

Vänersborgs kommun
Angelika Lunnari

Mejl: angelika.lunnari@vanersborg.se

Hamngatan

Vänersborgs kommun
Spont vid kajkonstruktion

Rev A | **PM Geoteknik**

Bilagor

Bilaga 1:1	Arbetsritning upprättad av Göteborgs Gatu AB
Bilaga 2:1-2:7	Beräkningar Spontprogrammet
Bilaga 3:1-3:5	Beräkningar GeoStudio 2021.4
Bilaga 4:1-4:16	Beräkningar Plaxis 2D

Rev A |

1. Uppdrag och syfte

Bohusgeo AB utför på uppdrag av Vänersborgs kommun en geoteknisk undersökning och utredning för detaljplan längs med Hamngatan i Vänersborg. Som en del av utredningsarbetet för detaljplan ingår kontroll av stabilitetsförhållandena inom området. Längs Hamngatan går en kaj, och under slutet av 90-talet utfördes en förstärkning av kajen i form av en glesspont.

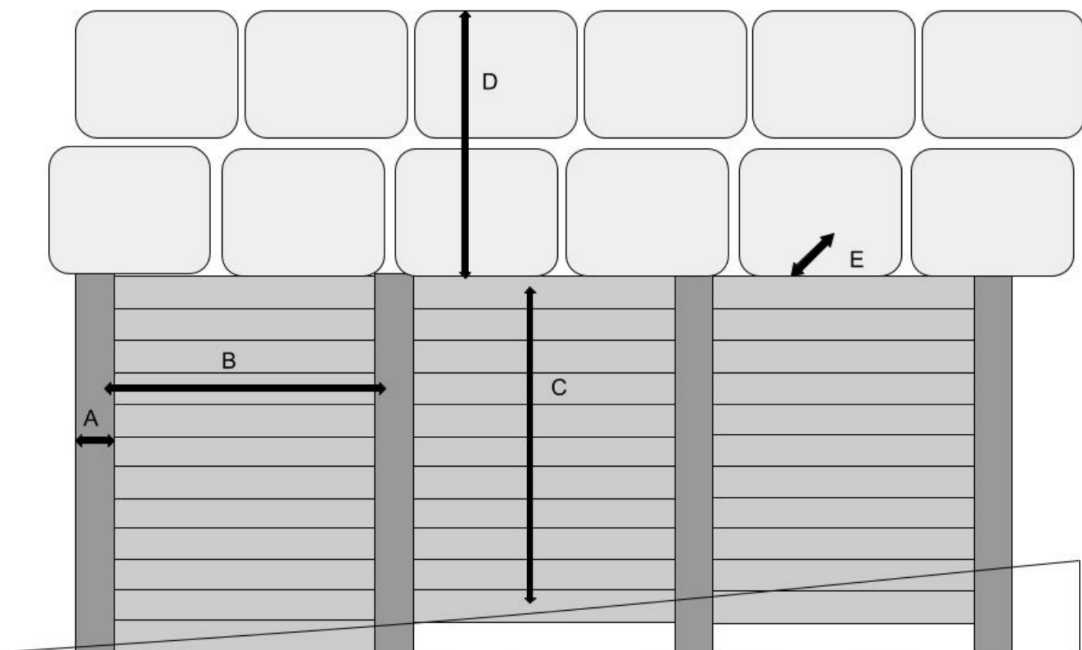
Syftet med detta PM är att redovisa Bohusgeos inledande analys av kajkonstruktionen som stabilitetsförbättrande åtgärd samt bedömda stabilitetsförhållanden i området baserat på följande underlag:

- Geoteknisk undersökning utförd av Bohusgeo AB för projektet. Undersökningen kommer redovisas i en MUR/Geoteknik framöver.
- Vänersborg, Inspektion Stenkista*, upprättad av Dawab 2024-03-14.
- Stenmurskaj, Vänersborg - Inspektion och tillståndsbedömning av kaj*, upprättad av Port Engineering 2024-04-02, uppdrag 23-038.
- Kv. Tisteln - Geoteknisk undersökning: PM beträffande detaljplan*, upprättad av GF Konsult AB, daterad 2006-10-24, uppdragsnummer 380 046 23.
- Arbetsritning över berlinerspont vid kaj, upprättad av Göteborgs Gatu AB, ritningsnummer 1, daterad 1996-05-24, reviderad 1996-06-18.

2. Befintlig byggnation och topografi

Utredningsområdet utgörs av Hamngatan i Vänersborg som i öst/sydöst avgränsas av befintliga byggnader och i väst/nordväst av Gamla hamnkanalen. I anslutning till Gamla hamnkanalen finns en kaj. Markytans nivå bakom kajen är ca +46 och är huvudsakligen plan. Nivåskillnaden mellan markytan bakom kajen och bottenivån i Gamla hamnkanalen uppgår till mellan ca 4 och ca 6 m.

Enligt ritning upprättad av Göteborgs Gatu AB och PM upprättat av GF ska en ca 1 m mäktig makadambank lagts ut framför kajen som en tryckbank i samband med den förstärkning av kajen som utfördes under 90-talet, vilket minskar höjdskillnaden till mellan ca 4,0 och ca 5,0 m, se Bilaga 1. Förstärkningen i övrigt utgjordes enligt arbetsritning, se Bilaga 1, av en glesspont (tidigare benämnt berlinspont) med bräder som utfackning mellan HEB100-balkar. Bakom glessponton har skumbetong och fiberbetong gjutits under kajmuren. Balkarna har enligt ritningen ett c/c-avstånd på 1 m, men enligt Dawabs besiktning varierar c/c-avståndet mellan ca 1,1 och ca 1,4 m, se FIGUR nedan.



Måtten på H-balks konstruktionen

- A – 10cm – H-balkens bredd
- B – varierar mellan 110cm och 140cm – CC mellan två H-Balkar
- C – varierar mellan 130cm och 220 cm – Höjden på sponton från botten till kanten.
- D – varierar mellan 180cm och 200cm – Höjden från sponton upp till kajkant
- E – varierar mellan 20cm och 30cm – djupet mellan spont och stenkista

Figur 1. Utdrag ur Dawabs besiktning av kajen.

I Port Engineerings tillståndsbedömning av kajen beskrivs hur korrosion på HEB-balkar och röta på sponkonstruktionens plank observerats. Detta bedöms enligt Port Engineering inte utgöra några problem i dagsläget. Det går dock inte att utesluta att korrosion kan bli ett problem i framtiden då sponton delvis befinner sig i vattenlinjen; ett område där kraftigt förhöjd korrosion kan förväntas.

3. Geotekniska förhållanden

Det totala sonderingsdjupet bakom kajen varierar mellan ca 10 och ca 18 m. Jordlagerdjupen blir generellt sett större åt kajen till och de mista jordlagerdjupen har påträffats i den östra delen av detaljplaneområdet. Jordlagren bedöms under det ca 0.3 m tjocka vegetationsjordlagret från markytan räknat i huvudsak utgöras av:

- fast ytlager (delvis fyllning)
- lera
- friktionsjord

Det fasta ytlagret utgörs i huvudsak av **silt, sand och grus**. Gruset utgörs helt av fyllning. Tjockleken varierar i huvudsak mellan ca 3 m och ca 6 m. Vattenkvoten har uppmätts till mellan ca 10 och ca 60 %. Silten är mycket tjällyftande och starkt flytbenägen.

Lera finns med mellan 4 och ca 8 m mäktighet. Leran är i regel siltig. Vattenkvoten har i huvudsak uppmätts till mellan ca 45 och ca 65 % och konflytgränsen har uppmätts till mellan ca 35 och ca 42% men ligger i huvudsak inom spannet 40 till 60 %.

Skjuvhållfastheten har i fält bestämts genom vingförsök och CPT-sonderingar och på laboratorium genom konförsök. En sammanställning av skjuvhållfastheterna redovisas i Bilaga 1:1.

Sensitiviteten varierar i regel mellan 29 och ca 38. Leran bedöms vara mellan- till högsensitiv men inte kvick.

För att undersöka lerans sättningsegenskaper har kompressionsförsök typ CRS utförts. Leran bedöms inte kunna påföras någon belastning utan risk för långtidssättningar. I bilaga 1:2 redovisas ett konsolideringsdiagram för undersökningspunkt 7.

Friktionsjorden under leran har inte undersökts närmare. Sonderingarna har i regel trängt ned mellan ca 0.5 och ca 6 m och stoppat i den fast lagrade friktionsjorden eller att mot sten, block eller berg erhållits.

Bergnivån har inte bestämts.

4. Geohydrologiska förhållanden

Portrycket i leran har uppmätts i 1 punkt (2 spetsar/punkt) under perioden september till november 2023. Mätningar har utförts var 4:e timma med logger. De uppmätta trycknivåerna planeras redovisas i MUR upprättad för projektet.

Den övre grundvattennivån (0-portrycksnivån) bedöms vara belägen ca 1 -1,5 m under markytan.

Portrycket har en hydrostatisk fördelning, vilket innebär en ökning med ca 10 kPa/m.

Enligt långtidsmätningar (1939-2011) varierar vattenståndet i Väneren enligt följande:

HHW +45,99	MW +44,66	LLW +43,48
------------	-----------	------------

Samtliga nivåer är angivna i RH2000.

Dessa nivåer bedöms som representativa vattennivåer för det nu berörda detaljplaneområdet.

5. Släntstabilitet

Beräkningar har utförts i två sektioner, dels för att klarlägga stabiliteten för Hamngatan, dels för motsatt sida. Vid analys av stabiliteten för Hamngatan har befintlig förstärkning av kajen beaktats genom att en beräkning först utförs i Spontprogrammet för att beräkna glesspontens mothållande kapacitet. Därefter har beräkningar utförts i Geostudio 2021.4 Slope/W. Beräkningarna har utförts med cirkulär cylindriska glidytor med odränerad (c) och kombinerad (komb) analys. Beräkningar har även utförts med FEM-programvaran Plaxis 2D för att jämföra med resultaten från övriga beräkningar. I Plaxis 2D har leran modellerats som ett odränerat material.

Beräkningarna är utförda med totalsäkerhetsanalys.

Erforderliga säkerhetsfaktorer enligt IEG R4:2010 framgår av Tabell 1.

Tabell 1 Erforderliga säkerhetsfaktorer enligt IEG R4:2010

Utredningsnivå	F_c	F_{komb}
Detaljerad utredning, befintlig bebyggelse	$\geq 1,7 - 1,5$	$\geq 1,5 - 1,3$
Detaljerad utredning, nyexploatering	$\geq 1,7 - 1,5$	$\geq 1,5 - 1,4$

Erforderlig säkerhetsfaktor har bedömts vara $F_c = 1,60$ och $F_{komb} = 1,40$ för odränerad resp. kombinerad analys.

5.1 Valda parametrar

5.1.1 Skjuvhållfasthet

Vald skjuvhållfasthet framgår i beräkningsbilagorna, Bilaga 2 och Bilaga 3.

5.1.2 Portryck och vattenstånd

Vattenstånd i Gamla hamnkanalen har ansatts densamma som LLW för Väneren, ca +43,5. Grundvattenytan bakom kajen har ansatts på samma nivå som vattenytan och portrycket har ansatts öka hydrostatiskt mot djupet.

5.1.3 Laster

För GC-vägen intill kajkant har en variabel karakteristisk last på 5 kPa ansatts. För Hamngatan har en variabel karakteristisk last på 10 kPa ansatts, då det enligt GFs PM är vid denna last som erforderlig säkerhet ska uppnås.

Den fiberbetong som är belägen bakom kajen verkar stå på pålar, varför denna bedöms ge en avlastning av en del av bakomliggande mark. Utbredningen av det avlastade området har bedömts utifrån en avlastningsspridning med lutning 1:1 från u.k. fiberbetong.

5.1.4 Glesspont

I beräkningarna har spanten modellerats som en glesspont med c/c 1,25 m bestående av HEB100-balkar. I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till den avrostning av HEB-balk eller röta på plank som observerades av Dawab.

Rev A

Rev A

5.2 Beräkningar - Befintliga förhållanden, Hamngatan

5.2.1 Spontprogrammet

Resultatet av beräkningarna i Spontprogrammet redovisas i Bilaga 2. Beräkningarna visar att spontens mothållande kapacitet begränsas av det maximala tryck som kan utbildas bakom sponten innan leran går till brott mellan HEB-balkarna. Beräkningarna visar även att momentkapaciteten i HEB-balkarna inte är erforderlig, vare sig i bruksgräns eller brottgränstillstånd.

5.2.2 GeoStudio 2021.4 Slope/W

Stabilitetsberäkningar utförda i GeoStudio 2021.4 redovisas i Bilaga 3. Beräkningarna har utförts i två steg. I första steget beaktas inte spontens mothållande effekt eller att den avlastning som ges av pålarna agerar mothållande. I andra steget beräknas den kritiska glidyten från steg 1 med de bedömda mothållande krafterna från spont och avlastad fyllning. Beräkningarna visar att stabiliteten idag är otillfredsställande. Kritisk säkerhetsfaktor har beräknats till $F_c = 1,16$ och $F_c = 1,30$ för steg 1 resp. steg 2, vilket understiger kravet på erforderlig säkerhetsfaktor.

5.2.3 Plaxis 2D

Beräkningsresultat från beräkningarna utförda i Plaxis 2D redovisas i Bilaga 4. I beräkningarna har HEB-balkar, betong, kajmur och träpålar modellerats baserat på befintligt underlag. Beräkningarna visar att säkerhetsfaktorn mot brott är ca $M_{sf} = 1,16$ om en momentkapacitet på 25 kN/m ansätts i HEB-balken, och ca $M_{sf} = 1,24$ om momentkapaciteten i HEB-balken inte beaktas. I båda fall underskrids kravet på erforderlig säkerhetsfaktor och balkens momentkapacitet överskrids.

5.3 Beräkningar - Befintliga förhållanden, västra sidan

5.3.1 GeoStudio 2021.4 Slope/W

Stabilitetsberäkningar utförda i GeoStudio 2021.4 redovisas i Bilaga 3. Beräkningarna har utförts för befintliga förhållanden och visar att stabiliteten idag kan klassas som tillfredsställande då kritisk säkerhetsfaktor $F_c = F_{komb} = 1,65$, vilket uppfyller kravet på erforderlig säkerhetsfaktor.

5.4 Beräkningar - Åtgärdsförslag, Hamngatan

5.4.1 GeoStudio 2021.4 Slope/W

Stabilitetsberäkningar utförda i GeoStudio 2021.4 redovisas i Bilaga 3. För att uppnå tillfredsställande stabilitet för Hamngatan och kajen krävs att en åtgärd utförs. En kombination av lastbegränsningar, tryckbank och lättfyllning har därför analyserats. Erforderlig säkerhetsfaktor för odränerad och kombinerad analys erhålles vid följande omfattning:

- Lättfyllning (i beräkningarna har LECA ansatts) till 15 m bakom kajkant, med en tjocklek på 1,4 m under en överbyggnad på 0,7 m. Mängden LECA blir ca 13-14 m³ per löpmeter kaj.
- Tryckbanken framför kajkant utökas med 4 m. Mängden tryckbank blir ca 5-6 m³ per löpmeter kaj
- Tillåten last från trafik begränsas till 10 kPa.

Ovan föreslagen mängd LECA har kontrollerats för uppflytning och erforderlig säkerhetsfaktor uppnås. Vid analys av lämpliga åtgärder har ett bidrag från glessponten framför kajen medräknats på samma sätt som för befintliga förhållanden.

Rev A

5.5 Slutsats

Beräkningarna visar att släntstabiliteten väster om hamnkanalen är tillfredsställande i anslutning till planområdet. För den östra delen, vid befintlig kaj, uppnås inte erforderlig säkerhetsfaktor och stabiliteten för kajkonstruktionen och Hamngatan bedöms således vara otillfredsställande utifrån tillgängligt underlag över kajens konstruktion.

För att undersöka möjliga vägar till förstärkning av kajen och släntstabiliteten för Hamngatan har ett förslag med en kombination av tryckbank framför kajen, lättfyllning i Hamngatan samt belastningsrestriktioner analyserats och bedöms vara en möjlig lösning för att erhålla tillfredsställande släntstabilitet. Ett annat alternativ är att glessponten framför kajkonstruktionen förstärks ytterligare.

Innan en mer detaljerad utformning av förstärkningar tas fram föreslås att kompletterande undersökningar utförs för att uppnå fördjupad utredningsnivå, då en mer utförlig undersökning ger ett bättre underlag för bedömning av jordens egenskaper, vilket medger att lägre krav på säkerhetsfaktor kan accepteras och att åtgärdens omfattning därmed kan reduceras.

Rev A