



CHALMERS



Utredande logistik vid vattennära byggnation

En rapport med fokus på ett blandstadsprojekt i Frihamnen, Göteborg

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

ROBERT ARNS
JONAS SKOGLUND

EXAMENSARBETE BOMX03-YY-NN

Utredande logistik vid vattennära byggnation

En rapport med fokus på ett blandstadsprojekt i Frihamnen, Göteborg

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

ROBERT ARNS

JONAS SKOGLUND

Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelning Construction Management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2017

Utredande logistik vid vattennära byggnation

En rapport med fokus på ett blandstadsprojekt i Frihamnen, Göteborg

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

ROBERT ARNS

JONAS SKOGLUND

© ROBERT ARNS & JONAS SKOGLUND 2017

Examensarbete BOMX03-YY-NN

Institutionen för Bygg- och miljöteknik

Avdelning Construction Management

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Figuren illustrerar vald byggordning för pirens hus. Samma Figur finns även under Kapitel 5, avsnitt 5.1 (Göteborgs Stad, 2017).

Institutionen för Bygg- och miljöteknik

Göteborg 2017

Utredande logistik vid vattennära byggnation
En rapport med fokus på ett blandstadsprojekt i Frihamnen, Göteborg
Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

ROBERT ARNS
JONAS SKOGLUND

Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelning Construction Management
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Ett nytt blandstadsprojekt är på gång att genomföras i Frihamnen, Göteborg. Göteborgs Frihamn består bland annat av tre pirer varav samtliga kommer att vara en del av det kommande projektet.

Rapportens fokus ligger på den Norra Frihamnspiren vilken är den mellersta av Frihamnens tre pirer. På den Norra Frihamnspiren kommer åtta stora lägenhetshus att upprättas. De problem som berörs i rapporten behandlar främst hur piren kan fungera både som en arbetsplats och samtidigt som ett bostadsområde. Den ser även över om det finns tillräckligt med yta för transporter och arbetsplatsdisposition samt i vilken ordning lägenhetshusen på piren bör byggas.

En byggordning för pirens åtta lägenhetshus är det första resultatet som tas fram i rapporten och sedan planeras trafiken så att byggets trafik och den privata trafiken kan hållas helt skilda från varandra.

Med hänsyn till byggordningen följer sedan rapportens andra resultat med en kostnadsjämförelse för tre olika placeringar av arbetsplatsens personalbodar. Resultatet för de olika tillvägagångssätten visar att de två placeringarna av personalbodarna nära byggplatsen var de mest fördelaktiga alternativen. Av de två fall då personalbodarna placerades nära intill byggplatsen hade det ena alternativet bodarna placerade på land medan det andra hade placerat de intill piren på en pråm. Att placera personalbodarna på pråmen framkom enligt rapportens parametrar mer kostnadseffektivt än att placera dem på land.

Rapportens tredje resultat utvärderar om ytan på piren är tillräckligt stor för disponering av den tillfälliga fabriken. Enligt den valda byggordningen framkommer ett ”värsta” fall där ytan för byggnation blir som minst. Med figur illustreras ett perspektiv på att disponeringen inte blir ett problem.

Slutsatsen beskriver att under ett längre projekt som detta är det lönande att placera personalbodarna nära intill byggplatsen men också hur personalbodarna kan bidra till att sänka bostadskvalitén. I slutsatsen beskrivs även hur pråmens kostnad kan variera beroende på efterhandsvärdet.

Rapporten avslutas med förslag på vidare forskning.

Nyckelord: APD-plan, Arbetsplatsdisposition, Byggordning, Personalbodar,
Kostnadseffektiv, Bygglogistik, Logistik

Evaluating logistics for a water adjacent construction site

A thesis with focus on a Mixed-use development project in Frihamnen, Gothenburg

Diploma Thesis in the Engineering Programme Building and Civil Engineering

ROBERT ARNS

JONAS SKOGLUND

Department of Civil and Environmental Engineering
Division of Construction Management
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

A new Mixed-use development project is to be built in Frihamnen, which is an old harbor in Gothenburg. Gothenburg's Frihamn contains of three separate piers of which all of them are going to be a part of the upcoming project.

The thesis focus is upon Norra Frihamnspiren which is in the middle of Frihamnens three piers. Upon Norra Frihamnspiren there are going to be built eight apartment buildings. One issue that is treated in the thesis is if there are going to be a problem living on the pier when there's also an active construction site on the pier. A second issue is the lack of space on the pier and if there will be enough of it for transport, machines and materials that will be needed. The last issue is in which order the buildings are going to be built.

An order from building the first to the eighth house is the first conclusion of the thesis. When the order is set, the traffic is planned in the purpose of keeping the private and construction traffic separate.

With care for the house building order a costing is set up which is the second conclusion in the thesis. Three different theoretical locations of the staff barracks are placed on the construction site and compared with each other. The conclusion shows that the two placements closest to the construction site were the most cost-effective alternatives. One of the closer alternatives had its staff barracks placed on land while the other alternative had its staff barracks placed on a barge. To place the staff barracks on a barge was found more cost-effective than placing them on land according to the parameters used in the thesis.

The third conclusion of the thesis describes that during a longer project like this one it is more profitable to place the staff barracks close to the construction site but also that the staff barracks could lower the living quality on the pier. What also is mentioned in the thesis is how accurate the cost for the barge really is, since both the value and resale value is hard to determine. The thesis ends with suggestions for further research.

Key words: Site plan, Order of construction, Staff Barracks, Frihamnen, Gothenburg, Cost-efficient, Construction logistics, Logistics

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problemformulering	1
1.3 Syfte	1
1.4 Metod	1
1.5 Avgränsningar	2
2 FRIHAMNEN	3
2.1 Segregation och bostadsbrist i Göteborg	3
2.2 Blandstadsprojektet Frihamnen i Göteborg	3
2.3 Rapportens utformning	5
3 LITTERATURSTUDIE	6
3.1 Bygglogistik	6
3.1.1 Vad bidrar till onödig kostnad i ett byggprojekt?	6
3.2 APD-plan	6
3.2.1 Transportvägar	6
3.2.2 Upplagsplatser	7
3.2.3 Arbetsplatskontor och personalbodar	7
3.2.4 Förråd och verkstäder	7
3.2.5 Kranar	7
3.2.6 Armeringsstation	8
3.2.7 Ställningar	8
3.2.8 Inhägnader	8
3.2.9 Skyltar	8
3.2.10 Källsortering	8
3.3 Pråk i samband med bygg	9
4 UNDERSÖKANDE DEL	10
4.1 Problem och metod för bostadsmiljö	10
4.1.1 Kvalitéer som avser god bostadsmiljö	10
4.1.2 Aspekter för val av Byggordning	10
4.2 Att disponera arbetsplatsen	11
4.3 Problem och metod för bodplacering	12

4.3.1	Evaluering av personalbodarnas placering	12
4.3.2	Utvärdering av flyttkostnader	15
5	RESULTAT	16
5.1	Vald byggordning	16
5.1.1	Trafikindelning	17
5.2	Utformning av APD-plan för Hus 6	19
5.3	Resultat för bodplacering	19
5.3.1	Totala kostnader	19
6	ANALYS	23
6.1	Prioriteringsordning av yta	23
6.2	Visuell påverkan	23
6.3	Transporter	24
6.4	Bodplacering på pråm	24
7	SLUTSATS OCH DISKUSSION	25
7.1	Sammanfattning av byggordning	25
7.2	Sammanfattning av APD-plan	25
7.3	Sammanfattning av bodplacering	25
7.4	Vidare forskning	26
7.5	Slutsats	26
	KÄLLFÖRTECKNING	27
	BILAGA	28

Förord

Examensarbetet är ett avslutande arbete genomfört på Byggingenjörsutbildningen vid Chalmers tekniska högskola. Idén bakom arbetet tog fart genom ett samarbete med Swerock AB.

Tack till Ted Lundberg, Hubert Malmström och Oskar Malaga för handledning och vägledning till examensarbetet. Vi vill också tacka Caroline Ingelhammar som varit vår handledare och examinator från Chalmers.

Göteborg juni 2017, Robert Arns, Jonas Skoglund.

Beteckningar

APD-plan	Arbetsplatsdispositionsplan
Pråm	Ett slags lastfartyg utan egen motor
Personalbod	Bod avsedd för bland annat raster till arbetarna på en byggarbetsplats

Förkortningar som används i rapporten

B1	Bodarna står på land och flyttas med under projektets gång.
B2	Bodarna står på land och är permanent uppställda under projektets gång.
B3	Bodarna står på pråm och flyttas med under projektets gång.
A1	Hus 1 enligt byggordning.
A2	Hus 2 enligt byggordning.
A3	Hus 3 enligt byggordning.
A4	Hus 4 enligt byggordning.
A5	Hus 5 enligt byggordning.
A6	Hus 6 enligt byggordning.
A7	Hus 7 enligt byggordning.
A8	Hus 8 enligt byggordning.

1 Inledning

Rapporten berör olika delar av logistik som antingen kan kostnadseffektivisera, öka bostadskvalité eller underlätta den kommande byggnationen i Frihamnen, Göteborg.

1.1 Bakgrund

År 1912 togs beslutet att en ny hamn skulle byggas i Göteborg. Frihamnen blev namnet på den nya hamnen och den började byggas år 1914. Frihamnen stod några år senare färdig och tog emot sitt första fartyg år 1922 (Svenson; Olson, 1981).

Idag är Frihamnen i planeringsstadiet för ett nytt blandstadsprojekt. Blandstadsprojektet kallas Älvstaden och är planerad för att motverka både bostadsbristen i Göteborg samt de problem som idag finns med segregation. Älvstadens första etapp fyller bland annat Norra Frihamnspiren, som är den mellersta av Frihamnens tre piren, med nya byggnader (Gröön; Käll, 2017).

1.2 Problemformulering

Förutsatt att husen på Norra Frihamnspiren färdigställs ett i taget så kommer de första som flyttar in i de nybyggda husen på piren att bo där under byggnationen av pirens resterande hus. Att boende flyttar in under pirens byggnation betyder att piren både behöver fungera som en arbetsplats och ett bostadsområde. Hur kan planering av husens byggordning gynna bostadsmiljön för de boende på Norra Frihamnspiren?

Att utföra en byggnation på en pir, eller en halvö, betyder att tillgängligheten för transporter på land är begränsad från endast ett håll samt att ytan är begränsad. Det kan uppstå problem med bristande yta för arbetsplatsdispositionen.

1.3 Syfte

Rapportens syfte är att utvärdera olika delar av logistik som antingen kan kostnadseffektivisera, öka bostadskvalité eller underlätta den kommande byggnationen i Göteborgs Frihamn. Rapportens syfte innefattar:

- Föreslå en byggordning av pirens hus som strävar efter att öka efterfrågan, säkerhet och bostadskvalité.
- Visa om den tillfälliga fabriken kan disponeras avseende på bristande yta för det värsta fallet på piren samt utvärdera värdet i att sträva efter låga interna transporter.
- Sammanställa olika placeringar av byggets personalbodar och jämföra de kostnads- och tidsskillnader som uppstår.

1.4 Metod

Först har en litteraturstudie genomförts kring logistik och dess värde för att effektivisera samt spara pengar under produktion. En byggordning av pirens hus har upprättats för att öka både bostads- och produktionskvalité genom en planering av trafik och avskärmningar under projektets gång. En översiktlig APD-plan, arbetsplatsdispositionsplan, utformades för att undersöka om pirens yta räckte till med avseende på byggordningen.

För att ta hänsyn till dispositionen har traditionella och nyskapande lösningar jämförts. Detta genom att visa tre olika förslag på placeringar av personalbodar för att

sedan mäta de avstånd som uppstod mellan byggplats och bodar. Genom beräkningar har avstånden mellan byggplatsen och bodarna omvandlats till kostnader. Kostnaderna för avstånden har sedan ställts i jämförelse med kostnaderna för att avveckla och etablera bodarna flera gånger under projektets gång. Tiden som sparas med kortare avstånd har även en inverkan på byggets totala byggtid vilket också presenteras i rapporten.

1.5 Avgränsningar

Generellt kommer fördjupningsdelen av arbetet endast att beröra byggnationen av Norra Frihamnspiren i Frihamnen Göteborg.

- God bostadsmiljö behandlas i rapporten genom att ta hänsyn till husens byggordning på Norra Frihamnspiren.
- För APD-plan kommer arbetet att planera transport, kontor, upplagsplats, kranar, inhägnad, förråd, sophantering, personalbodar och avskiljande staket från APD-planen för ett fall.
- Inom interna transporter kommer endast gångavstånden mellan personalbodarna och byggarbetsplatsen att undersökas.

2 Frihamnen

2.1 Segregation och bostadsbrist i Göteborg

Idag råder det bostadsbrist i Göteborg trots att det byggs bostäder med jämna mellanrum. Efterfrågan är större än tillgången. En av orsakerna är att studenter väljer att bosätta sig i Göteborg. Medelklassfamiljer väljer ofta att flytta till villaområden i Göteborg och dess kranskommuner. Det finns problem med segregation i Göteborg. Vid jämförelse av Långedrag, Hjällbo och Bergsjön från år 1992 till år 2011 kan en tydlig bild av denna negativa utveckling ses. Långedrag har nästintill dubblat sin årliga medelinkomst från år 1992 till år 2011 medan det fattigaste området år 1992 (Hjällbo) till dagens underklassområde år 2011 (Bergsjön) till och med sjunkit med en årlig snittinkomst på cirka 10 000 kronor. Göteborgs stad vet idag om denna problematik och vill därför göra någonting åt det (Gröön; Käll, 2017).

Älvstranden har fått i uppdrag av Göteborgs stad att planera och utveckla stora delar av Göteborg där fokus ligger på att motverka segregationen och samtidigt kunna besvara den stora efterfrågan som råder på bostäder. Frihamnen är ett exempel på ett område där planen är att skapa en blandstad med olika typer av bostäder i ett och samma område (Gröön; Käll, 2017).

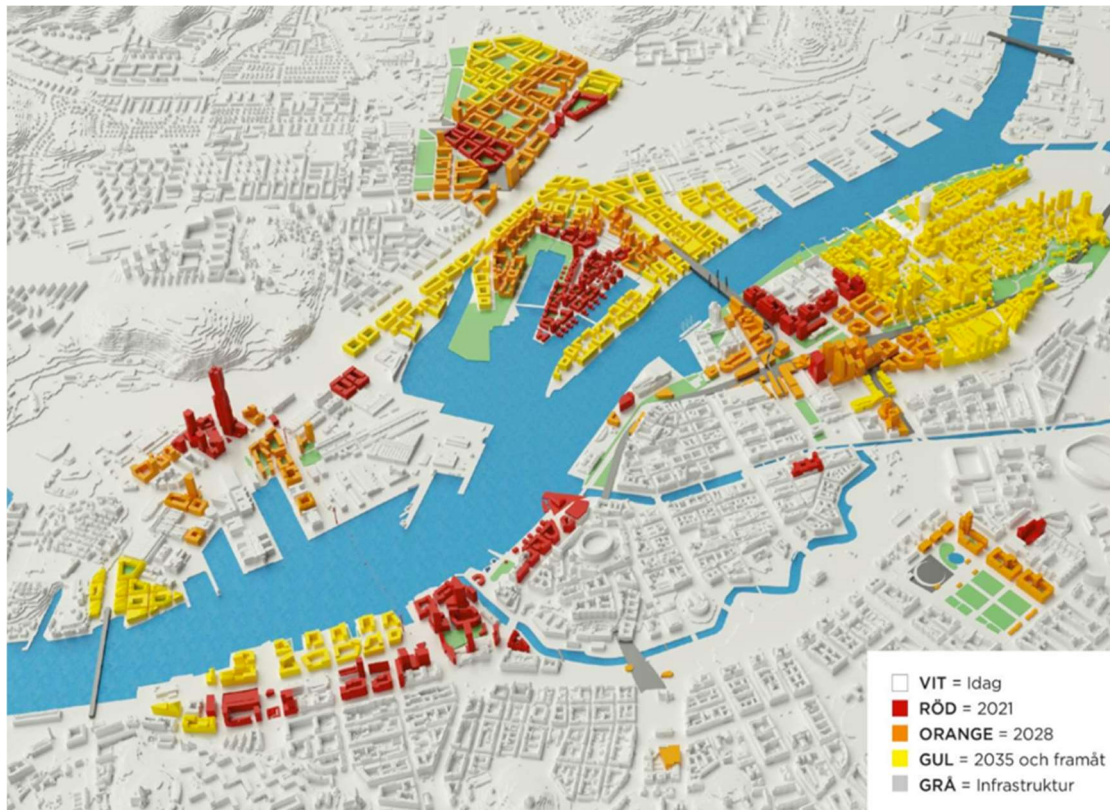
2.2 Blandstadsprojektet Frihamnen i Göteborg



Frihamnens pirer har inte förändrats mycket sedan byggnationen men snart kommer de att vara en del av ett stort kommande byggprojekt, projekt Älvstaden. Älvstaden kommer bland annat innefatta pirerna i Frihamnen då byggnader ska uppföras på var och en av dessa. Rapporten är begränsad till Norra Frihamnspiren vilket som är en del av etapp 1 i detta projekt (Gröön; Käll, 2017).

Figur 1 Etapp 1 för projekt Älvstaden (Göteborgs Stad, 2017).

Målet är att Peab AB i någon form kommer att vara involverade i markarbetet gällande det nya blandstadsprojektet i Frihamnen tillsammans med sitt dotterbolag Swerock AB enligt T. Lundberg (personlig kommunikation, 16 maj 2017). I samband med markarbetet finns ett intresse att utveckla en logistiklösning som går att applicera då markarbetet är färdigt. Ett förslag kan komma att underlätta en annars komplex logistiksituation.



Figur 2 Översiktbild på kommande byggnationer i Göteborg (Gröön; Käll, 2017).

Figur 2 illustrerar i vilken ordning de kommande projekten i Göteborg ska byggas samt den redan befintliga bebyggelsen. Byggnationen på Norra Frihamnen påbörjas preliminärt år 2021.

Planen är att bygga 50 % hyresrätter och 50 % bostadsrätter. Målet är att flera olika samhällsklasser ska kunna bo tillsammans vilket är anledningen till varierande kvadratmeterpriser. I nuläget är målsättningen att erbjuda kvadratmeterpriser som varierar mellan cirka 1000 till 1850 kronor per kvadratmeter per år och uppåt.

För etapp 1 kommer det byggas cirka 3700 lägenheter. Av dessa lägenheter räknas det bli cirka 900 stycken som kommer att kosta 1000 till 1400 kronor per kvadratmeter per år. Detta för att göra det möjligt för fler att ha råd att bo där och på så vis uppfylla ett av kraven för att skapa den blandstad Göteborgs stad eftersträvar.

Visionen för området är att skapa öppna gröna ytor för allmänheten men också en levande och tätbebyggd stad. Frihamnen och dess intilliggande områden ska bli en stark del av Göteborgs stadskärna med hjälp av nybyggnationen. Det kommer att bli en plats för liv och rörelse och ge ett naturligt möte mellan kanalen och staden.

Det är tänkt att Frihamnen ska kunna avlasta andra områden i staden där det finns svårigheter att följa de kommunala målen men också få in människor från andra samhällsklasser för att skapa den önskade balansen.

Efter områdets byggnation ska resultat utvärderas för att se om området blev den urbana blandstad som planerat. De funktioner och delar som fungerar bra och oklanderligt kan sedan implementeras till nästkommande projekt av Göteborgs Stad (Gröön; Käll, 2017).

2.3 Rapportens utformning

Den ursprungliga idén med rapporten var att utveckla en fulländad kostnadseffektiv logistiklösning och sedan utvärdera olika projekt efter möjlig ekonomisk vinning. Logistik är ett vitt begrepp och avgränsningar var nödvändigt att göras. Rapportens första positiva riktning var att koppla intresset för logistik till ett specifikt byggprojekt, vilket blev Norra Frihamnspiren, för att sedan handplocka vissa delar av logistiken. Frihamnen är ett stadsnära område med stor potential för logistiskt arbete.

Rapporten bygger på ett samarbete med Swerock AB där rapportens uppgift blev att utreda bostadsmiljö, placering av personalbodar samt ge en vag utvärdering av disponering för arbetsplatsen gällande byggnationen av Norra Frihamnspiren. I dagsläget är piren planerad att täckas av byggnader och står där med inför stora utmaningar. Rapporten utvärderar Norra Frihamnspiren på grund av dess logistiska utmaningar men också på grund av att den ska vara en del av Frihamnens första byggetapp. Tanken är att rapportens resultat ska kunna tillämpas vid byggnation av de två intilliggande pirerna, Kvillepiren och Bananpiren, då de säkerligen möter samma problematik som Norra Frihamnspiren.

3 Litteraturstudie

I en växande bransch med stor konkurrens pressas idag företag inom byggindustrin att bli effektivare i många benämningar. Avgörande faktorer för att ett företag ska lyckas inom byggbranschen är bland annat att ha hög kompetens, hållbart miljöarbete, hög byggkvalité samt kostnadseffektivitet. Kan det vara så att flera, om inte alla, av dessa faktorer har mycket större chans att uppnås om företaget har bättre logistisk planering?

3.1 Bygglogistik

Ett byggprojekt går att dela upp i tre skeden, vilka är utredningsarbete, projektering och produktion (Révai, 2012). Bygglogistik är ett ord kopplat till logistiken i ett byggprojekt. Ett byggprojekt är i enkel mening att en byggnad eller en anläggning antingen ska produceras eller byggas om (Révai, 2012).

3.1.1 Vad bidrar till onödig kostnad i ett byggprojekt?

År 2005 skrevs en rapport vid Chalmers tekniska högskola där målet var att samla alla arbetsuppgifter som utförs i onödan och som sedan bidrar till höga byggkostnader (Josephsson; Saukkoriipi, 2005). Det framkom genom observationer, intervjuer, gruppdiskussioner samt granskning av gjorda projekt att kostnaden för byggsektorns slöseri åtminstone motsvarar 30 till 35 % av produktionskostnaden i ett projekt - med variation mellan olika projekt. Det totala slöseriet delas i rapporten in i fyra grupper:

- *Fel och kontroller*, vilket innefattar felkostnader samt kostnader för kontroller att upptäcka fel. Stölder och skadegörelser räknas även med i denna grupp och totalt beräknas denna grupp att stå för mer än 10 % av produktionskostnaden.
- *Resursanvändning*, det vill säga hur arbetstid, maskiner och material används. Resultatet visar att slöseriet för arbetares stillastående tid, maskiners stillastående tid och materialspill utgör mer än 10 % av projektets produktionskostnad.
- *Hälsa och säkerhet*, vilket sammanfattas som skador relaterade till arbetet och sjukdomar. Denna grupps slöseri motsvarar ungefär 12 % av produktionskostnaden i projektet.
- *System och strukturer*, här avses slöseriet som förekommer i ledningssystemen. Slöseriet för ledningssystemen uppgår till 5 % av projektets produktionskostnad

3.2 APD-plan

APD-plan står för arbetsplatsdispositionsplan och beskriver hur den tillfälliga fabriken fördelas ute på arbetsplatsen. Den tillfälliga fabriken som behövs för att en byggnation ska kunna genomföras består bland annat av vägar, upplagsplatser, bodar, kontor, förråd och kranar (Halleskogs, 2017).

3.2.1 Transportvägar

Det är viktigt att kunna säkerställa funktionella transportvägar till och från bygget samt på området med smidiga in- och utfarter. Det krävs i tidigt skede att se de mängder och transporter som sker under byggnationen. Om befintlig trafik kommer att påverka byggnationen eller bli påverkad av byggnationen så bör detta planeras för i utredningsarbetet. Leveransernas storlek och längd kan påverka svängradier för bilar vilket i sin tur påverkar transportvägarna. En god planering av materialflödet kan göra att det sparas transportvägskostnader. Transportvägarna behöver inte vara lika stort

dimensionerade om leveranserna kommer mer utportionerat. Vintertid tillkommer snöröjning av vägar vilket utgör en kostnad samt kan fördröja vissa processer (Révai, 2012).

3.2.2 Upplagsplatser

Vid en väl planerad byggnation bör inte upplagsplatser ta stor plats, om möjligt inte ta någon plats alls. En generöst dimensionerad upplagsplats attraherar annat material än det som ska vara där, vilket kan leda till en ineffektiv materialhantering.

Upplagsplatser bör dimensioneras sparsamt och endast för sådant som kräver en upplagsplats. Annat material ska lastas av direkt där det ska monteras, om det är möjligt. Det material som kräver kranlyft ska placeras inom kranens radie.

Upplagsplatserna bör placeras nära byggnationen för att undvika långa transportsträckor från platsen till montering (Révai, 2012).

3.2.3 Arbetsplatskontor och personalbodar

För kontor och personalbodar måste bygglov sökas vilket ofta sker i samband med sökandet av projektets bygglov. Bodar och kontor ska dimensioneras och placeras med hänsyn till aktuellt byggprojekt samt dragning av vatten och avloppsledning (Révai, 2012).

3.2.3.1 Arbetsplatskontor

Arbetsplatskontoret ska placeras i närheten av byggobjektet samt nära infarten till byggområdet. Kontoret ska gärna ha bra uppsikt över hela byggområdet och det bör även vara anpassat för den byggnation som ska utföras. När Befintliga lokaler byggs om kan ofta delar av dem användas som arbetsplatskontor (Révai, 2012).

3.2.3.2 Personalbodar

Personalbodarna ska dimensioneras utefter antalet personal som är i omlopp och placeringen är viktig. Ibland kan det vara fördelaktigt att placera bodarna centralt för att minska avstånden (Révai, 2012).

Standardmodul för personalbod: längd 8,45 meter, bredd 2,90 meter samt höjd 3,00 meter (Ramirent, 2017).

3.2.4 Förråd och verkstäder

Förråd och verkstäder placeras nära transportvägen och i anslutning till upplagsytor. Förråd och verkstäder kan till exempel vara containrar eller bodar där det förvaras material och verktyg (Révai, 2012).

3.2.5 Kranar

Det finns ett antal olika typer av kranar att välja mellan. De har alla sitt eget syfte beroende på vad kranen ska användas till. Mobilkran används till flexibilitet och mindre lyft medan större och tyngre lyft utförs av en fast monterad kran (Révai, 2012).

Den fasta kranen kan ha olika utföranden som bland annat spårgående kran, stationär ballasterad kran, kran på fundament i mark samt kran på portal.

Den spårgående kranen är placerad på ett spår för att kunna flyttas fram och tillbaka längs med spåret. Detta kan vara ett bra alternativ om flera byggnader ska uppföras utefter en lång sträcka. Det stationära ballasterade kranuppförandet har en kranfot som

står på ett fast upplag samt har vikter ovanpå stöden som håller kranen på plats. Ett alternativ till detta är att ha en kran som är monterad i ett fast fundament i marken. Detta kan till exempel vara ett bra alternativ då en fast gjutning kan utnyttjas till något annat i efterhand, som till exempel ett hisschakt. Det fjärde alternativet är att kranen höjs upp på en plattform ovanför mark. Om det till exempel är ont om plats på bygget kan detta föredras då plattformen kan röra sig fritt under kranen.

Kranen/kranarna till bygget kan placeras på ett antal olika sätt. Ett alternativ är att placera kranen i byggnaden. Den kan då fästas längst ner i byggnaden eller flyttas upp i takt med att byggnaden reses upp plan för plan. Det är att föredra att placera kranen i hisschaktet för att underlätta byggnationen. Det går även att placera kranen på utsidan av byggnaden eller i innergården om sådan finns. Det kan vara att föredra att placera kranen utanför byggnaden, om det inte råder platsbrist, då det är lättare att demontera den efteråt. Det kan dock krävas en större kran med mer kapacitet beroende på byggnationens förutsättningar om kranen placeras utanför (Révai, 2012).

3.2.6 Armeringsstation

Det är viktigt att dimensionera armeringsstationerna så att arbetare har generöst med plats att utföra ett smidigt och effektivt arbete. Stationen ska placeras så att fordon med armering kan komma fram och lämna material utan problem. Kranen som ska lyfta armeringen ska också vara placerad så att den har god räckvidd till stationen (Révai, 2012).

3.2.7 Ställningar

Ställningarnas storlek och utformning får anpassas efter hur byggnationen ser ut. Det är viktigt att ställningen har den kapacitet som krävs samt att djupet är stort nog för att arbetsytan ska vara tillräcklig för de arbeten som ska utföras på ställningen (Révai, 2012).

3.2.8 Inhägnader

Det finns olika typer av inhägnader att välja mellan beroende på vilka funktioner som ska tillgodose. Vissa staket ger insyn till arbetsplatsen och andra inte. När staket väljs är den viktigaste faktorn att ta hänsyn till säkerhet. Till inhägnaden bör val av grindar och passergrindar väljas samt en lämplig placering av dessa. Det kan också vara aktuellt att använda sig av larm eller vakter beroende på objektets omfattning och läge (Révai, 2012).

3.2.9 Skyltar

Det är viktigt att skyltningen av området är tydligt för att slippa missförstånd och stockning av trafik. Skyltning ska föras för olika upplagsplatser, kranar, betongfickor, hus, våningsplan, rum och hissar. En informationsskylt till området kan vara bra för att kunna informera om byggnationen samt om de inblandade företagen (Révai, 2012).

3.2.10 Källsortering

Åtta punkter inom källsortering att eftersträva:

- Miljökraven ska preciseras efter lokala, beställarnas samt företagets krav.
- APD-planen ska granskas för att ta reda på hur mycket plats som kan tilldelas källsortering. Gärna i samband med att APD-planen framställs.

- Det är viktigt att se över bygghandlingarna för att upptäcka om det kommer hanteras några miljöfarliga material på arbetsplatsen och i så fall planera hur dessa ska hanteras.
- Beroende på kommun och område så kan olika bestämmelser finnas för lokala taxor och avgifter gällande restprodukter.
- Produkterna som tas in får gärna vara paketerade i returemballage för att kunna skicka tillbaks det som inte används och minska spillet.
- Vilka hjälpmedel behövs för att kunna hantera och transportera restprodukter till behållare samt hantera behållare?
- Alla inblandade parter ska informeras om sophantering och att de tar vara på sina egna restprodukter. Det finns mycket pengar att spara då en pall slängs, vilket kostar pengar som egentligen kan skickas i retur och bidra med pengar (Bygga, 2017).

3.3 Pråm i samband med bygg

En pråm är ett slags lastfartyg som inte har egna motorer utan som måste bogseras eller puffas fram (Wikipedia, 2017).

Att använda pråm är inte främmande inom byggproduktion. Ett exempel är Skanskas pågående projekt för slussen i Stockholm där en pråm används till transport av stålplåtar och stålspont. I projektet används en 36 meter lång pråm som lastar 240 ton. Pråmen är viktig för projektet då byggområdet är mycket trångt berättar projektets vattenentreprenads produktionschef. När pråmen inte används till transport ligger den intill bygget och används som extra lageryta (Transportnytt, 2017).

Nyligen testades pråmtrafik på Göta Älv av Avatar Logistics. Det handlade om att uppmärksamma de möjligheter som finns för inlandssjöfart i Sverige. Johan Lantz, VD på Avatar Logistics, säger att det finns bra förutsättningar för pråmtrafik och att det skulle kunna bli en konkurrenskraftig metod att använda sig av. Enligt Avatar Logistics kan en modern pråm motsvara 30 till 40 lastbilstransporter då en pråm kan lasta 50 till 60 containrar (Kryss, 2017).

4 Undersökande del

Undersökningen kommer att vara inriktad på byggnationen för Norra Frihamnspiren. Antaganden görs att grupperingarna av husen på nedanstående översiktsbild är gällande samt att samtliga vägar är färdiga och är dimensionerade för lastbilstransport under byggnationen av alla husen.



Figur 3 Översiktsbild av Frihamnen med den Norra Frihamnspiren i fokus (Göteborgs Stad, 2017).

4.1 Problem och metod för bostadsmiljö

Då ett helt nytt blandstadsområde ska produceras så kommer projektet Älvstaden att ta flera år att genomföra. Detta betyder att när de första byggnaderna står färdiga och de boende på piren börjar flytta in så kommer det fortfarande att ske byggnation omkring dessa inflyttade personer. Att bo på en aktiv arbetsplats behöver inte vara så illa, då det bör eftersträvas i planeringen för projektet att en god bostadsmiljö kan åstadkommas intill arbetsplatsen. Att flytta in under byggnation innebär inkomster och därför är det någonting som eftersträvas i planering av projekt.

4.1.1 Kvalitéer som avser god bostadsmiljö

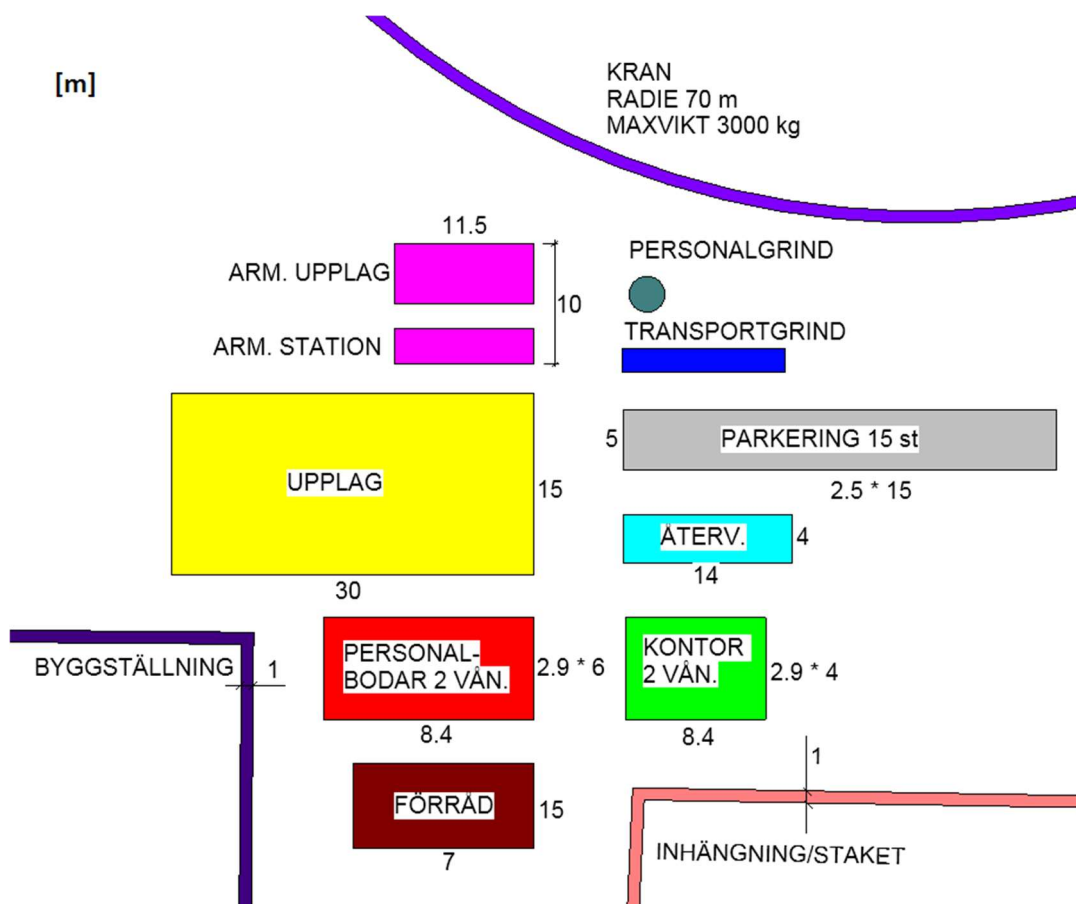
En första viktig kvalité för god bostadsmiljö som framkommer är att skilja på byggets trafik och den privata trafiken. Detta för att säkerställa god säkerhet, skapa en välfungerande arbetsplats samt för att de boende ska få möjlighet att fritt och tryggt ta sig till och från sina hem. Förutom enskild trafik kan även avskiljning anses som en viktig aspekt för god bostadskvalité. Arbetsplatsen kommer att vara inhägnad med någon typ av staket, men för att de boende ska trivas kan även bullerplank eller träd placeras som skydd från arbetsplatsen. Bullerplank eller träd skulle båda fungera som både visuellt och audiellt skydd.

4.1.2 Aspekter för val av Byggordning

Planeringen av byggordningen ska gå tillväga genom att färdigställa det hus med mest attraktivt läge först samt göra det möjligt att de boende tryggt ska kunna ta sig till och

från sina lägenheter. Att färdigställa det hus med läge längst ut på piren först skapar större intresse för lägenheterna då de får ett mer eftertraktat och unikt läge. Bostäder med ett unikt och attraktivt läge genererar mer intäkter under byggnationens gång. Samtidigt blir detta en naturlig byggordning då de färdigbyggda husen inte blir i vägen för byggnation av nästa hus. En annan aspekt att ta hänsyn till är att det finns potential för en fin promenadväg längs med vattnet. Att planera för att kunna möjliggöra denna promenad så tidigt som möjligt kan bidra till att höja trivselen för de boende.

4.2 Att disponera arbetsplatsen



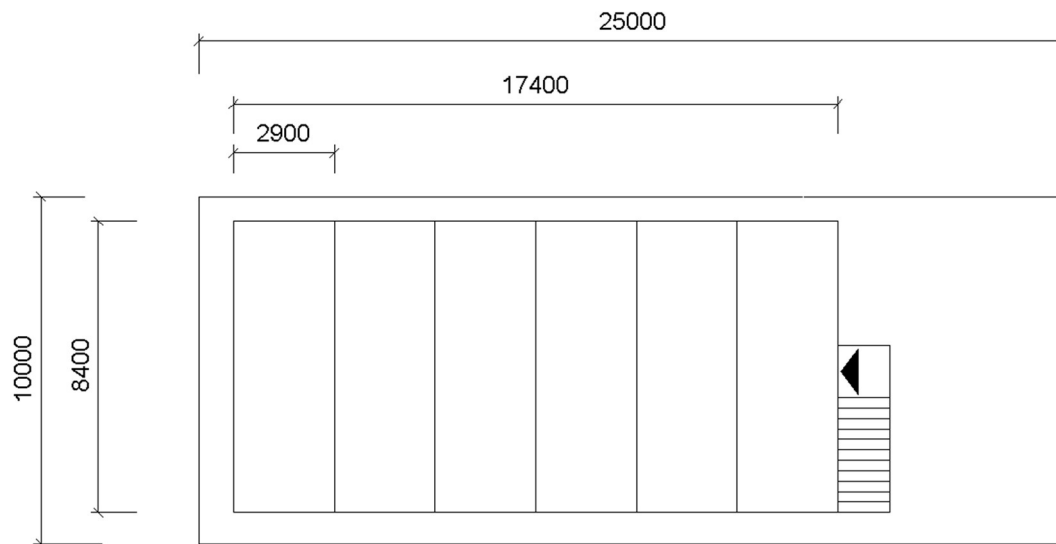
Figur 4 Delar ur arbetsplatsdispositionen som sedan placeras ut under Kapitel 5, avsnitt 5.2.

Figur 4 visar vilka delar ur APD-planen som ska placeras ut samt deras storlek utifrån uppskattningar som gjorts. Detta på grund av att inget färdigt och konkret material finns att utgå ifrån.

Små skillnader i disponering av arbetsplatsen kan leda till stora kostnadseffektiviseringar på grund av den stora yta som projektet upptar. Piren är svåråtkomlig för transporter och bristfällig gällande yta vilket leder till begränsningar i APD-planen. Med avseende på den byggordning som väljs under Kapitel 5, avsnitt 5.1 finns ett intresse av att översiktligt undersöka disponering av arbetsplatsen extra noga under byggnation av det hus som ställs inför tuffaste omständigheter angående yta.

4.3 Problem och metod för bodplacering

Problemet som tas upp gäller avståndet som uppstår mellan byggplats och personalbodarna. Att se över byggets personalbodar och ge dessa en strategisk placering kan ge ekonomisk vinning. Då byggprojektet ska upprättas i en hamn finns det potential för exceptionella lösningar. Att lägga till en pråm intill byggnationen är någonting som skulle kunna bli en effektiv lösning för Frihamnens produktion. Rapporten undersöker hur väl personalbodar placerade på pråm kan fungera i projektet.



Figur 5 Två våningar med personalbodar på pråm illustrerade ovanifrån.

Figur 5 illustrerar ovanifrån hur tolv personalbodar fördelade på två våningar kan placeras på en 10 x 25 meter stor pråm. En kostnad för en pråm i denna storlek är cirka 5 000 000 kronor enligt B. Sandinge (personlig kommunikation, 22 maj 2017). Kostnaden för att hyra pråmen uppskattar Sandinge att bli från 2 000 till 2 500 kronor per kalenderdag.

4.3.1 Evaluering av personalbodarnas placering

Tre olika bodplaceringar kommer att upprättas där olika tillvägagångssätt har valts:

- **B1**
 - Fall nummer ett innebär att bodarna placeras tätt intill byggnationen för att minimera interna transporter. I första fallet kommer flera etableringar och avvecklingar behöva utföras under projektets gång.
- **B2**
 - Fall nummer två avser en mer permanent etablering av bodarna vilket ökar sträckorna på arbetsplatsen, men som inte behöver att avvecklas och etableras på nytt under projektets gång.
- **B3**
 - Fall nummer tre är en mer projektspecifik lösning där bodarna placeras på en pråm. Användning av pråm kommer att evalueras i detta vattennära projekt som en möjlig kostnadseffektiv lösning.

Bodarnas placering justeras fyra gånger under byggnation av Norra Frihamnspiren.

Hur **B1**, **B2** och **B3** placeras ut under projektets gång syns på följande figurer nedan. “**A1**” står för första husets arbetsplats, “**A2**” står för andra husets arbetsplats och så vidare.

4.3.1.1 Byggnation av Hus 1 och Hus 2 med tre olika bodplaceringar



Figur 6 visar byggnation av **Hus 1** och **2**. De blå rektanglarna illustrerar tre olika bodplaceringar. Bodplacering **B3** och **B1** ger de kortaste sträckorna för arbetarna att gå mellan bodarna och arbetsplatsen medan bodplacering **B2** ger den längsta sträckan.

Figur 6 Personalbodarnas placering för byggnation av Hus 1 och 2 (Göteborgs Stad, 2017).

4.3.1.2 Byggnation av Hus 3 och Hus 4 med tre olika bodplaceringar



Figur 7 visar byggnationen av **Hus 3** och **4**. De blå rektanglarna illustrerar de tre olika bodplaceringarna. Bodplacering **B3** som är bodar placerade på en pråm har en fördel över de andra mer traditionella bodplaceringarna då den kan flyttas utmed vattnet för att alltid vara så nära aktuell byggnation som möjligt. Bodplacering **B2** ger den längsta sträckan mellan **Hus 3** och **4** till bodarna.

Figur 7 Personalbodarnas placering för byggnation av Hus 3 och 4 (Göteborgs Stad, 2017).

4.3.1.3 Byggnation av Hus 5 och Hus 6 med tre olika bodplaceringar

När **Hus 4** är färdigt och **Hus 5** är påbörjat ärpirens östra del färdig vilket betyder att pråmen inte längre behövs på den östra sidan. Den östra gångbron som förbinder Norra Frihamnspiren med Bananpiren kan nu byggas för samtliga alternativ.



Figur 8 visar de tre olika bodplaceringarna för byggnation av **Hus 5** och **6**. Ytan är nu knapp på piren och personalbodarna för både **B1** och **B2** är här placerade på samma plats lite längre bort från byggplatsen.

Figur 8 Personalbodarnas placering för byggnation av Hus 5 och 6 (Göteborgs Stad, 2017).

4.3.1.4 Byggnation av Hus 7 och Hus 8 med tre olika bodplaceringar

Under byggnation av **Hus 7** och **8** blir skillnaderna mycket små i avstånd mellan byggplats och personalbodar för de olika alternativen.



Figur 9 visar vart de tre olika bodplaceringarna är placerade för byggnation av **Hus 7** och **8**.

Figur 9 Personalbodarnas placering för byggnation av Hus 7 och 8 (Göteborgs Stad, 2017).

4.3.1.5 Utvärdering av internt transporter

Ett teoretiskt perfekt koncept av raster på en arbetsplats vore att avsluta arbetet precis i det klockslag rasteren börjar och sedan påbörja arbetet igen precis när rasteren tagit slut. På en byggarbetsplats skulle detta betyda att en snickare skulle släppa sin hammare precis vid start av rasteren och sedan plocka upp den igen precis när rasteren tagit slut. Tyvärr är detta svårt att uppnå för en snickare då de går på rast i den tillfälligt placerade boden på byggarbetsplatsen. Det gångavstånd som uppkommer mellan bod och arbetsplats gör att rasteren tar extra tid. I rapporten kommer hela gångavståndet att omvandlas till en kostnad då arbetare varken jobbar eller är i boden på rast medan de går.

Parametrar för att fastställa kostnader:

- Medelkostnad för en hantverkare, i detta fall en snickare, kan räknas som **500kr/timme** (Kostnadsguiden, 2017)
- Gånghastighet sätts till **5 km/timme**, eller **1,39 m/sekund** (Wikipedia, 2017).
- Med hjälp av hantverkarens timpris och gånghastighet kan kostnaden för en vandrande hantverkare sättas till **0,1 kronor/meter**.
- Figuren under Kapitel 4, avsnitt 4.3.1 visar bodarnas olika placeringar.
- Gångavstånden som uppkommer mellan bodar och arbetsplats räknas som att de utförs **6 gånger/dag** (enkel väg). Att gå mellan bod och arbetsplats 6 gånger per dag kan anses vara räknat i underkant då en arbetsplats med 3 dagliga raster samt gång i början och i slutet av arbetsdagen skulle kunna räknas som 8 enkla sträckor mellan bod och byggplats. Sedan kan det vara så att arbetare går till boden oftare än så av olika anledningar.
- Arbetsdagar per år sätts till **251 stycken** (Mallverkstan, 2017).
- Byggtiden per hus sätts till **1,5 år**, eller **377 arbetsdagar** enligt T. Lundberg (personlig kommunikation, 16 maj 2017)
- Antalet hantverkare i snitt på plats under byggnationen av varje hus beräknas för **12, 24, 36 och 48 stycken**.

4.3.2 Utvärdering av flyttkostnader

Etableringskostnad för bodar uppkommer till **5000 kronor/bod** och avveckling uppkommer till **3000 kronor/bod**. Transportering av bodar uppkommer till **2500 kronor/bod** S. Marrero (personlig kommunikation, 25 maj 2017).

Kostnad gällande arbete för bogsering av pråm i projektet sätts till **2500 kronor/timme**, strax över den kostnad som fanns på pdyk.se på grund av komplexitetsnivån i projektet (Pdyk, 2007). Detta arbete utförs endast minst fyra timmar och kommer att användas i rapportens beräkningar. Det ger alltså en minsta bogseringskostnad för pråmen på **10 000 kronor** även om det enskilda bogseringsarbetet inte kräver fyra timmar.

5 Resultat

Kapitel 4 presenterar resultaten för de olika delar som ställts upp i syftet.

5.1 Vald byggordning



Figur 10 Den valda byggordningen för pirens hus (Göteborgs Stad, 2017).

De åtta hus enligt Figur 10 delas in i fyra faser som lyder:

- Hus 1 och 2 benämns som Fas 1
- Hus 3 och 4 benämns som Fas 2
- Hus 5 och 6 benämns som Fas 3
- Hus 7 och 8 benämns som Fas 4

5.1.1 Trafikindelning

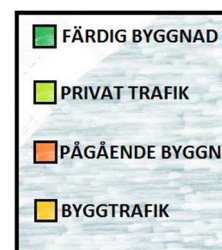


Då första huset är färdigt och byggnationen för det andra huset har börjat så är det tänkt att den privata trafiken ska gå längs pirens västra sida. Byggets trafik rör sig i mitten av piren och längs den östra sidan vilket ger byggets trafik möjligheten att ta sig runt hela **Hus 2**.

Figur 11 Trafikavskiljning under byggnation av Hus 2 (Göteborgs Stad, 2017).



För **Hus 3** och **4** följer denna samma struktur som för byggnationen av **Hus 2**. De boende får gott om utrymme för biltrafik och kajpromenader längs med den västra sidan av piren. De boende kan även röra sig längs halva den östra sidan. Byggtrafiken kan hållas ostörd på den östra sidans andra halva.



Figur 12 Färgkoder för trafikavskiljning.

Figur 13 Trafikavskiljning under byggnation av Hus 3 och 4 (Göteborgs Stad, 2017).



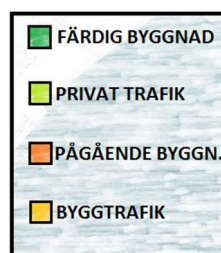
Figur 14 Trafikavskiljning under byggnation av Hus 5 och 6 (Göteborgs Stad, 2017).

När **Hus 4** står färdigt är hela den östra sidan av piren färdigbyggd. Detta gör att det blir mest naturligt att byta plats på den privata trafiken och byggets trafik. I detta stadi kommer de boende kunna utnyttja en helt färdig sida av piren med en trevlig miljö och fin promenad längs vattnet med utsikt över Göteborg. Detta var något som eftersträvades att uppnås så tidigt som möjligt i byggordningen som ställts upp.



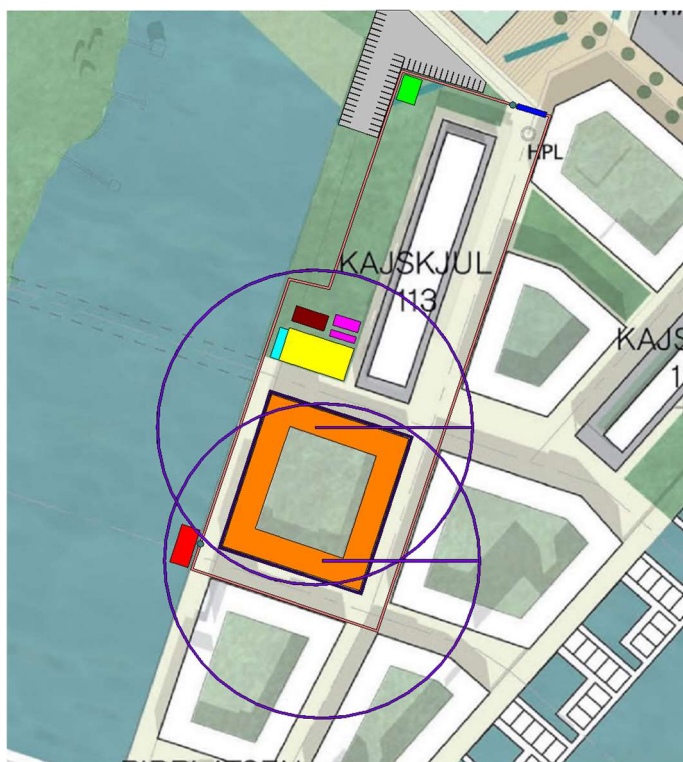
Figur 16 Trafikavskiljning under byggnation av Hus 7 och 8 (Göteborgs Stad, 2017).

Vid **Fas 4** är större delen av piren färdigställd och allmänheten samt de boende har möjlighet att röra sig och utnyttja mycket av de vägar och ytor som finns ute på piren. Byggtrafiken har även här egen avskild yta för byggnation av **Hus 7 och 8** vilket gör att de blir ostörda.



Figur 15 Färgkoder för trafikavskiljning.

5.2 Utformning av APD-plan för Hus 6



Efter utsättning av arbetsplatsens olika delar blev APD-planen som Figur 21. Den orangefärgade byggnaden är enligt byggordningen **Hus 6**.

Figur 17 APD-plan för byggnation av Hus 6 (Göteborgs Stad, 2017).

5.3 Resultat för bodplacering

Resultatet är framtaget genom en beräkningsmodell som tar hänsyn till de parametrar som är uppställda i Kapitel 4, avsnitt 4.3.1.5 och 4.3.2. Kapitel 11 innehåller bilagor med detaljerade beräkningar för framtagandet av bodplaceringarnas kostnader.

5.3.1 Totala kostnader

B1 BODARNA FLYTTAS MED VARJE HUS B2 BODARNA PERMANENTA VID EN PLATS B3 BODARNA STÅR PÅ PRÅM				
8 BODAR				
ANTAL BYGGARB.	B1	B2	B3	
12	2 706 000	4 664 000	1 957 000	
24	5 140 000	9 225 000	3 761 000	
36	7 574 000	13 786 000	5 564 000	
48	10 009 000	18 347 000	7 367 000	
12 BODAR				
ANTAL BYGGARB.	B1	B2	B3	
12	2 842 000	4 717 000	2 009 000	
24	5 276 000	9 277 000	3 812 000	
36	7 710 000	13 838 000	5 616 000	
48	10 145 000	18 399 000	7 419 000	
16 BODAR				
ANTAL BYGGARB.	B1	B2	B3	
12	2 978 000	4 769 000	2 061 000	
24	5 412 000	9 329 000	3 864 000	
36	7 846 000	13 890 000	5 668 000	
48	10 280 000	18 451 000	7 471 000	

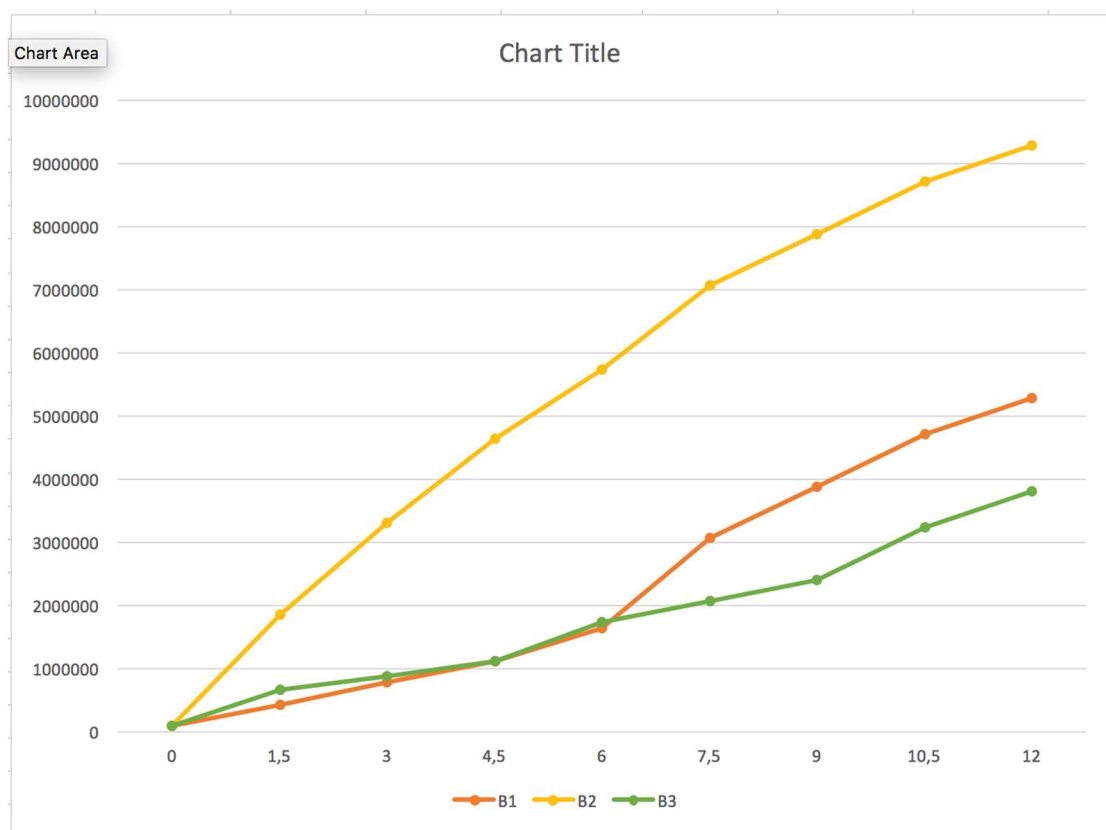
Kostnaderna visar att alternativet med pråm, **B3**, är det mest kostnadseffektiva tillvägagångssättet enligt de parametrar som rapporten har tagit hänsyn till. Bortsett från pråmen, i detta fall **B1** och **B2**, så visas även här att det är lönsamt att justera personalbodarnas placering under projektets gång och minska de avstånd som uppkommer mellan personalbodarna och byggplatsen.

Figur 18 Totala kostnader för olika variationer av bodplaceringar, bodantal samt antal byggarbetare.

		START	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	TID (ÅR)	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12
B1	KOSTNAD	90 000	421 910	789 821	1 101 022	1 646 110	3 063 860	3 882 522	4 701 183	5 276 272
B2	KOSTNAD	90 000	1 860 152	3 298 503	4 626 253	5 737 139	7 064 888	7 883 550	8 702 212	9 277 300
B3	KOSTNAD	900 000	1 453 003	1 674 204	1 905 406	2 525 095	2 866 897	3 198 698	4 027 360	4 612 448

Figur 19 En uppställning av beräknade värden för tolv personalbodar samt 24 byggarbetare i snitt på arbetsplatsen.

I Figur 18 finns de värden, uppställda i tabellform, som även illustreras i en graf på Figur 19. Figur 18 illustrerar de totala kostnaderna för gång, etablering, avveckling och transport som tillkommer under projektets tolv år.



Figur 20 Grafen visar hur kostnader jämförs under projektet gång. I beräkningarna används tolv personalbodar och 24 byggarbetare i snitt på bygget.

Figur 19 illustrerar att efter tolv år, med tolv bodar och med 24 byggarbetare aktiva i snitt, så kommer bodplacering tre, **B3**, vara det billigaste alternativet. Den landar på en total kostnad av cirka 3,8 miljoner kronor istället för 5,3 respektive 9,3 miljoner kronor för bodplacering **B1** och **B2**. En kostnad som är exkluderad från grafen är pråmens kostnad. Detta på grund av att den antingen kan väljas att hyra eller att köpas. Kostnaden som påverkar kalkylen blir då inköpsvärdet minus efterhandsvärdet av pråmen eller alternativt hyreskostnaden av en pråm. Enligt B. Sandinge (personlig kommunikation, 22 maj 2017) är inköpspris av en pråm med måtten 10 x 25 meter 5 000 000 kronor. En hyreskostnad ligger på 2000 till 2500 kronor per kalenderdag enligt Sandinge om det istället väljs att hyra en sådan pråm.

Tid att gå	sekunder	dagar
B1	1 459 314	51
B2	2 734 203	95
B3	1 081 070	38

Figur 21 Tidsåtgång för en byggarbetare att gå mellan personalbod och byggplats under projektets tolv år.

Figur 20 visar att bodplacering **B3** ger den kortaste tidsåtgången för en arbetare att ta sig mellan arbetsplatsen och bodarna tre gånger om dagen under byggets tolv år. alternativ **B3** ger en sparad tidsåtgång på 57,4 arbetsdagar jämfört med alternativ **B2**. Det sparas helt enkelt 57,4 arbetsdagar på tolv år för byggarna genom att ha bodarna på en flyttbar pråm precis utanför bygget än att placera bodarna på en yta utanför bygget då de måste gå längre för att ta sig dit.

5.3.1.1 Förenklad kostnadsuppställning för samtliga hus

Nedan är en förenklad uppställning av tolv års arbete för de tre exemplen **B1**, **B2** och **B3** där 8, 12 och 16 personalbodar jämförs med ett snitt av 24 byggarbetare på arbetsplatsen under projektet.

Om **8** bodar behöver placeras på arbetsplatsen och ett snitt på hantverkare under projektets gång är **24** stycken så slutar kostnaderna på:

- B1
 - 5 140 000 kronor
- B2
 - 9 225 000 kronor
- B3
 - 3 761 000 kronor

Om **12** bodar behöver placeras på arbetsplatsen och ett snitt på hantverkare under projektets gång är **24** stycken så slutar kostnaderna på:

- B1
 - 5 276 000 kronor
- B2
 - 9 277 000 kronor
- B3
 - 3 812 000 kronor

Om **16** bodar behöver placeras på arbetsplatsen och ett snitt på hantverkare under projektets gång är **24** stycken så slutar kostnaderna på:

- B1
 - 5 412 000 kronor
- B2
 - 9 329 000 kronor
- B3
 - 3 864 000 kronor

Om det i snitt är 24 hantverkare på arbetsplatsen under projektet och mellan 8 till 16 bodar behöver placeras ut så slutar kostnaden för alternativet med personalbodar på pråm, **B3**, på 1 400 000 kronor mindre än B2 samt 5 450 000 kronor mindre än **B1**. **B3** är det billigaste alternativet för samtliga fall. Vad som också syns är att etablera och avveckla personalbodar är ingen stor kostnad mot vad det kostar att gå längre sträckor.

5.3.1.2 Kostnadsskillnad mellan alternativ B1 och B2 för byggnation Hus 1

B1 och **B2** är de två landplacerade bodalternativen och den kostnadsskillnad som uppstår mellan dem de första 1,5 åren av projektet då byggnation av hus 1 sker visas nedan:

- Enkel väg **B1** till **A1**: 61,2 meter
- Enkel väg **B2** till **A1**: 326,5 meter
- (Enkel väg **B3** till **A1**: 102,8 meter)

Skillnaden i avstånd mellan **B1** och **B2** under byggnationen av **Hus 1** blir 265,3 meter enkel sträcka vilket motsvarar 26,53 kronor för projektet att gå enkel sträcka för en hantverkare, enligt rapportens tidigare parametrar. Om **Hus 1** sedan tar 377 arbetsdagar att slutföra med i snitt 24 arbetare på plats blir den totala kostnadsskillnaden för byggnation av **Hus 1** mellan **B1** och **B2** approximativt 1 440 000 kronor.

6 Analys

De kostnader som visades under resultatet pekade på att placera personalbodarna nära byggplatsen var det mest lönsamma alternativet. Vilka ytterligare aspekter kan ha betydelse vid ett blandstadsprojekt?

6.1 Prioriteringsordning av yta

Att spara yta intill byggnationen kan vara en anledning att placera personalbodarna på längre avstånd från byggplatsen. Utav APD-planens olika delar finns bland annat upplag, kranar, transportvägar, förråd och sophantering som alla skulle kunna anses mer kritiska att placera närmre intill byggplatsen än personalbodarna. Detta argument kan tala för **B2** och **B3** som en mer effektiv lösning än **B1** för att spara yta nära byggplatsen. I rapportens utvärdering av pirens trängsta läge visas storleken av APD-planens huvuddelar. Dåpiren har gott om utrymme till arbetsplatsdispositionen är det ingen stor konkurrens mellan den tillfälliga fabriken olika delar. Personalbodarna i detta projekt har därför möjligheten att placeras nära intill byggplatsen utan att störa andra delar av APD-planen.

6.2 Visuell påverkan



Figur 22 Möjlig negativ visuell påverkan mellan hus 1 och personalbodarna för alternativ B1 (Göteborgs Stad, 2017).

Samtliga personalbodar får någon typ av visuell påverkan för de boende påpiren. Exempelvis under byggnationen av **Hus 2** så kommer personalbodarna för **B1** att vara placerade med endast en väg mellan dem och fasaden till **Hus 1**. Enligt de mått som visats i rapportens teoridel så sträcker sig två våningar med personalbodar sex meter upp i luften. Då ett vanligt lägenhetshus har våningar med ungefär tre meter i takhöjd så kommer antingen en eller två våningar i **Hus 1**, beroende på upplägg av våningsplan, att stå i höjd med och mitt emot dessa personalbodar under 1,5 år.

6.3 Transporter

Olika bodplaceringar bidrar till olika typer av transporter. För **B1** och **B2** behövs en kranbil eller dylikt för att placera personalbodarna på piren, sedan för **B1** måste även dessa bodar bli förflyttade inne på arbetsplatsen under projektets gång. För **B3** behövs ingen transport varken genom innerstaden eller inne på arbetsplatsen då denna kommer att bli lastad på en pråm för att sedan bogseras till piren.

6.4 Bodplacering på pråm

Att använda sig av en pråm i projektet framkom enligt rapportens parametrar mycket förmånligt, parametrarna som använts kan dock anses ofullständiga. Några osäkra villkor som användes var 10 000 kronor per pråmens bogsering samt att etableringen och avvecklingen av personalbodar på pråm antogs ha samma kostnad som att etablera och avveckla personalbodar på land. En variation i kostnad för etablering och avveckling av bodarna är dock försumlig i förhållande till totalkostnaderna och resultatet. Pråmen kan komma att uppehålla byggnationen av de tänkta gångbroarna mellan Frihamnens pিরer.

Resultatet för bodkostnadsjämförelsen kan variera beroende på om en pråm köps eller hyrs. Dessa kostnader presenterades under Kapitel 4, avsnitt 4.3, men det finns eventuellt tillkommande kostnader för exempelvis underhåll och drift av pråmen. Dessa aspekter bör ses över noggrannare vid eventuellt köp av pråm och ställas i jämförelse med priset av hyra för att kunna se vilket alternativ som är mer fördelaktigt.

Regelverk kan förhindra pråmalternativet. Om tillstånd behövs för att lägga till en pråm intill piren och om det finns avgifter. Vid vind finns risk för att byggarbetarna kan känna obehag att befinna sig i bodarna. Frihamnen ligger enligt Transportstyrelsen inom inlandssjöfart zon 2, vilket betyder att de signifikanta vågorna blir som mest 1,2 meter (Transportstyrelsen 2017). Hur zonen påverkar möjligheten att ha bodar på pråm kan ses över i vidare studier av ämnet.

7 Slutsats och diskussion

Blandstadsprojektet i Frihamnen är både ett vattennära och ett mycket stadsnära projekt vilket är ett slagkraftigt recept för att resultera i ett attraktivt område. I detta kapitel presenteras även egna åsikter.

7.1 Sammanfattning av byggordning

I rapporten valdes husens byggordning genom att färdigställa husen som låg längst ut först då vi ansåg att det hade bäst läge. En byggordning där ena sidan av piren kunde färdigställas så tidigt som möjligt eftersträvades. Detta gjordes för att de boendes kvalité skulle höjas då kontakten med vattnet och utsikten var viktig.

Med antagande att pirens samtliga vägar var dimensionerade för lastbilstrafik så fanns goda möjligheter att planera pirens trafik på ett bra sätt. För att öka bostadskvalité och öka säkerheten skiljdes byggets trafik och de boendes trafik på så sätt att de aldrig behöver samsas om samma väg. Det problem som blir oundvikligt är dock att växlingen mellan trafiken i de olika faserna av byggordningen kan bli lite komplicerad. Övergången kan resultera i att trafiken för de boende och byggtrafiken blir stoppad under en kort tid då inhägnad och skyltning måste flyttas om. Vi tror dock att denna lösning blir smidigast då det över lag bör ge minst störningar för både de boende och för byggtrafiken. Den typ av inhägnad som väljs för att avskärma bygget kommer också att påverka hur snabbt det kan tas isär och flyttas mellan byggfaserna. Viktigt att tänka på är att staketet även fyller andra funktioner såsom säkerhet och insynsskydd. Dessa funktioner måste sedan vägas mellan varandra efter vad som efterfrågas.

7.2 Sammanfattning av APD-plan

Den valda APD-planen gick att placera på piren utan problem. Kontoret kunde från vald placering ha utsikt över både byggnation och samtliga grindar. Det gav gott om utrymme för olika typer av placeringar inom det öppna området som var intill **Hus 6**. Bodarna placerades här efter bodplacering **B3** som var alternativet då bodarna stod placerade på en flyttbar pråm.

Med personalbodar på pråm behövs en extra personalgrind sättas in jämfört med bodplacering **B1** och **B2** vilket utgör en ytterst minimal extrakostnad för projektet.

7.3 Sammanfattning av bodplacering

Pråmen sparar plats på piren, den har knapp negativ visuell påverkan, den minskar lastbilstransporter och den är mest lukrativ bortsett från inköp eller hyrkostnad. Bortsett från pråmen är **B1** det mest kostnadseffektiva alternativet och det mest troliga tillvägagångssättet. Det vill säga att vid ett längre projekt som detta är det kostnadseffektivt att placera personalbodarna nära intill byggplatsen. De negativa aspekterna av att placera dem nära skulle endast handla om antingen platsbrist eller den visuella påverkan bodar kan få.

7.4 Vidare forskning

Under rapportens utformning har vi insett att det finns flera intressanta områden att arbeta vidare med för Frihamnen. Här under har vi ställt upp olika förslag på vidare utveckling av vårt arbete.

- Hur ser regler, avgifter och tillstånd ut för att använda sig av pråm?
- Vad förutom placering av personalbodar skulle passa bra att använda pråm till? Upplag, transporter, kontor och så vidare. Inom dessa kategorier kan många olika jämförelser göras inom flera olika aspekter.
- Utvärdera säkerhetsaspekter för byggnationen, se över hur skaderisker och olyckor kan minimeras. Eftersom att området har begränsad yta och smala utrymmen kan problem uppstå, men genom god logistikplanering kan det möjligtvis undvikas.

7.5 Slutsats

Det finns stor potential för att använda sig av pråm i ett vattennära byggprojekt som Frihamnen. I rapporten finns resultat som pekar på hur pråmen är kostnadseffektiv, vilket den kan vara, men det saknas samtidigt mycket undersökning. Dilemmat är hur efterhandsvärdet av en sådan pråm står sig till inköpspriset alternativt hyreskostnad för en pråm. Att placera personalbodarna nära byggplatsen är utan tvekan någonting som är gynnsamt för projektet, men det måste inte nödvändigtvis vara på en pråm. Om ytan på piren hade varit mindre eller om transportvägarna in på piren hade varit mer begränsade så hade pråmen underlättat projektet ytterligare och därmed varit ett mer slagkraftigt alternativ.

Källförteckning

ByggAi. (2017). *Allmänt arbetsplatsen*. Hämtat från <http://www.byggai.se/Sidor/Filer/0146-92ESE1.pdf>

Gröön, U.P., Käll, K. (2017). *Socialt blandat boende Frihamnen*. Hämtat från <http://alvstranden.com/wp-content/uploads/2017/03/Frukostmote-8-mars-2017-SBB.pdf>

Göteborgs Stad. (2017). *Frihamnen etapp ett*. Hämtat från <http://alvstaden.goteborg.se/vara-delomraden/frihamnen/frihamnen-etapp-ett/>

Halleskogs. (2017). *APD-PLAN*. Hämtat från <http://www.halleskogs.se/apd-plan.html>

Josephson, P.-E., Saukkoriipi, L. (2005). *Slöseri i byggprojekt: Behov av förändrat synsätt*. Hämtat från http://www.cmb-chalmers.se/wp-content/uploads/2015/10/sloseri_byggprojekt.pdf

Kostnadsguiden. (2017). *Vad kostar hantverkare? Timpris och tips*. Hämtat från <http://kostnadsguiden.se/vad-kostar-hantverkare-timpris-och-tips/>

Mallverkstan. (2017). *Antal arbetsdagar*. Hämtat från <http://antal.arbetsdag.se/index.html>

Olson, B. (1981). *Hamnbilder från Göteborg*. Göteborg: Wezäta.

P-DYK. (2007). *P-DYK*. Hämtat från <http://pdyk.se/bogsering.html>

PÅ KRYSS. (2017). *Pråmtrafik testas på Göta älv*. Hämtat från <http://pakryss.se/pramtrafik-testas-pa-gota-alm/>

Ramirent. (2017). *Träbodrar*. Hämtat från <https://www.ramirent.se/Produkter/Bodar-vagnar/Tramoduler/>

Révai, E. (2012). *Byggstyrning*. Stockholm: Liber AB.

Transportnytt. (2017). *Byggmaterialet når slussen med pråm*. Hämtat från <http://transportnytt.se/nyhetsarkiv/item/1853-byggmaterialet-nar-slussen-med-pram>

TRANSPORTSTYRELSEN. (2017). *Zoner inlandssjöfart*. Hämtat från <https://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/Fartyg/Inlandssjofart/Zoner-inlandssjofart/>

Wikipedia. (2017). *Preferred walking speed*. Hämtat från https://en.wikipedia.org/wiki/Preferred_walking_speed

Wikipedia. (2017). *Pråm*. Hämtat från <https://sv.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%A5m>

Bilaga

ANTAL ARBETSDAGAR PÅ 1,5ÅR: $d := 376.5$

KOSTNAD PER METER ATT GÅ: $K := 0.1$

TURER PER DAG (ENKEL VÄG): $T := 6$

ANTAL BYGGARBETARE I SNITT: $Ba1 := 12$ $Ba2 := 24$ $Ba3 := 36$ $Ba4 := 48$

STRÄCKOR MELLAN BODAR OCH ARBETSPLATS:

$B1.A1 := 61.22$

$B2.A1 := 326.5$

$B3.A1 := 102$

$B1.A2 := 61.22$

$B2.A2 := 265.3$

$B3.A2 := 40.8$

$B1.A3 := 40.8$

$B2.A3 := 244.9$

$B3.A3 := 40.8$

$B1.A4 := 93.9$

$B2.A4 := 204.9$

$B3.A4 := 114.3$

$B1.A5 := 244.9$

$B2.A5 := 244.9$

$B3.A5 := 61.2$

$B1.A6 := 151$

$B2.A6 := 151$

$B3.A6 := 61.2$

$B1.A7 := 151$

$B2.A7 := 151$

$B3.A7 := 151$

$B1.A8 := 93.9$

$B2.A8 := 93.9$

$B3.A8 := 93.9$

TOTAL STRÄCKA FÖR OLIKA BODSPLACERINGAR:

$B1 := 897.94$

$B2 := 1682.4$

$B3 := 665.2$

MONTAGE PER BOD:				$Mk := 5000$
TRANSPORT PER BOD:				$Tk := 2500$
DEMONTAGE PER BOD:				$Dk := 3000$
ANTAL BODAR:	$Ab1 := 8$	$Ab2 := 12$	$Ab3 := 16$	
EXTRAKOSTNADER FÖR VARDERA BODPLACERING I KRONOR MED BODARNAS ANTAL SOM VARIABEL:				
BOD 1				
$Ke1.1 := (((Mk + Dk) \cdot 3) + (Tk \cdot 4)) \cdot Ab1$	$= 2.72 \cdot 10^5$			(8 BODAR)
$Ke1.2 := (((Mk + Dk) \cdot 3) + (Tk \cdot 4)) \cdot Ab2$	$= 4.08 \cdot 10^5$			(12 BODAR)
$Ke1.3 := (((Mk + Dk) \cdot 3) + (Tk \cdot 4)) \cdot Ab3$	$= 5.44 \cdot 10^5$			(16 BODAR)
BOD 2				
$Ke2.1 := ((Mk + Dk) + (Tk \cdot 2)) \cdot Ab1$	$= 1.04 \cdot 10^5$			(8 BODAR)
$Ke2.2 := ((Mk + Dk) + (Tk \cdot 2)) \cdot Ab2$	$= 1.56 \cdot 10^5$			(12 BODAR)
$Ke2.3 := ((Mk + Dk) + (Tk \cdot 2)) \cdot Ab3$	$= 2.08 \cdot 10^5$			(16 BODAR)
BOD 3				
KOSTNAD FÖR BOGSERING AV PRÅM: $Pram := 10000$				
$Ke3.1 := ((Mk + Dk) + (Tk \cdot 2)) \cdot Ab1 + 5 \cdot Pram$	$= 1.54 \cdot 10^5$			(8 BODAR)
$Ke3.2 := ((Mk + Dk) + (Tk \cdot 2)) \cdot Ab2 + 5 \cdot Pram$	$= 2.06 \cdot 10^5$			(12 BODAR)
$Ke3.3 := ((Mk + Dk) + (Tk \cdot 2)) \cdot Ab3 + 5 \cdot Pram$	$= 2.58 \cdot 10^5$			(16 BODAR)

KOSTNAD FÖR ARBETARE ATT GÅ MELLAN BOD OCH ARBETSPLATS VARJE DAG PLUS
EXTRAKOSTNADER (TOTAL KOSTNAD)

BODPLACERING 1

8 BODAR

$$TK1.1 := B1 \cdot K \cdot d \cdot Ba1 \cdot T + Ke1.1 = 2.706 \cdot 10^6$$

$$TK1.2 := B1 \cdot K \cdot d \cdot Ba2 \cdot T + Ke1.1 = 5.14 \cdot 10^6$$

$$TK1.3 := B1 \cdot K \cdot d \cdot Ba3 \cdot T + Ke1.1 = 7.574 \cdot 10^6$$

$$TK1.4 := B1 \cdot K \cdot d \cdot Ba4 \cdot T + Ke1.1 = 1.001 \cdot 10^7$$

12 BODAR

$$TK2.1 := B1 \cdot K \cdot d \cdot Ba1 \cdot T + Ke1.2 = 2.842 \cdot 10^6$$

$$TK2.2 := B1 \cdot K \cdot d \cdot Ba2 \cdot T + Ke1.2 = 5.276 \cdot 10^6$$

$$TK2.3 := B1 \cdot K \cdot d \cdot Ba3 \cdot T + Ke1.2 = 7.71 \cdot 10^6$$

$$TK2.4 := B1 \cdot K \cdot d \cdot Ba4 \cdot T + Ke1.2 = 1.014 \cdot 10^7$$

16 BODAR

$$TK2.1 := B1 \cdot K \cdot d \cdot Ba1 \cdot T + Ke1.3 = 2.978 \cdot 10^6$$

$$TK2.1 := B1 \cdot K \cdot d \cdot Ba2 \cdot T + Ke1.3 = 5.412 \cdot 10^6$$

$$TK2.1 := B1 \cdot K \cdot d \cdot Ba3 \cdot T + Ke1.3 = 7.846 \cdot 10^6$$

$$TK2.1 := B1 \cdot K \cdot d \cdot Ba4 \cdot T + Ke1.3 = 1.028 \cdot 10^7$$

BODPLACERING 2

8 BODAR

$$TK1.1 := B2 \cdot K \cdot d \cdot Ba1 \cdot T + Ke2.1 = 4.665 \cdot 10^6$$

$$TK1.2 := B2 \cdot K \cdot d \cdot Ba2 \cdot T + Ke2.1 = 9.225 \cdot 10^6$$

$$TK1.3 := B2 \cdot K \cdot d \cdot Ba3 \cdot T + Ke2.1 = 1.379 \cdot 10^7$$

$$TK1.4 := B2 \cdot K \cdot d \cdot Ba4 \cdot T + Ke2.1 = 1.835 \cdot 10^7$$

12 BODAR

$$TK2.1 := B2 \cdot K \cdot d \cdot Ba1 \cdot T + Ke2.2 = 4.717 \cdot 10^6$$

$$TK2.2 := B2 \cdot K \cdot d \cdot Ba2 \cdot T + Ke2.2 = 9.277 \cdot 10^6$$

$$TK2.3 := B2 \cdot K \cdot d \cdot Ba3 \cdot T + Ke2.2 = 1.384 \cdot 10^7$$

$$TK2.4 := B2 \cdot K \cdot d \cdot Ba4 \cdot T + Ke2.2 = 1.84 \cdot 10^7$$

16 BODAR

$$TK2.1 := B2 \cdot K \cdot d \cdot Ba1 \cdot T + Ke2.3 = 4.769 \cdot 10^6$$

$$TK2.1 := B2 \cdot K \cdot d \cdot Ba2 \cdot T + Ke2.3 = 9.329 \cdot 10^6$$

$$TK2.1 := B2 \cdot K \cdot d \cdot Ba3 \cdot T + Ke2.3 = 1.389 \cdot 10^7$$

$$TK2.1 := B2 \cdot K \cdot d \cdot Ba4 \cdot T + Ke2.3 = 1.845 \cdot 10^7$$

BODPLACERING 3

8 BODAR

$$TK1.1 := B3 \cdot K \cdot d \cdot Ba1 \cdot T + Ke3.1 = 1.957 \cdot 10^6$$

$$TK1.2 := B3 \cdot K \cdot d \cdot Ba2 \cdot T + Ke3.1 = 3.76 \cdot 10^6$$

$$TK1.3 := B3 \cdot K \cdot d \cdot Ba3 \cdot T + Ke3.1 = 5.564 \cdot 10^6$$

$$TK1.4 := B3 \cdot K \cdot d \cdot Ba4 \cdot T + Ke3.1 = 7.367 \cdot 10^6$$

12 BODAR

$$TK2.1 := B3 \cdot K \cdot d \cdot Ba1 \cdot T + Ke3.2 = 2.009 \cdot 10^6$$

$$TK2.2 := B3 \cdot K \cdot d \cdot Ba2 \cdot T + Ke3.2 = 3.812 \cdot 10^6$$

$$TK2.3 := B3 \cdot K \cdot d \cdot Ba3 \cdot T + Ke3.2 = 5.616 \cdot 10^6$$

$$TK2.4 := B3 \cdot K \cdot d \cdot Ba4 \cdot T + Ke3.2 = 7.419 \cdot 10^6$$

16 BODAR

$$TK2.1 := B3 \cdot K \cdot d \cdot Ba1 \cdot T + Ke3.3 = 2.061 \cdot 10^6$$

$$TK2.1 := B3 \cdot K \cdot d \cdot Ba2 \cdot T + Ke3.3 = 3.864 \cdot 10^6$$

$$TK2.1 := B3 \cdot K \cdot d \cdot Ba3 \cdot T + Ke3.3 = 5.668 \cdot 10^6$$

$$TK2.1 := B3 \cdot K \cdot d \cdot Ba4 \cdot T + Ke3.3 = 7.471 \cdot 10^6$$