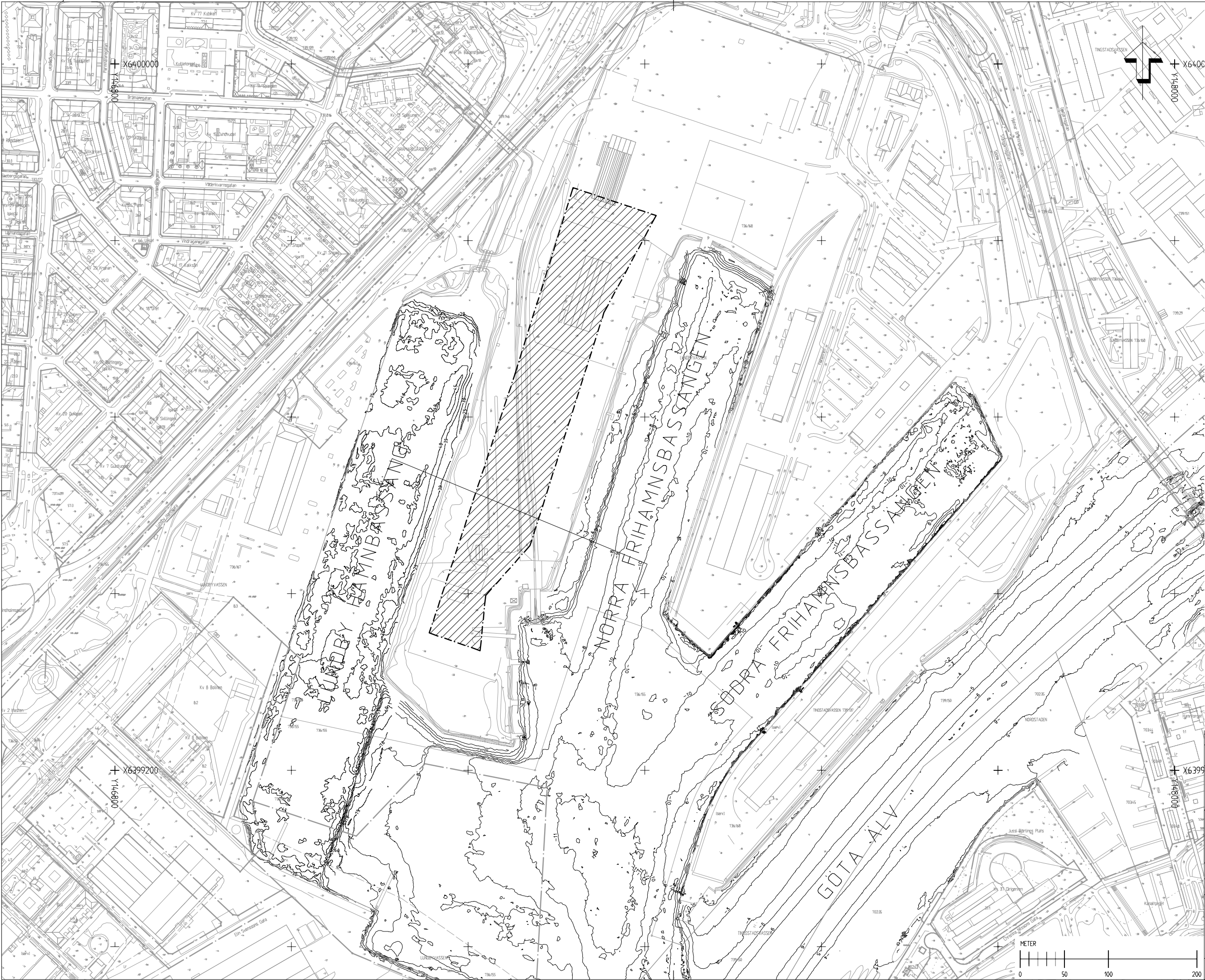




ANVISNINGAR

KOORDINATSYSTEM: SWEREF 99 12 00
HÖJDSYSTEM: RH 2000

BETECKNINGAR

BETECKNINGAR ENLIGT SGF'S
BETECKNINGSSYSTEM. SE www.sgf.net

 BELASTNINGSRESTRIKTION
10 kPa (DIMENSIONERANDE)

 BELASTNINGSRESTRIKTION
20 kPa (DIMENSIONERANDE)

FÖRTYDLIGANDE:

VARIABLA/TILLFÄLLIGA LASTER SKALL
DIVIDERAS MED LASTFAKTOR 1,27.

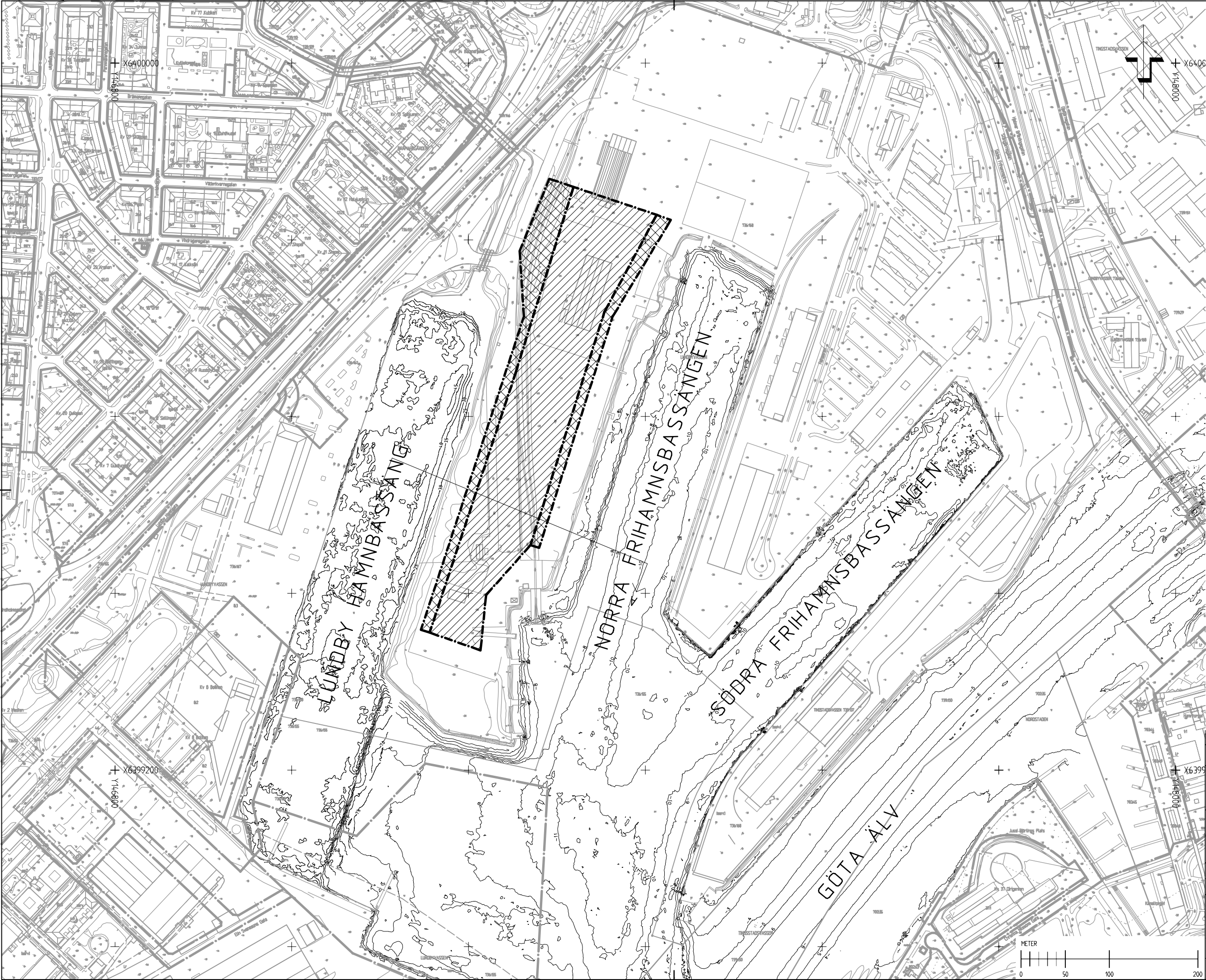
PERMANENTA LASTER SKALL DIVIDERAS
MED LASTFAKTOR 1,00.

ANTECKNINGAR

NIVÅKURVOR FÖR BATYMETRI VID
FRIHAMNEN ÄR TILL STÖRSTA DEL
UTFÖRT UNDER 2015. BATYMETRIN INOM
LUNDBY HAMNBASSÄNG ÄR DOCK
UTFÖRD UNDER 2018. NIVÅKURVORNA
INOM LUNDBY HAMNBASSÄNG ÄR
BASERADE PÅ BATYMETRIN FRÅN 2018.

LASTERESTRIKTIONERNA ÄR BASERADE PÅ
ATT BLIVANDE TRYCKBANK UTMED
KVILLEPIRENS VÄSTRA STRANDKANT
ÄNNU EJ ÄR UTFÖRD.

BET	ANT	ÄNDRINGEN ÄR	SKÖ	DATUM
 ÅLVSTRANDEN UTVECKLING BYGGMATERIALS- & BYGGSÄKERHETS				
Norconsult 				
Norconsult AB Box 8774, 402 76 Göteborg		Tfn 031-50 70 00 www.norconsult.se		
UPPDRAG NR 1041467	RITAD/KONSTR AV T BACKMAN	HANDLAGGARE D SVÄRD		
DATUM 2018-06-14	ANSVARIG BERNHARD G ECKEL			
FRIHAMNEN, TILLF. BOSTÄDER GÖTEBORG				
BELASTNINGSRESTRIKTIONER VID VATTENSTÅND, NIVÅ -1,1 (LLW)				
SKALA 1:2000 (A1) 1:4000 (A3)	NUMMER BILAGA X	BET		



ANVISNINGAR

KOORDINATSYSTEM: SWEREF 99 12 00
HÖJDSYSTEM: RH 2000

BETECKNINGAR

BETECKNINGAR ENLIGT SGF'S
BETECKNINGSSYSTEM. SE www.sgf.net

 BELASTNINGSRESTRIKTION
10 kPa (DIMENSIONERANDE)

 BELASTNINGSRESTRIKTION
20 kPa (DIMENSIONERANDE)

FÖRTYDLIGANDE:

VARIABLA/TILLFÄLLIGA LASTER SKALL
DIVIDERAS MED LASTFAKTOR 1,27.

PERMANENTA LASTER SKALL DIVIDERAS
MED LASTFAKTOR 1,00.

ANTECKNINGAR

NIVÅKURVOR FÖR BATYMETRI VID
FRIHAMNEN ÄR TILL STÖRSTA DEL
UTFÖRT UNDER 2015. BATYMETRIN INOM
LUNDBY HAMNBASSÄNG ÄR DOCK
UTFÖRD UNDER 2018. NIVÅKURVORNA
INOM LUNDBY HAMNBASSÄNG ÄR
BASERADE PÅ BATYMETRIN FRÅN 2018.

LASTRESTRIKTIONERNA ÄR BASERADE PÅ
ATT BLIVANDE TRYCKBANK UTMED
KVILLEPIRENS VÄSTRA STRANDKANT
ÄNNU EJ ÄR UTFÖRD.

BET	ANT	ÄNDRINGEN ÄYSER	SKÖ	DATUM
-----	-----	-----------------	-----	-------



Norconsult 

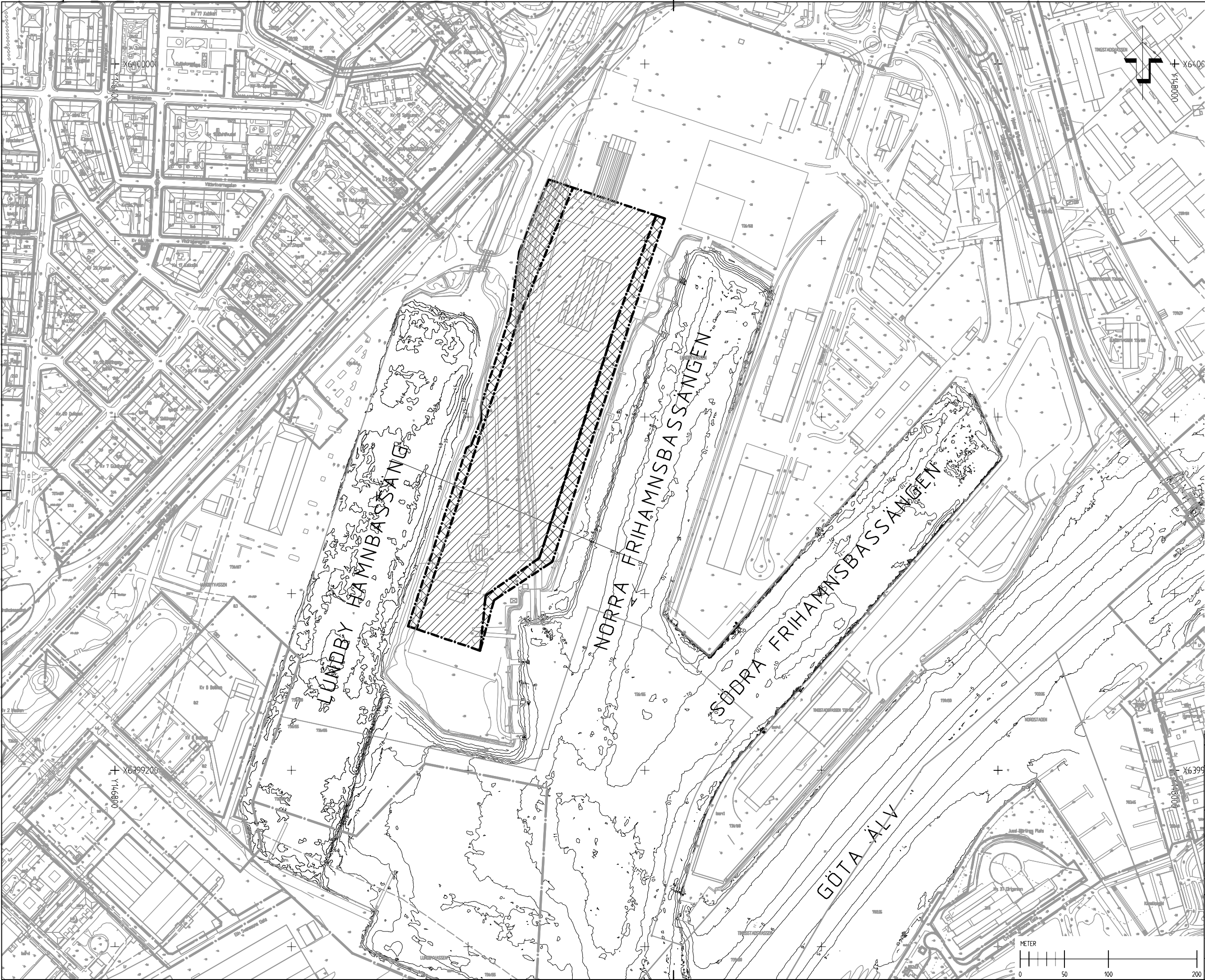
Norconsult AB
Box 8774, 402 76 Göteborg
Tfn 031-50 70 00
www.norconsult.se

UPPDRAG NR 104 14 67	RITAD/KONSTR AV T BACKMAN	HANDLAGGARE D SVÄRD
DATUM 2018-06-14	ANSVARIG BERNHARD G ECKEL	

FRIHAMNEN, TILLF. BOSTÄDER
GÖTEBORG

BELASTNINGSRESTRIKTIONER
VID VATTENSTÄND, NIVÅ -0,6 (MLW)

SKALA	NUMMER	BET
1:2000 (A1) 1:4000 (A3)		BILAGA Y



ANVISNINGAR

KOORDINATSYSTEM: SWEREF 99 12 00
HÖJDSYSTEM: RH 2000

BETECKNINGAR

BETECKNINGAR ENLIGT SGF'S
BETECKNINGSSYSTEM. SE www.sgf.net

 BELASTNINGSRESTRIKTION
10 kPa (DIMENSIONERANDE)

 BELASTNINGSRESTRIKTION
20 kPa (DIMENSIONERANDE)

FÖRTYDLIGANDE:

VARIABLA/TILLFÄLLIGA LASTER SKALL
DIVIDERAS MED LASTFAKTOR 1,27.

PERMANENTA LASTER SKALL DIVIDERAS
MED LASTFAKTOR 1,00.

ANTECKNINGAR

NIVÅKURVOR FÖR BATYMETRI VID
FRIHAMNEN ÄR TILL STÖRSTA DEL
UTFÖRT UNDER 2015. BATYMETRIN INOM
LUNDBY HAMNBASSÄNG ÄR DOCK
UTFÖRD UNDER 2018. NIVÅKURVORNA
INOM LUNDBY HAMNBASSÄNG ÄR
BASERADE PÅ BATYMETRIN FRÅN 2018.

LASTRESTRIKTIONERNA ÄR BASERADE PÅ
ATT BLIVANDE TRYCKBANK UTMED
KVILLEPIRENS VÄSTRA STRANDKANT
ÄNNU EJ ÄR UTFÖRD.

BET	ANT	ÄNDRINGEN ÄYSER	SKÖ	DATUM
 ÅLVSTRANDEN UTVECKLING BYGG- OCH UTVÄRDERINGSFÖRETAG				
Norconsult 		Tfn 031-50 70 00 www.norconsult.se		
Norconsult AB Box 8774, 402 76 Göteborg				
UPPDRAG NR 1041467	RITAD/KONSTR AV T BACKMAN	HANDLAGGARE D SVÄRD		
DATUM 2018-06-14	ANSVARIG BERNHARD G ECKEL			
FRIHAMNEN, TILLF. BOSTÄDER GÖTEBORG				
BELASTNINGSRESTRIKTIONER VID VATTENSTÄND, NIVÅ +0,15 (MW)				
SKALA 1:2000 (A1) 1:4000 (A3)	NUMMER BILAGA Z	BET		



ÄLVSTRANDEN
UTVECKLING



Tillfälliga bostäder i Frihamnen, Göteborg

PM Geoteknik

2017-05-08

Tillfälliga bostäder i Frihamnen, Göteborg

PM Geoteknik

2017-05-08

Beställare: Jessica Segerlund
Älvstranden Utveckling AB
Box 8003
402 77 Göteborg

Beställarens representant: Anders Sundberg, INHOUSE TECH (på uppdrag av
Älvstranden utveckling AB)

Konsult: Norconsult AB
Box 8774
402 76 Göteborg

Uppdragsledare Daniel Svärd

Uppdrags nr: 104 14 67

Filnamn och sökväg: n:\104\14\1041467\5 arbetsmaterial\01
dokument\g\pm\2017-04\pm.docx

Kvalitetsgranskad av: Joakim Wallgren

Tryck: Norconsult AB

Innehållsförteckning

1	Objekt.....	4
2	Syfte	4
3	Underlag	5
4	Styrande dokument.....	5
5	Områdets historik.....	5
6	Geotekniska förhållanden.....	8
6.1	Topografi och markbeskaffenhet.....	8
6.2	Jordlager	9
6.3	Hydrogeologiska förhållanden.....	12
6.4	Befintliga byggnader och anläggningar	12
7	Stabilitetsberäkningar.....	13
7.1	Förutsättningar	13
7.2	Indata till stabilitetsberäkning	15
7.3	Resultat av stabilitetsberäkningar.....	17
8	Föreslag till arbetsmetodik gällande tryckbank.....	18
9	Sättningar	19
10	Erosion	20
11	Översvämningar	20
12	Markföroreningar	20
13	Slutsats och rekommendation.....	20

Bilagor:

Plan, belastningsrestriktioner

Bilaga 1

Stabilitetsberäkning, befintliga förhållanden med laster

Bilaga 2:1 - 2:2

1 Objekt

På uppdrag av Älvstranden utvecklings AB har Norconsult AB utfört en geoteknisk utredning inför kommande tillfälliga bostäder på Kvillepiren i Frihamnen, Göteborg. Området ligger i centrala Göteborg på norra sidan av Göta älv. Frihamnen består av tre pirar (Kvillepiren, Norra och Södra Frihamnspiren) och ett flertal kajer samt hamnplaner i anslutning till dessa pirar. Kvillepiren avgränsas åt nordväst av Lundbyhamnens hamnbassäng och åt sydöst av Norra Frihamnsbassängen. Aktuellt utredningsområde framgår av Figur 1.

Utredningen utgår ifrån och kompletterar tidigare utförd utredning av Frihamnen Etapp 1 med fördjupad stabilitetsnivå.



Figur 1. Flygfoto av Frihamnen (tillhandahållen av SBK 2015-09-15) med Kvillepiren till vänster (markera med röd linje), Norra Frihamnspiren i mitten och Södra Frihamnspiren till höger

2 Syfte

Syftet med föreliggande PM, med tillhörande bilagor, är att säkerställa tillfredställande säkerhet mot skred för planerade tillfälliga bostäder.

3 Underlag

- Frihamnen Etapp 1, Göteborgs Kommun. Geotekniskt PM för detaljplan. Upprättat av Norconsult AB, daterat 2015-09-23.

Om inte annat anges relaterar föreliggande handling till koordinatsystemet SWEREF 99 12 00 och höjdsystem RH2000.

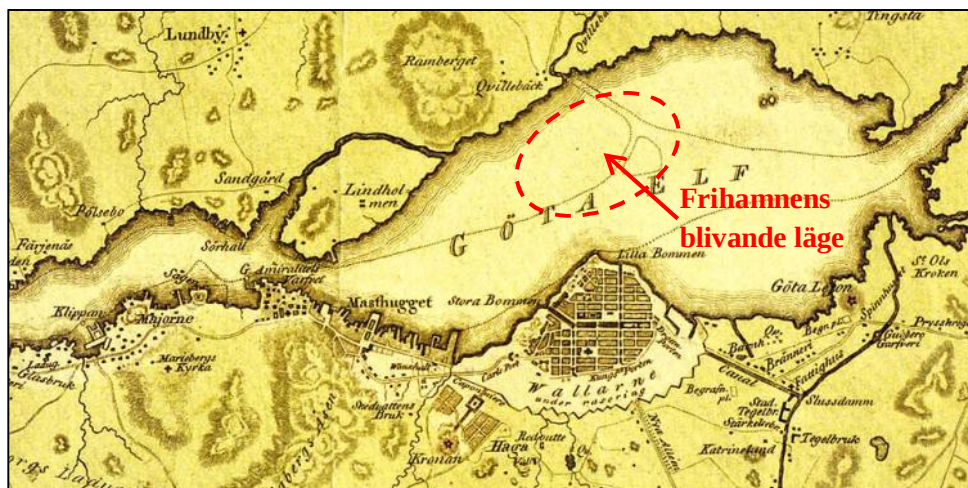
4 Styrande dokument

Denna PM ansluter till SS-EN 1997-1 med tillhörande nationell bilaga. Nedanstående dokument har använts:

- IEG:s Rapport 6:2008, Rev 1. "Tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och bankar"

5 Områdets historia

Området där Frihamnen idag är beläget bestod för ca 200 år sedan av ett sankt vassområde intill Göta älv, se Figur 2.



Figur 2. Bilden visar en karta över Göteborg år 1809 samt ungefärligt läge för det blivande Frihamnsområdet.

Under 1800-talets mitt fylldes stora grunda vatten och sankområden ut med muddermassor från älven (bestående av lera) varvid nya strandlinjer längs Göta Älv skapades. Figur 3 visar hur Göteborg såg ut 1872 med älvens nya strandlinjer.



Göteborg/Gullbergsvass 1872

Figur 3. Figur visar Göteborgs utseende år 1872 med utförda utfyllnader vid norra älvstranden samt även vid Gullbergsvass vid södra älvstranden.

Norra- och Södra Frihamnspiren skapades under 1910-talet genom muddring av de tidigare utfyllda områdena. Under 1920-1950 muddrades, i olika omgångar, hamnbassängen i Lundbyhamnen vilket medförde att Kvillepiren succesivt skapades, se Figur 4.

Frihamnen togs i bruk 1922 efter ca åtta års utbyggnadsarbeten. Lundbyhamnen togs i bruk 1952 och hade då 9,0 m vattendjup. I början av 1960-talet blev Kvillepiren en del av Frihamnens hamnverksamhet. I samband med att Kvillepirens hamnverksamhet togs i bruk, fylldes Kvillebäckskanalen och Ringkanalen igen, se Figur 4 och

Figur 5. Kvillebäckens mynning förlades istället till norra delen av Lundbyhamnens hamnbassäng.



Göteborg år 1890



Göteborg år 1921

Figur 4. Bilden visar hur Frihamnsområdet såg ut 1890 och hur de olika pirerna växte fram. År 1921 var Norra- och Södra Frihamnspiren i bruk. Senare växte även Kvillepiren fram.



Figur 5. Bilden visar SBK:s jordartskarta över Frihamns- och Ringömrådet med Kvillebäckskanalen, Ringkanalen och historisk strandlinje. Höjder i Göteborgs lokala höjdsystem.

Vattendjupet har på senare år reducerats i Lundbyhamnen. Med start år 2011 lades stödfyllning ut i Lundbyhamnens nordvästra sida och hamnbassängen har även fyllts ut med muddermassor från i huvudsak Göteborgs hamn. Under 2017 planeras muddermassorna täckas med ca 1 m sandfyllning. Vattendjupet blir därefter bli ca 4 m.

6 Geotekniska förhållanden

6.1 Topografi och markbeskaffenhet

Större delen markytan inom Kvillepiren är asfalterad eller grusad. Utmed strandzonen växer bitvis buskar, träd, sly och gräs. Se Figur 1 och Figur 6.



Figur 6. Strandzonen utmed Kvillepiren är bitvis bevuxen av buskar, träd, sly och gräs. Erosionsförhållanden i Lundbyhamnens inre hamnbassäng (till vänster) och utmed Kvillepirens norra strandkant (till höger) är bitvis otillfredställande.

Markytan är relativt plan med nivåer i huvudsak varierande mellan +2,0 och +2,5. Delar av piren har dock marknivåer lägre än +2.

Bottennivån i Lundbyhamnen varierar kring -3 och -5 men de lägsta nivåerna planeras att år 2017 höjas till nivå ca -4,0 (med sandfyllning ovanpå befintliga muddermassor). Norra Frihamnsbassängens bottenivå varierar strax utanför sydvästra sidan av Kvillepiren kring -3 och -6. Längre ut i de centrala delarna av hamnbassängen är bottenivån ca -8 till -10.

m:\104\14104\14675 arbetsmaterial\01 dokument\pm\2017-05-05\pm_2.docx

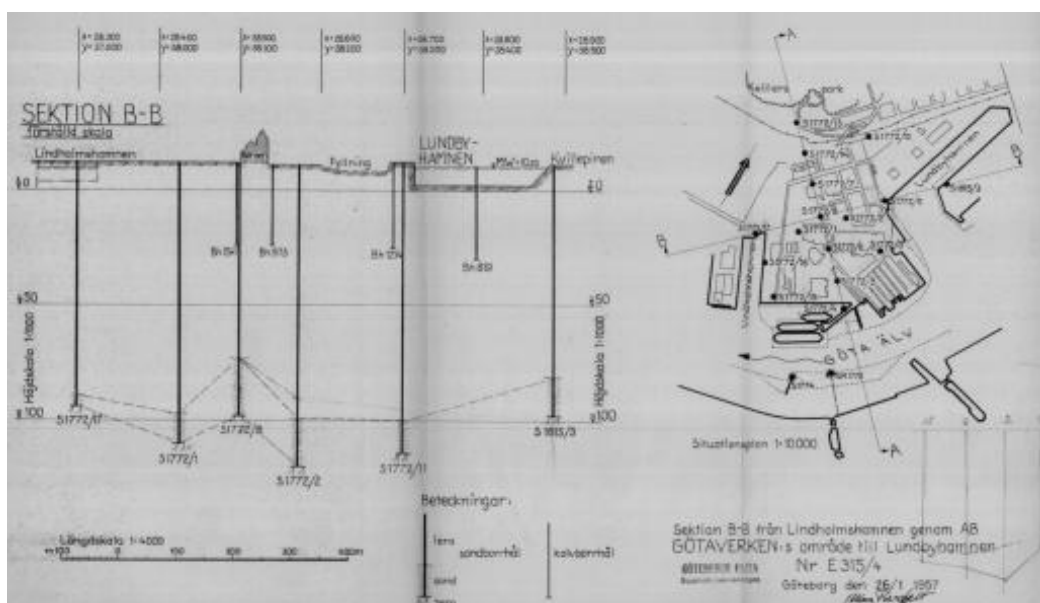
6.2 Jordlager

Jordlagerföljden inom Kvillepiren är i huvudsak följande:

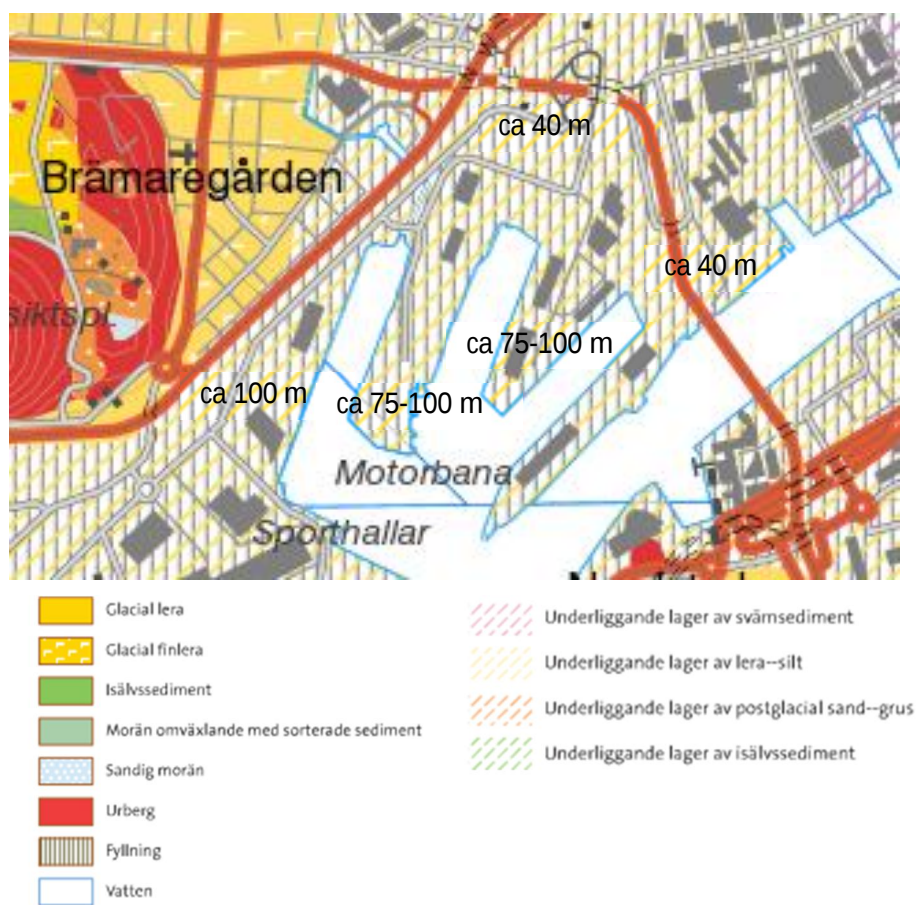
- **Fyllningsmaterial**
- **Lera**
- **Friktionsjord ovan berg**

Fyllningsmaterialet består överst av asfalt och delvis grusade ytor och därunder ca 1–2 m av krossmaterial (sten/grus/sand) och tegel. Fyllnadsmassorna är generellt att betrakta som förorenade. Under dessa fyllningsmaterial återfinns ett ca 2-5 m mäktigt lager av muddermassor (lera) som fyllts ut i omgångar på 1800-talet. Totalt är tjocklek upp till ca 5 m (inklusive muddermassor).

Leran under fyllningsjordarna utgörs av en homogen ”klassisk göteborgslera” med mäktighet på minst 50 m men med stor sannolikhet kring ca 100 m eller mer, se Figur 7 och Figur 8. Lerans densitet varierar generellt mellan ca 1,55-1,65 t/m³. Den naturliga vattenkvoten varierar i huvudsak mellan 65-80%. Konflytgränsen är relativt konstant mot djupet och ligger generellt på ca 70-80%. Leran klassas som mellansensitiv.

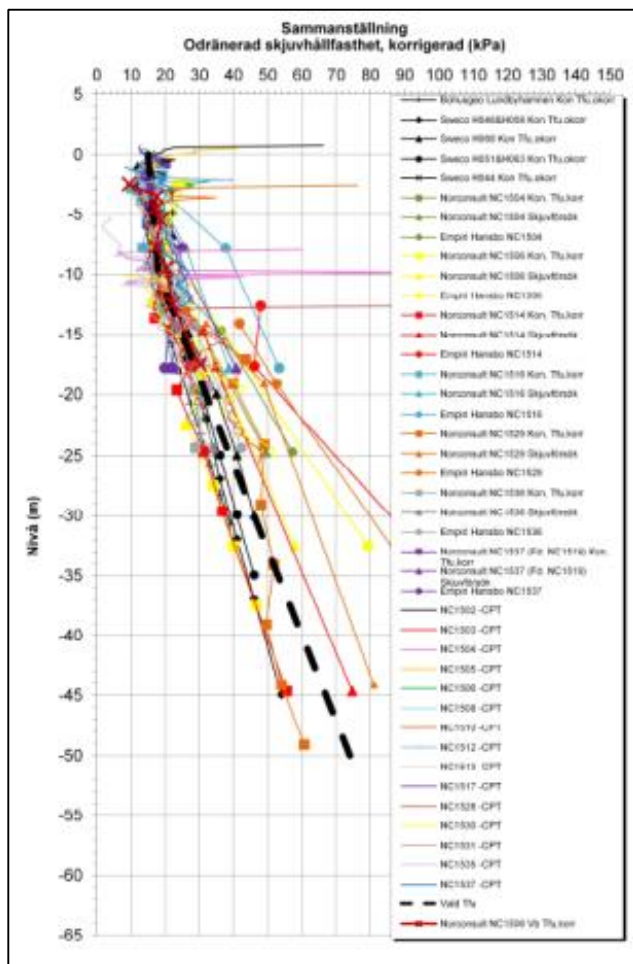


Figur 7. Plan och sektion (från år 1967) med jordmäktighet för bla del av Lundbyhamnen och Kvillepiren. Höjder i Göteborgs lokala höjdsystem.



Figur 8. SGU:s jordartskarta med approximativa jorddjup inom Frihamnen.

Den odränerade korrigerade skjuvhållfastheten är bedömd till 15 kPa vid nivå ± 0 och ökar med 0,3 kPa/m till 18 kPa på nivå -10. Därunder ökar hållfastheten med 1,4 kPa/m mot djupet. Se Figur 9. Det råder inte någon avvikelse i odränerad skjuvhållfasthet mellan den utfyllda leran (muddermassorna) och den homogena orörda leran.



Figur 9. Diagram med korrigerad odränerad skjuvhållfasthet. Svart streckad linje markerar vald hållfasthet.

Leran är att betrakta som normalkonsoliderad till svagt överkonsoliderad och därmed känslig för sättningar.

Friktingsjorden ovan berg har en mäktighet varierande mellan ca 0-30 m och har bedömts bestå av sand och grus.

6.3 Hydrogeologiska förhållanden

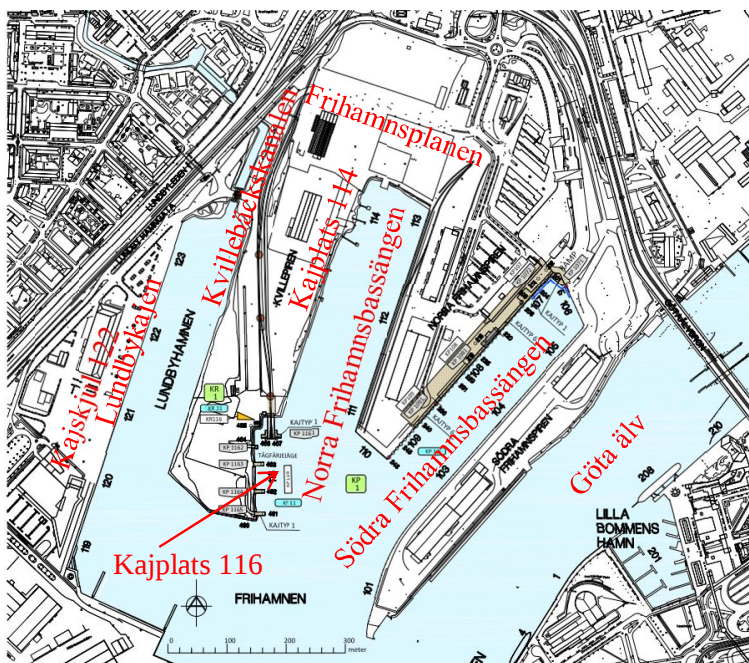
De nuvarande karakteristiska vattenstånd för Göta älv inom centrala Göteborg kan med ledning av uppmätta vattenstånd i Torshamnen antas vara följande:

Högsta högvattenstånd:	HHW (50 år)	+ 1,6
Normalt högvattenstånd:	MHW	+1,0
Normalt medelvattenstånd:	MW	+0,1
Normalt lågvattenstånd:	MLW	-0,6
Lägsta lågvattenstånd:	LLW (50 år)	-1,1

Grundvattenytan i de övre jordlagren har generellt för området uppmäts kring 1-3 m under markytan. Nivåerna närmast kajkanterna följer älvens nivå och fluktuerar kring medelvattenståndet i Göta älv. Portrycksfördelningen ner till ca 15-20 m djup är i huvudsakligen hydrostatisk utgående från medelvattennivån i älven. Inga specifika skikt i leran bedöms ha förhöjda portryck.

6.4 Befintliga byggnader och anläggningar

På Kvillepiren finns två kajkonstruktioner i form av Ro/Ro lägen vid kajplats 114 och 116, se Figur 10.



Figur 10. Översiktlig plan med kajplatser inom Frihamnen.

Det äldre Ro/Ro-läget togs i bruk 1969 och återfinns i inre delen av Kvillepiren (kajplats 114), men är numera taget ur bruk. Dykdalber och ramp finns dock fortfarande kvar och en relativt nybyggd bastuanläggning har anlagts vid det tidigare Ro/Ro-läget.

Kajanläggningen och Ro/Ro-läget längst ut på Kvillepiren (kajplats 116) är uppförd ca 1986 och användes fram till 2015 av Stenas färjetrafik. Även detta färjeläge är nu taget ur bruk. Intill och under det yttre färjeläget finns ett erosionsskydd utlagt. Ett tågspår och en väg leder tvärs över Kvillepiren ut till det yttre färjeläget.

På sydöstra sidan av Kvillepiren (i Norra Frihamnsbassängen) finns en befintlig undervattenstryckbank med en överyta på nivå ca -3 till -4. Tryckbanken sträcker sig ca 30 m ut från Kvillepiren. På den nordvästra sidan av Kvillepiren (i Lundbyhamnen) är muddermassor utlagda.

7 Stabilitetsberäkningar

7.1 Förutsättningar

Förutsättningarna för stabilitetsutredningen inom Kvillepiren baseras på Norconsults detaljplan för Frihamnen Etapp 1 (utförd enligt fördjupad utredning).

Stabilitetsutredningen har utförts enligt IEG:s tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och Bankar. Beräkningar har utförts för geoteknisk kategori 3 (GK3), motsvarande en fördjupad stabilitetsutredning. Området och förstärkningarnas komplexitet anses dock motsvara geoteknisk kategori 2 (GK2) med avseende att vedertagna förstärkningsmetoder samt att kvicklera inte förekommer inom området. Säkerhetsklass 2 (SK2) har valts.

Vid dimensionering har geokonstruktionens dimensionerande värde för respektive materialegenskap beräknas utifrån medelvärdet ($\bar{X}$). När ett lågt värde är dimensionerande används ekvation enligt nedan:

$$Xd = \frac{1}{\gamma_M} \times \eta \times \bar{X}$$

där:

X_d = Geokonstruktionens dimensionerande värde (F_c samt F_{komb})

γ_M = Fast partialkoefficient enligt nationellt annex och är beroende av "Design approach", DA (i aktuell utredning DA3). För materialparametrarna finns en

uppsättning partialkoefficienter (γ_M) angivna. Vid beräkning av dimensionerande parametrar har partialkoefficienten γ_M satts till:

- $\gamma_{M,cu} = 1,5$ (odränerad hållfasthet)
- $\gamma_{M,\phi'} = 1,3$ (friktionsvinkel, $\tan \phi$)
- $\gamma_{M,c'} = 1,3$ (effektiv kohesion)
- $\gamma_{M,\gamma} = 1,0$ (tunghet)

η = Omräkningsfaktor som tar hänsyn till marken samt omfattningen och kvalitén av markundersökningen. Vidare tar η hänsyn till den aktuella geokonstruktionen och dess geometri, brottmekanismen och beräkningsmodell. Omräkningsfaktorn beräknas enligt $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5 \cdot \eta_6 \cdot \eta_7 \cdot \eta_8$

Val av η -faktorer har gjorts enligt Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik (EN-1997-1. Kapitel 11 och 12) – Slänter och Banker:

$\eta(1,2) = 1,0$ för Cu ty fler än 5 oberoende sonderingar.

$\eta(1,2) = 1,0$ för ϕ' ty fler än 3 oberoende sonderingar.

$\eta(3) = 1,1$ för Cu ty direkta skjuvförsök eller triaxialförsök bekräftar resultat från andra undersökningar samt empiri.

$\eta(3) = 1,0$ för ϕ' ty CPT-sondering har utförts i silt och sand.

$\eta(4,5,6,7) = 1,0$ för Cu ty stor brottyta, medelvärde.

$\eta(4,5,6,7) = 1,0$ för ϕ' ty stor brottyta, medelvärde.

$\eta(8) = 1,0$ för dimensionering av slänter och bankar.

Därmed:

$\eta(1,2,3,4,5,6,7,8) = 1,0 \times 1,1 \times 1,0 = 1,1$ för Cu.

$\eta(1,2,3,4,5,6,7,8) = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 1,0$ för ϕ' .

$\bar{X}$ = Egenskapens medelvärde baserat på härledda värden Med utgångspunkt från de förutsättningar som råder inom det aktuella området har följande krav valts för aktuell stabilitetsutredning, se Tabell 1.

Tabell 1. Säkerhetsrekommendationer enligt IEG tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och Bankar. Säkerhetsklass 2 (SK2).

$X_d \Rightarrow F_c \geq 1,0$
$X_d \Rightarrow F_{komb} \geq 1,0$

7.2 Indata till stabilitetsberäkning

Stabilitetsberäkningarna har utförts med kombinerad- och odränerad analys med datorprogrammet Slope/W version 7.23 (Geostudio 2007). Redovisad säkerhetsfaktor avser Morgenstern-Price metod för cirkulärcylindriska glidytor

Materialparametrar

Valda materialparametrar redovisas i

Tabell 2 nedan samt Figur 9.

Tabell 2. Valda värden och dimensioneranedvärden till stabilitetsberäkning.

Jordlager	Materialegenskap	Valt värde baserat på härledda värden ($\bar{X}$)	Dimensionerande värde (X_d)
Fyllning	Tunghet	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\bar{X}$)
	Effektiv tunghet under gvy	$\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$	
	Friktionsvinkel	$f' = 35^\circ$	$f' = 28,3^\circ$
Erosionsskydd	Tunghet	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\bar{X}$)
	Effektiv tunghet under gvy	$\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$	
	Friktionsvinkel	$f' = 35^\circ$	$f' = 28,3^\circ$
Lera ner till nivå -10	Tunghet	$\gamma = 16,5 \text{ kN/m}^3$	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\bar{X}$)
	Effektiv tunghet under gvy	$\gamma' = 6,5 \text{ kN/m}^3$	
	Odränerad korrigerad skjuvhållfasthet	$c_u = 15 \text{ kPa}$ $+ 0,3 \text{ kPa/m}$	$c_u = 11 \text{ kPa}$ $+ 0,22 \text{ kPa/m}$
	Friktionsvinkel (dränerad analys)	$f' = 30^\circ$	$f' = 23,95^\circ$
Lera från och med nivå -10 och därunder	Tunghet	$\gamma = 15,5 \text{ kN/m}^3$	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\bar{X}$)
	Effektiv tunghet under gvy	$\gamma' = 5,5 \text{ kN/m}^3$	
	Odränerad korrigerad skjuvhållfasthet	$c_u = 18 \text{ kPa}$ $+ 1,4 \text{ kPa/m}$	$c_u = 13,2 \text{ kPa}$ $+ 1,027 \text{ kPa/m}$
	Friktionsvinkel (dränerad analys)	$f' = 30^\circ$	$f' = 23,95^\circ$

Sand	Tunghet	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	Samma som valt värde baserat på härett värde, ($\bar{X}$)
	Effektiv tunghet under gvy	$\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$	
	Friktionsvinkel (dränerad analys)	$\phi' = 33^\circ$	$\phi' = 26,5^\circ$

För beräkning i kombinerad analys har kohesionsjordens dränerade hållfasthetsparametrar bestämdes empiriskt enligt $\phi' = 30^\circ$ samt $c' = 0,1 \times c_u$

Laster, marknivåer samt bottennivåer

Som underlag till stabilitetsberäkningarna har geometrier från digital primärkarta (befintliga marknivåer) nyttjats samt batymetrisk inmätning av hamnbotten. Även historisk dokumentation av kajer och hamnanläggningar har nyttjats. Lundbyhamnens planerade sandfyllning ovanpå befintliga muddermassorna har i beräkningarna modellerats som utförd.

För stabilitetsberäkningarna har en dimensionerande last av 10 respektive 20 kPa ansatts på markytan (dimensionerande last enligt SS-EN 1990 ekvation 6.10). Lasten har ansatts i både de odränerade och de kombinerade stabilitetsanalyserna pga att lasten inte är att betrakta som en tillfällig variabel last.

Grundvatten och portrycksnivå

Grundvattenytan har baserats på utförda mätningar samt även med ledning av tidigare utredningar. Grundvattennivån bedöms ligga 1-2 m under markytan. Portrycket har i beräkningar beaktats hydrostatiskt för aktuella djup i beräkningsmodellerna och för glidyterna. Vattenståndet i Göta älv och hamnbassänger har i beräkningarna valts enligt lägsta lågvatten, LLW (nivå -1,1)

m:\104\14104\14675 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\2017-05-05\pm_2.docx

7.3 Resultat av stabilitetsberäkningar

Beräkningar av befintliga markförhållanden med tillkommande last och föreslagen fyllning visar att stabiliteten är tillfredställande, se bilaga 2 och Tabell 3.

Tabell 3. Säkerhetsfaktor F_c (odränerad analys) och F_{komb} (kombinerad analys) för befintliga förhållanden. Enligt partialkoefficientmetod och säkerhetsklass 2 (SK2) är $F \geq 1.0$ tillfredställande.

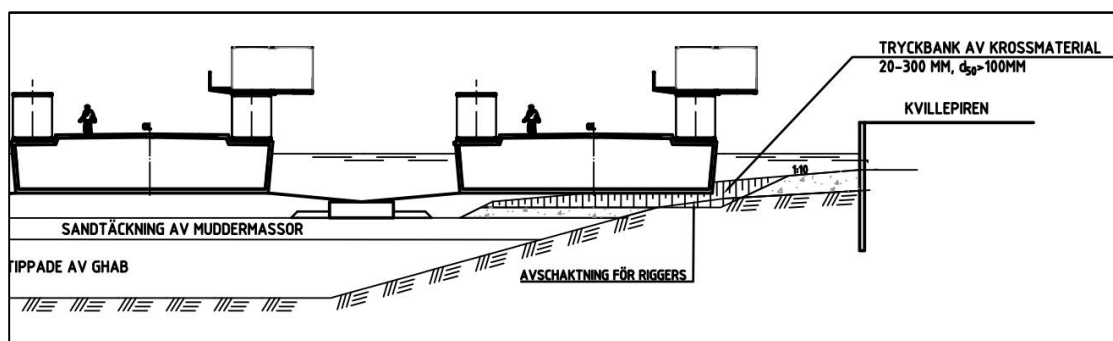
Sektion	Befintliga markförhållanden och bottenförhållanden (med och utan sandfyllning i Lundbybassängen) samt med tillförda marklaster	
	Odränerad analys, F_c	Kombinerad analys, F_{komb}
Sektion A, Mot Lundbyhamnens hamnbassäng (med sandfyllning ovanpå muddermassorna och fyllning i strandzonen)	1,03 för större glidyta som påverkar belastningszon	1,02 för större glidyta som påverkar belastningszon
	1,04 för glidyta i strandzon som inte påverkar belastningszon	1,00 för glidyta i strandzon som inte påverkar belastningszon
Sektion A, Mot Norra Frihamnbassängen	1,09 för större glidyta som påverkar belastningszon	1,08 för större glidyta som påverkar belastningszon
	1,00 för glidyta i strandzon som inte påverkar belastningszon	1,00 för glidyta i strandzon som inte påverkar belastningszon

Bilaga 1 redovisar belastningsrestriktionerna i plan.

Beräkningarna förutsätter att den planerade sandtäckningen ovanpå muddermassor i Lundbyhamnen har utförts upp till nivå -4. Därtill att utfyllnad utförts utmed Lundbykajens nordvästra strandzon. Fyllningen i Lundbyhamnbassängs strandzon har förutsatts med en utbredning av ca 25 m ut från strandlinjen, se Bilaga 1. Lutningen på fyllningen i strandzonen är ca 1:10 från nivå -4 och upp mot

Lundbypirens strandlinje. Fyllningen i strandzonen uppgår överslagsmässigt till ca 15-20 m³ per löpmeter kajsträcka. Enligt Bilaga 1 bedöms erforderlig kajsträcka till ca 400 m. Total fyllningsvolym (sand eller krossmassor) i strandzonen bedöms därmed översiktligt till ca 6000-8000 m³. Krossmassor i fraktion ca 20-300 mm med $d_{50} \geq 100$ mm kan vara lämpligt.

Under respektive flytkropp för de tillfälliga bostäderna som planeras i Lundbyhamnen kommer sannolikt smärre urgröpning i tryckbanken krävas, ca 0-1,5 m. Detta för att planerade flytkroppar/pontonier inte skall grundstöta vid låga vattenstånd. Massorna som inte får plats under flytkroppen läggs upp intill de lokala urgröpningarna och har därmed ingen inverkan på stabiliteten.



Figur 11. Principskiss på en sektion med flyttande moduler och utlagd tryckbank intill Kvillepiren.

Med ovanstående åtgärder och fyllningar är stabilitet tillfredställande.

Kommande byggnationer inom detaljplanen för Frihamnen, Etapp 1 innebär bla att kompletterande tryckbankar kommer att lägga ut i Norra Frihamnsbasängen. Arbete pågår för närvarande med detaljplanen, men denna är ännu inte antagen. Åtgärder och förstärkningsförslag tillhörande detaljplanen för Frihamnen, Etapp 1 har inte tagits i beaktan i de nu aktuella beräkningarna, men kommer att få en ytterligare positiv inverkan på nuvarande stabilitetsberäkningar.

8 Föreslag till arbetsmetodik gällande tryckbank

Föreslagen tryckbank kan läggas ut från vattnet (med flotte) i Lundbyhamnbassäng vilket är vanligt förekommande metodik.

Utläggning kan även ske från land med hjälp av långgrävare (schaktmaskin med lång räckvidd). Om fyllningen utförs från land genomförs lämpligtvis arbetet i det inledande skedet med hjälp av ett antal tillfälliga arbetsplåtar. Dessa fylls ut i Lundbyhamnbassäng, vinkelrätt ut mot befintlig kajlinje. Plåtarna utförs lämpligen med ca 30 m centrumavstånd för att möjliggöra en effektiv räckvidd för schaktmaskinerna. Fyllningsnivån på överkant dessa tillfälliga fyllningsplåtar bör vara ca ± 0 (ca medelvattenstånd). Från dessa plåtar kan därefter resterande tryckbankar successivt läggas ut med tillräcklig räckvidd. En slutjustering av tryckbankens överyta sker i samband med att plåtarna avetableras. Tryckbanksmassorna jämnas då ut så att avsedd nivå på tryckbanken överyta säkerställs.

Ett tredje möjligt alternativ till arbetsmetod är att använda schaktmaskiner som flyter ovanpå vattnet utan hjälp av flotte, sk "Bigfloat". Schakt med "bigfloat" kräver varken flotte eller belastar markytor. Metodiken har med framgång nyttjats i snarlika projekt med fyllningar i strandzonen.

9 Sättningar

Frihamnen består av lera med mycket stor mäktighet. Stora sättningar har utbildats inom området på grund av de historiska fyllningarna. Sättningshistorik från Göteborg Hamns arkiv visar dock att sättningarna inom stora delar av Frihamnen har konsoliderat för den tillförda lasten (sättningarna har avstannat). Mätdata sträcker sig från 1910-talet fram till 1980-talet. Trenderna är generella för området men visar att merparten av sättningarna inträffade ca 30-50 år från och med att tillskottslasterna pålagts markytan (undantaget Södra Frihamnspiren). Lokalt kan konstateras att en svacka orsakad av sättningar har uppstått vid Lundbyleden och Kvillebäckskanalen. Svackan sammanfaller med tidigare läge för del av Ringkanalen.

Alla tillförda laster (inklusive grundvattensänkningar) kan förutsättas generera långtidsbundna sättningar. En mycket översiktlig bedömning (baserad på historiskt dokumenterade sättningar samt utförda kompressionsförsök inom området) indikerar att konsolideringssättningar på ca 0,5 m inom 30 år kan förväntas. Sättningshastigheten bedöms vara ca 1,5-2,0 cm/år. Sättningarna förväntas utvecklas relativt jämt utan större differenssättningar under förutsättning att området kring den tidigare Ringkanalen inte belastas/bebyggs. I läget för Ringkanalen kan differenssättningar förväntas, vilket bör beaktas.

10 Erosion

Erosion har noterats längst in i Lundbyhamnen samt utmed norra strandzonen på Kvillepiren, se Figur 6 samt Figur 10. Erosionsskydd finns utlagt vid kajplats 116 på Kvillepiren vilket bedöms vara tillfredställande. Mellan kajplats 114 och 116 finns bitvis ett äldre påverk/erosionsskydd i strandzonen. Erosion i strandzonen behöver beaktas och kontinuerlig besiktning rekommenderas.

11 Översvämningar

Marknivåerna inom Kvillepiren är bitvis låga och byggnation behöver därmed beakta översvämningensrisken. Sättningsförhållandena i kombination med översvämningensrisken ökar behovet av väl planerad höjdsättning för byggnader.

12 Markföroreningar

Med anledning av utfyllnadshistorik och tidigare verksamheter inom Kvillepiren är markföroreningar att förvänta.

13 Slutsats och rekommendation

- Fyllning i strandzonen utmed Lundby pirens nordvästra sida erfordras. Fyllningen har en utbredning av ca 25 m ut från strandlinjen, se Bilaga 1. Lutningen på fyllningen i strandzonen blir ca 1:10 från nivå -4 och upp mot Lundbypirens strandlinje. Total fyllningsvolym i strandzonen bedöms översiktligt till ca 6000-8000 m³. Med ovanstående fyllning anses de geotekniska stabilitetsförhållandena tillfredställande. Belastningsrestriktioner enligt Bilaga 1 gäller. Lasterna är angivna som dimensionerande last (enligt SS-EN 1990 ekvation 6.10).
- Grundläggning rekommenderas ske med kohesionspålar eller med lastkompensation (lättfyllnad och totalkompensation). Lättfyllning som grundläggningsmetod kräver dock att upplyftningskrafter orsakade av grundvatten beaktas. Byggnader som grundläggs utan lastkompensation eller pålning kommer pga sättningar att successivt få en allt lägre

m:\104\14104\14675 arbetsmaterial\01 dokument\g\pm\2017-05-05\pm_2.docx

grundläggningsnivå. Möjlighet att justera grundläggningsnivå rekommenderas bla med avseende på översvämningsrisken.

- För delar av Kvillepiren samt längst in i Lundbyhamnen pågår viss erosion. Behovet av erosionsskydd behöver beaktas.
- Föroreningar har konstaterats i de historiska fyllnadsmassorna inom Frihamnen. Föroreningar i de ytliga jordlagren inom Kvillepiren kan förväntas.

Norconsult AB

Väg och Bana

Geoteknik

Daniel Svärd

daniel.svard@norconsult.com



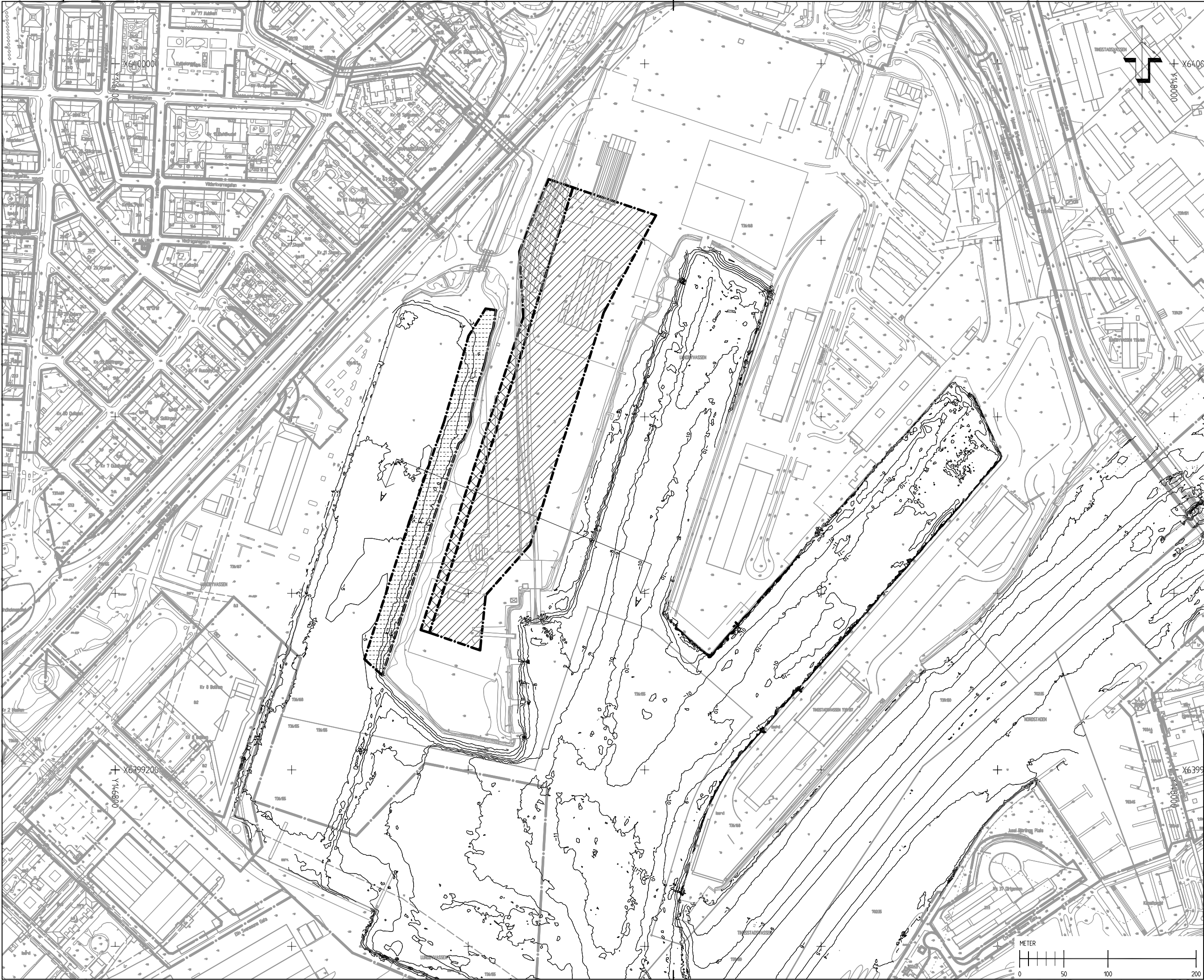
Norconsult AB

Theres Svensson gata 11

Box 8774, 402 76 Göteborg

031 – 50 70 00, fax 031-50 70 10

www.norconsult.se



ANVISNINGAR

KOORDINATSYSTEM: SWEREF 99 12 00
HÖJDSYSTEM: RH 2000

BETECKNINGAR

BETECKNINGAR ENLIGT SGF'S
BETECKNINGSSYSTEM. SE www.sgf.net

-  BELASTNINGSRESTRIKTION
10 kPa (DIMENSIONERANDE)
-  BELASTNINGSRESTRIKTION
20 kPa (DIMENSIONERANDE)
-  Fyllning i strandzonen

ANTECKNINGAR

NIVÅKURVOR FÖR BATYMETRI ÄR TILL
STÖRSTA DEL UTFÖRT UNDER 2015.

B	1	Fyllning i strandzon	TB	2017-04-13
A	1	Reviderat läge för batymetri	TB	2017-02-03

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	SIGN	DATUM
-----	-----	-----------------	------	-------



Norconsult
Norconsult AB
Box 8774, 402 76 Göteborg
UPPDRAG NR 1041467
DATUM 2016-05-06


Tfn 031-50 70 00
www.norconsult.se
RITAD/KONSTR AV T BACKMAN
ANSVARIG BERNHARD G ECKEL
HANDLAGGARE D SVÄRD

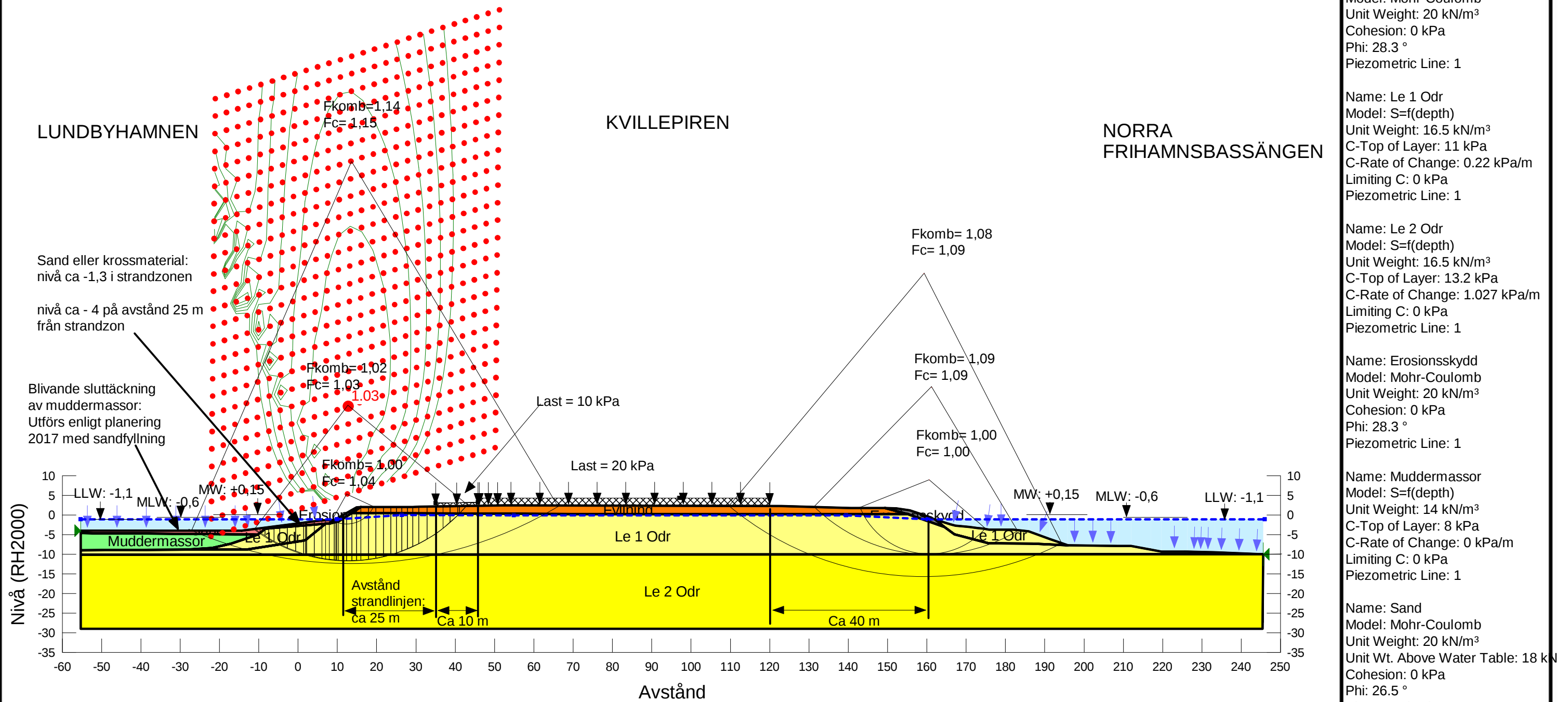
FRIHAMNEN, TILLF. BOSTÄDER
GÖTEBORG

BELASTNINGSRESTRIKTIONER & SCHAKT

SKALA 1:2000 (A1) 1:4000 (A3)	NUMMER BILAGA 1	I BET B
----------------------------------	--------------------	------------

Sektion A_sand i strandzon.gsz
Beräkningar enligt IEG, F,EN
Odränerad och Kombinerad analys

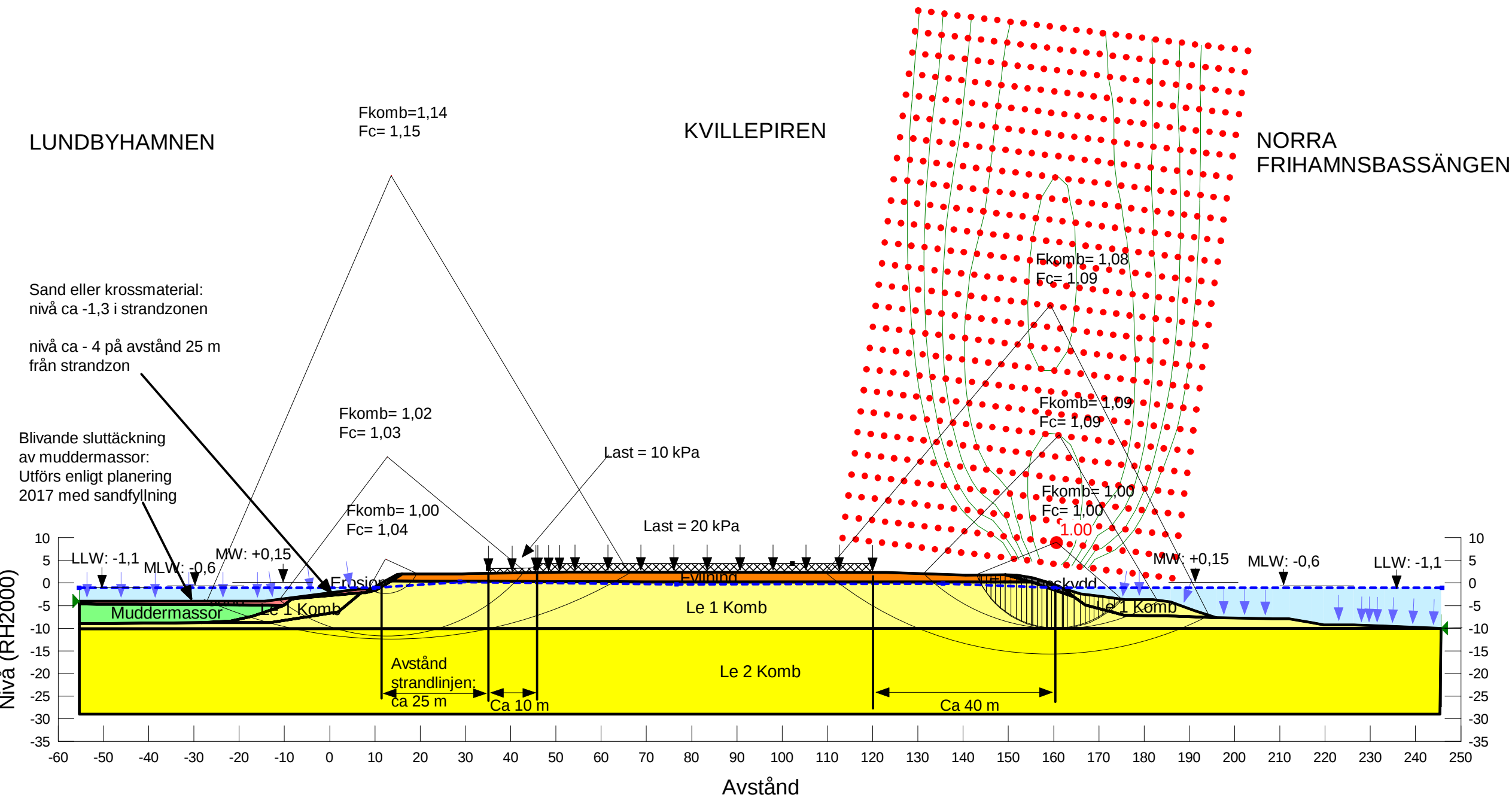
Skala (A3): 1:1000
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Stabilitetsutredning: Tillfälliga bostäder
Uppdragsnummer: 104 14 67

Sektion A_sand i strandzon.gsz
Beräkningar enligt IEG, F,EN
Odränerad och Kombinerad analys

Skala (A3): 1:1000
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Piezometric Line: 1

Name: Erosionsskydd
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Piezometric Line: 1

Name: Le 1 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 11 kPa
Cu-Rate of Change: 0.22 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115
Piezometric Line: 1

Name: Le 2 Komb
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 23.95 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 13.2 kPa
Cu-Rate of Change: 1.027 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115
Piezometric Line: 1

Name: Muddermassor
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 14 kN/m³
C-Top of Layer: 8 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Limiting C: 0 kPa
Piezometric Line: 1

Name: Sand
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 26.5 °
Piezometric Line: 1