

DP Gäddviken

Kvarnholmen, Nacka

PM Byggnadsverk – Utredning badbrygga



Bildkälla: Gestaltning, SWMS Arkitektur AB

För granskning 2025-02-14

ELU Konsult AB
Marina konstruktioner, Stockholm

Johan Paavola
Uppdragsledare

		PM			
		Status			
Bet	Ändringen avser	Datum	Sign UL	Datum SS	Sign SS

Sammanfattning

Det finns flera olika tekniska lösningar på marknaden för att uppföra en Badbrygga av den typ som planeras i Gäddviken. I denna utredning utvärderas de olika alternativen utifrån nedanstående egenskaper.

- Beständighet
- Flytkraft
- Stabilitet
- Miljö
- Förvaltningskostnader
- Investeringskostnad

Den lösning som är bäst lämpad med avseende på stabilitet, underhåll, investeringskostnad och närmiljö är helbetongsponton med ett elastiskt förankringssystem av typen Seaflex.

Sammanfattning av argumenten för helbetongsponton.

Hög stabilitet och låg fribordsvariation

- Betongpontonerna är tunga och har en styv konstruktion, vilket gör att de inte påverkas lika mycket av vågor, vind eller excentriska laster.
- De kan seriekopplas med stag och draglinor, vilket ytterligare ökar stabiliteten och minskar rörelser.
- Låg fribordsvariation gör att bryggan känns stabil att gå på och är mer tillgänglig för alla, vilket är viktigt för en stor badbrygga.
- Den rektangulära formen ger högsta möjliga flytkraft per ytenhet, vilket gör det lättare att skapa en badbrygga med god bärighet och ett bekvämt fribord.
- Den kan bära mycket extra vikt, vilket gör det enkelt att integrera hopptorn, bänkar, räcken och andra tillägg utan att påverka stabiliteten nämnvärt.

Låg underhållskostnad och lång livslängd

- Teknisk livslängd på cirka 50 år, vilket är längre än många andra alternativ (förutom vissa stålkonstruktioner).
- Kräver minimalt underhåll jämfört med exempelvis stålponter, som behöver ommålning var 25:e år, eller trä/betongpontonerna, där träreglar kan behöva bytas ut.
- Betong är motståndskraftigt mot påkörning och vandalism, vilket är viktigt på en offentlig brygga.

Rimlig investeringskostnad och långsiktig ekonomi

- Betongpontonerna har en **prisvärd investeringskostnad** och ligger i nivå med polyetenrörpontonerna men är betydligt mer stabila.
- Eftersom underhållskostnaderna är låga blir den totala livscykelkostnaden för betongpontonerna ofta lägre än för exempelvis stålponter, trots att de har kortare teknisk livslängd än stål.

Miljöaspekter – en kompromiss

- Betong har ett högre klimatavtryck vid tillverkning, men eftersom livslängden är lång och underhållet minimalt kan det ändå vara ett bättre val än exempelvis stålponter, där målningsystemen innehåller zink och epoxi.
- Cellplasten i betongponter kan brytas ner över tid, men det går att kompensera genom att lägga till mer cellplast.

Ett elastiskt förankringssystem av typen Seaflex ger lägre underhållskostnader och påverkar sjöbotten mindre än kätting. Investeringskostnaden för Seaflex är däremot högre, och det är inte säkert att den höga investeringskostnaden kompenseras av den lägre underhållskostnaden.

I slutändan bör valet av förankringssystem vara en avvägning mellan miljö vid sjöbotten, det totala underhållsbehovet och investeringskostnaden. Det är därför lämpligt att ta in detaljerade offerter för båda alternativen.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	5
2	SYFTE	5
3	FÖRUTSÄTTNINGAR	5
3.1	UNDERLAG	5
3.2	NORMER OCH FÖRESKRIFTER	6
3.3	KOORDINATSYSTEM	6
3.4	HYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN	6
3.5	BESKRIVNING AV FLYTBRYGGA	6
3.6	GEOTEKNIK	9
3.7	FLYTKRAFT	11
3.8	STABILITET	13
4	OLIKA TYPER AV PONTONER	16
4.1	HELBETONGPONTON	17
4.2	STÅLPONTON	19
4.3	STÅLRÖRPONTON	21
4.4	TRÄ- OCH BETONGPONTON	23
4.5	POLYETENRÖRPONTON	25
5	LANDFÄSTE OCH LANDGÅNG	27
6	FÖRANKRING	28
6.1	KÄTTING/STAG MOT LAND	28
6.2	PLOGANKARE OCH KÄTTING	28
6.3	SEAFLEX	29
6.4	PÅLAR MED PÅLKRAKE	30
7	KOSTNADSJÄMFÖRELSE	32

1 Inledning

På uppdrag av Kvarnholmen Utveckling AB har ELU konsult AB utfört en förstudie av en planerad flytbrygga (Badbryggan) inom detaljplan Gäddviken på Kvarnholmen i Nacka kommun.

2 Syfte

Förstudien syftar till att utreda hur Badbryggan kan utföras och vilka tekniska krav som bör ställas. Utredningen ska ge svar på vilka olika tekniska alternativ som finns och hur de förhåller sig till varandra.

Utredningen ska sedan ligga till grund för avsnitt i vattendomsansökan för Gäddviken.

3 Förutsättningar

3.1 Underlag

- | | |
|--|------------|
| [1] Illustrationsplan_Åtgärder.pdf (KUAB, SWMS) | 2022-04-22 |
| [2] Utredning av erforderligt korrosionsskydd på pålar och spont vid Gäddviken, handling nummer DP6:G. (Swerea KIMAB AB) | 2018-11-05 |
| [3] Svindersviken, Nacka kommun – Sammanställning av genomförda sedimentundersökningar, handling nummer DP6:R (WSP) | 2018-01-26 |
| [4] DP6 Gäddviken – Bryggbad. (KUAB, SWMS) | 2022-11-10 |
| [5] DP Gäddviken DP Utblicken Förmansbostaden Situationsplan 241127.dwg (SWMS) | 2024-11-27 |
| [6] 0524_ELU_Svindersviken_MBES_point_cloud_SR99_1800_RH 2000_241003_Rev00.xyz. Punktmoln, sjömätning. (Peab Marin) | 2024-10-03 |
| [7] 0524 ELU Svindersviken – Vrak.pdf. Sammanställning Vrak. (Peab Marin) | 2024-10-14 |
| [8] SMHI Rapport nr 29 Dimensionerande havsvattenstånd vid Södra Värtan. | 2012 |
| [9] BeräkningsPM Geoteknik, fördjupad stabilitetsutredning. (ELU konsult) | 2025-02-07 |

3.2 Normer och föreskrifter

1	EKS 12	Boverkets konstruktionsregler, BFS 2022:4
2	BBR 31	Boverkets byggregler, BFS 2024:14
3	SS-EN 1990 - 1999	Eurokod - Dimensioneringsregler för bärverk

3.3 Koordinatsystem

Gällande koordinat- och höjdsystem

- **Höjd:** RH2000
- **Plan:** SWREF 99 18 00

3.4 Hydrologiska förhållanden

Tabell 1 Karakteristiska vattenstånd vid Stockholm – Skeppsholmen

Vattenstånd	Benämning	RH 2000 (2012)	RH 2000 (2100)
Högsta högvatten	HHW	+1,29	+1,80
Medelhögvatten	MHW	+0,73	+1,25
Medelvatten	MW	+0,12	+0,63
Medellågvatten	MLW	-0,33	+0,19
Lägsta lågvatten	LLW	-0,57	-0,06

Källa: SMHI, rapport 29, Havsvattennivåer vid Södra Värtan

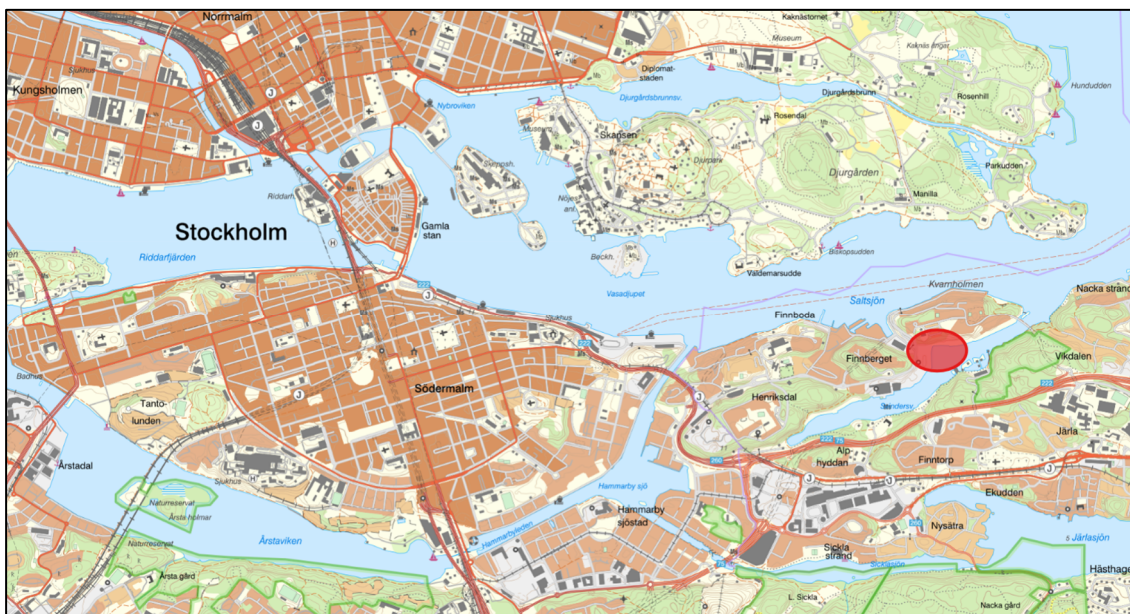
3.5 Beskrivning av flytbrygga

Badbryggan är ett flytande hamnbad med en total yta om ca 1000 m². Tillträde till badbryggan sker via en landgång.

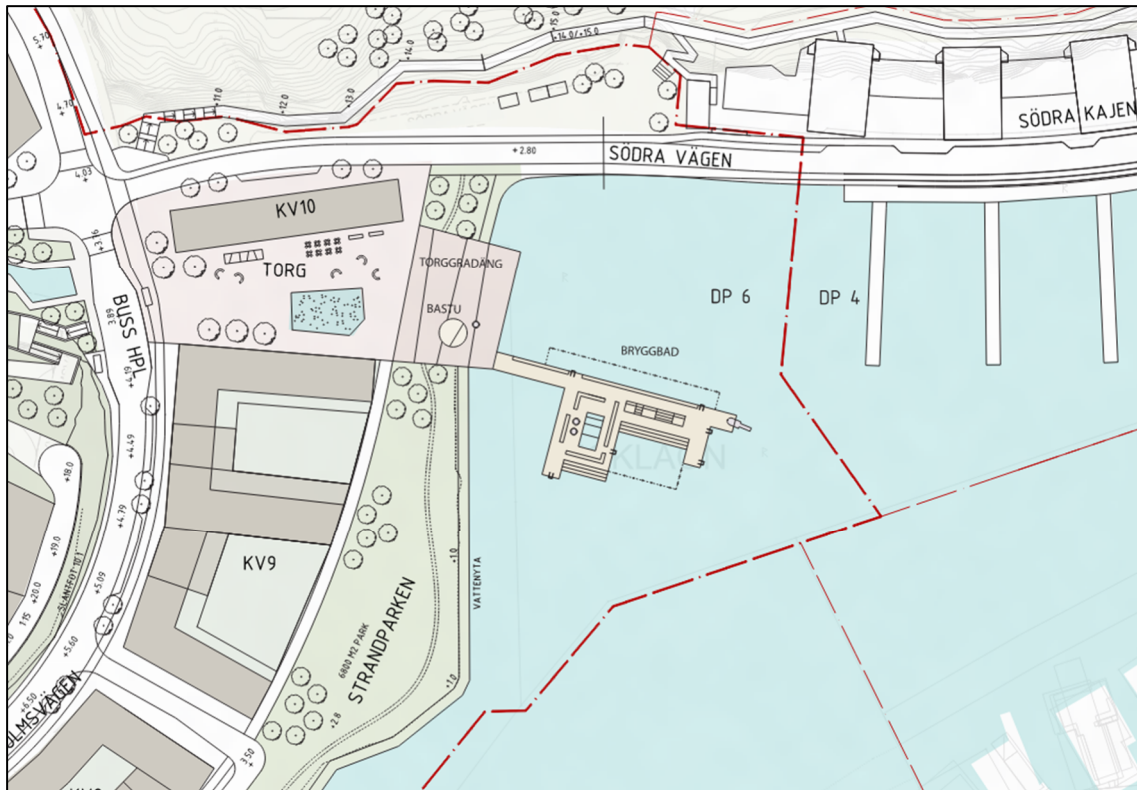


Figur 1 Gestaltning av flytbrygga från [4]

Badbryggan ska anläggas i Svindersviken vid Kvarnholmen i Nacka kommun.



Figur 2 Karta Stockholm (Lantmäteriet) med området för flytbryggan markerad i rött.



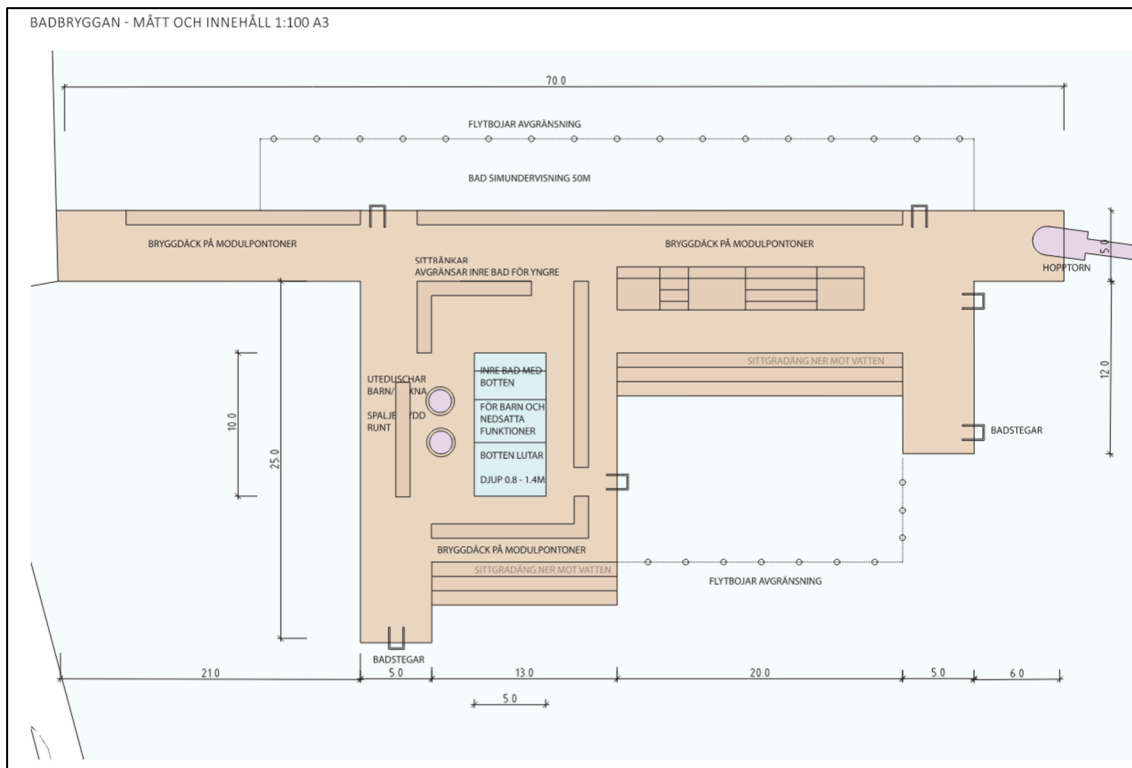
Figur 3 Illustrationsplan från [4] där flytbryggan framgår

Flytbryggan utförs som sammanlänkade flytkroppar med en överbyggnad av trä.

Träöverbyggnaden ger ett sammanhängande intryck där de individuella flytkropparna döljs.

Sittbänkar, liggytor och gradänger integreras i träöverbyggnadens.

Landgången som sammanbinder landfästet och flytbryggan anpassas i längd för att säkerställa tillgänglighetskraven vid relevanta vattenstånd.



Figur 4 Mått och beskrivning från [4] för flytbrygga

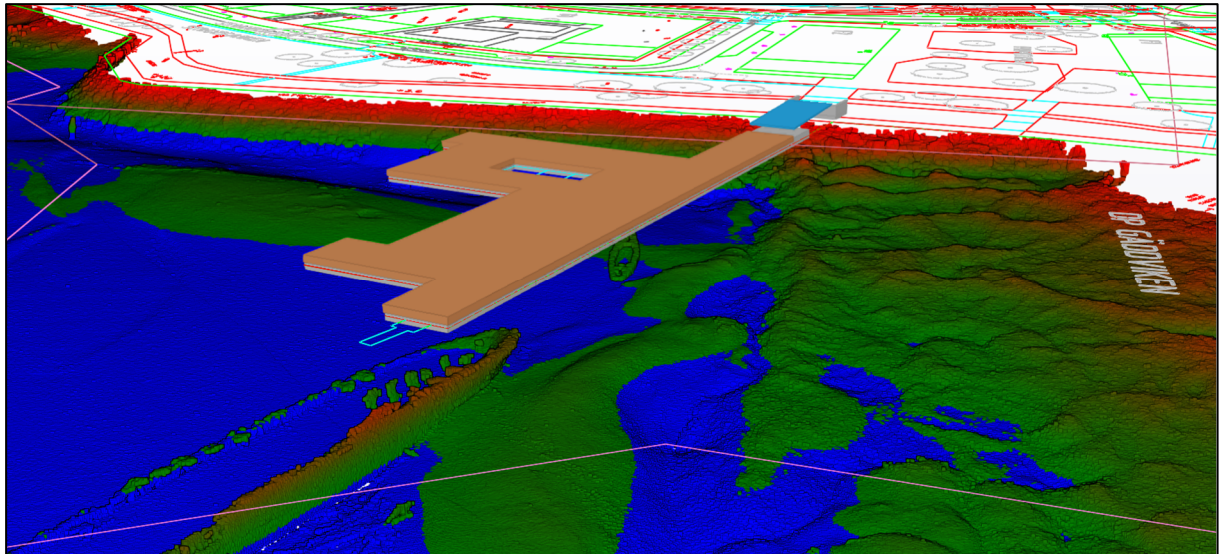
3.6 Geoteknik

WSP har sammanställt ett stort antal sedimentundersökningar i området, se [3]. Det förekommer omfattande föroreningar i sjöbotten.

ELU konsult har utfört en fördjupad stabilitetsutredning inom området, se [9]. Slutsats från den gör gällande att det krävs geotekniska åtgärder för att exploatering av marken innanför flytbryggan ska vara lämplig. De geotekniska åtgärderna som rekommenderas är att en tryckbank läggs ut på sjöbotten längs släntfoten.

Tryckbanken minskar vattendjupet och täcker över eventuella förorenade sediment på sjöbotten.

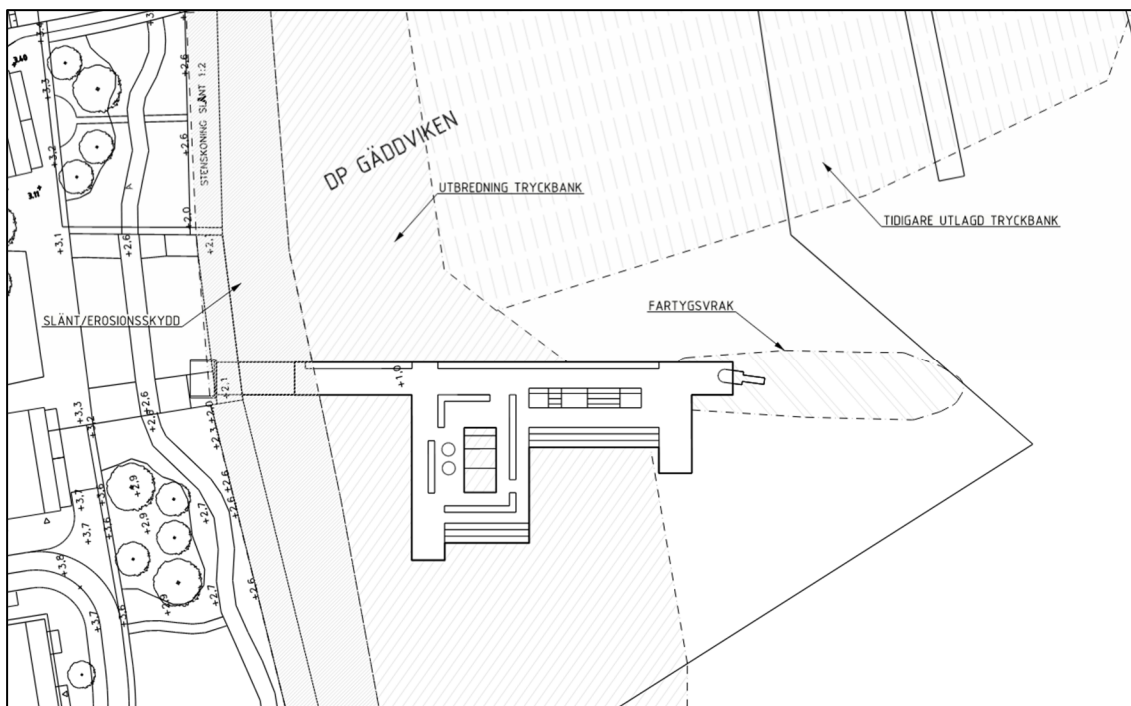
I nuläget ligger sjöbotten under den planerade flytbryggan mellan -4,00 och -6,00. Vid läget för det planerade hopptornet ligger det ett fartygsvrak (benämnt Vrak 1 i [7]) där delar av skrovet ligger på nivå -2,00. Befintlig sjöbotten i förhållande till flytbryggan framgår i Figur 5.



Figur 5 3D-vy med planerad flytbrygga och inmätt sjöbotten. Blått område är djupare än -5,00 och det gröna över går till rött vid -2,50.

Till höger i Figur 5 framgår en sedan tidigare utlagd tryckbank. Inom ramarna för stabilitetshöjande åtgärder kommer även stora delar av ytan under flytbryggan förstärkas med en liknande tryckbank. Den nya tryckbanken kommer höja sjöbottennivån till ca -2,50. Exakt nivå är i dagsläget inte känt, det beror på hur stora sättningar som uppstår.

Figur 6 återger en planvy där även framtida åtgärder i form av tryckbank och släntskydd framgår. Vrakets placering relativt det planerade hopptornet är olyckligt då djupt dykande badgäster riskerar att stöta i det. Det har föreslagits att vraket delvis ska rivas och sedan täckas över med fyllnadsmaterial.

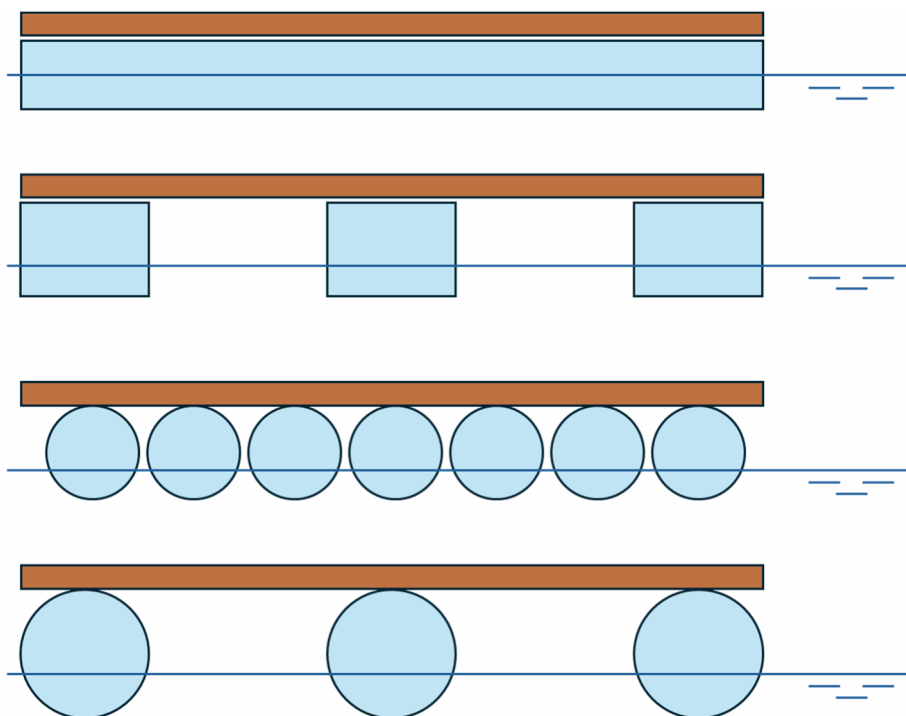


Figur 6 Badbryggans placering relativt åtgärder på sjöbotten.

Det finns också områden som inte omfattas av tryckbank/vrak där eventuella plogankare i betong kan behöva placeras. Särskild utredning bör göras kring risk för att riva upp förorenade sediment vid placering av plogankare. Det kan krävas att ytterligare massor läggs ut för att skydda botten och säkerställa att plogankare inte sjunker för djupt ner i sjöbotten.

3.7 Flytkraft

Pontoner kan byggas av olika material, de vanligaste är stål, betong (flytkropp av cellplast) och polyeten. De olika materialen främjar olika former och utförande. Figur 7 illustrerar de vanligaste principiella utformningarna.



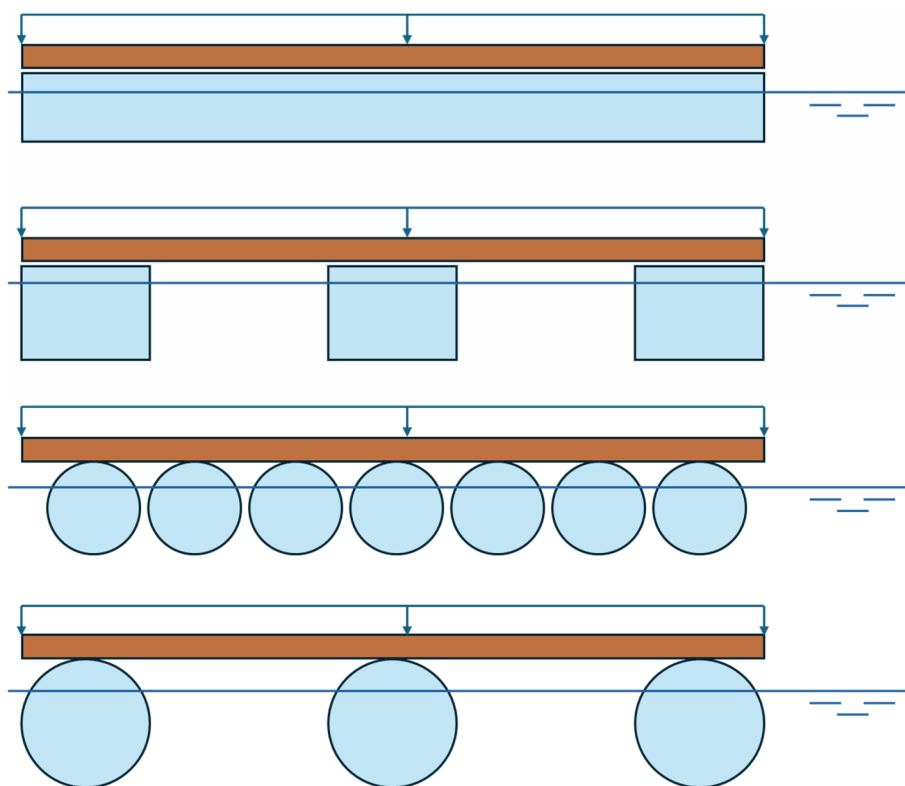
Figur 7 Jämförelse mellan olika former på flytkroppar och dess fribord vid permanent last

Flytkraften hos en ponton beräknas med hjälp av Arkimedes princip som säger att:

"ett föremål nedsänkt i vätska påverkas av en uppåtriktad kraft, som är lika stor som tyngden av den undanträngda vätskan"

Det är alltså volym nedsänkt flytkropp som motsvarar flytkraften hos pontonen. Beroende på vilket material pontonen är byggd av kommer det krävas olika stor flytkraft för att hålla pontonen ovan vattenytan. En ponton av polyeten är förhållandevis lätt, och en ponton av betong är förhållandevis tung.

En flytbrygga ska kunna bära sin egenvikt, men också ytterligare last från människor och installationer (nyttig last). Beroende på hur flytkroppen är utformad kommer den nyttiga lasten orsaka olika stor nedsänkning. En helt solid flytkropp kommer sjunka relativt lite, och uppdelade flytkroppar kommer sjunka mer, givet att den nyttiga lasten är lika stor, se Figur 8.



Figur 8 jämförelse fribord efter belastning med jämt utbredd variabel lasta med olika former på flytkroppar

Det vertikala avståndet från överyta flytkropp till vattenyta kallas fribord. När fribordet är noll har pontonen inte någon extra flytkraft kvar. Fribordet kan alltså betraktas som pontonens säkerhetsmarginal.

3.8 Stabilitet

3.8.1 Permanent last

Permanent last innefattar all egenvikt, till exempel:

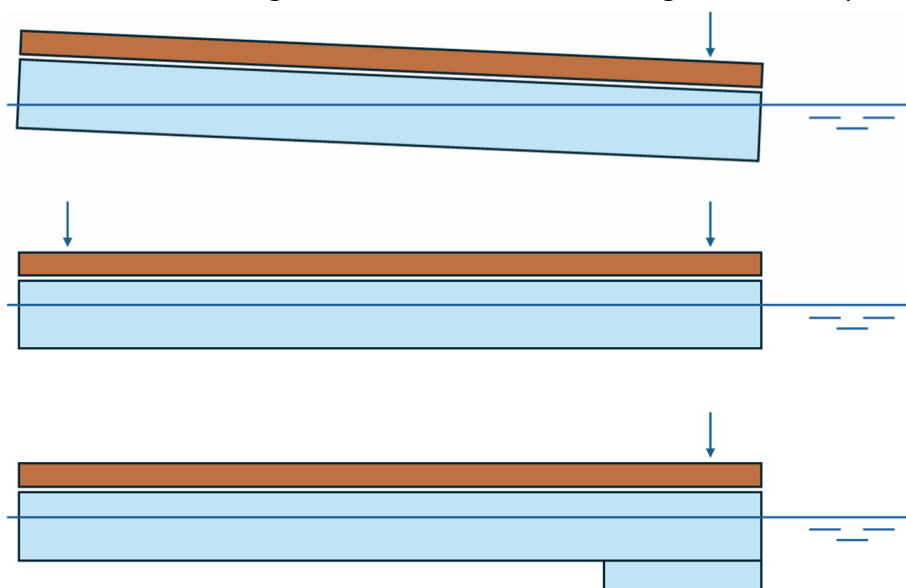
- Flytkroppar
- Sammanbindande reglar/stag
- Överbyggnad i trä
- Möbler
- Trappor
- Räck
- Pollare
- Landgång

Beroende på hur flytbryggan ser ut kommer den gemensamma tyngdpunkten från de permanenta lasterna vara mer eller mindre excentrisk i förhållande till flytkropparnas gemensamma flytpunkt. Lastexcentricitet ger upphov till snedställning av flytbryggan, vilket inte accepteras för det permanenta skedet.

Det finns två huvudsakliga principer för att motverka snedställning och därmed säkerställa att flytbryggan ligger horisontellt. Den vanligaste principen är att använda sig av ballast, vilket innebär att den excentriska lasten balanseras genom att extra vikter läggs in på motstående sida av pontonen tills det att pontonen ligger helt i våg. Den andra principen är att flytbryggan kompletteras med flytkroppar för att kompensera den excentriska lasten. Se Figur 9 för illustrering.

Ballast kan bestå av stål, betong, grus/sand eller vatten. Ballasten kan ligga utanför eller i pontonens skrov. Kompletterande flytkropp kan bestå av mer eller mindre vattenfyllda flytkroppar eller cellplast.

Flytbryggor/pontonerna nivelleras normalt till ett specifikt fribord som är kravställt i förutsättningarna. Beroende på användningsområde accepteras olika toleranser på fribord. En ponton som används för angöring av färjor har normalt små toleranser medan flytbryggor som används för bad kan acceptera större toleranser. Toleranser för snedställning varierar också, men ett vanligt krav är max 1% snedställning med endast permanent last.



Figur 9 Exempel snedställning på grund av excentrisk last och olika principer för nivellering

3.8.2 Variabel last

För broar och byggnader beskrivs variabel last som jämnt utbredd last plus punktlast.

En vanlig tolkning för flytbryggor är att den kan likställas med en gångbro, varpå rörlig last enligt Eurocode blir 5 kPa. I praktiken är det mycket osannolikt att en flytbrygga utan räcken kan komma att belastas så högt. Dessutom kan det vara excentriska laster med snedställning som blir det mest besvärande lastfallet. En tillverkare kan inte heller i någon meningsfull utsträckning påverka stabiliteten hos flytbryggan eftersom stabiliteten i första hand styrs av pontontyp och geometri. Det är bättre att kravställa pontontyp/flytkroppsform och tillhörande fribord vid permanent last. Landgång och slitplank kan sedan dimensioneras för en ytlast/punktlast.

Ett rimligt antagande är ytlast 2,5 kPa + punktlast 4 kN. Punktlasten kan behöva ökas ifall snöröjning ska kunna ske med fordonshjälp eller om det finns and platsspecifika behov.

För en homogen flytkropp som den beskriven överst i Figur 7 resulterar ytlasten 2,5 kPa i en nedsänkning av flytbryggan med 0,25 m. Ifall flytkropparna täcker 50 % av flytbryggans area, motsvarande den näst översta flytbryggan i Figur 7, resulterar folksamlingslasten i en nedsänkning av flytbryggan med 0,5 m. Nedsänkningen för cirkulära flytkroppar är något mer komplicerad men principen gäller fortfarande.

Ifall endast en del av flytbryggan belastas med jämnt utbredd last kan det resulterande fribordet längs den lägsta sidan bli lägre än för fallet där den jämnt utbredda lasten verkar mot hela flytbryggan. En helbetongponton med fribord 0,5 m skulle då ha 0,25 m marginal för extra snedställning.

För homogena flytkroppar är stabilitetsvillkoret normalt att ingen del av flytkroppens överyta får hamna under vatten, och ingen del av dess underyta får hamna ovan vattenytan vid belastning.

3.8.3 Läckage

Stål- och polyetenponter erhåller ofta sin flytkraft med hjälp av lufttäta utrymmen. Dessa lufttäta utrymmen kan springa läck på grund av nedbrytning, slitage, mekanisk åverkan eller sabotage.

Stora flytkroppar delas därför ofta in flera celler, avdelade med vattentäta skott, för att säkerställa tillräcklig stabilitet även vid en skadad flytcell.

4 Olika typer av pontoner

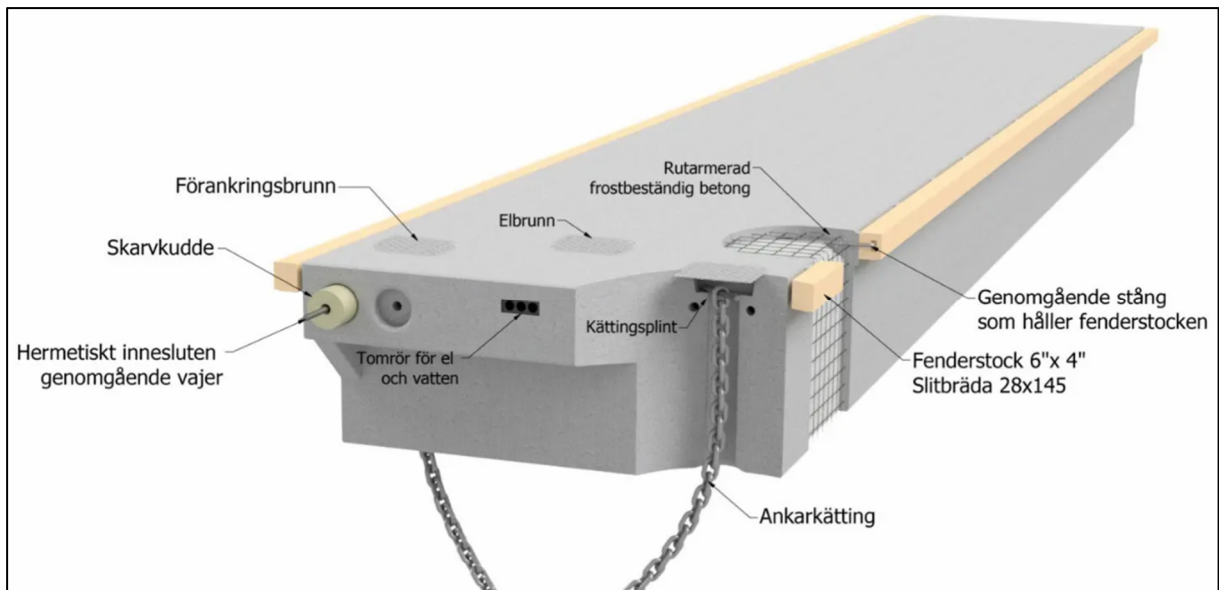
Detta avsnitt beskriver olika typer av pontoner som kan användas till flytbryggan. För att kunna jämföra de olika typerna används 6 kriterier.

- Beständighet
 - jämför teknisk livslängd och hur funktion/utseende upprätthålls under brukstiden.
- Flytkraft
 - Beroende på flytkropparnas utformning krävs olika stora fribord för att ta hänsyn till variabel last. Låg fribordsvariation är fördelaktigt för tillgänglighet, gestaltning och anslutningar.
- Stabilitet
 - Med stabilitet avses dels snedställning på grund av excentriska laster, dels systemets rigiditet. Styva konstruktioner kommer närmare efterlikna en fast konstruktion och ge upphov till mindre ljud och rörelser.
- Miljö
 - Jämför i första hand klimat, närmiljö, avveckling och eventuellt återbruk.
- Förvaltningskostnader
 - Avser kostnader som hamnar på ägare under flytbryggans brukstid. Stora delar av flytbryggan är den samma för de olika alternativen, till exempel träöverbyggnad, hopptorn, bänkar, pool, förankring, landgång, etc. Dessa delar är inte med i jämförelsen
- Investeringskostnad
 - Investeringskostnad innefattar vad det kostar att tillverka och sjösätta pontonerna. Prisuppskattningarna är mycket grova och inkluderar inte projektering.

Alla kriterier ges bedömningar mellan 1-5 där 5 är högsta och 1 är lägsta omdöme. Notera att ett högt omdöme för kostnadskriterier motsvarar en låg verklig kostnad.

4.1 Helbetongponton

Flytkropparna består av relativt tunnväggiga betongelement gjutna runt kvarsittande form/flytkropp av cellplast. Betongpontonerna kan kompletteras med en överbyggnad av trä så som den överbyggnad som föreslås i [4].



Figur 10 Exempel på betongponton

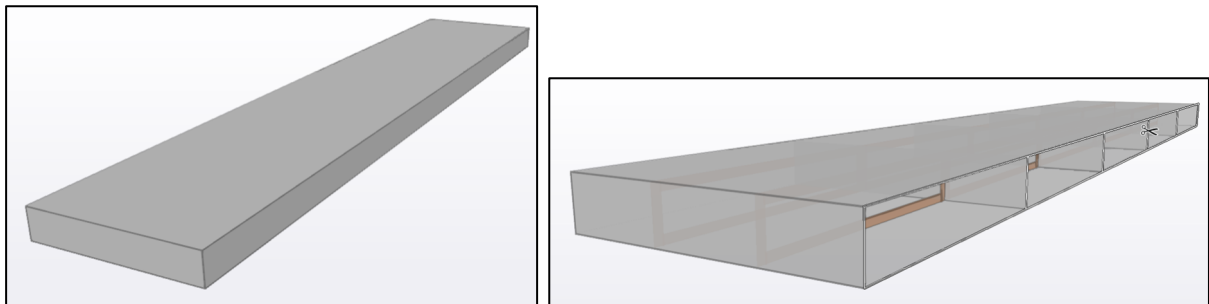
Tabell 2 Jämförelse helbetongponton

Beständighet	3	Teknisk livslängd är uppskattad till 50 år. När teknisk livslängd är nådd går pontonerna till destruktions. Det finns risk för nedbrytning av cellplast vilket kan minska flytkraften över tid och även ge upphov till snedställning. Det går i princip att kompensera med extra cellplast. Betongpontoner är mycket motståndskraftiga mot påkörning och skadegörelse. då skador i betongen inte påverkar flytkraften.
Flytkraft	5	De rektangulära flytkropparna ger högsta möjliga flytkraft, vilket möjliggör ett lågt fribord
Stabilitet	5	Formen på pontonen och dess höga egenvekt är optimala med avseende på stabilitet. Det finns system för att seriekoppla pontoner med stag och draglinor för att i praktiken skapa stora, samverkande, pontoner. Det går att komplettera med extra cellplast för att öka flytkraften ifall lastförutsättningarna förändras i framtiden.
Miljö	2	Betong ger ett högt klimatavtryck vid tillverkning och cellplasten är inte förnyelsebar. Betongpontoner förväntas inte avge några miljöskadliga ämnen i närmiljön.
Förvaltningskostnader	3	Betongpontoner förväntas inte kräva något omfattande underhåll under dess tekniska livslängd. Efter betongpontonernas tekniska livslängd är uppnådd går de till destruktions. Detta kan vara kostsamt då de innehåller cellplast.
Investeringskostnad	4	Betongpontoner är mycket prisvärda.

4.2 Stålponton

Stålpontoner kan utföras på många olika sätt. Ett utförande som skulle lämpa sig för denna typ av flytbrygga är stora, rektangulära pontoner som seriekopplas med stag och/eller draglinor.

Figur 11 återger ett principiellt exempel. Pontonen delas in i vattentäta celler som förstärks med bulbjärn. Stålpontonerna kan kompletteras med en överbyggnad av trä så som den överbyggnad som föreslås i [4].



Figur 11 Exempel stålponton. Pontonen delas in i vattentäta celler förstärkta med bulbjärn och avdelade med vattentäta skott.

Exemplet saknar ett antal detaljer,

- Det krävs luckor i däcksplåten för att komma åt de vattentäta cellerna för ballastering och inspektion.
- Det krävs ett system för att seriekoppla pontonerna.
- Det krävs ett system för att förankra pontonerna som är åtkomligt från trädäcket.
- Träöverbyggnaden kan monteras i stålprofiler som svetsas fast i däck.

Tabell 3 Jämförelse stålponon

Beständighet	4	Stålpononer kan i princip ha en teknisk livslängd över 100 år. Men det kräver bland annat att den målas om med ca 25 år mellanrum. Utöver det kan det tillkomma reparationsmålning vid skador i färgsystemet. Eftersom flytkropparna består av vattentäta celler så finns det risk för läckage på grund av påkörning eller skadegörelse. Efter ommålning av stålponon kommer den se ut som ny.
Flytkraft	5	De rektangulära flytkropparna ger högsta möjliga flytkraft. Det möjliggör ett lågt fribord
Stabilitet	5	Formen på pontonen är optimal med avseende på stabilitet. Det är lätt att ballastera pontonen med hjälp av grus som placeras invändigt i skrovet. Det gör också att nya excentriska permanenta laster som kommer i framtiden kan kompenseras för genom att flytta runt gruset. Serikoppling av pontoner ökar stabiliteten.
Miljö	4	Ifall stålleverantör väljs med omsorg och underhållet sker enligt rekommendationer blir livslängden mycket hög. Pontonerna kommer ha olika rektangulära former som kan användas till andra ändamål ifall behovet av flytbryggan försvinner i framtiden. Möjligheten att ballastera om pontonerna gör dem mycket flexibla. Avvecklade stålrörspontoner kan återanvändas som skrot vid stålproduktion. De målningsystem som används för stålkonstruktioner i vatten innehåller normalt zink och epoxi vilket är dåligt ur miljösynpunkt.
Förvaltningskostnader	2	Stålrörspontoner behöver målas om med ca 25 års mellanrum. Blästring och nymålning är kostsamt. Ommålning sker ungefär lika ofta som träreglar behöver bytas ut, men det är troligt att slitplank behöver bytas ut oftare. Ommålning kräver att flytbryggan demonteras i sin helhet vilket ställer till problem ifall träöverbyggnadens underhåll inte överensstämmer med stålrörspontonens underhållsbehov.
Investeringskostnad	1	Stålpononer är förhållandevis dyra jämfört med pontoner av betong eller polyeten. Det finns inte ett stort utbud av standardprodukter att tillgå för denna typ av ponton. Det innebär att projekteringskostnaderna sannolikt blir högre än för övriga alternativ.

4.3 Stålrörponton

Flytkropparna består av stålrör som binds ihop av ett ramverk av stålprofiler. Stålrörspontonen kan kompletteras med en överbyggnad av trä så som den överbyggnad som föreslås i [4].



Figur 12 Exempel på stålponton med samverkande ramverk



Figur 13 Exempel på stålrörsponton kompletterad med träöverbyggnad, räddningsstege och belysning.

Tabell 4 Jämförelse stålörsponton

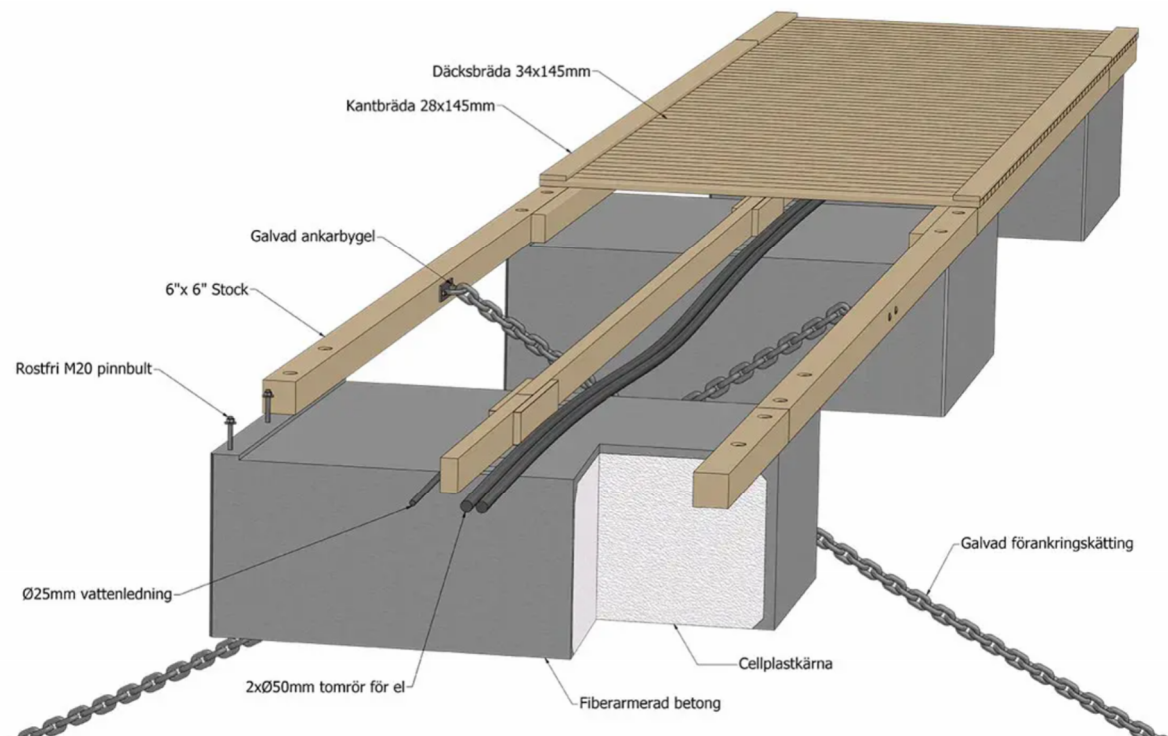
Beständighet	4	Stålörsponton kan i princip ha en teknisk livslängd över 100 år. Men det kräver bland annat att den målas om med ca 25 år mellanrum. Utöver det kan det tillkomma reparationsmålning vid skador i färgsystemet. Eftersom flytkropparna består av vattentäta stålör så finns det risk för läckage på grund av påkörning eller skadegörelse. Efter nymålning av stålörsponton kommer den se ut som ny.
Flytkraft	2	Flytkropparna är relativt små i förhållande till pontonens yta vilket gör att det krävs ett högt fribord, och att nedsänkningen för variabel last blir hög.
Stabilitet	3	Eftersom flytkropparna är placerade längs pontonens sidor känns stålörsponton stabil vid normala laster. kompensation för excentriska permanenta laster utförs med ballast som monteras ovan flytkropparna. Ifall de excentriska krafterna är höga krävs det mycket ballast, vilket också innebär att flytkapaciteten minskar. Serikoppling av pontoner ökar stabiliteten.
Miljö	4	Ifall stålörleverantör väljs med omsorg och underhållet sker enligt rekommendationer blir livslängden mycket lång. Avvecklade stålörsponton kan återanvändas som skrot vid stålproduktion. De målningssystem som används för stålkonstruktioner i vatten innehåller normalt zink och epoxi vilket är dåligt ur miljösynpunkt.
Förvaltningskostnader	2	Stålörsponton behöver målas om med ca 25 års mellanrum. Blästring och nymålning är kostsamt. Ommålning sker ungefär lika ofta som träreglar behöver bytas ut, men det finns risk för att slitplank behöver bytas ut oftare. Ommålning kräver att flytbryggan demonteras i sin helhet vilket ställer till problem ifall träöverbyggnadens underhåll inte överensstämmer med stålörspontonens underhållsbehov.
Investeringskostnad	2	Stålponton är förhållandevis dyra jämfört med pontoner av betong eller polyeten.

4.4 Trä- och betongponton

Trä- och betongbryggor består av betongflytkroppar med cellplast och ett sammanbindande system av träreglar.

Normalt utförs betongflytkropparna med tunnare betongtvärsnitt än helbetongpontoner, och ibland används fiberarmering i stället för vanlig armering. Det gör att trä- och betongpontoner normalt är billigare än helbetongpontoner, men det gör också att dess stabilitet och tekniska livslängd minskar.

Trä- och betongbryggor är flexibla i och med att flytkropparna kan placeras olika nära varandra beroende på vilken flytkraft som efterfrågas. Ifall de monteras utan mellanrum liknar flytkroppen den för en helbetongponton. Det är också lätt att skapa oregelbundna former.



Figur 14 Exempel på trä- och betongbrygga

Tabell 5 Jämförelse trä- och betongponton

Beständighet	3	Teknisk livslängd är uppskattad till 30-50 år, beroende på betongens utförande. När teknisk livslängd är nådd går pontonerna till destruktions. Det finns risk för nedbrytning av cellplast vilket kan minska flytkraften över tid och även ge upphov till snedställning. Det går i princip att kompensera med extra cellplast. Betongpontoner är mycket motståndskraftiga mot påkörning och skadegörelse. då skador i betongen inte påverkar flytkraften.
Flytkraft	2-4	Trä- och betongbryggor är flexibla i och med att flytkropparna kan placeras olika nära varandra beroende på vilken flytkraft som efterfrågas. Ifall de monteras utan mellanrum liknar flytkroppen den för helbetongponton.
Stabilitet	2-4	Beroende på hur flytkropparna placeras ut och vilket system som används för att binda ihop dem kommer flytbryggan upplevas olika stabil. Tätt placerade flytkroppar med grova regler ökar stabiliteten.
Miljö	2	Betong ger ett högt klimatavtryck vid tillverkning och cellplasten är inte förnyelsebar. Betongpontoner förväntas inte avge några miljöskadliga ämnen i närmiljön.
Förvaltningskostnader	1-3	Träreglarna som binder ihop flytkropparna kan förväntas behöva bytas ut minst en gång under dess tekniska livslängd. Trä- och betongpontoner förväntas inte i övrigt kräva något omfattande underhåll under dess tekniska livslängd. Dess förhållandevis korta tekniska livslängd ökar totala förvaltningskostnaden. Det är mer komplicerat att byta ut träöverbyggnaden jämfört med föregående alternativ då de individuella flytkropparna inte är förankrade. Efter betongpontonernas tekniska livslängd är uppnådd går de till destruktions. Detta kan vara kostsamt då de innehåller cellplast.
Investeringskostnad	4-5	Trä- och betongpontoner är mycket prisvärda. Ifall förhållandevis låg flytkraft accepteras är de billigare än helbetongbryggor.

4.5 Polyetenrörponton

Flytkropparna består av polyetenrör som binds ihop av ett ramverk av träreglar eller stålprofiler. Rörpontonerna kan kompletteras med en överbyggnad av trä så som den överbyggnad som föreslås i [4].



Figur 15 Exempel på flytkropp i polyeten



Figur 16 Exempel på polyetenrörponton

Tabell 6 Jämförelse Polyetenrörponton

Beständighet	2	Tillverkare lämnar normalt 10-30 års garanti, men menar att de håller betydligt längre än så. Polyetenpontoner har bara använts i ca 40 år, så det finns inte några äldre refensobjekt att jämföra med. Även om polyetenen inte bryts ner kemiskt, så är den förhållandevis känslig mot mekaniskt slitage.
Flytkraft	2-4	Beroende på hur grova rör som används och hur tätt de placeras kan en polyetenrörponton uppnå ca 100-400 kg flytkraft per kvadratmeter. Liknande en stålrörponton.
Stabilitet	1-3	Polyetenrörpontoner är i sig förhållandevis mjuka. Styvheten i en flytbrygga av polyeten kommer från överbyggnaden. Det är också den lättaste pontontypen i jämförelsen. En lätt ponton påverkas mer av vågor och vind än vad en tyngre ponton gör.
Miljö	4	En polyetenrörponton har lägst koldioxidavtryck i jämförelsen.
Förvaltningskostnader	3	Träreglarna som binder ihop flytkropparna kan förväntas behöva bytas ut minst en gång under dess tekniska livslängd. Polyetenrörpontoner förväntas inte i övrigt kräva något omfattande underhåll under dess tekniska livslängd. Byte av träöverbyggnaden har samma utmaningar som trä- och betongpontonen. Flytkropparna är inte förankrade. Efter flytkropparnas tekniska livslängd är uppnådd går de till destruktions.
Investeringskostnad	4	En kraftig polyetenrörponton kostar ungefär lika mycket som en helbetongponton.

5 Landfäste och landgång

Befintlig slänt och sjöbotten ska förstärkas med tryckbank och erosionsskydd/miljöbarriär. Landfästet utförs som markgrundlagd stödmur av betong och anläggs innanför erosionsskyddet av sorterad sprängsten.

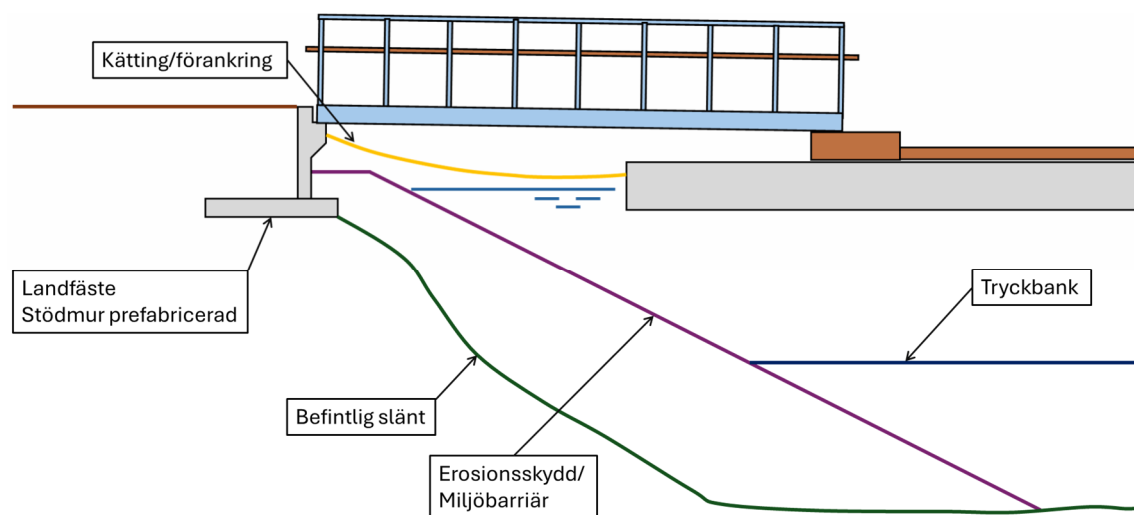
Landfästets överkant bör ligga på en nivå ovan högsta högvatten, vattenstånd i Gäddviken framgår i avsnitt 3.4. En lämplig nivå för landfästets krön är +2,00, och det blir också på den nivån som landgången ansluter.

Tillgänglighetskraven enligt Boverket (BFS 2011:6, 3.1422) gör gällande att en ramp får luta högst 1:12, men att lutning 1:20 är att föredra. Total höjdskillnad för en ramp ska ej överstiga 1,00 m, och största höjdskillnaden mellan vilplan är 0,50 m.

En landgång kan inte använda sig av vilplan, och det är vattenstånden som styr hur stor den totala höjdskillnaden blir. Vattenstånden MLW och HLW kan anses vara lämpliga att använda som normala vattenstånd. LLW och HHW kan anses vara exceptionella vattenstånd.

Vattenståndsskillnaden mellan MLW och HLW i Saltsjön är 1,06 m, vilket gör det omöjligt att klara kravet max 0,50 m vid de vattenstånden. Ifall landgången utformas så att den är horisontell mitt emellan MLW och HLW (+0,20) blir höjdskillnaden $\pm 0,53$ m. En 12 m lång landgång har i så fall en maximal lutning om 1:22 vid normala vattenstånd och 1:11 vid exceptionella vattenstånd.

Ett alternativ är att utforma landgången så den är horisontell mitt mellan LLW och HHW (+0,36). Det ger i så fall maximal lutning vid normala vattenstånd 1:17 och 1:13 vid exceptionella vattenstånd.



Figur 17 Principlösning med landgång och landfäste relativt strandkant.

6 Förankring

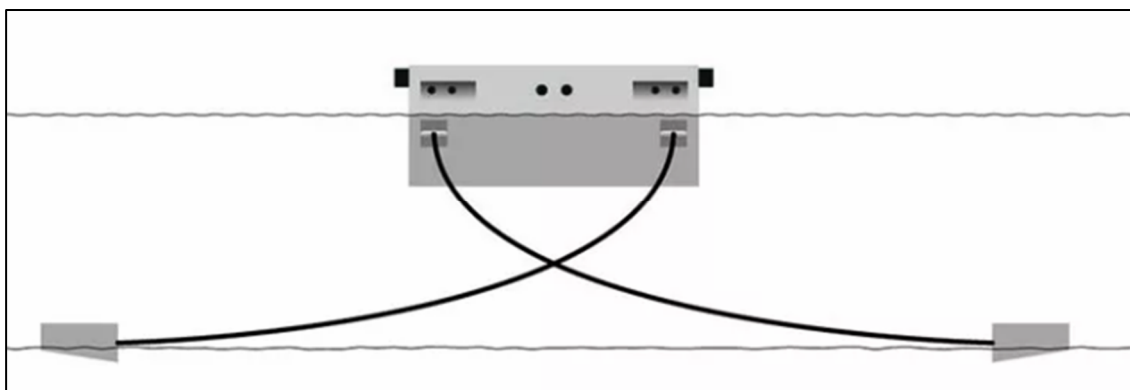
6.1 Kätting/stag mot land

Delar av flytbrygga som är nära strandkant kan förankras i landfäste/jordankare som installeras på land. Förankring kan ske antingen med kätting för att hantera drag, eller med ett styvt/dämpat stag för att hantera både tryck och drag.

Förankringar kan korsläggas för att även kunna stabilisera mot krafter parallellt med stranden.

6.2 Plogankare och kätting

Plogankare och kätting är den vanligaste förankringsmetoden för ovan beskrivna pontonlösningar. Sidostabilitet erhålls med hjälp av egenvikten från hängande kättingar som drar i olika riktningar. Kättingarna är normalt varmförzinkade.



Figur 18 Principillustration förankring med plogankare och kätting

Kättingarna förankras med plogankare av betong. Plogankarnas kapacitet styrs till stor del av vilket sjöbotten som förekommer. Kohesionsmaterial ger bra förankringskapacitet och grovt friktionsmaterial ger sämre kapacitet. Plogankare kan vid behov seriekopplas för att hålla nere tyngden av enskilda ankare.



Figur 19 Exempel plogankare

Antal förankringspunkter bestäms normalt av pontontillverkaren. Utformningen baseras i första hand på erfarenhet där vattendjup, vilken sjöbotten det är, vindexponering, vattenståndsvariation, etc. beaktas. Det går i princip att räkna ut vilka krafter som kan uppstå i kättingarna och hur stor kapacitet plogankarna har, men det resulterar ofta i kraftig överdimensionering. Vid behov kan förankringarna kompletteras utan större insatser.

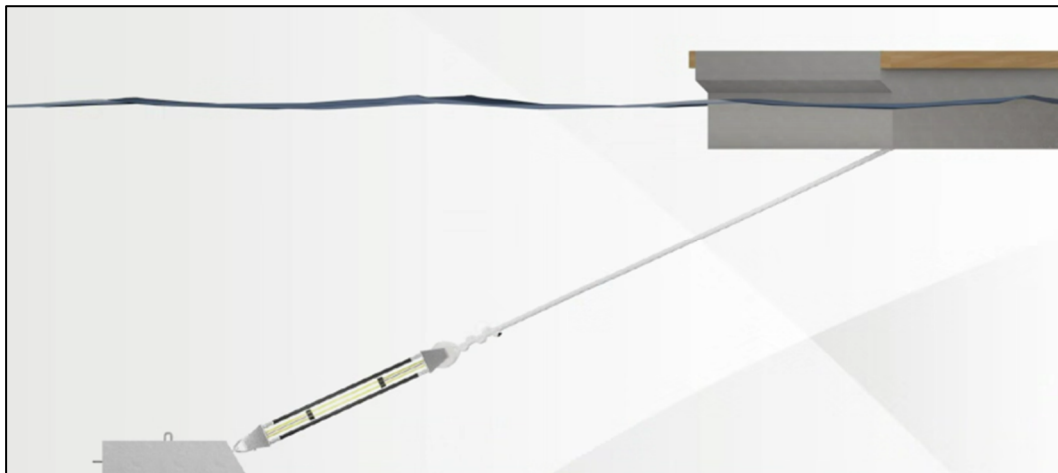
Kättingdimensionen avgör både kapacitet och livslängd varpå en överdimensionerad kätting kan vara lämplig med avseende på det minskade underhållet som erfordras. En kätting förväntas ha en teknisk livslängd om ca 10-20 år beroende på vilken dimension som väljs. Kättingen går normalt sönder i vattenlinjen eller där den ligger och nöter mot sjöbotten. Vanliga kättingdimensioner är 16-25 mm.

Ett rationellt förhållningssätt från beställarsidan är att kravställa funktionen hos förankringarna med tillhörande garantier för komplettering vid behov, och därmed överlåta ansvaret för förankring till pontontillverkare.

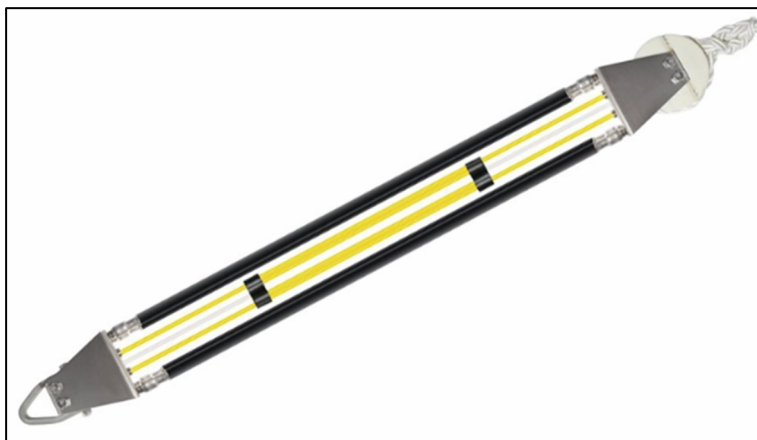
6.3 Seaflex

Seaflex är en elastisk bottenförankring.

Huvuddelen av ett Seaflex förtöjningssystem är gummitrossen med rostfria ståldetaljer. Gummitrossen fästs normalt i ett betongankare på sjöbotten. I dess andra ände fästs en reprotross som i sin tur ankras i pontonen.



Figur 20 Seaflex förankringssystem med betongankare och betongponton.



Figur 21 Den elastiska delen av Seaflex förankringssystem

Den största fördelen med Seaflex jämfört med kätting är att den förväntas ha betydligt längre livslängd. Teknisk livslängd bedöms vara 30-40 år utan underhåll.

Jämfört med kätting ger Seaflex upphov till större förankringskrafter med ogynnsammare infallsvinkel, vilket resulterar i större betongankare.

Seaflex ställer höga krav på dimensionering och utformning. Tillverkaren bestämmer därför antalet förankringpunkter och styvhet hos gummitrossarna. Installation utförs normalt av pontontillverkare med instruktioner från Seaflex. Seaflex gör sedan en slutbesiktning där utformning och påkänningar vid färdigställande registreras. Syftet är att ha jämförelsevärden vid senare inspektioner.

Seaflex kan förväntas ha en investeringskostnad som är ca 2-3 ggr så mycket som motsvarande förankring med kätting och plogankare. Seaflex blir mer kostnadseffektivt relativt andra förankringssystem vid stora vattendjup eftersom det endast är reptossen som blir längre.

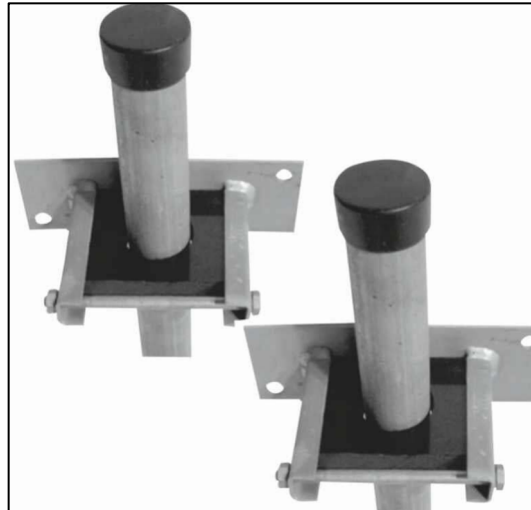
Livscykelkostnaden kan bli lägre för Seaflex jämfört med kätting även vid låga vattendjup eftersom systemet har lägre underhållskostnader och längre livslängd.

Det finns en ytterligare poäng med Seaflex i och med att den inte berör botten och därmed riskerar röra upp förorenad mark eller störa fiskliv.

6.4 Pålar med påkrage

Ett alternativ till bottenförankring är att använda sig av pålar som förankras mot bryggan med påkragar. Påkragen omsluter pålen och medger rörelser i vertikalled på grund av ändrade vattenstånd eller variabla laster.

Vid större djup eller där horisontalkrafterna på grund av is eller fartyg förväntas bli betydande erfordras grova stålrörspålar med påkragar kvar stålrörspålar. Vid mycket grunt vatten i skyddade områden med lerbotten kan avsevärt mycket mindre ankarrör användas. Se Figur 22.



Figur 22 Exempel grov stålrörspåle med pålkrage för förankring vid stora djup (t.v) och enklare ankarrör för förankring vid grunt vatten (t.h).

De enklare ankarrören har normalt begränsad livslängd och kan ge ifrån sig störande ljud. De är inte lämpade för större flytbryggor.

Fördelen med grova pålar jämfört med övriga förankringssystem är att det inte erfordras några trossar/kättingar som går under och utanför flytbryggan. Det gör att fartyg kan ankra i närheten av flytbryggan utan restriktioner. Det går också att dimensionera pålar för att ha en teknisk livslängd upp emot 100 år.

Grova stålrörspålar är förhållandevis dyra jämfört med övriga förankringsmetoder. Hur mycket dyrare beror på många faktorer, men en rimlig uppskattning är ca 5-10 ggr dyrare än motsvarande förankring med kätting och plogankare. Den relativa kostnaden ökar kraftigt vid större vattendjup.

Givet de förorenade massorna som förekommer inom området och dess nedbrytande effekt på stålrörspålar är detta förankringssystem inte att rekommendera för flytbryggan i Gäddviken.

7 Kostnadsjämförelser

De kostnadsuppskattningar som redovisas här är mycket grova, men ger en god indikation på de kostnader som kan förväntas. Vid en detaljerad projektering dyker det sannolikt upp kostnadsdrivande detaljer och krav.

Kostnadsuppskattningarna avser endast investeringskostnader. Underhållskostnader tillkommer och är beroende av vilken ponton/förankringslösning som väljs. I kostnaderna ingår inte heller projektering, planering och upphandling.

Ponton/flytkropp	kostnad [kr]
Helbetongsponton	4 000 000
Trä- och betongponton	3 000 000
Stålrörsponton	15 000 000
Stålponton	15 000 000
Polyetenrörponton	4 000 000

Förankringssystem	kostnad [kr]
Kätting	700 000
Seaflex	2 100 000
Pålar	4 200 000

Övriga delar	kostnad [kr]
Träöverbyggnad + trappor	2 900 000
Pool	2 400 000
Landgång	500 000
Montage, frakt och sjösättning	1 400 000
Landfäste	400 000

Total kostnad	Förankringssystem		
Ponton/flytkropp	Kätting	Seaflex	Pålar
Helbetongsponton	12 300 000	13 700 000	18 600 000
Trä- och betongponton	11 300 000	12 700 000	17 600 000
Stålrörsponton	23 300 000	24 700 000	29 600 000
Stålponton	23 300 000	24 700 000	29 600 000
Polyetenrörponton	12 300 000	13 700 000	18 600 000