiska verkliga lastfall med tillägg av en säkerhetsfaktor för att ta höjd för dynamiska vertikala påkänningar vid lyft och transport. Standarden bör föreskriva vilka stödpunkter respektive lyftöglor och ok som ska användas för de olika testfallen.

13.8 Märkning

Standarden bör innehålla krav på hur märkning får ske för att visa att flaket uppfyller standardens krav.

14 Slutsatser

Genom framtagning av en rätt utformad, standardiserad, intermodal lastbärare för byggelement bedöms möjligheterna till att flytta över delar av de transporter som idag sker med detta gods på väg till sjöfart eller kombitransporter på järnväg vara goda. Även prämtransporter på inre vattenvägar kan bli aktuella i vattennära nybyggnationer i tätorter, vilket skulle kunna bidra till en avlastning av vägnätet. En smidig intermodal lösning öppnar även upp nya marknader, som till exempel norra delarna av Norge, för export av prefabricerade betongväggar.

Som utgångspunkt för ett standardiserat intermodalt flak bedöms bygelflaket ha bäst förutsättningar, främst på grund av möjligheten att transportera väggar med en höjd som överskrider 4 meter i samtliga transportslag.

För valet av att modifiera ett bygelflak har de extra dimensionerna av stående betongelementen varit drivande. Å andra sida i en förlängning skulle det även vara intressant att parallellt ta fram en standard för en lastbärare mer anpassad för lägre och mindre betongelement. Denna standard skulle istället kunna baseras på containerflak med fast eller lös A-bock som anpassas för att kunna hanteras i en intermodal transportkedja, där både järnväg- och sjötransport ingår förutom vägtransporten.

Eftersom hantering måste kunna ske i samtliga transportslag föreslås huvudsaklig hantering av lastade enheter ske via lyft med kran, medan hantering av tomflak kan ske med hjälp av gaffelfickor på flaket.

Bygelflaket förslås få följande huvudsakliga dimensioner och kapacitet:

Längd:	9 500 mm
Extrem bredd:	1 546 mm
Flakhöjd:	160 mm
Payload (lastvikt):	ca 28,5 ton

Vid standardisering av en framtida lastbärare för intermodala transporter av stående betongelement bör huvudsakliga aspekter för dimensioner, styrka, hantering och säkring av last definieras och kvantifieras på ett sådant sätt att erforderliga funktioner hos flaket säkerställs men att vidareutveckling av designen inte förhindras. Det är därför viktigare att ange funktionskrav än exakta utformningar.

Det föreslagna bygelflaket är med alla sannolikhet dyrare att tillverka på grund av kraftigare balkar och fler utrustningsdetaljerför att kunna hanterar och transportera flak och gods säkert med de olika transportslagen. I förslaget har mer avancerade lösningar ratas för att hålla ner tillverkningskostnaderna.

En annan aspekt på att ha en robustare konstruktion som är lyftbart jämfört med tillgängliga flak på marknaden är att livslängden ökar och underhållskostnaderna minskar. Många flak som idag finns omlopp har visserligen relativt låga tillverkningskostnader men är så klena att de antingen får en kort livslängd eller stora underhållskostnader genom att de måste riktas om.

En standardisering av flaken gör dessutom att kostnaderna för tillverkningen minskar. Skulle dessutom föreslaget flak bli intressant även för flödet av stående betongelement som enbart går på väg ger det volymskalfördelar som ytterligare minskar tillverkningskostnaderna.

Det är fullt möjligt att hitta tekniska lösningar som gör att ett flak som uppfyller de ställda kraven tas fram. Den största utmaningen bedöms ligga i de administrativa rutiner och operativa åtgärder som måste implementeras hos samtliga inblandade parter för att flaken ska kunna hanteras på ett säkert och effektivt sätt i intermodala transportkedjor.

Projektet har inte fokuserat på tillverkningskostnader och transportkostnader vilket i slutänden bestämmer lönsamheten med föreslagen lösning. Det är uppenbart att detta kommer vara en huvudfaktor för framgång för lösningen. En naturlig fortsättning av detta projekt är att genomföra en ny studie som koncentrerar sig på att ta fram en prototyp för att mer handgripligen kunna studera hur föreslagen intermodalt bygelflak kan fungera i olika situationer samt att beräkna hur olika kostnader kan påverkas och vid vilka volymer det finns en lönsamhet för det intermodala bygelflaket. I dessa kostnader skulle även olika transportlösningars miljöpåverkan vara intressant att belysa. Ytterligare en dimension som skulle kunna genomföras är en marknadsstudie för att analysera om ett intermodalt bygelflak kan öppna upp nya marknader och därmed öka volymen av bygelflak i omlopp.

Bilagor

Bilaga 1 – Lyft med förskjuten tyngdpunkt

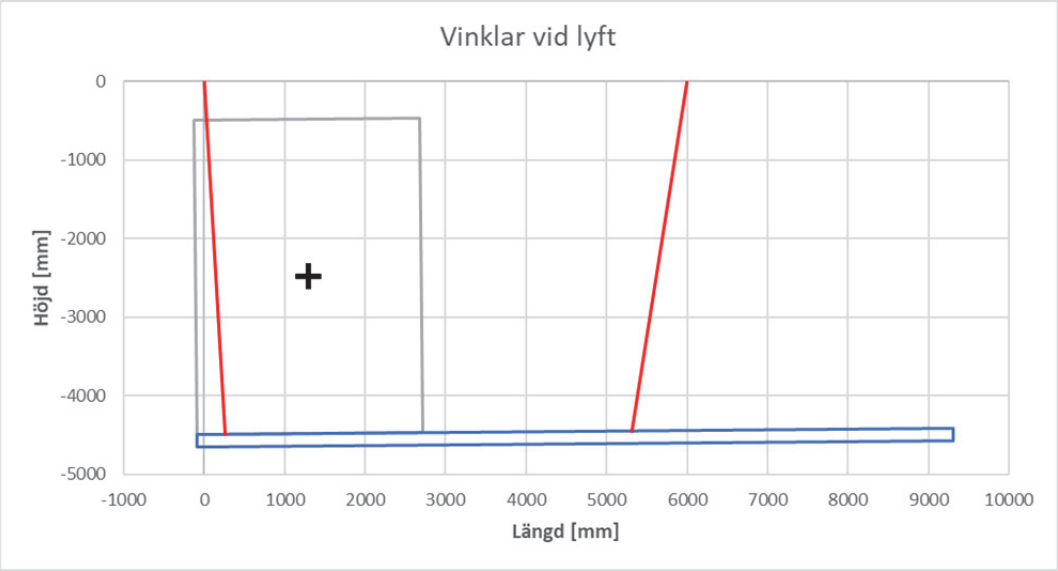
Nedan beskrivs tre fall för lyft av det förslag till bygelflak som beskrivs i denna rapport. Det är naturligtvis önskvärt att kunna använda en lyftteknik där utrustningen kan justeras på ett sådant sätt att den medger en väldigt jämn fördelning av kraften mellan lyftkättingarna och att flaket hålls helt horisontellt under lyftet, även om lastens tyngdpunkt är kraftigt förskjuten mot bygeln.

Det är dock tänkbart att hantering i vissa fall måste ske även med utrustning som inte är optimal för ändamålet. Fallen nedan baseras därför på att lyftet sker med ett ok med en fast längd på 6000 mm, vilket kan vara fallet vid till exempel lyft med reachstacker, samt med relativt korta kättingar som har en längd av 4500 mm.

Fall 1 - Kort last med centrerad tyngdpunkt

Lasten i detta fall har en längd av 2800 mm och tyngdpunkten ligger centrerad i lasten.

Lyft sker med fyra kättingar i punkter med följande avstånd till flakets framkant:
Lyftpunkt 1 (främre): 350 mm
Lyftpunkt 2 (bakre): 5500 mm



Figur 14.1 – Snedfördelning vid lyft av gods med förskjuten tyngdpunkt

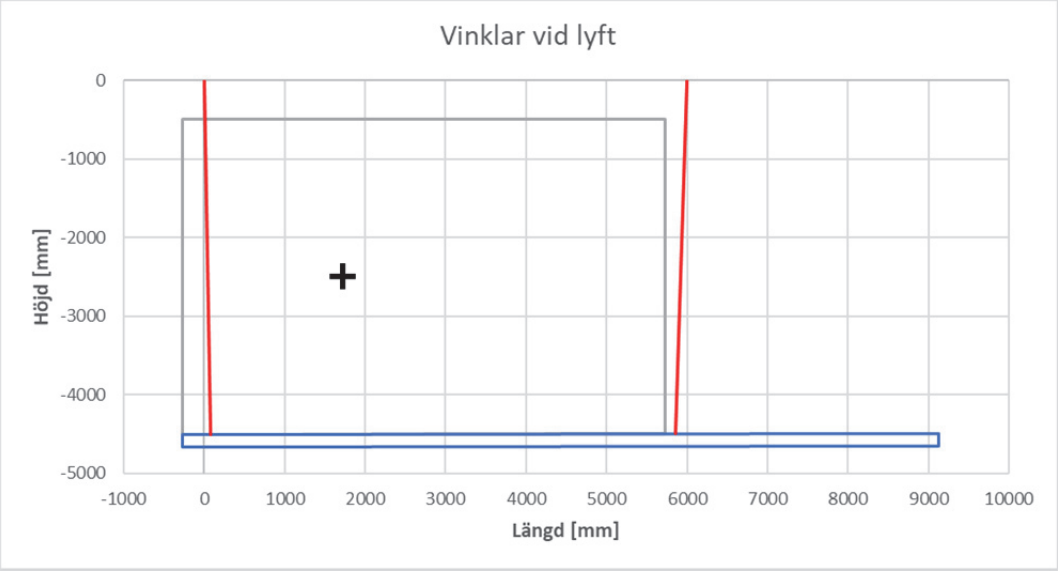
Fördelningen av den totala vikten mellan främre och bakre lyftpunkten blir följande:
Lyftpunkt 1 (främre): 72 %
Lyftpunkt 2 (bakre): 28 %

Flakets vinkel uppskattas till 0,50 grader och höjdskillnaden mellan främre och bakre lyftpunkten till 44 mm.

Fall 2 - Medellång last med förskjuten tyngdpunkt

Lasten i detta fall har en längd av 6000 mm och tyngdpunkten ligger på 1/3 av lastens längd.

Lyft sker med fyra kättingar i punkter med följande avstånd till flakets framkant:
Lyftpunkt 1 (främre): 350 mm
Lyftpunkt 2 (bakre): 6230 mm



Figur 14.2 – Snedfördelning vid lyft av gods med förskjuten tyngdpunkt

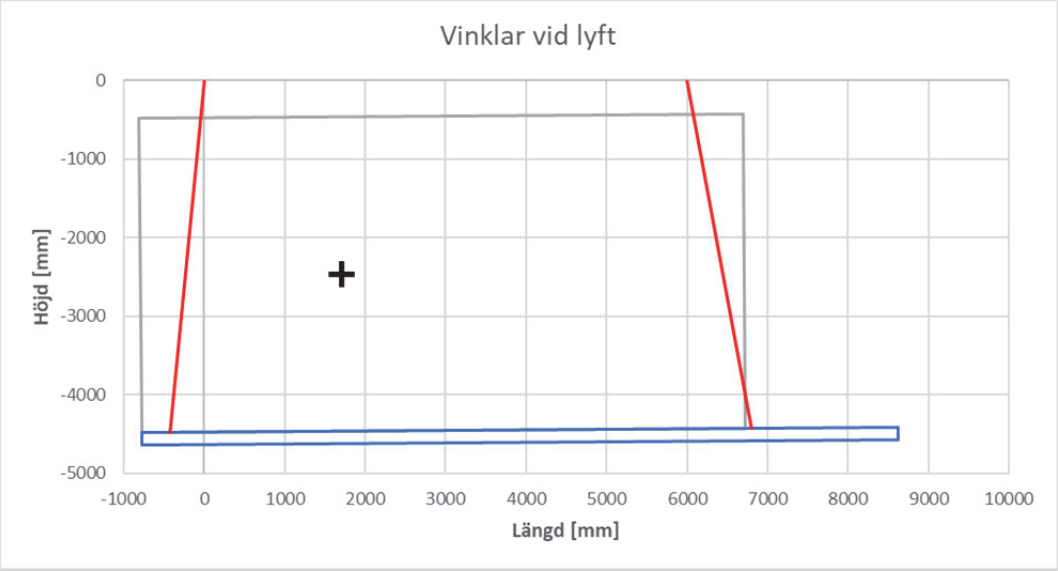
Fördelningen av den totala vikten mellan främre och bakre lyftpunkten blir följande:
Lyftpunkt 1 (främre): 65 %
Lyftpunkt 2 (bakre): 35 %

Flakets vinkel uppskattas till 0,02 grader och höjdskillnaden mellan främre och bakre lyftpunkten till 2 mm.

Fall 3 - Lång last med förskjuten tyngdpunkt

Lasten i detta fall har en längd av 7500 mm och tyngdpunkten ligger på 1/3 av lastens längd.

Lyft sker med fyra kättingar i punkter med följande avstånd till flakets framkant:
Lyftpunkt 1 (främre): 350 mm
Lyftpunkt 2 (bakre): 7675 mm



Figur 14.3 – Snedfördelning vid lyft av lång last med förskjuten tyngdpunkt

Fördelningen av den totala vikten mellan främre och bakre lyftpunkten blir följande:
Lyftpunkt 1 (främre): 65 %
Lyftpunkt 2 (bakre): 35 %

Flakets vinkel uppskattas till 0,40 grader och höjdskillnaden mellan främre och bakre lyftpunkten till 51 mm.

Bilaga 2 – Erforderlig styrka i sidobalkar

Flaken som beskrivs i denna rapport är i första hand avsedda för byggelement som är väldigt styva. Belastningen på flaket av dessa kommer därför i huvudsak att hamna nära byggelementens fram- och bakkant. Vid lyft bör lyftdonen i normalfall kopplas nära den balk på vilka lastens stödpunkter vilar och böjmomentet i flaket blir då minimalt.

Det är dock möjligt att flaken kommer att utnyttjas för andra, mer flexibla laster samt att hanteringen inte alltid är optimal. Erforderlig styrka i sidobalkaran har därför kontrollerats för tre olika tänkbara lastfall som innebär en avsevärd belastning till följd av böjning. De tre lastfallen finns beskrivna nedan.

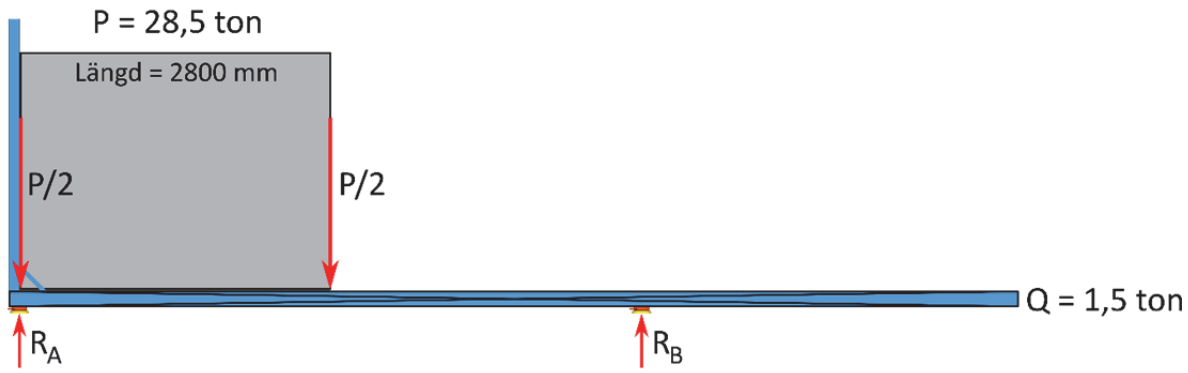
Det är önskvärt att kunna utföra flaket i ett konstruktionsstål med god tillgänglighet. För respektive lastfall nedan har böjmoment i sidobalkarna beräknats och den erforderliga materialstyrkan har jämförts med den som vanligen återfinns för stål av typ S355, vilket har en sträckgräns på 355 MPa och en brottsyrka på ca 500 MPa.

Det bör noteras att det kan krävas an starkare stålkvalitet och/eller förstärkningar i konstruktionen för en ökad säkerhetsmarginal, beroende på vilka testkriterier som en framtida standard baseras på.

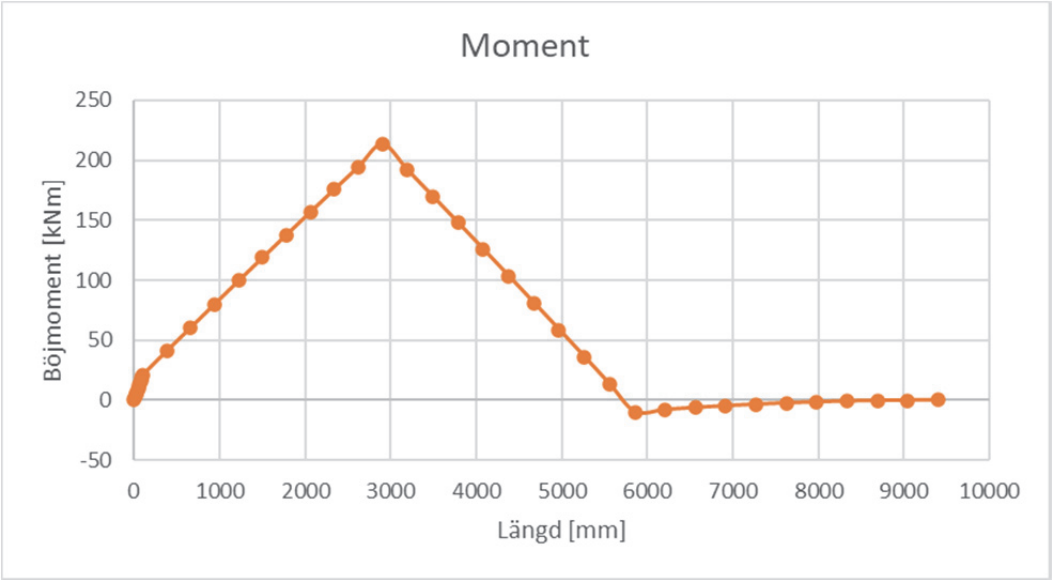
Lastfall 1 – Kort last med 2 stödpunkter

Detta lastfall baseras på en kort, styv last med en stödpunkt i framkanten nära den främre upplagspunkten och en stödpunkt i bakkant mitt mellan upplagspunkterna.

Lastvikt:	28,5 ton
Egenvikt flak:	1,5 ton
Längd på last:	2800 mm
Längd mellan upplagspunkter:	5853 mm



Figur 14.4 – Lastfall 1 Kort last med 2 stödpunkter



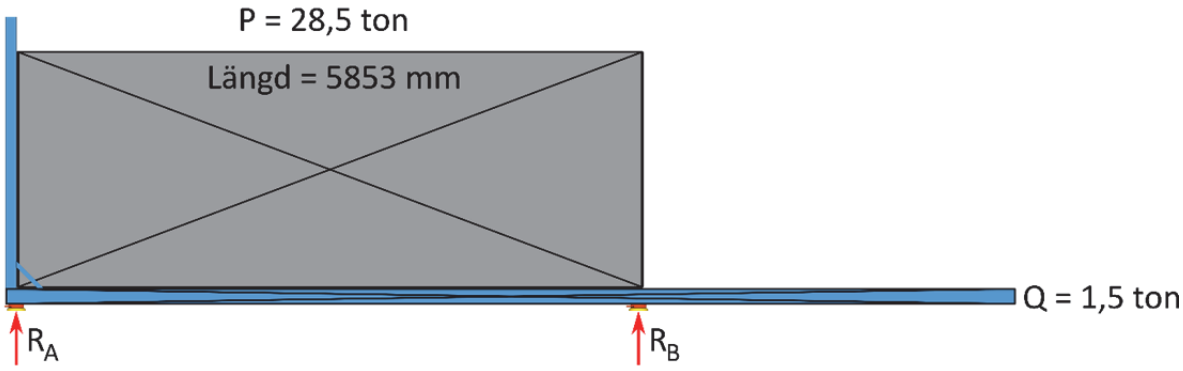
Figur 14.5 – Böjmoment lastfall 1

Det maximala böjmomentet i detta lastfall:	213,4 kNm.
Resulterande böjspänning för flak enligt kapitel 11:	342,6 MPa
Andel av sträckgräns för S355 (355MPa)	96 %
Andel av brottgräns för S355 (ca 500 MPa)	69 %

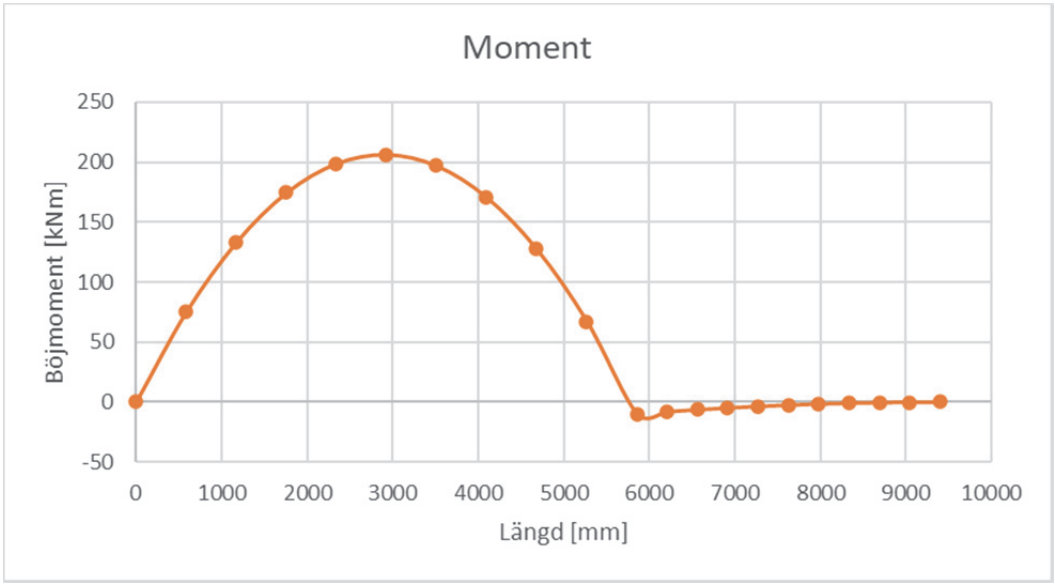
Lastfall 2 – Nettovikten jämt utbredd mellan containerfästena

Detta lastfall baseras på en flexibel last jämt fördelad mellan upplagspunkterna.

Lastvikt:	28,5 ton
Egenvikt flak:	1,5 ton
Längd på last:	5853 mm
Längd mellan upplagspunkter:	5853 mm



Figur 14.6 – Lastfall 2 Jämnt utbredd last mellan containerfästena



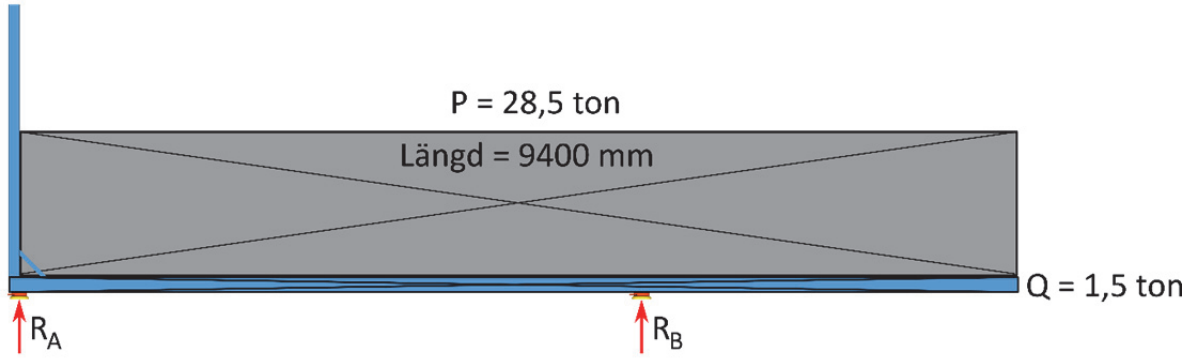
Figur 14.7 – Böjmoment lastfall 2

Det maximala böjmomentet i detta lastfall:	206,3 kNm.
Resulterande böjspänning för flak enligt kapitel 11:	331,2 MPa
Andel av sträckgräns för S355 (355MPa)	93 %
Andel av brottgräns för S355 (ca 500 MPa)	66 %

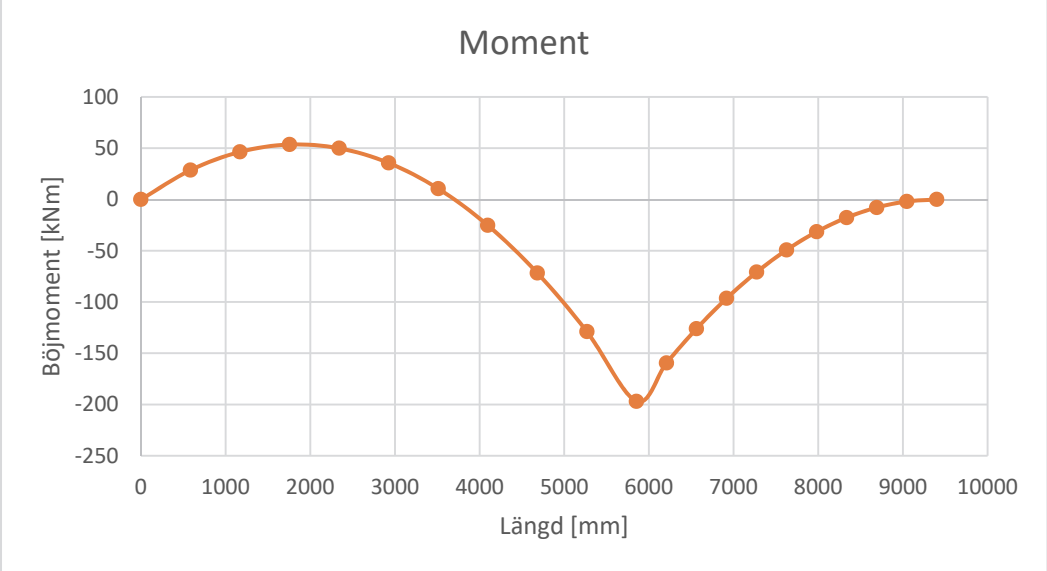
Lastfall 3 – Nettovikten jämt utbredd över hela flakets längd

Detta lastfall baseras på en flexibel last jämt fördelad över hela flakets längd.

Lastvikt:	28,5 ton
Egenvikt flak:	1,5 ton
Längd på last:	9400 mm
Längd mellan upplagspunkter:	5853 mm



Figur 14.8 – Lastfall 3 Jämnt utbreddlast över hela flakets längd



Figur 14.9 – Böjmoment lastfall 3

Det maximala böjmomentet i detta lastfall:	196,9 kNm.
Resulterande böjspänning för flak enligt kapitel 11:	316,1 MPa
Andel av sträckgräns för S355 (355MPa)	89 %
Andel av brottgräns för S355 (ca 500 MPa)	63 %