

REJLERS

Geotekniskt PM


Sammanställd inventering

Geoteknisk utredning vid Hamnområdet
Enköpings kommun

R-Infra 26086

Rejlers AB

2026-03-26

Uppdragsnummer 192788	R-Infra 26086	Datum 2026-03-26	Antal sidor 44	Antal bilagor -
Uppdragsledare Didrik Almqvist		Beställares referens John Nevrlý		Beställares ref nr -
Beställare Enköpings kommun				
Rubrik Geotekniskt PM, Sammanställd inventering				
Underrubrik Geoteknisk utredning vid Hamnområdet, Enköpings kommun				
Författad av S. Johansson				Datum 2026-03-26
Granskad av F. Willer				Datum 2026-03-16
Rejlers AB www.rejlers.se Invoice.RejlersSverige@ rejlers.se Org.nr: 556051 – 0272	Stockholm Lindhagensgatan 126 112 51 Stockholm Tel: 077-178 00 00	Uppsala Stationsgatan 12 753 40 Uppsala	Teknik & Innovation Vaksala-Eke, Hus H Uppsala	Göteborg Vestagatan 6 416 64 Göteborg

Innehållsförteckning

Inledning	1
Blivande anläggning	1
Syfte.....	1
Underlag för inventeringsarbetet	1
Inledande sammanställning av utredningen.....	3
Behov av kompletterande markundersökning.....	4
Befintligt nyttjande av marken	6
Terrängens höjder	7
Jordarter	8
Gyttjelera	8
Projektområdet.....	9
Utredningsområdet.....	12
Jorddjup	14
Grundvattensituation	15
Kajerna längs Enköpingsån.....	17
Kaj A	18
Kaj B	18
Kaj C.....	18
Kaj D.....	19
Kaj E	20
Kaj F	20
Kaj G.....	20
Kaj H.....	20
Brister & Renoveringsbehov.....	20
Kaj A, B, C	20
Kaj D.....	20
Kaj E	21
Kaj F	21
Kaj G.....	21
Kaj H.....	21
Föreningssituation.....	22
Markegenskaper och jordparametrar	23
Friktionsvinkel	24
Elasticitetsmodul	25

Skjuvhållfasthet	27
Dimensioneringsförutsättningar	31
Genomsläpplighet	31
Erosion	33
Sättningar	33
Stabilitet	36
Geotekniska åtgärdsförslag.....	38
Ytligare åtgärdsförslag.....	39
Geoceller	39
Cellplast.....	39
Geotextilier.....	40
Geopolymerinjektion	40
Funktionella diken	40
Dränerande markstensbeläggningar	40
Lättfyllning	40
Cementbunden lättklinker.....	41
Åtgärdsförslag djupare i markprofilen.....	41
Vertikaldränering	41
KC-Pelare	43
Funktionella stenpelare (Grundförstärkning)	43
Schakter	43
Slutlig sammanfattning	44

Inledning

Enköpings kommun utreder förutsättningarna för att omvandla hamnområdet till hållbara kvarter med bostäder, handel, aktiviteter, grönska, ökad vattenkontakt och bryggor.

Med fokus på projektområdet har geotekniska förutsättningar registrerats och sammanställts. För en bättre helhetsbild samt uppskattning av eventuell ytterligare påverkan inkluderas hela utredningsområdet där påverkan även kan antas uppstå, för en översiktlig geoteknisk utredning. Denna rapport utgör en förstudie med kunskapsunderlag inför planering av framtida markarbeten.

Blivande anläggning

I nuläget är det dock inte fastställt var inom projektområdet det planeras utökade arbeten, nya byggnader, m.m. och inte exakt var bebyggelser kommer att ske. Detta medför att en generell utredning genomförs av hela det angivna projektområdet på fig. 2, för bedömning av vilka åtgärder och undersökningsbehov som erfordras.

Syfte

Syftet med den geotekniska utredningen av området "Hamnen" är att framlägga och redovisa områden som anses lämpliga för markanvändning samt delar för placering av nybyggnationer och anläggningar, baserat på resultatet av den geotekniska utredningen och aktuella förutsättningar, med redogörelse av relevanta åtgärdsförslag. En enhetlig översiktlighet av markförutsättningarna erhålls genom att sammanställa geoteknisk information ur dataunderlag, samt jämföra detta med SGU:s kartunderlag.

Underlag för inventeringsarbetet

- ❖ Lundström, K, Dehlbom, B, Löfroth, H & Vesterberg, B, *Klimatlasters effekter på naturlig mark och geokonstruktioner, – geotekniska aspekter på klimatförändringen*, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping, 2018-04-16.
- ❖ Forsgård, M, *SGU-RAPPORT 2020:20; Geologisk 3D-modell, Enköpingsåsen*, Sveriges geologiska undersökning, SGU, Uppsala, 2020-06.
- ❖ Danielsson, M, Karlsson, A, *MUR/Geoteknik; Enköping, Utbyggnad allmänt VA omvandlingsområden, Munksundet – Haga*, Sweco Civil AB, Norrköping, 2019-08-22.
- ❖ Danielsson, M, Karlsson, A, *Projekterings PM/Geoteknik; Enköping, Utbyggnad allmänt VA omvandlingsområden, Munksundet – Haga*, Sweco Civil AB, Norrköping, 2019-09-11.
- ❖ Mäkinen, M, Karlsson, A, *PM – Översiktlig miljöteknisk markundersökning i Munksundet*, SWECO Environment AB, 2020-03-06.
- ❖ Danielsson, M, Lundkvist, D, *PM – sammanställning nya och gamla geotekniska underlag*, Sweco Civil AB, Norrköping, 2019-12-19.
- ❖ *Geoteknisk Undersökning, PM – Underlag för projektering*, Bjerking Ingenjörbyrå AB, Uppsala, 1999-08-17.
- ❖ Holmquist, J, *Sjömätning*, Sweco Civil AB, 2019-04-05.
- ❖ Carlsvärd, C, *Kajer Enköpingsån; Rapport Geoteknisk undersökning*, Grontmij AB, Stockholm, 2009-06-17.
- ❖ Lehmann, A, *Kajer Enköpingsån; Teknisk PM Geoteknik*, Grontmij AB, Stockholm, 2009-09-09.

- ❖ Andersson, M, *PM Miljöteknisk markundersökning; Kryddgården 5:13, del av Hamngatan – träkaj Enköping*, Bjerking AB, Uppsala, 2012-02-08.
- ❖ Hansson, F, *Tillståndsbedömning av kajer, Enköpings kommun*, Carl Bro AB, Stockholm, 2007-02-13.
- ❖ Hugner, A, Fahlström, S, *PM beträffande skador i hamnen*, Carl Bro AB, Stockholm, 2005-09-26.
- ❖ Johansson, T, *PM Deformationer i träspontkonstruktion*, Bjerking AB, Uppsala, 2012-03-07.
- ❖ Johansson, T, *PM Sättningar i byggnad*, Bjerking AB, Uppsala, 2012-02-29.
- ❖ Eriksson, J, Dahlin, S, Nilsson, I, & Simonsson, M, *Marklära*, Studentlitteratur AB, Lund, 2011.
- ❖ *Leca® lättklinker | Infrastruktur & anläggning; dokument & anvisningar*, Leca Sverige AB, 2025-05.
- ❖ *Översvämningskartering*, MSB, 2014.
- ❖ Bjerrehorn, F, & Årbrink, M, *Utredning av kajer – Åtgärdsförslag inför muddring*, WSP Bro & Vattenbyggnad, Stockholm-Globen, 2021-12-07.



Figur 1. Översiktsbild av utredningsområdet markerat på flygfoto (Källa: Lantmäteriet).



Figur 2. Översiktsbild av projektområdet markerat på flygfoto (Källa: Lantmäteriet).

Inledande sammanställning av utredningen

Projektområdet omfattar en yta av total storlek på ca. 0,505 km², vilket är markerat på fig. 2. Denna rapport utgör främst en sammanställning av tidigare utförda geotekniska undersökningar, vilka anges i referenslistan, och ska fungera som en övergripande helhetsbild av rådande förhållanden som underlag inför nästa geotekniska steg.

Marken i projektområdet utgörs generellt av ett några meter tjockt lager gyttjelera på ett mäktigare underliggande lager av postglacial lera, och till största delen med ovanlagrande fyllning, vilket förekommer på östra sidan av *Enköpingsån*. På ett mindre område i norra delen förekommer även fyllning på isälvssediment. Denna markuppbyggnad har dock uppvisat låg hållfasthet och riskerar att deformeras vid tyngre belastningar då storskaliga sättningar kan bli ett faktum. Hållfastheten för leror kan vara låg även vid stora djup. Enligt angivna värden i projektområdet har det framlagts att en skjuvhållfasthet förekommer med värden som är låga till extremt låga, vilket därför måste tas på allvar och åtgärdas. Detta kan bekräftas genom att utföra nya sonderingar och provtagningar vid aktuella platser, och rekommenderas inför nya anläggningar.

Marken i det övriga utredningsområdet, se fig. 1, har även innehåll av glacial lera, ytligt berg och postglacial finsand. Sandig morän, delvis med blockhaltig yta och moränrygg (bredd <30 m) förekommer i det södra området. Isälvssediment, med krön på isälvsavlagring samt strandvall finns i området på västra sidan.

Jordmaktigheten inom aktuellt projektområde är stort och varierar mellan ca. 10 - 50 m.

Sulfidlerans försurande egenskaper påverkas dock vid syresättning, och detta i samband med schakter vilket ska undvikas i sådana områden i möjligaste mån. Sulfidjordar omvandlas till sur sulfatjord när de kommer i kontakt med luft. Oxidering av järnsulfider snabbar på den kemiska vittringen, vilket gör att höga salthalter bildas samt lågt pH i dräneringsvattnet. Urlakning kan ske vid vattenöverskott i jorden, då markens porsystem bidrar till ämnestransport genom markprofilen.

De utmaningar som projektområdet står inför är framför allt den höga vattenhalten i marken, som vid högre belastningar kan orsaka sättningsproblematik. Även schakter kan bli utmanande i den lösare leran som föranleder planering och anpassade släntlutningar, m.m.

Generellt råder högre värden av vattenkvoter och konflytgränser inom projektområdet, vilket indikerar en svagare jordstruktur som är mer utsatt vid markpåverkan. Nederbördsmängden styr och påverkar även hur gyttjeleran kan användas. I första hand ska det övervägas att bygga säkrare på den aktuella marken, då det finns konkreta exempel på brister med storskaliga sättningar av byggnader och kajområde. I helhet eftersträvas förbättrande åtgärder som inte påverkar marken ytterligare, såsom lättfyllnadsmaterial.

Markens infiltrationsförmåga kan dock innebära svårigheter vid överflöd av vatten, följaktligen kan problem uppstå gällande ökade risker för skjuvningar och därpå anläggningar. Långvariga fuktproblem kan medföra att byggnader försvagas och sammanfaller/rasar om inga åtgärder vidtas. Hela området rekommenderas upphöjas, då översvämningar kan vara ett långsiktigt hot.

Tjälproblem föreligger i den tjocka leran då lera håller kvar vatten som sedan expanderar vid frysning och lyfter marken, en markhöjning sker då temporärt. För att motverka detta krävs åtgärder i form av dränerande material samt ev. tjälisolering.

Lösningar bör utformas i ett långsiktigt perspektiv. Olika typer av metoder kan fördelaktigt kombineras för att utgöra ett beständigare skydd och förstärkning av marken.

Behov av kompletterande markundersökning

Inför nyanläggningar rekommenderas att en noggrann undersökning av markens förutsättningar genomförs för att tydliggöra vilka åtgärder som anses nödvändiga vid specifik plats. Det bör noga övervägas vilka åtgärdsalternativ som lämpar sig bäst som lösning för problematiken vid markanläggningarna.

En geoteknisk undersökning kostar i regel runt 30 000 kr/fältdag med ev. tillkommande kostnader för specifika metoder, inmätningar och laboratorieanalyser.

Lämpliga metoder vid lerbeförekomster

- Kolvprovtagning (Kv)
- Fältvingförsök (Vb)
- Spetstrycksondering med portrycksmätning (CPTu)
- Dilatometerförsök (DMT)
- Skruvprovtagning (Skr)

Vid noggrannare beräkningar av sättningar samt stabilitet krävs *kolvprovtagning* som används för att ta upp *ostörda* jordprover av lera på större djup. Fallkonförsök vid lab. på dessa prover ger information om den naturliga skjuvhållfastheten. Ödometerförsök-CRS är den analysmetod som anger data om jordens spännings-/töjningsbeteende och sättningsegenskaper.

I tabellen redovisas prioriterade laboratoriemetoder som normalt används för analyser av lera.

Observera att angivna metoder även kan ingå i paketpris vid olika laboratorium, och att tillägg av specifika analyser även kan göras.

Tabell 1. Prioriterade lab. metoder som används vid analyser av lera, generella priser per jordprov anges.

Lab. metod	Analys	Pris (kr/prov)
Ödometerförsök/CRS <i>utförs på Kv-prover</i>	Bedömning av lerans kompressibilitet, förkonsolideringstryck och konsolideringshastighet.	3000–5000
Fallkonförsök <i>utförs på Kv-prover</i>	Bedömning av odränerad skjuvhållfasthet.	300–500
Konflytgräns <i>utförs på Skr/Kv-prover</i>	Bedömning av jordens flytgräns.	300–500
Permeabilitetsförsök <i>utförs på Kv-prover</i>	Bedömning av vätskors (vatten) förmåga att passera genom jorden. Genomsläpplighet.	2500
Vattenkvot <i>utförs på Skr/Kv-prover</i>	Porvattnets och jordkornens massa.	250–300

Tätheten av undersökningspunkter, antalet per yta, beror dock på det aktuella förhållandet med förekommande anläggningar enl. fig. 2. Detta medför att begränsade områden på planerade ytor kan undersökas och att inte hela ytorna på fig. 3 blir aktuella att provta/sondera. Grundvattennivåer rekommenderas även kontrolleras där detta är väsentligt.

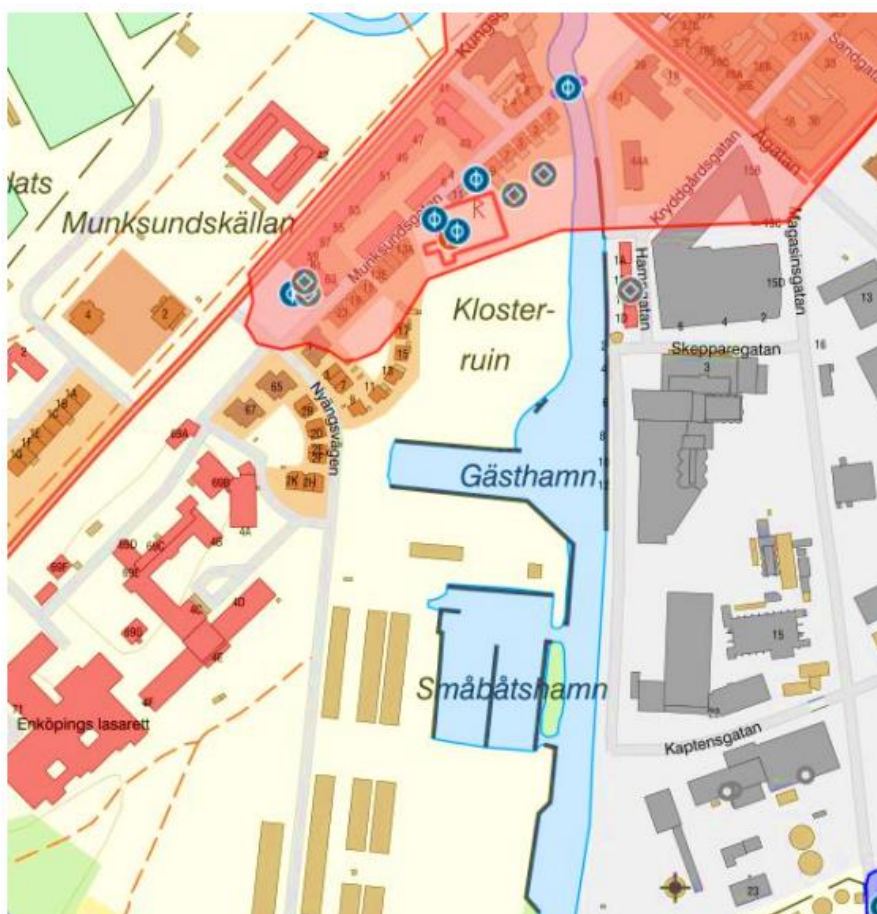


Figur 3. Ytor för planerad markundersökning där gråa ytor är placerade på områden/fastigheter som planeras undersökas vidare och gröna ringar anger lämpligt område för nya punkter. Kryss symboliserar att data från tidigare markundersökningar finns tillgängligt och att platsen inte prioriteras i första hand (Källa: SGI-Geodatasamverkan).

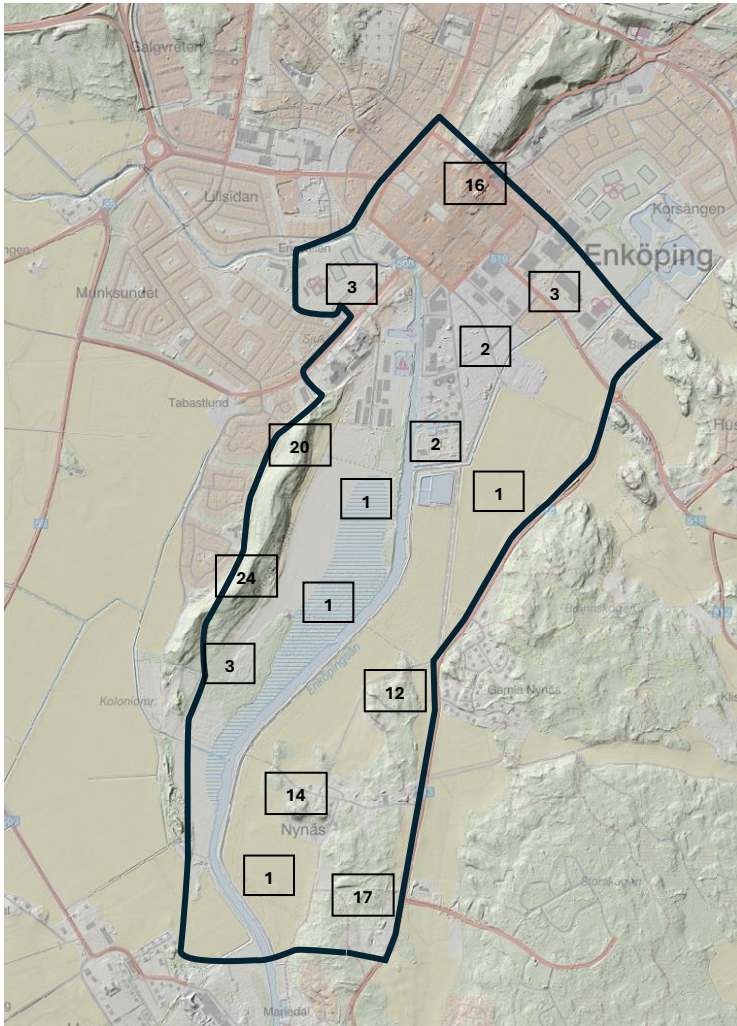
Befintligt nyttjande av marken

Inom projektområdet på ca. 0,505 km² (markerat på fig. 2) finns byggnader, flervåningsbostadshus, hamnområde och öster om ån ett verksamhetsområde med ett flertal olika verksamheter och stadens värmeverk. Väster om ån utgörs projektområdet främst av en småbåtshamn med vinterförvaring av båtar (det s k varvet). Ett reningsverk finns i södra delen av projektområdet. Befintlig bebyggelse tillhörande båtuppställningsplatsen finns väster om *Enköpingsån* samt anläggningar tillhörande reningsverket på östra sidan. I norra delen finns en klosteruin, samt grönområde söder om *Munksundsgatan* och genom *Klosterparken*. Ruinerna ifrån Franciskanerklostret är från 1200-talet och numer begravt under jord, se fig. 4. I detta område påträffas även ett gammalt stadslager, vilket därför anses vara ett begränsat område för stadsutveckling. Fram till mitten av 1960-talet fanns järnvägsspår längs nuvarande *Hamngatan*. Enköpings lasarett är beläget strax utanför projektområdet.

Utredningsområdet, markerat på fig. 1, innehar skogspartier med tät skog och ytblockig terräng. Befintlig bebyggelse finns vid *Haga* som utgörs av enbostadshus, samt äldre bebyggelse tillhörande *Tegelbruket*. Fälttävlansbana finns inom utredningsområdet.



Figur 4. Kulturlämningar i norra projektområdet (Källa: Fornsök, Riksantikvarieämbetet).



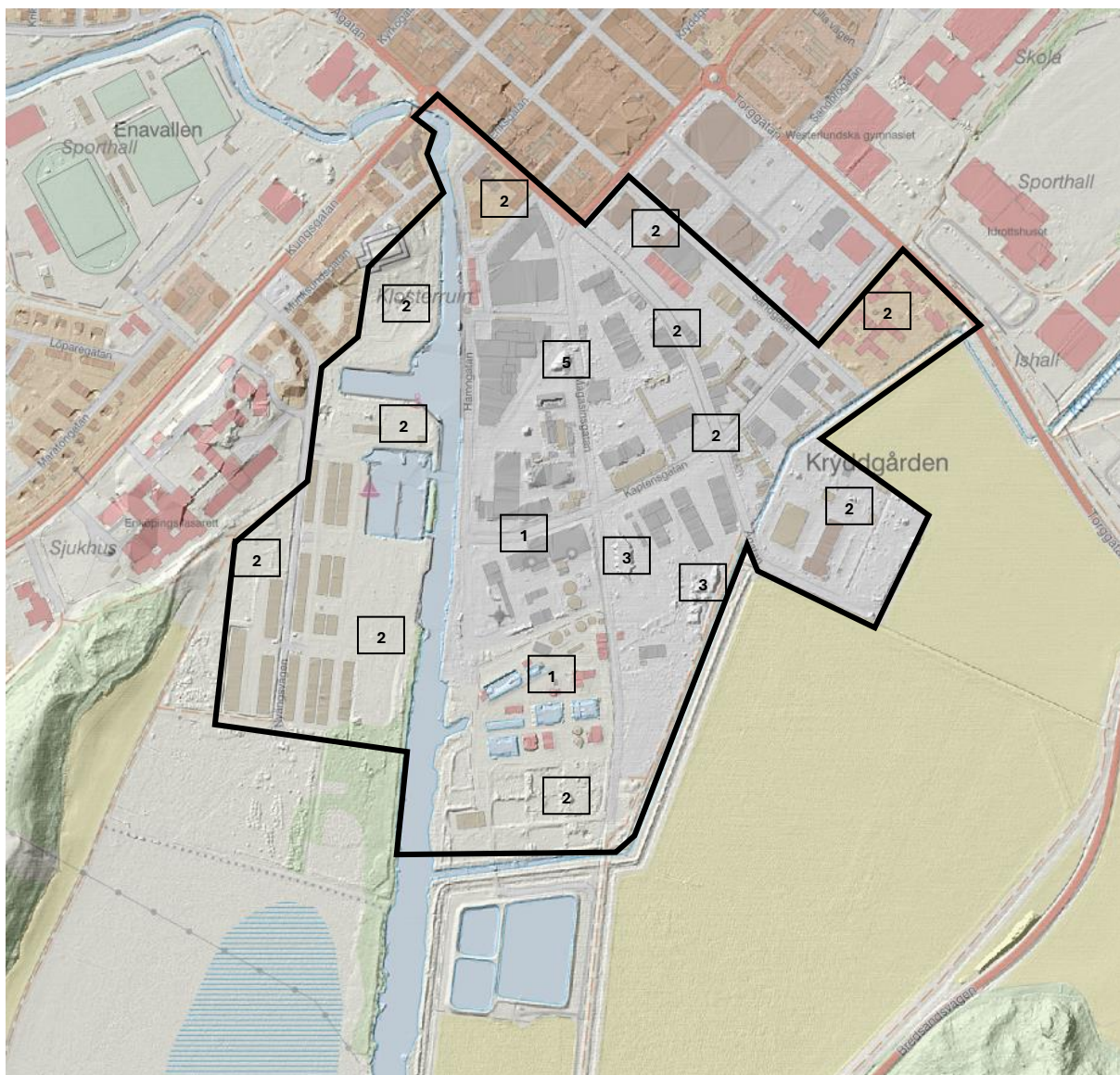
Figur 5. Utredningsområdet markerat på karta med terrängskuggning, antyder variationer i höjddata angivet i m ö.h. (Källa: Lantmäteriet).

Terrängens höjder

Utredningsområdet har större variationer i höjddata, se fig. 5.

Inom projektområdet är markytan relativt flack och låglänt, se fig. 6.

Inga markhöjder finns registrerade under *Mälarens* nivå, som har ett medelvattenstånd på ca. +0,87 m. Marknivåerna invid kajerna varierar mellan ca. +1,0 och +2,0. Inmätta marknivåer inom hamnområdet är dock i nuläget generellt under LST rekommenderade grundläggningsnivåer.



Figur 6. Projektområdet markerat på karta med terrängskuggning, antyder ett relativt plant område med höjddata angivet i m ö.h. (Källa: Lantmäteriet).

Jordarter

Marken i projektområdet utgörs främst av ett några meter tjockt lager gyttjeler på ett mäktigare underliggande lager av postglacial lera och till största delen med ovanlagrande fyllning, vilket förekommer på östra sidan av *Enköpingsån*. På ett mindre område i norra delen förekommer även fyllning på isälvsediment, se fig. 7–8. Fyllning utgör ett beständigare material ovanpå den djupa leran, som därefter är belägen på ett lager friktionsjord på berg.

Marken i det övriga utredningsområdet, se fig. 10, har även innehåll av glacial lera, ytligt berg och postglacial finsand. Sandig morän, delvis med blockhaltig yta och moränrygg (bredd <30 m) förekommer i det södra området. Isälvsediment, med krön på isälvsavlagring samt strandvall finns i området på västra sidan.

Gyttjeler

Gyttjeleran har bildats efter inlandsisens avsmältning genom att sediment avsatts på sjö- och havsbottnar via anaerob nedbrytning i näringsrik miljö. Färgen är grön-/brunaktig vilken dock

ljusnar vid torkning. Gyttja består av nedbrutna växt- och djurrester, rika på fett och äggviteämnen, med inblandning av finkornigt, mineraliskt material. Gyttja har vanligen en fet, geggig konsistens, och i ett naturfuktigt tillstånd en elastisk massa. I vått tillstånd har den låg hållfasthet samt är vanligen starkt sättningbenägen, vilket föranleder problem. Organiska jordar trycks lätt ihop vid belastning och har låg hållfasthet, dy samt gyttja har vanligen mycket låg hållfasthet. Gytjelera har en tät, finkornig struktur som gör den mindre genomsläpplig för vatten. Samtidigt har gytjelera en stark koppling till klimatet som dock kan leda till att den har olika genomsläpplighet beroende av klimatet. Jorden förekommer i regel under högsta kustlinjen (HK), och är belägen lågt i terrängen. Skrymdensiteten är tätheten hos jorden med dess hålrum och porvatten inräknat. Generellt råder låg skrymdensitet i projektområdet, vilket innebär att vikten på jordmaterialet är låg i förhållande till dess volym, och att jordmaterialet är poröst eftersom mycket luft, vatten och porer förekommer emellan jordpartiklarna. I samband med dränering och upptorkning krymper denna jordart mycket samt irreversibelt, varpå en stabil struktur erhålls som oftast får ett genomgående spricksystem (permanent sprickbildning) och utgör ett naturligt dräneringssystem i jordprofilen där sprickornas ”väggar” ofta stabiliseras av beläggningar bestående av järnoxider. I en sulfidrik gyttjelera kan surhetsgraden minimeras genom dränering, utlakning och ev. kalkning. Hos gyttj jordar sjunker även pH-värdet med djupet på grund av svaveloxidationen, och stiger sedan hastigt då anaeroba (syrefria) förhållanden råder. Sulfidjordar omvandlas till sur sulfatjord när de kommer i kontakt med luft, som då frigör metaller. Oxidering av järnsulfider snabbar på den kemiska vittringen, vilket gör att höga salthalter bildas samt lågt pH i dräneringsvattnet. Eventuell utlakning av skadliga tungmetaller är även en risk då lösligheten ökar med ett sjunkande pH-värde. Utlakning kan ske vid vattenöverskott i jorden, då markens porsystem bidrar till ämnestransport genom markprofilen.

Projektområdet

Tidigare utförda markundersökningar vid *Munksundet*, främst området vid klosterruinen från franciskanerklostret på nordvästra sidan om ån, påvisar förekomst av fyllning; sand och lera, med inslag av tegelrester. Underlagrande jordlager består där av djup sulfidhaltig, lös till mycket lös lera, ovan friktionsjord som sannolikt utgörs av silt/sand.

Vid en preliminär jordartsbedömning i samband med miljöprovtagning i *Munksundet* (2020) samt även i södra delområdet, indikerades ca. 0,2–1,9 m fyllnadsmaterial av silt, sand, lera, grus och torv, som underlagras av naturligt material bestående av gytjelera samt sulfidlera.

Miljöprovtagning vid *Kryddgården 5:13* påvisar att översta 0,6–1,1 m består av fyllnadsmaterial med sandig, grusig karaktär som underlagras av ca. 0,3–0,8 m torrskorpelera. Därefter finns gyttjig lera. Tegelrester fanns i fyllningen på 0,8–0,9 m u my.

Söderut utgörs jorden av tunnare torrskorpelera på ca. 8 m lös till mycket lös, sulfidhaltig lera på silt. Sönderat djup uppgår till drygt 20 m, med 8 – 12 m avbruten sondering utan stopp mot fast botten. Vid slamdammarna söder om Enköpings kommuns reningsverk på *Nynäs S:1* (mellan ån och cykelvägen Bredsand-Enköping) utgörs undergrunden av 0,3 m mulljord, på ca. 14–30 m kohesionsjord med störst mäktighet i väst och grundast i öst, med underlagrande friktionsjord. Överst på leran finns ca. 1 m lager av torrskorpekaraktär, som följs av lera med mycket lös till lös karaktär.

Kaj A: ca. 1,5–2 m fyllning av sand, silt och även tegelrester. Under fyllningen finns sulfidhaltig lera med mäktigheten ca. 0,5 - 5 m som i övre lager har torrskorpekaraktär. Silt är underlagrande med ca. 6 - 11 m mäktighet, därefter finns grövre friktionsjord.

Vid träspontkonstruktionen finns ca. 0,5–1,5 m fyllning av lera, sand, silt, varefter lager av

sulfidhaltig lera förekommer med mäktigheten ca. 4–7 m. Leran är i övre lagret av torrskorpekaraktär, och under detta finns >20 m silt.

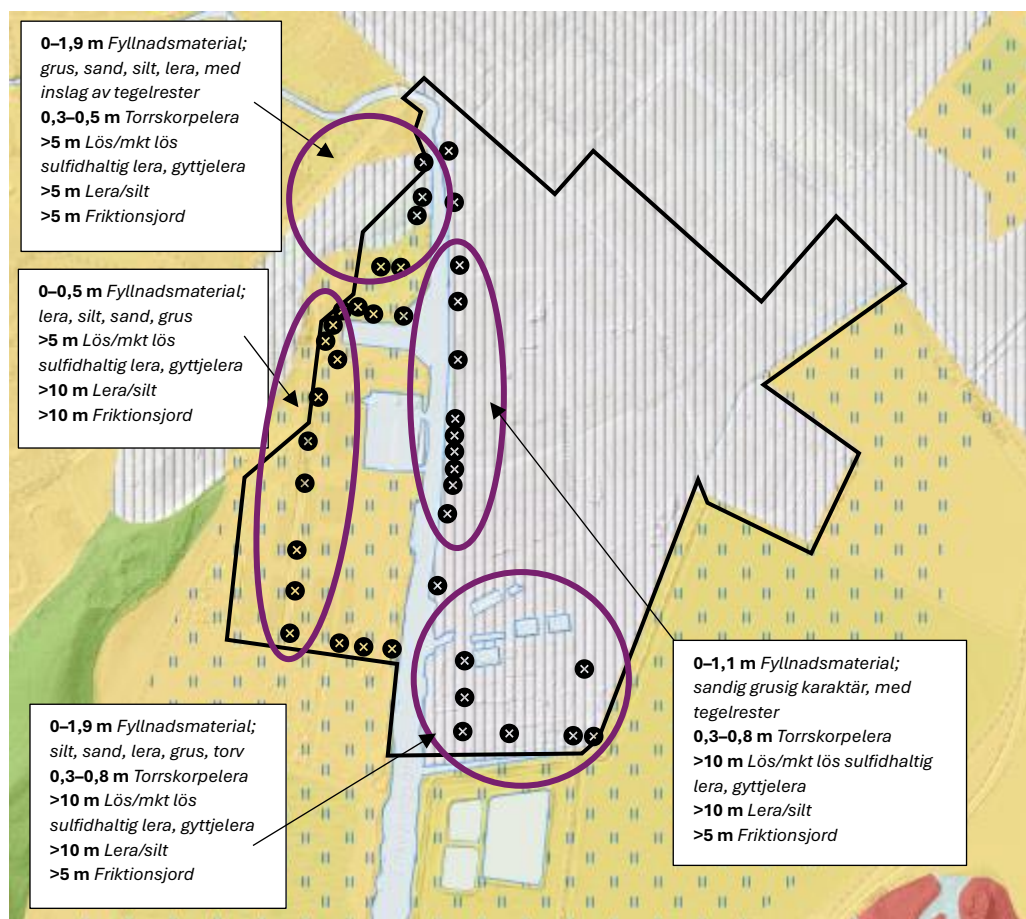
Kaj B&C: ca. 2–2,5 m fyllning av sand, silt och även tegelrester. Under fyllningen finns sulfidhaltig lera med mäktigheten ca. 3,5–4 m som i övre lager har torrskorpekaraktär. Silt är underlagrande med ca. 20 m mäktighet, därefter finns grövre friktionsjord.

Kaj D: ca. 0,5–1,5 m fyllning av lera, silt och sand. Under fyllningen finns sulfidhaltig lera med mäktigheten ca. 4–7 m som i övre lager har torrskorpekaraktär. Silt är underlagrande med ca. 20 m mäktighet, därefter finns grövre friktionsjord.

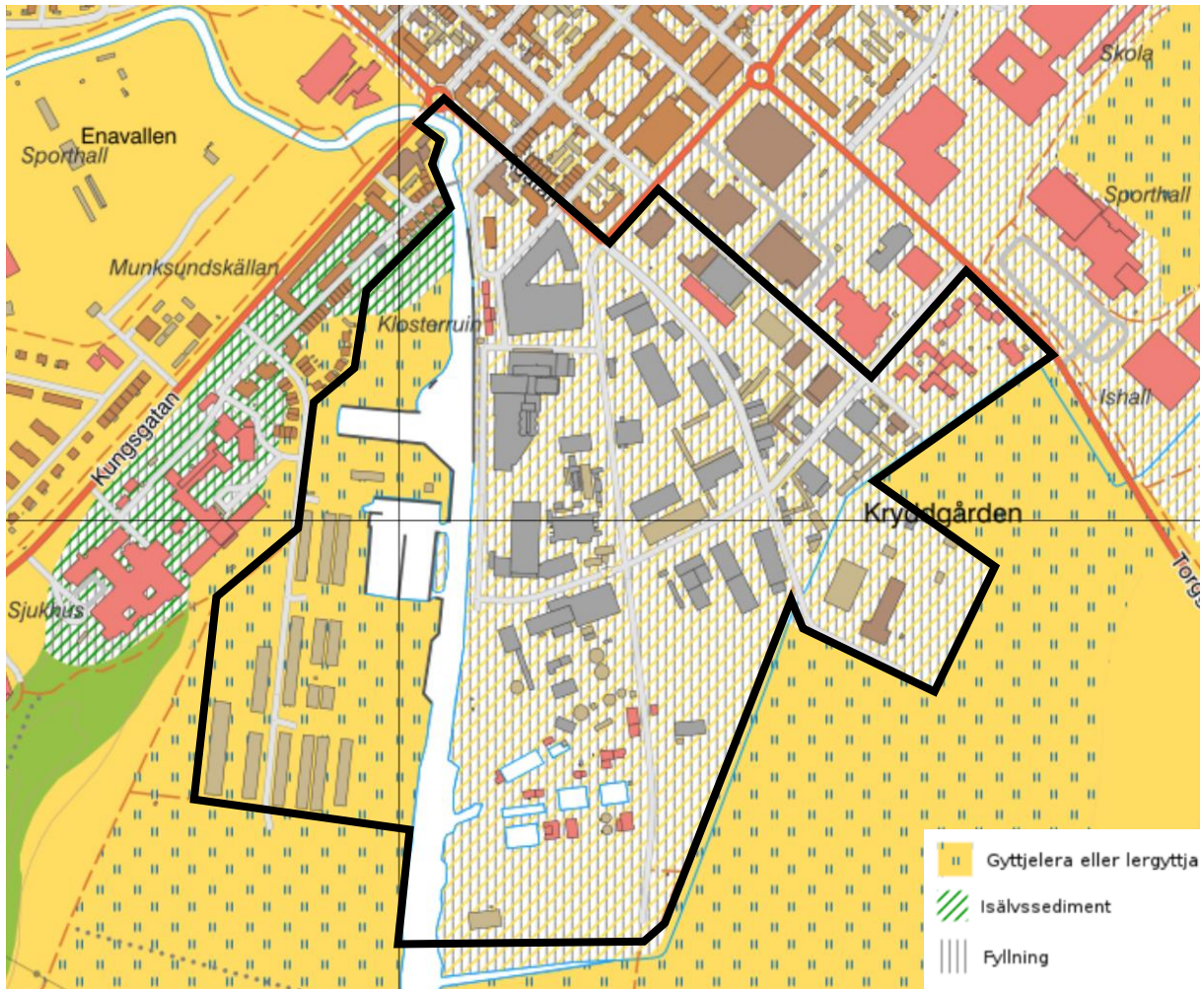
Kaj E: ca. 1,5 m fyllning av lera, silt och sand. Under fyllningen finns sulfidhaltig lera med mäktigheten ca. 4–5 m. Silt är underlagrande med ca. 6 m till >14 m mäktighet, därefter finns grövre friktionsjord.

Kaj F: ca. 0–2 m fyllning av sand och grus, vilket dock saknas i västra delen. Under fyllningen finns sulfidhaltig lera med mäktigheten ca. 6–8 m som i övre lager har torrskorpekaraktär. Silt är underlagrande med ca. 12–14 m mäktighet, därefter finns grövre friktionsjord.

Placeringen av respektive kajdel framgår på fig. 15.

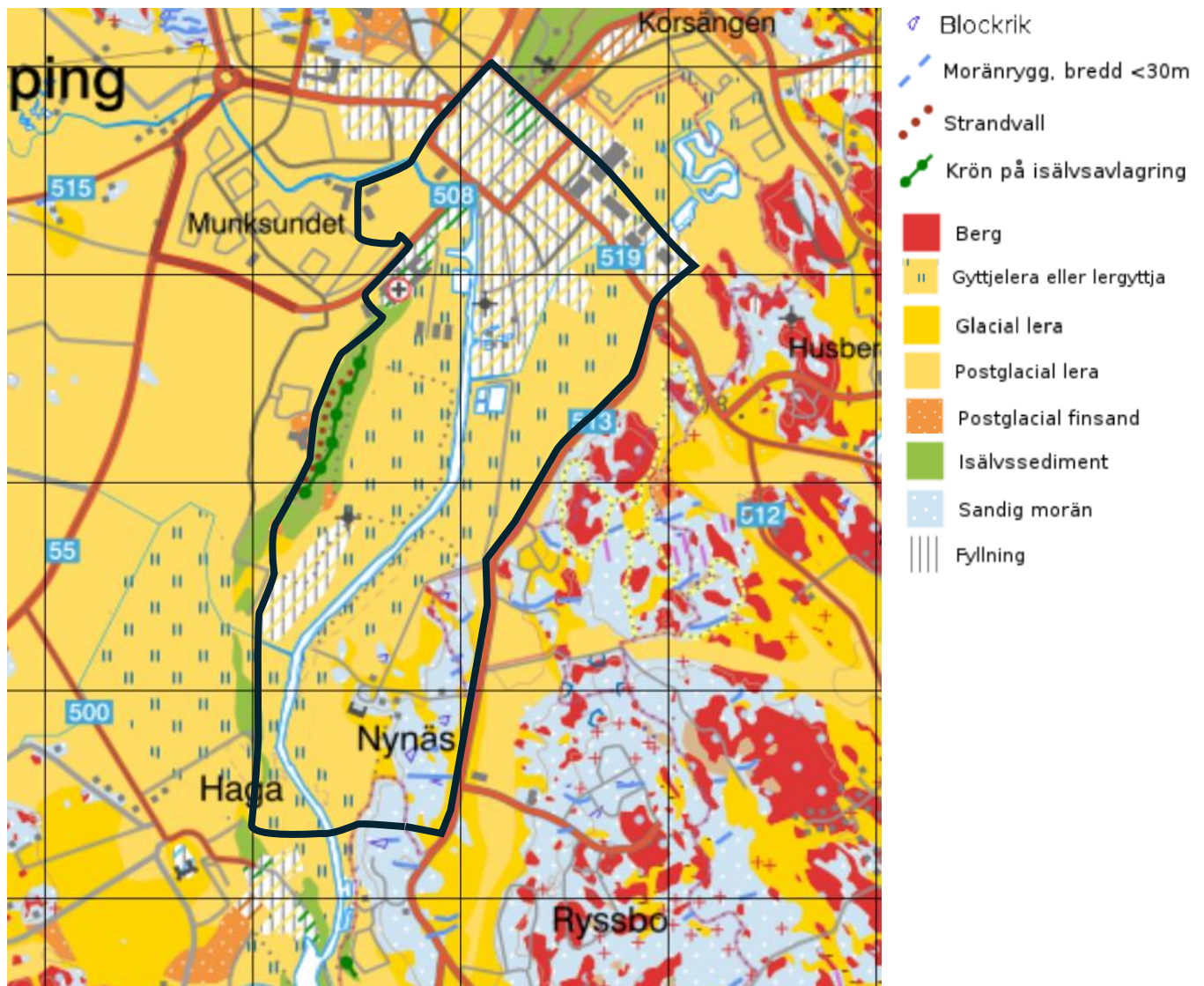


Figur 7. Projektområdet med jordprofil ent. utförda markundersökningar (av olika aktörer/företag) med ca. placeringar utmarkerade (Källa: SGI-Geodatasamverkan).



Figur 8. Projektområdet med storlek ca. 0,505 km², markerat. Jordarter inom området utgörs främst av gyttjeler/lergyttja, delvis med ovanlagrande fyllning, samt ett mindre område med fyllning på isälvssediment i norra delen (Källa: SGU Kartvisaren; Jordarter).

Geoteknisk data från utvalda borrhöjningar påvisar generellt djupa lerlager enhetligt med projektområdet. Punkter ifrån SGU har även nyttjats vid bristande information om jordprofiler för bekräftande av markuppbyggnaden i övriga området, se fig. 9. I nästa skede av planeringen sker framtagning av undersökningsplan, vilken främst bör omfatta områden utan registrerade jordprofiler inom aktuella fastigheter, dels för bekräftande av närliggande utförda punkter men främst för erhållande av representativ information.



Figur 10. Utredningsområdet, markerat, med förekommande jordarter (Källa: SGU Kartvisaren; Jordarter).

Jorddjup

Jorddjupet, lermäktigheten, inom aktuellt projektområde varierar enligt SGU mellan ca. 10 - 50 m. Se fig. 11 för registrerat jorddjup i olika delar av projektområdet.

Jordprofiler som utförts inom projektområdet indikerar att sonderingar inte avslutats emot berg (stoppkod 90). Sonderingar vid *Munksundet* har generellt avbrutits utan ett registrerat stopp, vid ca. 20 m djup.

Kaj A: Jordprofilen är totalt ca. 11 - 20 m djup, där djupet är minst i norr och ökar mot söder.

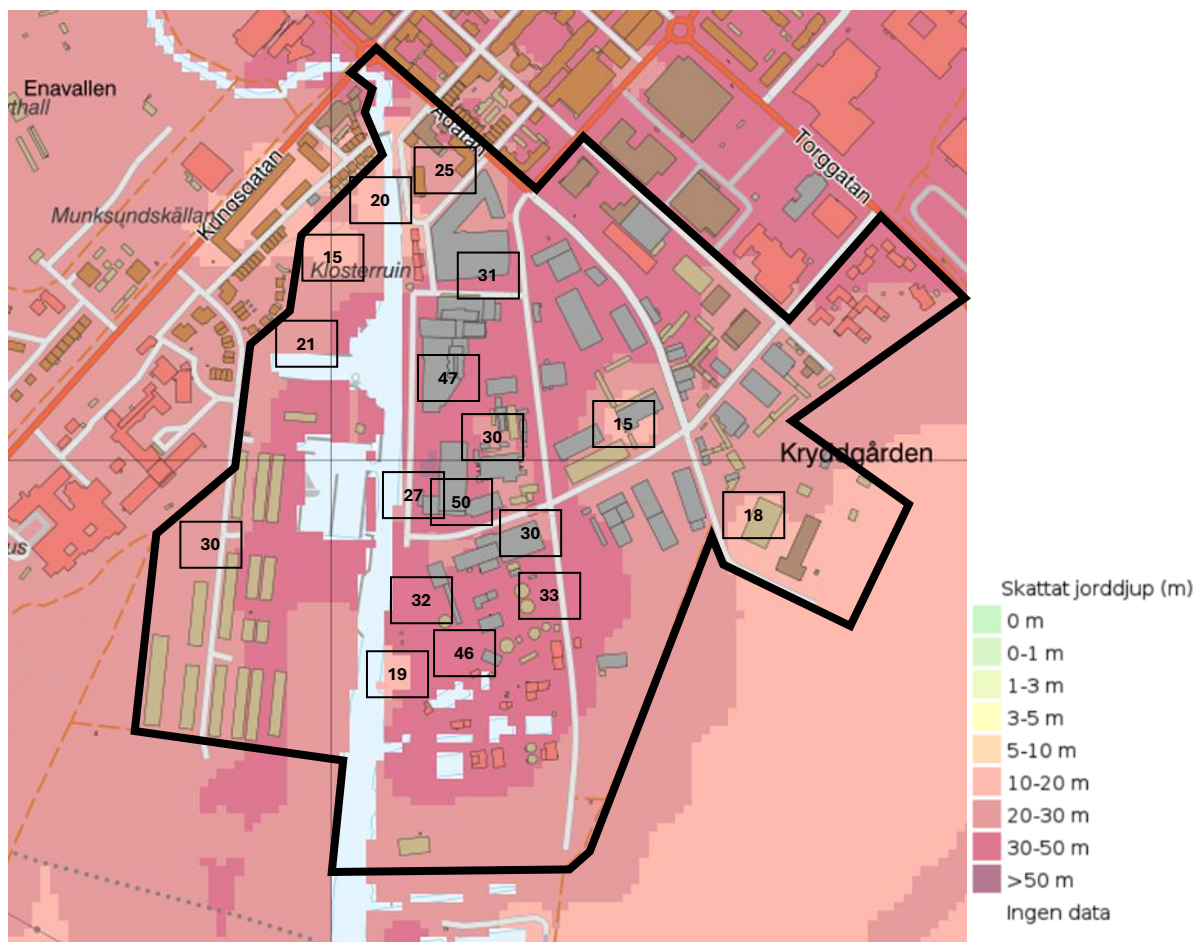
Kaj B&C: Jordprofilen har registrerats till ca. 37 m djup vid sonderingar.

Kaj D: Jordprofilen är minst ca. 20 m, då sonderingar har avbrutits vid ca. 20 m djup.

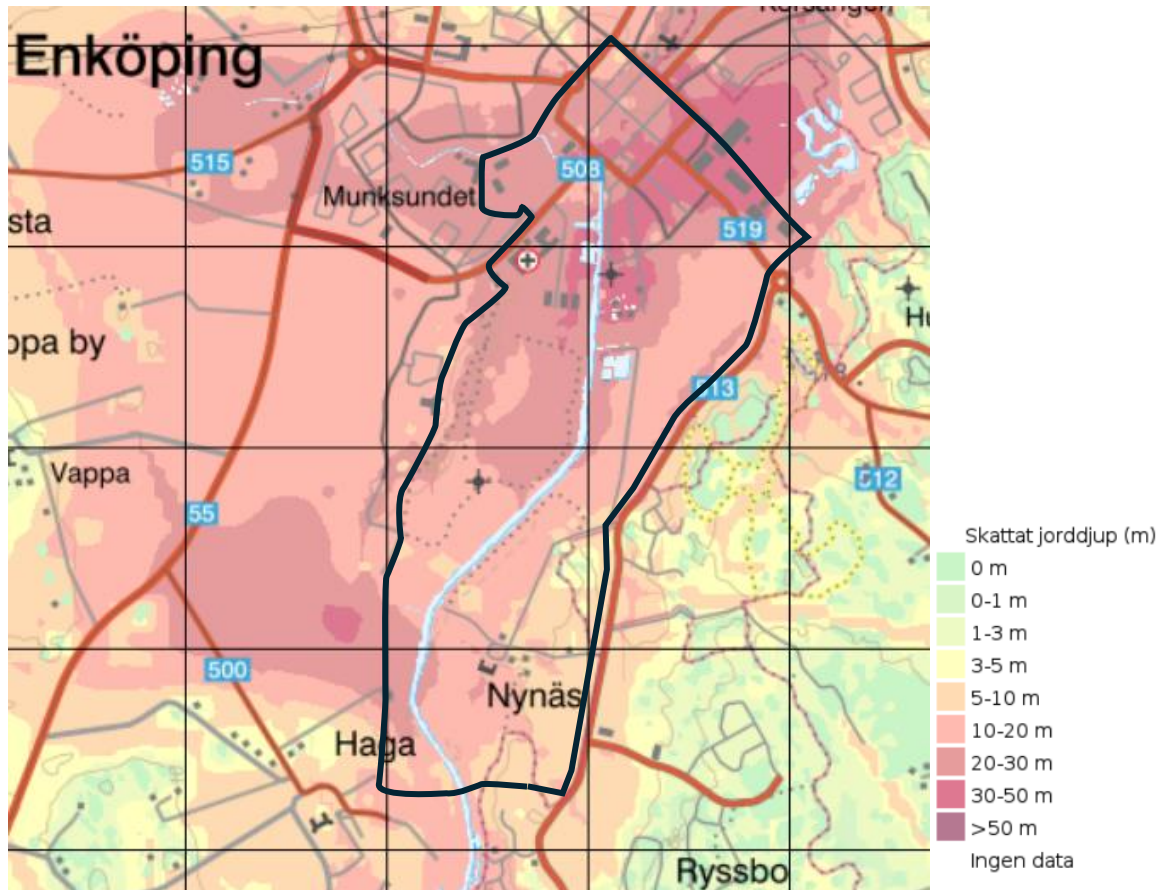
Kaj E: Jordprofilen är minst ca. 13 - 20 m djup, då sonderingar påvisar detta.

Kaj F: Jordprofilen har registrerats till ca. 37 m djup vid sonderingar.

Utredningsområdet i helhet innehåller även delar med grundare jorddjup och ytligt berg, se fig. 12.



Figur 11. Jorddjup i projektområdet, med angivna jorddjupsobservationer i meter (Källa: SGU Kartvisaren; Jorddjup).



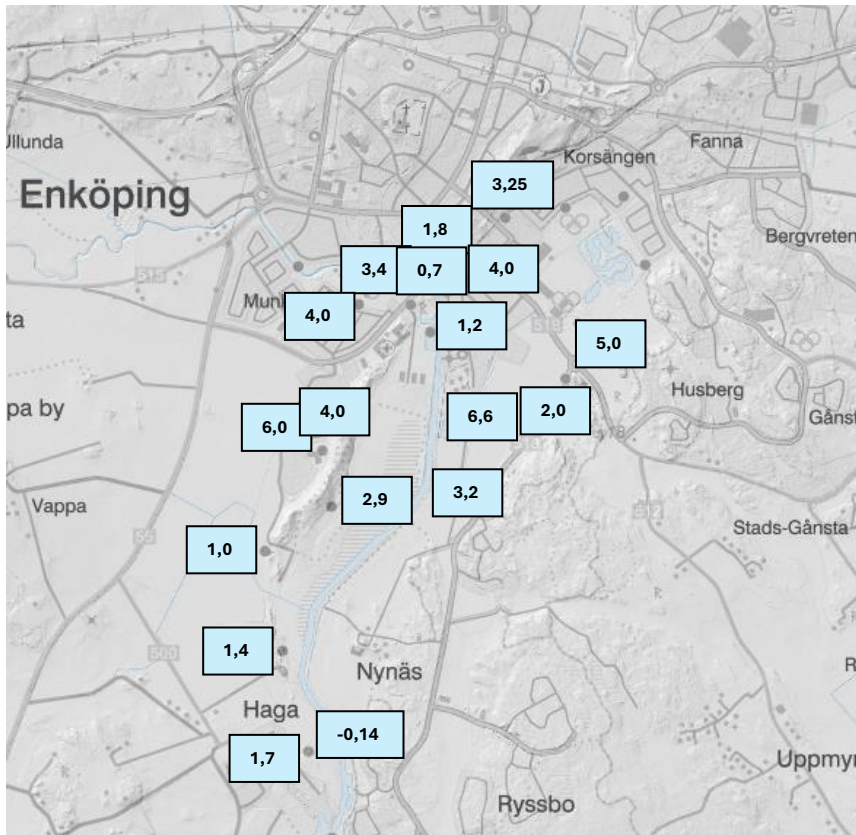
Figur 12. Jorddjup i utredningsområdet (Källa: SGU Kartvisaren; Jorddjup).

Grundvattensituation

Grundvattennivåerna i området varierar med jordartsförhållanden, avståndet till *Enköpingsån* samt topografin och förväntas även variera med årstid samt nederbördsförhållanden.

Vattennivån i *Enköpingsån* var år 2019 uppmätt till +1,02. Normalvattenståndet för *Mälaren* antas vara ca. +0,87. Generellt utifrån bef. data kan det konstateras att grundvattenytan inom projektområdet är ca. 0,7 – 4,0 m u my (se fig. 13). Det geologiska jordlager som kan lagra och transportera grundvatten utgör således akvifär för dricksvattentäkt.

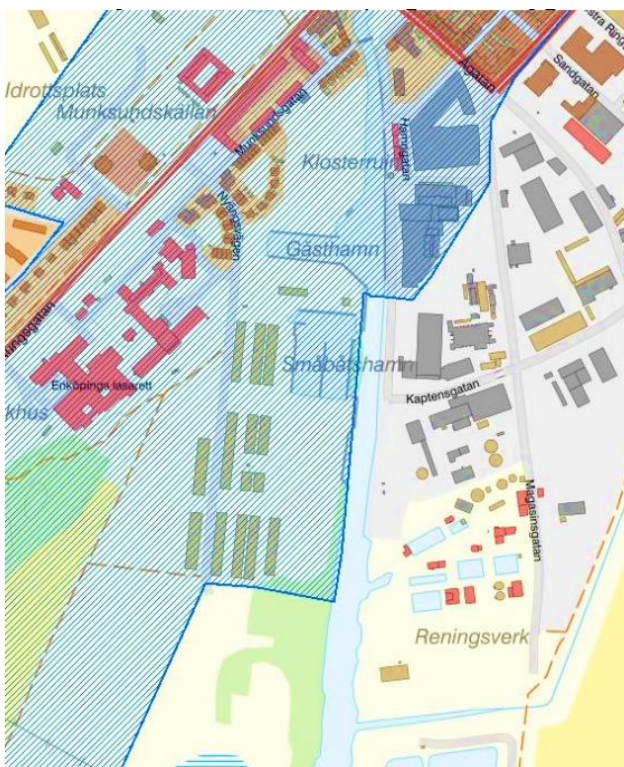
Gällande grundvattennivåer kopplat till geotekniken kan det eventuellt innebära problem vid utbyggnad av området eftersom det då måste hanteras i samband med schakter. Sulfidlers försurande egenskaper påverkas dock vid syresättning, och detta i samband med schakter vilket ska undvikas i sådana områden. Sulfidjordar omvandlas till sur sulfatjord när de kommer i kontakt med syre, som då frigör metaller. Oxidering av järnsulfider snabbar på den kemiska vittringen, vilket gör att höga salthalter bildas samt lågt pH i dräneringsvattnet. Eventuell utlakning av skadliga tungmetaller är även en risk då lösligheten ökar med ett sjunkande pH-värde. Utlakning kan ske vid vattenöverskott i jorden, då markens porsystem bidrar till ämnestransport genom markprofilen. Negativa portryck kan dock uppstå vid dränering vilket medför att luft kan dras in i marken, och är en bieffekt/risk gällande sulfidjorden som alltså är stabil under vattenytan.



Figur 13. Översiktskarta med reg. grundvattenyta vilket redovisas i meter under markytan (Källa: SGU Kartvisare och diagram för mätstationer/Kartvisaren Brunnar samt data från Sweco Civil AB).

I gytjelera har generellt grundvattnet ett långsamt flöde pga. den låga permeabiliteten där grundvattenmagasinet är begränsat och inte lika produktivt som i friktionsjordar. Ingen direkt infiltration sker till grundvattnet pga. de mäktiga lerlagren utan det ytvatten som infiltrerar den grova fyllnadsjorden blir en tillförsel för ån, då vattnet i närheten rinner direkt till *Enköpingsån*. Då ingrepp görs i leran kan nya flödesvägar skapas.

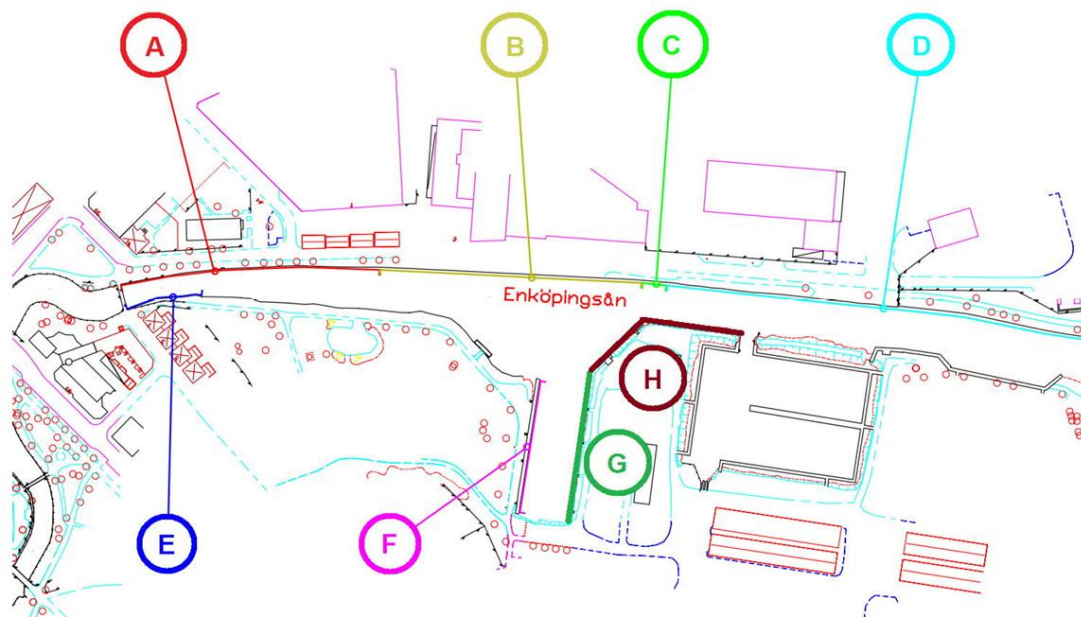
Projektområdet omfattar delvis vattenskyddsområdet, *Enköpingsåsen* (fig. 14), vilket innebär att speciella restriktioner gäller inom området och att viss begränsning råder. Viktigt är att föreskrifter fullföljs gällande arbeten inom vattenskyddsområdet, där grundvattenmagasinet som lagrar vatten finns vid åsen med isälvssediment. För *Gröngarnsåsen* förekommer strandvallar på isälvssedimentavlagring vilket gynnar grundvattenansamling. Då delar av projektområdet är beläget inom inre och yttre del av vattenskyddsområdet medför det dock att markarbeten i zonen inte får utföras djupare än 1–3 m över högsta grundvattenyta, utan dispens från *Enköpings kommun*. Enligt uppmätta värden i fig. 13 kommer tillstånd att krävas.



Figur 14. Vattenskyddsområdet inom blåstreckad yta (Källa: Naturvårdverkets kartgenerator för skyddad natur).

Kajerna längs Enköpingsån

Vattentrafiken bedrivs på *Enköpingsån* som i huvudsak omsluts av ledmurar längs åns västra sida, och är på östra sidan kantad av träspont. Gästhamnen är omgiven av ett industriområde med reningsverk, kraftverk, m.m. Småbåtshamnen är belägen intill, med båtplatser och vinterförvaring. Kajdelen består av en kommersiell hamn där *Lantmännen* tidigare bedrivit stuveriverksamhet.



Figur 15. Ritning med markerade kaj-placeringar i Enköpingsån (Källa: Utredning av kajer – Åtgärdsförslag inför muddring, WSP Bro & Vattenbyggnad, daterad 2021-12-07).

År 1982 utfördes en geoteknisk undersökning av *Skånska Cementgjuteriet* på en 70 m lång kajsträcka utmed *Hamngatan* pga. förskjutning av kajlinjen ut mot ån. I rapporten framgår det att en krypning i leran kan pågå och att avlastningar bör genomföras av hamnplanet.

Kaj A

Denna kaj består av en granitkaj på trärust och träpålar, ca. 157 m lång. Yttre pålraden står ca. 0,4 m in ifrån kajlivet, och ca. 1,2 m in från kajlivet finns en mur av fyllnadsmassor bestående av lera främst med höjd ca. 1,5 - 2,2 m. Samtliga påltoppar på yttre pålraden är mycket slitna. Graniten ansluter direkt till botten de första 25 m pga. lågt vattendjup. Vid ca. 50 – 80 m saknar ungefär var tredje påle förbindelse till rustbädden, vilken generellt är sliten samt sönderbruten. Framför pålarna från ca. 120–130 m av kajen finns skyddsspont i trä som även är i dåligt skick.

Konstruktionen saknar dock i helhet stabiliserande yttre och inre hammarband samt överliggare som håller samman pålhuvudena, och träsponten buktar utåt på många ställen.

Kaj B

Kaj B består av en betongkaj på trärust och träpålar, ca. 158 m lång. Ca. 0,7 m in ifrån kajlivet finns en mur av fyllnadsmassor bestående av lera främst med höjd ca. 1,5 - 2,2 m. På insidan av kajen har kraftiga nivåskillnader uppstått i form av sättningar av ca. 2 m bakom kajliv. Pålar och rustbädd antas vara i bättre skick.

Konstruktionen är kraftigt påverkad av träröta, där hammarband/fender samt överliggaren är genomruttna på många ställen. Sjunkhål har observerats innanför träsponten och finns sannolikt på fler delar längs kajsträckan. Detta är förmodligen en effekt av erosion i underliggande material som förts bort eller konsoliderats, det finns även rikligt med vegetation av träd, buskar, sly m.m. som växer på och igenom träspontkonstruktionen och då nedbryter samt uppluckrar den anslutande jordmassan varpå vittring och erosion sker.

Kaj C

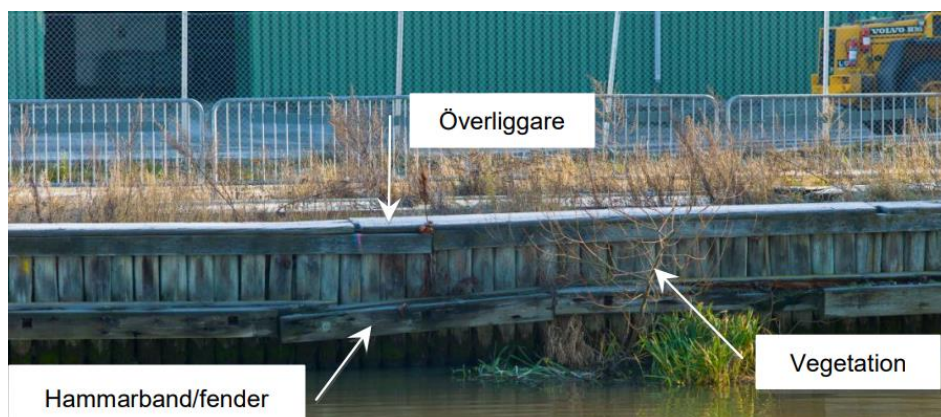
Kaj C består av en granitkaj på trärust och träpålar, ca. 15 m lång. Ca. 1,2 m in ifrån kajlivet finns en mur av fyllnadsmassor bestående av lera främst med höjd ca. 1,5 - 2,2 m. Kajen har något slitna träpålar samt rustbädd.

Provisorisk avspärrning uppfördes intill sponten, som bör kvarstå tills åtgärder vidtagits gällande ny stödkonstruktion, strandskoning eller likartad lösning. Temporära avstängningsanordningar har uppförts ca. 10 m parallellt om sponten, se fig. 16 och 17.



Figur 16. Träspontkonstruktionens anslutning vid Kaj B och C (Foto: PM Deformationer i träspontkonstruktion, Bjerking AB, daterad 2012-03-07).

Träsponten längs kajen som påverkats är ca. 140 m och utgörs av runda träpålar med diameter ca. 0,20–0,25 m, samt 3 st. överliggare av trä ca. 0,30x0,05 m på utsida, insida och över påltopparna. Ca. 1 m under överkanten följer ett hammarband/fender av trä ca. 0,20x0,20 m.



Figur 17. Träspontkonstruktion vid Kaj D med rutten överliggare, träspont och hammarband/fender, samt vedartad vegetation (Foto: PM Deformationer i träspontkonstruktion, Bjerking AB, daterad 2012-03-07).

Kaj D

Kaj D består av en front med runda träpålar, ca. 320 m lång, dock oklart om kajen är bakåtförankrad. Stabilitetshöjande dubbla hammarband finns ca. 0,7 m respektive 1,1 m ifrån kajens överkant som är kraftigt slitna och saknas på delsträckor. Stora erosionsskador har bildats på insidan av kajsträckan, som även buktar ut på flertalet ställen. Skicket på träsponten är dåligt och bör därför ersättas. Kaj D är mycket slitna, och hela hamnplanet innanför kajen bör hållas avspärrad för såväl fordons- som gångtrafik fortsättningsvis, då det finns risk att kajen rasar ut i *Enköpingsån*. Dessutom bör ingen båttrafik lägga till vid kajen, då det kan förvärra situationen avsevärt. *Enköpings kommun* bör ta beslut om åtgärder för kajen snarast. Kajen är i helhet i mycket dåligt skick.

Kaj E

Kaj E består av en granitkaj, ca. 50 m lång, trärust och träpålar har dock inte verifierats. Framför kajen finns en låg uppbyggnad av granit med oarmerad pågjutning, som ansluter mot botten. Ett flertal stenar saknas i uppbyggnaden, uttryckta i ån, där glipor uppkommit. Den oarmerade pågjutningen är delvis lös, sprucken. Funktionen för ”hyllan” av granit är dock osäker. Antingen har den som funktion att komma närmare vattnet för gående som passerar, eller så är det en förstärkning för bakomvarande granitmur. Skador finns där i form av saknade och utskjutande stenar samt även stora hålrum, därför bör delen hållas avspärrad för gångtrafik pga. rasrisk. Kajen konstateras vara i mycket dåligt skick där även storskaliga sättningar förekommer. Ledmurens mätdubbar som finns intill byggnaden har uppvisat sättningar på ca. 0,015 m per år, då mätdubbarna i ledmuren rört sig in i *Enköpingsån*.

Kaj F

Kaj F är ca. 80 m lång och består av en träbrygga, som längs ena långsidan ansluter mot gångväg på småbåtshamnens norra sida. Träbryggan är grundlagd på träpålar med underliggande slänt som dock eroderat längs hela bryggan vilket orsakat stora sättningsskador på marken innanför bryggan. Detta beror delvis på att slänten saknar erosionskydd i bakkant, men även pga. släntmaterialet och dess lutning. Ny brygga ersätter den äldre.

Kaj G

Ingen information har lagts fram för denna kajdel, men då kajen är placerad intill Kaj H och mittemot Kaj F antas liknande förutsättningar råda som för dessa kajer.

Kaj H

Omfattar sträckan för bryggan längs *Enköpingsån* samt området utanför båtklubbens iläggsplats. Träpålar finns i framkanten av bryggan. Kran finns på platsen för iläggning och upptagning av båtar, som antas vara pålad. Betongpålar finns i framkanten av kanen men dess funktion är dock inte fastslagen. Spont uppbyggd av träpålar finns även under bryggan, vid kranen. Bryggan är sannolikt grundlagd med betongpålar i bakkanten, likt Kaj F. Oklart är dock om bakkanten av bryggan har någon stödkonstruktion för jordslänten bakom.

Brister & Renoveringsbehov

Då kajerna är i dåligt skick rekommenderas att renoveringsåtgärder utförs, prioriterat är områden enl. nedan beskrivning.

Kaj A, B, C

En avlastning bör ske bakom kajen med lättviktsmaterial (t.ex. skumglas, leca) för bättre stabilitet. Enligt utförda beräkningar utgörs avlastningen av 0,6x8 m *skumglas* placerat på lämpligt djup bakom kajen, under körbanan. Med denna lösning ökas även säkerhetsfaktorn upp till 1,53 som är ett säkrare tillstånd jämfört med befintliga förhållanden. Ur en grov kostnadsuppskattning avseende åtgärdsförslaget blir kostnaden ca. 3 miljoner kronor, där projekteringskostnader för konstruktion samt geoteknik medtagits.

Kaj D

En ny linje med träpålar bör installeras utanpå träsponten likt befintlig kajkonstruktion, varefter befintliga pålar kapas under markytan och sedan sker återfyllning mot de nya pålarna. Standardlängd på 18 m har antagits för att uppfylla stabilitetskrav. Se ritning K-04 för illustration (Bilaga 6 till *Utredning av kajer – Åtgärdsförslag inför muddring*, WSP Bro & Vattenbyggnad, 2021-

12-07). Kostnadsuppskattning från *Hercules grundläggning AB* med projektering, exklusive byggherrekostnader, uppskattas till ca. 4 miljoner kronor.

Kaj E

Den bef. kajen bör rivras där synliga stenar ska sparas för att sedan återanvändas för stödmurens utsida. En ny stödmur av betong ska gjutas, samt bottenplatta genom undervattenbetong. Kajen ska även grundläggas med betongpålar vilka slås ned till fastare jordlager, se ritning K-02 för illustration (Bilaga 6 till *Utredning av kajer – Åtgärdsförslag inför muddring*, WSP Bro & Vattenbyggnad, 2021-12-07). Kostnadsuppskattning har framtagits för detta arbete som blir ca. 13 miljoner kronor inkl. projekteringskostnader, exklusive byggherrekostnader.

Som ett annat alternativ kan det vid nedre stenmuren anläggas ny stålspons, utanpå befintlig. Även ny stålspons kan bli aktuellt på utsidan den befintliga kajen, se ritning K-03 för illustration (Bilaga 6 till *Utredning av kajer – Åtgärdsförslag inför muddring*, WSP Bro & Vattenbyggnad, 2021-12-07). Kostnadsuppskattning har framtagits för detta arbete som blir ca. 4 miljoner kronor.

Kaj F

Muddring samt släntstabilisering föreslås enligt tillståndsansökan. Ingen kostnadsuppskattning är dock utförd avseende detta.

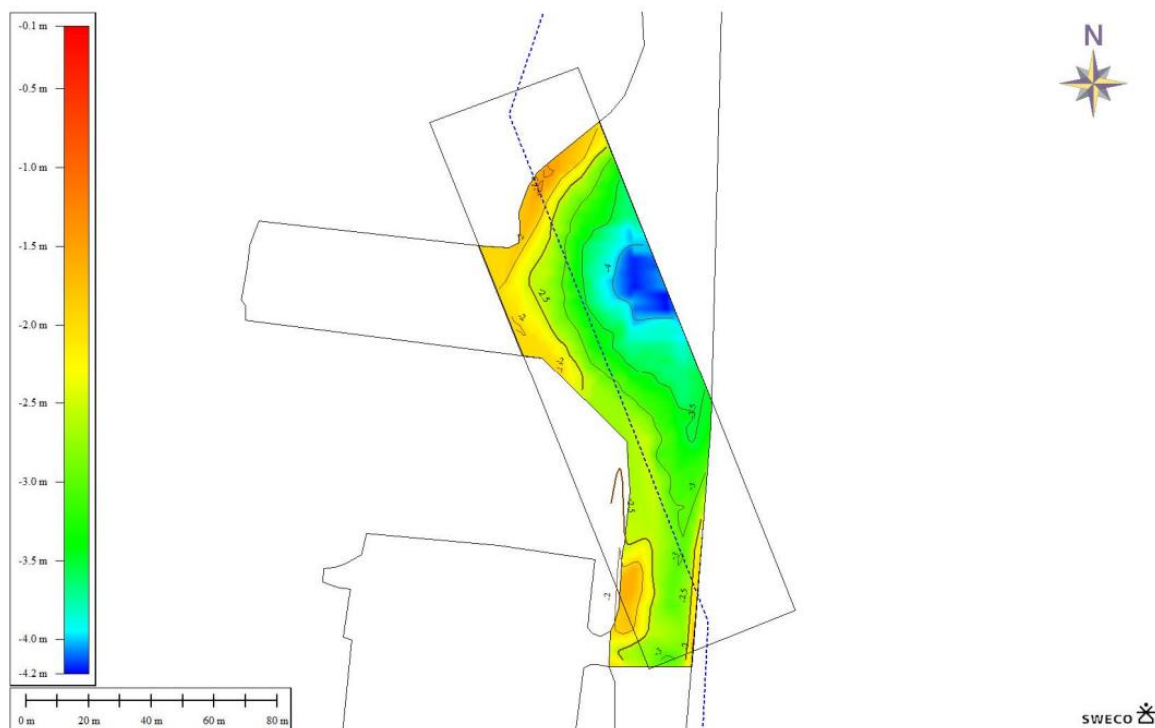
Kaj G

Muddring samt släntstabilisering föreslås enligt tillståndsansökan. Dock bör även stabilitetskontroll genomföras för kajen inför markarbeten. Ingen kostnadsuppskattning är dock utförd avseende detta.

Kaj H

Kompletterande inmätning, ny geoteknisk undersökning samt stabilitetsbedömning erfordras inför vidare beslut om åtgärder för denna kajdel. En kartläggning bör uppföras gällande kajens konstruktion som kan medföra att erosionsskydd enligt tillståndsansökan behöver förlängas för att även inkludera Kaj H. Se ritning K-05 för illustration (Bilaga 6 till *Utredning av kajer – Åtgärdsförslag inför muddring*, WSP Bro & Vattenbyggnad, 2021-12-07). Ingen kostnadsuppskattning är dock utförd avseende detta.

Sjömätning utfördes 2019-03-21 av *Sweco Civil AB* och *Sweco Environment AB* då inmätning, djupkartering och modellering av batymetrin genomfördes i *Enköpingsån* över projektområdet samt i södra delen av utredningsområdet. Mätningarna utfördes med hjälp av *Sweco Environments* mätbåt, där kvaliteten på mätningen i helhet bedömts vara god. Vattenytan uppmättes till +1,022 (RH2000) med ekolodsgivare 200khz 11°, *Side scan sonar* 455khz (Geoidmodell; SWEN08_RH2000). Se fig. 18.



Figur 18. Inmätning, djupkartering och modellering av batymetrien i Enköpingsån, inom projektområdet (Sweco AB).

Föroreningssituation

Förekomst av förorening och uppmätta föroreningshalter varierar inom området. Det ska tas i beaktning att eventuellt behov av sanering kan krävas vid markarbeten då halter i jorden överskrider *Naturvårdsverkets* generella riktvärden för KM och MKM. För att bedöma saneringens omfattning krävs kompletterande markmiljöundersökningar. Främst vid bearbetning av marken kommer påverkan från föroreningar, men anses inte direkt påverka typer av grundläggning. Främst jorden kan ta skada som då behöver saneras och även ev. grundvattnet.

Inom projektområdet förekommer verksamheter kopplade till flera olika branscher, som historiskt sett kan ha gett upphov till markföroreningar. Exempel på verksamheter som tidigare bedrivits är skrothantering och skrothandel, drivmedelshandling, oljedepåer, verkstadsindustri (både med och utan halogenerade lösningsmedel) samt ytbehandling av trä. Föroreningar som ofta är förknippade med dessa branscher inkluderar petroleumkolväten, lösningsmedel (inklusive klorerade), tungmetaller, PAH, PCB, PFAS, fenoler, organiska tennföreningar och pesticider. Denna variation innebär att både punktkällor och mer diffust spridda föroreningskällor kan förekomma, och att flera objekt potentiellt ger upphov till överlappande eller samverkande föroreningspåverkan.

Det har genomförts ett flertal miljötekniska markundersökningar inom området där bland annat tungmetaller, alifatiska och aromatiska kolväten, PAH och klorerade lösningsmedel har konstaterats i mark i halter överstigande *Naturvårdsverkets* riktvärde för känslig markanvändning (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM). Föroreningarna bedöms främst vara knutna till fyllnadsmassorna, men vissa ämnen kan ha spridit sig ner i leran om sprickbildning förekommer i leran. Fyllnadsmassornas mäktighet varierar mellan 1–2 meter.

SGU:s jordartskarta visar endast begränsad provtagning av sulfidjord i *Enköping* och inga provpunkter direkt inom projektområdet, vilket innebär att utbredningen är osäker. Tidigare markmiljöundersökningar har dock påvisat sulfidlera både vid avloppsreningsverket i *Kryddgårdens* södra del och längs en vägsträcka i *Munksundet* i den norra delen av projektområdet, vilket innebär att detta ska beaktas vid schaktning och masshantering. Se upprättad miljörapport för ingående information; *Miljöteknisk utredning - Hamnområdet, Enköpings kommun* (Rejlers AB, 2026-03-20).

Markegenskaper och jordparametrar

En enhetlig markuppbyggnad antas förekomma inom projektområdet, enl. kartunderlag från SGU som bekräftas av arkivdata varpå översiktliga bedömningar kan genomföras. Grundläggningsarbetet styrs dock av dessa förutsättningar som därför ska beaktas, rekommendationer för lämplig grundläggningsteknik anges i avsnitt "Geotekniska åtgärdsförslag" där djupstabilisering kan bli aktuellt men även dränering för att dämpa vattenkvoten.

En fastare lertyp förekommer då en lägre vattenkvot förekommer jämfört med konflytgräns. När vattenkvoten istället är högre än konflytgränsen indikerar det att leran kan bli flytbenägen vid störning, där även vibrationer och rubbningar försämrar hållfastheten ytterligare. För att lera i *Sverige* ska definieras som kvicklera ska sensitiviteten vara >50, och den omrörda odränerade skjuvhållfastheten <0,4 kPa, vilket dock inte är fallet i detta område.

Hög vattenkvot i lera innebär att jorden är lös, med innehåll av mycket vatten i förhållande till den torra massan.

Konflytgränsen är punkten då leran ändrar konsistens från plastisk till flytande form, i förhållande till vattenkvot (koninträngning; 10 mm). Högre konflytgräns medför att skjuvning/brott utvecklas i långsammare takt jämfört med låg flytgräns som medför att leran antar ett flytande tillstånd redan vid låg vattenhalt.

Längsmed *Enköpingsån* har vattenkvoter på ca. 53–102% och konflytgränser på ca. 61–99% uppvisats i sulfidhaltig lera med sandinnehåll, detta vid ca. 2–3 m djup vilket har baserats på undersökningspunkt; 18S10003, 18S10013, 18S10024 som ingår i projektområdet belägna vid *Enköpingsån*, och 18S11004 som finns precis utanför området (*MUR-Geoteknik; Enköping, Utbyggnad allmänt VA omvandlingsområden, Munksundet – Haga*, Sweco Civil AB, 2019-08-22).

Kaj A: Lerans vattenkvot varierar mellan ca. 67–74 %, och konflytgränsen mellan ca. 81–83 %. Vid träspontkonstruktionen finns lera i jordprofilen med vattenkvot ca. 37–90 % och konflytgräns ca. 66–118 %.

Kaj B&C: Lerans vattenkvot varierar mellan ca. 79–83 % och konflytgränsen mellan ca. 92–106 %.

Kaj D: Lerans vattenkvot varierar mellan ca. 37–90 % och konflytgränsen mellan ca. 66–118 %.

Kaj E: Lerans vattenkvot varierar mellan ca. 74–79 % och konflytgränsen mellan ca. 77–117 %.

Kaj F: Lerans vattenkvot varierar mellan ca. 64–88 % och konflytgränsen mellan ca. 70–96 %.

Generellt innebär dessa värden att vattenöverskott råder i leran, men även att deformationer uppstår i något långsammare takt och räknas högplastisk med förmåga att binda upp vatten. Konsolidering är en långsam process då volymen av en vattenmättad jordmassa minskar när den utsätts för ökad belastning. Lerjorden är generellt mer benägen att konsolidera p.g.a. den höga ingående vattenhalten samt förekomst av små porer.

Om vatten inte leds bort kan det frysa vid kalla temperaturer för att sedan utvidgas och orsaka frostsprängningar. Tjälproblem föreligger i den tjocka leran då lera håller kvar vatten som sedan expanderar vid frysning och lyfter marken, en markhöjning sker då temporärt. Stora sättningar kan sedan uppkomma i samband med att marken tinar upp. För att motverka detta krävs åtgärder i form av dränerande material samt ev. tjälisolering. Grundläggningsdjupet bör anpassas till ett djup som är frostfritt ifrån tjälens påverkan, vilket är min. ca. 1,6 m u my i *Enköping*. För fyllnadsjorden i övre markskiktet kan det konstateras att med innehåll av silt, lera, sand och grus kan jorden uppträda något tjällyftande (klass 2) där graden styrs av mängden finmaterial, främst silt. Tjälfarlighetsklass 1 innefattar friktionsjord samt torv, vilket medför att tjällyftningen under tjälningprocessen anses obetydlig. Den underlagrande torrskorpeleran betraktas tjälfarlig med klass 3–4, främst pga. kapillära egenskaper med förmågan att transportera vatten. Leran i området är enligt utförda undersökningar av materialtyp 4B, och har tjälfarlighetsklass 3 vilket medför att tjällyftningen under tjälningprocessen är måttlig. Kohesionsjorden som består av siltig lera har registrerats som materialtyp 5A, samt tjälfarlighetsklass 4 som innebär att tjällyftningen under tjälningprocessen är stor. För att motverka tjälproblem är det aktuella jorddjupet för respektive markskikt nödvändigt att utreda för att sedan åstadkomma ett s.k. frostfritt djup dit inte tjälen når ner. I de fall som inte detta djup kan uppnås krävs markisolering som exempelvis *cellplast*.

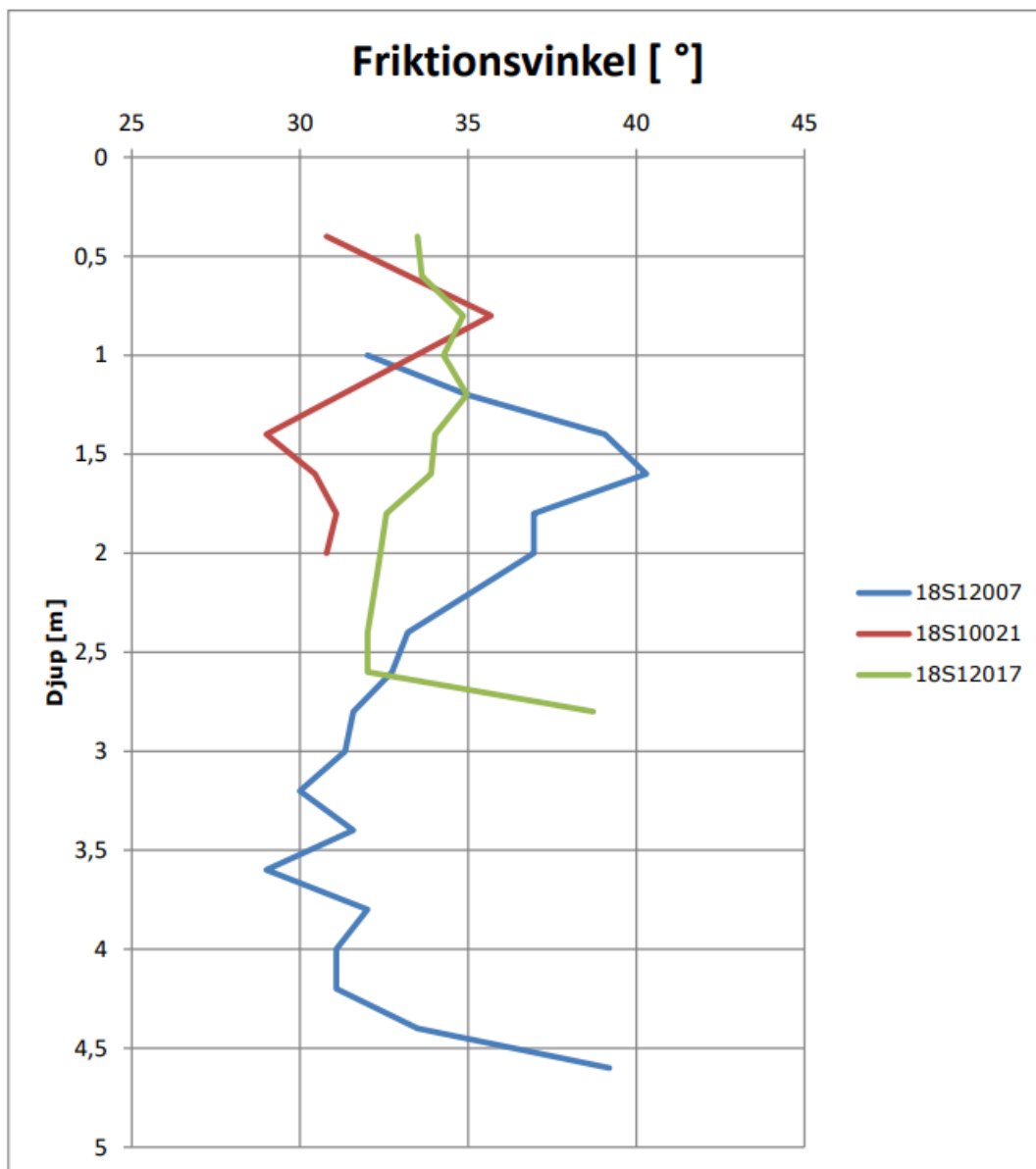
Friktionsvinkel

Friktionsvinkeln är ett mått på jordens hållfasthet. Friktionsvinkeln är inte konstant genom jordprofilen utan varierar beroende av spänningen i jorden, kornens form, fördelning, packningsgrad samt porositet.

Då lutningen på en friktionsjord ökas upp tills att dess friktionsvinkel överstigs övergår partiklarna från att vara stilla till att röra sig, vilket således kan inträffa vid schaktning men även när jorden torkar. Ett lägre värde på friktionsvinkeln innebär att finkornigare material som ler-silt förekommer.

Undersökningsspunkt 18S10021 ingår i södra projektområdet, lokaliserad vid *Enköpingsån*, och antas där syfta på fyllningen som finns lagrad ovan leran. Jorden påvisar där värden för friktionsvinkel mellan ca. 30–35° vilket antyder att en släntlutning på 1:1,5 till 1:2 är möjlig i detta jordlager om inte stödkonstruktion ska krävas. Friktionsvinkeln antyder att grovkornigare jord som sand/grus förekommer, se fig. 19.

Undersökningsspunkt 18S12007 och 18S12017 finns i sydöstra delen av utredningsområdet där naturligt förekommande friktionsjord finns som har en ökad friktionsvinkel på ca. 32–40° och indikerar därmed ett grövre jordmaterial.



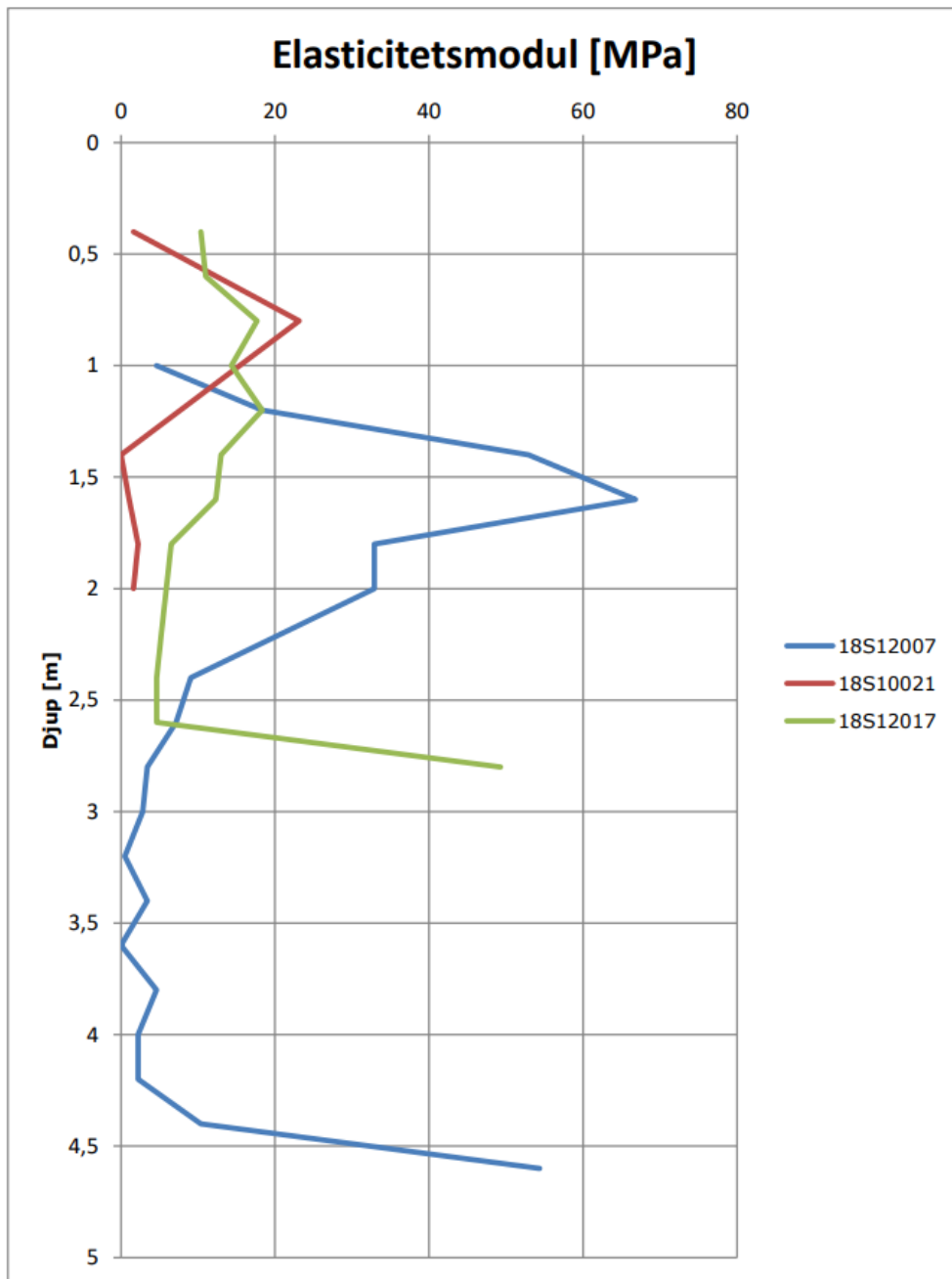
Figur 19. Härledda värden för friktionsvinkel i friktionsjord, enl. Sweco Civil AB.

Elasticitetsmodul

Elasticitetsmodulen beskriver jordmaterialens styvhet samt kapacitet att bära upp och fördela påförd belastning, där en hårt packad jord har högre värde på elasticitetsmodulen. Material som är mer elastiska får således ett lägre värde på elasticitetsmodulen, exempelvis lera. Högre E-modulvärden (min. 30 MPa) innebär lägre elastisk deformation och töjning av jordmaterialet samt att jorden inte är lika sättningsbenägen.

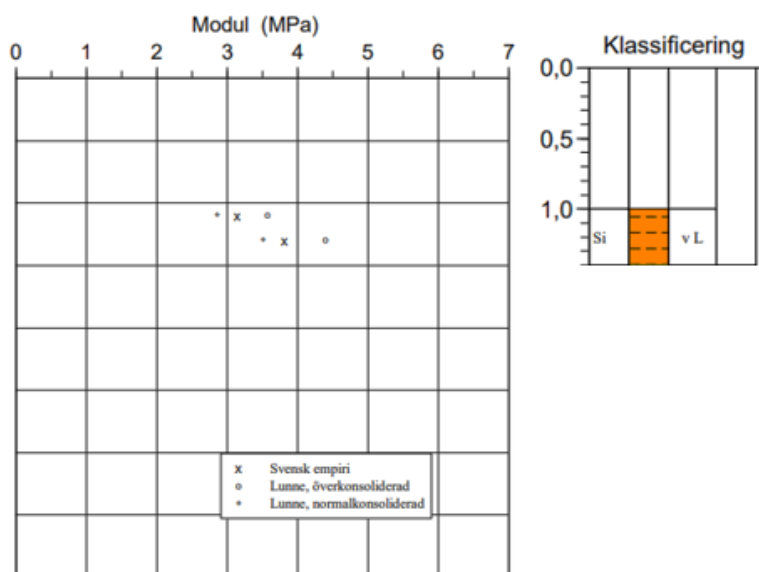
Värdet för E-modulen inom projektområdet (18S10021) har generellt en avtagande trend med djupet, vilket indikerar innehåll av lös lera med mycket låg fasthet. Ur fig. 20 kan antydans att ett lågt värde förekommer inom projektområdet jämfört med angränsande område, och på djupet 2,5–4,5 m antar även punkt 18S12007 ett lägre värde vilket indikerar lösare jord.

Elasticitetsmodulen/kompressionsmodulen har för silt utvärderats via *Conrad* för punkt; 18S10014 inom projektområdet, som antyder att marken även har en lägre hållfasthet i detta markskikt på endast några få MPa, se fig. 21.



Figur 20. Härledda värden för elasticitetsmodul, enl. Sweco Civil AB.

Plats Enköping
Borrhål 18S10014
Datum 20190514



Figur 21. Utvärderad elasticitetsmodul i silt via "Conrad", enl. Sweco Civil AB.

Skjuvhållfasthet

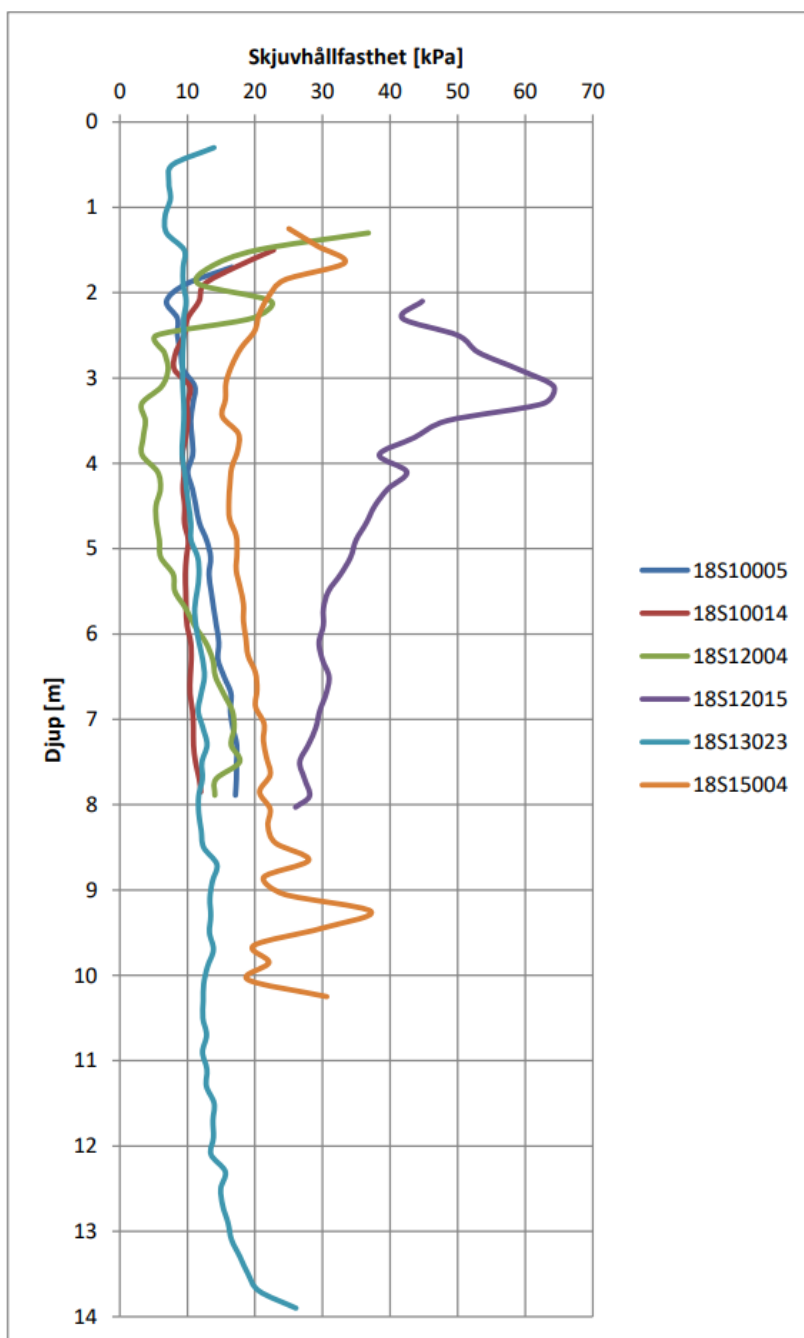
Cpt-sonderingar påvisar generellt en mycket låg skjuvhållfasthet i den underlagande leran, från ca. 1–2 m djup. Ett sammanställt valt värde för skjuvhållfastheten i leran är 10 kPa, vilket antas utgöra lägsta värdena i området. Ett godtagbart värde bör dock överstiga ca. 50 kPa. Vid slamdammarna, söder om *Enköpings kommuns* reningsverk på *Nynäs S:1* (mellan ån och cykelvägen Bredsand-Enköping) har lägsta värdet 7 kPa registrerats vid 2 m djup, som dock är klassat som en extremt låg skjuvhållfasthet.

Dimensionerande värde för lerans skjuvhållfasthet i området har antagits vara 5 kPa.

Se fig. 22 gällande redovisning av skjuvhållfasthet för angivna punkter; 18S10005, 18S10014 som ingår i projektområdet lokaliserade längsmed *Enköpingsån* och 18S12004 som finns ca. 1 km söder om projektområdet. 18S13023 finns i södra delen av utredningsområdet, 18S15004 finns i sydvästra delen av utredningsområdet och 18S12015 finns i sydöstra delen av utredningsområdet.

Hållfastheten för leror kan dock vara låg även vid stora djup. När leran överbelastas brister den längs glidytor som ofta har en böjd och cirkulär form. En leras hållfasthet kan även minska i samband med höga portryck, och detta vanligen i vattenförande skikt av silt/sand som kan finnas inbäddat i eller under lerlagren vilket kan leda till skred när totalstabiliteten blir för låg. Det ska beaktas att vid belastning och i samband med schakt av organiska jordar (dy, torv, gyttja) kan även sämre hållfasthet uppstå. Riskerna gällande detta antas generellt vara likartade över hela projektområdet på grund av att markprofilen är uppbyggd med liknande struktur enligt utförda markundersökningar, fig. 7. Enligt angivna värden i projektområdet har det framlagts att en skjuvhållfasthet förekommer med värden som är låga till extremt låga, vilket därför måste tas

på allvar och åtgärdas. Detta kan bekräftas genom att utföra nya sonderingar och provtagningar vid aktuella platser, som rekommenderas inför nya anläggningar.



Figur 22. Härledda värden för leras skjuvhållfasthet, enl. Sweco Civil AB.

Kaj A: På ca. 4 m djup har leran en skjuvhållfasthet på ca. 17 kPa (mkt låg), varefter hållfastheten ökar med djupet och är ca. 27 kPa (låg) vid 10 m.

Vid träspontkonstruktionen på 3–4 m djup har leran skjuvhållfastheten ca. 22,5 kPa (låg), som därefter sjunker till 10 kPa (mkt låg), och sedan ökar med djupet till 25 kPa (låg) vid 14 m djup. Då konflytgränsen är 80 %, blir den reducerade skjuvhållfastheten 8 kPa (extremt låg).

Kaj B&C: På ca. 4 m djup har leran en skjuvhållfasthet på ca. 16 kPa (mkt låg), varefter hållfastheten ökar med djupet och är ca. 28 kPa (låg) vid 14 m.

Kaj D: På ca. 3–4 m djup har leran en skjuvhållfasthet på ca. 22,5 kPa (låg), varefter hållfastheten sjunker till 10,5 kPa (mkt låg) för att sedan öka med djupet och är ca. 25 kPa (låg) vid 14 m.

Kaj E: På ca. 3 m djup har leran en skjuvhållfasthet på ca. 24 kPa (låg), varefter hållfastheten sjunker till 17 kPa (mkt låg) för att sedan öka med djupet och är ca. 29 kPa (låg) vid 10 m.

Därefter sjunker värdet till ca. 20 kPa (mkt låg) på 14 m djup.

Kaj E: På ca. 2 m djup har leran en skjuvhållfasthet av ca. 12 kPa (mkt låg), varefter hållfastheten sjunker till 10 kPa (mkt låg) för att sedan öka med djupet och är ca. 19 kPa (mkt låg) vid 10 m.

Därefter sjunker värdet till ca. 16 kPa (mkt låg) vid 14 m djup.

Tabell 2. Sammanställning av den lägsta skjuvhållfastheten i området för kajerna längs Enköpingsån, ent. Grontmij AB.

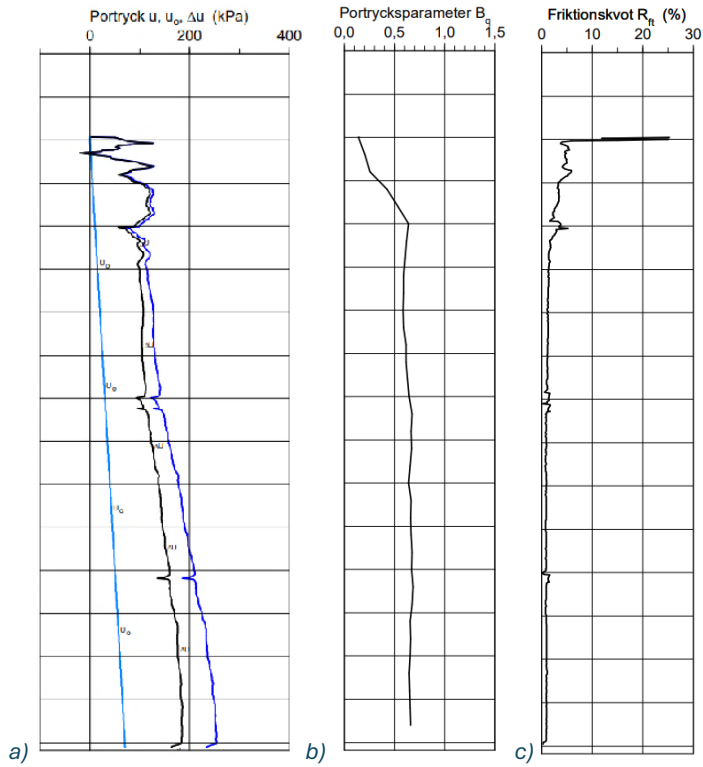
kaj	djup (m)	skjuvhållfasthet (kPa)	konflytgräns ¹	reducerad skjuvhållfasthet (kPa)
A	4	17,4	81 %	13,1
B-C	4	16,3	97 %	11,4
D	6	10,5	79 %	8,0
E	4	17,4	77 %	13,4
F	4	10,0	83 %	7,4

¹ Interpolerat alternativt extrapolerat till motsvarande djup.

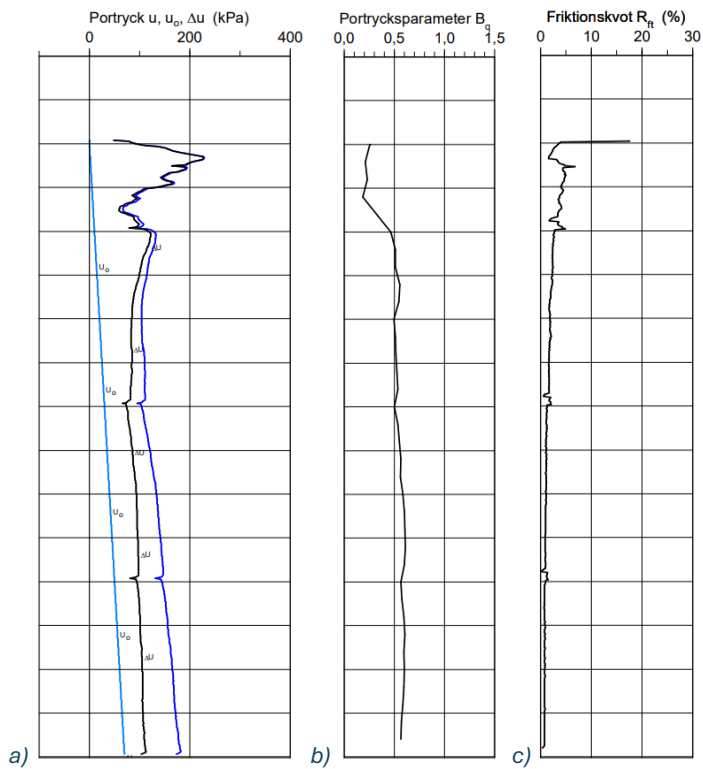
Porvattentrycket (u) är trycket hos vattnet i porerna mellan jordpartiklarna. På fig. 23-24a uppvisas generellt en stigande trend med djupet under grundvattenytan, som indikerar att konsolideringen blir större och att vattnet pressas ut ur jorden hastigare vid belastningar. Detta innebär således att det med ökat jorddjup sker en hastigare vattenavgång samt volymminskning och att det totala sättningförloppet påskyndas.

Portrycksparmetern (B_v) används för karakterisering av jordlager samt utvärdering av jordens hållfasthetsegenskaper. Denna är hög enl. utvärderingar i *Conrad* som påvisar ökad portrycksutveckling med ett odränerat tillstånd, och tyder på lösare kohesionsjord med lägre genomsläpplighet, se fig. 23-24b. Ur detta konstateras hur gyttjelera/lösare lera förekommer i jordprofilen.

Friktionskvot (R_{ft}) används för att bestämma jordarter och dess hållfasthetsegenskaper. Ett högre värde indikerar större andel friktion i marken, vilket visas i övre skiktet, följt av lägre värden som antyder att spetsmotståndet är större och är ett tecken på lerförekomst, se fig. 23-24c. Med detta erhålls ett säkerställande av markskiktens uppbyggnad enligt antagen jordprofil.



Figur 23. Porvattentrycket (a), Portrycksparametern (b) samt friktionskvoten (c), för punkt 18S10005, enl. Sweco Civil AB.



Figur 24. Porvattentrycket (a), Portrycksparametern (b) samt friktionskvoten (c), för punkt 18S10014, enl. Sweco Civil AB.

Dimensioneringsförutsättningar

Dimensionerat värde för skjuvhållfastheten på leran i området har antagits vara 5 kPa. Detta är det reducerade värdet på jordens hållfasthet som används vid dimensionering för att garantera säkerhet emot brott. Se tabell 3 för markens dimensionerande värden enl. utredning från Sweco Civil AB, vilket tar hänsyn till osäkerheter i materialegenskaper, mätfel och beräkningsmodeller. "Dimensioneringssätt 3" har använts som metod, då partialkoefficienter appliceras på både laster och hållfasthetsparametrar.

Tabell 3. Dimensionerande värden för jorden med använda partialkoefficienter; friktionsvinkel=1.3, odränerad skjuvhållfasthet=1.5 och korrektionsfaktor=0.81, enl. Sweco Civil AB.

	Jorddjup	Jordart	Tunghet ovan GVV (kPa)	Tunghet under GVV (kPa)	Skjuvhållfasthet (kPa)	Friktionsvinkel	E-modul (MPa)
			γ	γ'	c_u	ϕ°	E_k
DA 3: $\gamma_\phi = 1,3$ $\gamma_{c_u} = 1,5$ $\eta = 0,81$	0 – 8,0	Cl	14	9	5	-	-
	0 – 1,0	saSi	17	9	-	19	2
	0 – 1,0	siSa	18	10	-	23	20
	1,5 – 3,0	siFsa	17	9	-	19	2
	1,5 – 2,0	saSi	17	9	-	23	20

Genomsläpplighet

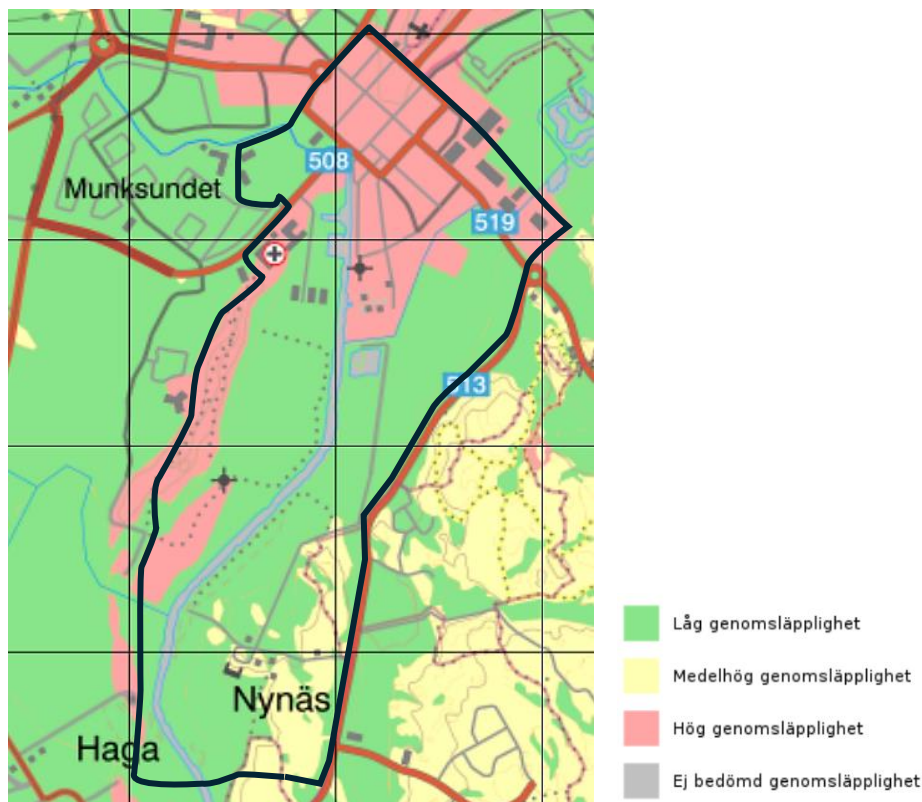
Hög genomsläpplighet förekommer i de områden som innehar fyllningsmaterial samt isälvs sediment, detta antas dock omfatta det ytligare jordskiktet och kan därav utgöra problem då inte den underliggande marken är genomsläpplig. Genomsläppligheten i området är generellt låg vid markuppbyggnad av lera, se fig. 25.

Vattnet strömmar långsamt igenom leran på grund av att den består av små partiklar med minimala mellanrum. Leror har hög vattenhållande förmåga eftersom vatten binds både på partikelytor och i kapilläerna, samt i finare spricksystem. Markens infiltrationsförmåga kan dock innebära svårigheter vid överflöd av vatten, följaktligen kan problem uppstå gällande ökade risker för skjuvningar och därpå anläggningar. Lera binder upp vatten i hög grad vilket dock kan orsaka fuktproblem, samt göra marken svår att bearbeta. När leran blir vattenmättad ter den sig plastiskt och instabilt. Nederbördsmängden styr och påverkar hur gytjelera kan användas. För att dränera denna lermark kan tätare dräneringar behövas för att uppnå effektiv upptorkning. När lera torkar krymper den totala volymen samt utvecklas en jordstruktur med aggregat som avgränsas av sprickor, vilka bidrar till att lufta marken samt förbättra dräneringen. Dessa sprickor ökar i samband med högre lerhalt på grund av gytjesubstansens starka och slutgiltiga krympning. Områden innehållandes gytjelera som blivit torrlagt får således en naturlig dränering och kan dikas för ytterligare bortledning av vatten.

Då leran får vattentillskott ifrån ovanlagrande permeabel jord (fyllnadsjord) kan den även förlora sin hållfasthet. Med anlagda markkonstruktioner som asfalterade ytor m.m. släpps dock inte vatten igenom jordprofilen på samma sätt.

Regn-/smältvatten som ansamlas på marken och inte kan bortdräneras effektivt kan leda till översvämningar. En bristfällig markdränering kan även leda till fuktproblem, och problem med

vatteninträngning i husgrunder, varpå dyra reparationer kan bli ett faktum. Långvariga fuktproblem kan medföra att byggnader försvagas och sammanfaller/rasar om inga åtgärder vidtas. Kraftig nederbörd (regn, snö, hagel) kan orsaka stora problem, då vatten och lera binder samman jordpartiklar samlas vatten upp av marken men vid ett överskott kan det dock framkalla lerslask eller översvämningar.



Figur 25. Illustration över markens genomsläpplighet i området (Källa: SGU Kartvisaren; Genomsläpplighet).

Markens värmeledningsförmåga och -kapacitet ökar med dess vatteninnehåll. Vattenmättad lera har en värmekonduktivitet på ca. $0,88 \text{ J}/(\text{m}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$. Avseende den rådande marktemperaturen förblir således marken kyld under våren och försommaren. Eftersom leran i nuvarande tillstånd redan är vattenmättad är den optimerad för högre ledningsförmåga med goda termiska egenskaper för jordvärme. Då vattenrik mark leder värme bättre än en torr mark kan detta fördelaktigt nyttjas vid platser där t.ex. värmepumpars verkningsgrad ska förbättras. En "upphöjning" av marken kan således utföras med avsikt att marken kring energikällor inte ska torka ut. Även i markområden som innefattar markförlagda elkablar är en hög värmeledningsförmåga nödvändigt, detta för effektiv bortledning av spillvärmen som alstras så att inte överhettning sker. Permanent förhöjning av markens ledningsförmåga kan ske genom inblandning av material som är effektivare värmeledare. Den lera som torkar kring rörledningarna utgör således en isolator, om stenmaterial som innehåller kvarts tillsätts ökar markens totala ledningsförmåga samt kontaktytorna emellan partiklarna. Den vattenmättade leran bör även kompakteras. Marktäcken av snö, vegetation, konstruktioner eller dylikt minimerar dock den naturliga värmeväxlingen med atmosfären.

I nuvarande situation kan det konstateras att utvecklingsmöjligheterna dock är begränsade inom projektområdet, där endast mindre byggnationer kan uppföras. Rekommendation för lägsta grundläggningsnivå längs vattendraget med hänsyn till översvämningsrisk har uppskattats genom översvämningskartering där områden belägna under ett 100-årsflöde (<1,5 möh) anses olämpligt för bebyggelser, medan platser belägna över ett beräknat högsta flöde (>2,7 möh) är mer kontrollerade och lämpliga. Detta har utretts mer ingående i separat handling, se *Översvämningsutredning för Enköpings hamn* (WRS, 26-03-04).

Att anpassa marknivåerna, genom att områden som planeras bebyggas upphöjs till acceptabel grundläggningsnivå; +2,7 m, kan dock innebära mycket stora kostnader pga. stor mängd fyllnadsmaterial. Delar kan som alternativ vallas in med nivå över +2,7 m som en yttre säkring av området. Detta kan ev. kombineras med viss höjning av marknivån, exempelvis kan marken höjas till 100-årsnivå (+1,5 m) samt med en invallning av området till +2,7 m vilket då kräver mindre fyllnadsmaterial och blir mer ekonomiskt.

Erosion

Samtliga vattendrag som finns inom utredningsområdet är regelbundet påverkade av eroderbarhet då lera är en framträdande jordart som utsätts extra med dess materialegenskaper, jordpartiklarnas tyngd och sammanhållande krafter. En betydande faktor är inverkan av vattnets strömningshastighet. Erosionspåverkan genom kraftig nederbörd är även ett problem som spolar bort ytskikt av jorden. När lera hamnar i ett vått tillstånd övergår konsistensen till att bli mjuk och kan då lättare följa med vattnet och bortspolas. Intensiv nederbörd och gyttjelera är en kombination som kan leda till erosion, jordskred och översvämningsar. Slamströmmar som skapas kan föra med sig lera och andra sediment och då orsaka erosion samt jordskred i framför allt delar med lutande terräng.

Silt har lätt för att erodera och dess egenskaper är mycket beroende av den ingående vattenmängden. En fast schaktbotten i siltjord kan dock hastigt förstöras på grund av nederbörd, tillrinning av annat ytvatten eller vid förhöjd grundvattenyta. Inre erosion (piping) kan inträffa då grundvatten strömmar upp genom schaktbotten varpå bärigheten försämras. Silt och sand är lätteroderade material och strömmande vatten kan spola med sig stora mängder silt och finsandpartiklar.

Sättningar

Sättningar uppstår generellt när trycket på jorden ökar, vilket leder till volymminskning. Sättningar i lera beror främst på volymminskningen som sker då porvattnet urpressas. Sättningar kan indelas i två olika huvudtyper; *konsolideringssättningar*, orsakade av belastningsökning av jorden eller långvarig grundvattensänkning, samt *uttorkningssättningar* som sker vid porvattenförlust. Indelning av sättningar sker genom initialsättning, primärsättning och sekundärsättning. *Initialsättning* är de som inträffar omedelbart vid lastpåförande. *Primärsättning* uppstår då lasten påförs och fram tills porövertrycket utjämnats. *Sekundärsättning* uppkommer efter primärsättning, vilka är tidsbundna deformationer som orsakas utav volymminskning under konstant spänning. Storleken på uppkomna sättningar beror även på lerans egenskaper samt jordlagrets mäktighet.

Att bygga på lerjorden innebär risker då den underlagrande jorden blir mer packad och konsolidering med efterföljande sättningar kan bli följaktiga konsekvenser. Genom att vattnet successivt pressas ur jorden leder det till att jordpartiklarna packas tätare varpå jordens volym minskar och sättningar uppstår. Denna process minskar dock porvolymen i jorden och därmed blir genomsläppligheten ännu mer begränsad. Processen är dock tidsberoende, samt bestäms av jordens permeabilitet och kompressibilitet. Hastigheten för vattnet att bortdräneras från leran

är styrande för den tid det tar att framkalla sättningar. Sättningsförloppet är vanligen långsiktigt och inledningsvis mest påtaglig, vid belastningspåförandet genom initialsättningar och primärsättningar. Sättningar kan dock pågå under mycket lång tid och framkalla sekundärsättningar upp mot 50–100 år. Främst lera och kohesionsjord bildar sättningar under längre tidsskala.

Vid slamdammarna, söder om *Enköpings kommuns* reningsverk på *Nynäs S:1* (mellan ån och cykelvägen Bredsand-Enköping), har ostörda lerprover analyserats vid laboratorium. Ödometerförsök, typ CRS, påvisar att leran där är normalkonsoliderad (till överkonsoliderad i ytligt markskikt, enl. Cpt utvärderat i *Conrad*), därav pågår endast obetydliga sättningar. Att jorden är normalkonsoliderad innebär generellt att den effektiva spänningen är lika stor som förkonsolideringstrycket. Tillskottslaster som orsakas av anläggningar eller grundvattensänkning kan dock generera sättningar då laboratorieresultatet indikerar att leran är mycket benägen för detta. Sättningar för 15 och 30 m djup har uppskattats i tabell 4, med jämn utbredning av lastökning 13 kN/m² och GV-nivå vid 0,5 m djup. Lasterna antas påförda marken i aktuellt tillstånd, utan inräknade förstärkningsåtgärder.

Tabell 4. Sammanställning av uppskattade sättningar vid 15 - 30 m djup, med jämn utbredning av lastökning 13 kN/m² och GV-nivå vid 0,5 m djup (Bjerking Ingenjörbyrå AB).

Lerdjup (m)	Tillskottslast (kN/m ²)	Sättning (cm)	Sättning 50 %	Sättning 95 %
15	13	40	10-15 år	80-100 år
30	13	70	50-60 år	>150 år

Sättningar för 15 och 30 m djup har uppskattats i tabell 5, med jämn utbredning av lastökning 35 kN/m² och GV-nivå vid 0,5 m djup.

Tabell 5. Sammanställning av uppskattade sättningar vid 15 - 30 m djup, med jämn utbredning av lastökning 35 kN/m² och GV-nivå vid 0,5 m djup (Bjerking Ingenjörbyrå AB).

Lerdjup (m)	Tillskottslast (kN/m ²)	Sättning (cm)	Sättning 50 %	Sättning 95 %
15	35	69	20-25 år	100-120 år
30	35	93	80-90 år	>200 år

Sättningsbedömningar i området påvisar generellt att sättningsrisker finns och sannolikt uppstår vid anläggningar inom området, vilket ska beaktas och förebyggas. För att minimera förväntade sättningar samt tillkommande problematik bör därför lastkompensation övervägas i form av lättfyllnad eller motsvarande åtgärd.

Enligt övriga bedömningar uppskattas sättningar generellt uppstå av storleken ca. 80 - 100 cm för varje meter fyllnadsmaterial som marken belastas med av vikten 20 kN/m², då detta kan medföra storskaliga nedsjunkningar i området ska förebyggande åtgärder övervägas noga. Marken intill *Enköpingsån* kan deformeras genom sättningar och vittringsprocesser i underlagrande finkornig jord, varpå förstärkning anses lämpligt. Detta kan tydligt bevisas genom registrerade observationer av ledmurens överkant, med en sättning mellan ca. 0,010 - 0,025 m/år.

Sättningar kan även uppstå genom vegetation och större trädets vattenförsörjning via dess rotsystem. Högst upp på *Kaptensgatan* samt i *Klosterparken* finns ett flertal stora träd. Vattenförlust inträffar invid trädets rotsystem, vars upptagningsområde föranleder

volymminskning av jorden med sättningar till följd. Rotsystem kan ta upp vatten i styva lerjordar när vattenhalten > 20 % och i sandjordar när vattenhalten > 1–2 %, därmed påverkar träden förekommande lerlager inom en zon som ökar i takt med trädets tillväxt i samband med utbredningen av rötter och torrperioder. Ett lämpligt avstånd bör antas vid ny växtetablering, men även ifrån större växter vid placering av nya byggnader. Främst vegetation med djupa rotsystem bör planteras för att kunna tillvarata överskottsvatten i marken. Det kan även finnas behov för växtlighet/träd för att hantera det vatten som behöver ytavrinnas samt fördröjas.

En byggnad på *Kv Munken 10* intill *Enköpingsån* (fig. 26) uppförd i början av 1960-talet har enligt fastighetsägare skadats av differentiella sättningar, då marken satt sig i olika grad. Byggnaden är grundlagd på en utbredd, styv betongplatta utan källare. Detta har antagits bero på de deformationer som inträffat vid *Enköpingsåns* ledmur. Området mellan byggnaden och ledmuren är asfalterad och har en svacka på grund av att kajen gett vika. Enligt utförda markundersökningar består marken där av mulljord/fyllning med inslag av tegelrester, vilket underlagras av kohesionsjord där lerans vattenkvot varierar mellan ca. 74 - 79 % och konflytgräns 77 - 117 %, detta tyder på en förhöjd vattenkvot och värden överstigande 100% indikerar att jordens porer innehåller mer vatten än jordpartiklar. En tillståndsbedömning genomfördes med därtill kopplade åtgärdsförslag. Uppkomna skador på byggnaden utgörs av; spricka på ca. 1 mm på NV fasaden, spricka på ca. 2 mm på SV fasaden, spricka i muren längs vägen och sprickor ovan fönster invändigt samt golvlutningar. Mät-dubbar av korrosionsskyddad stålspek installerades utmed hamnens kajer, *Enköpingsåns* ledmurar, samt på byggnaden för uppföljning av eventuella deformationer. Mät-dubbarnas geodetiska position registrerades via totalstation för rörelsemätning, av mätningpersonal från *Enköpings kommun* och finns redovisat i tabeller i ”*PM Sättningar i byggnad*, Bjerking AB, daterad: 2012-02-29”.

Sättningsproblematiken anses finnas över området i helhet, där sättningskänsligheten även antas storskalig. För mer exakta uppgifter bör en markundersökning utföras gällande detta.



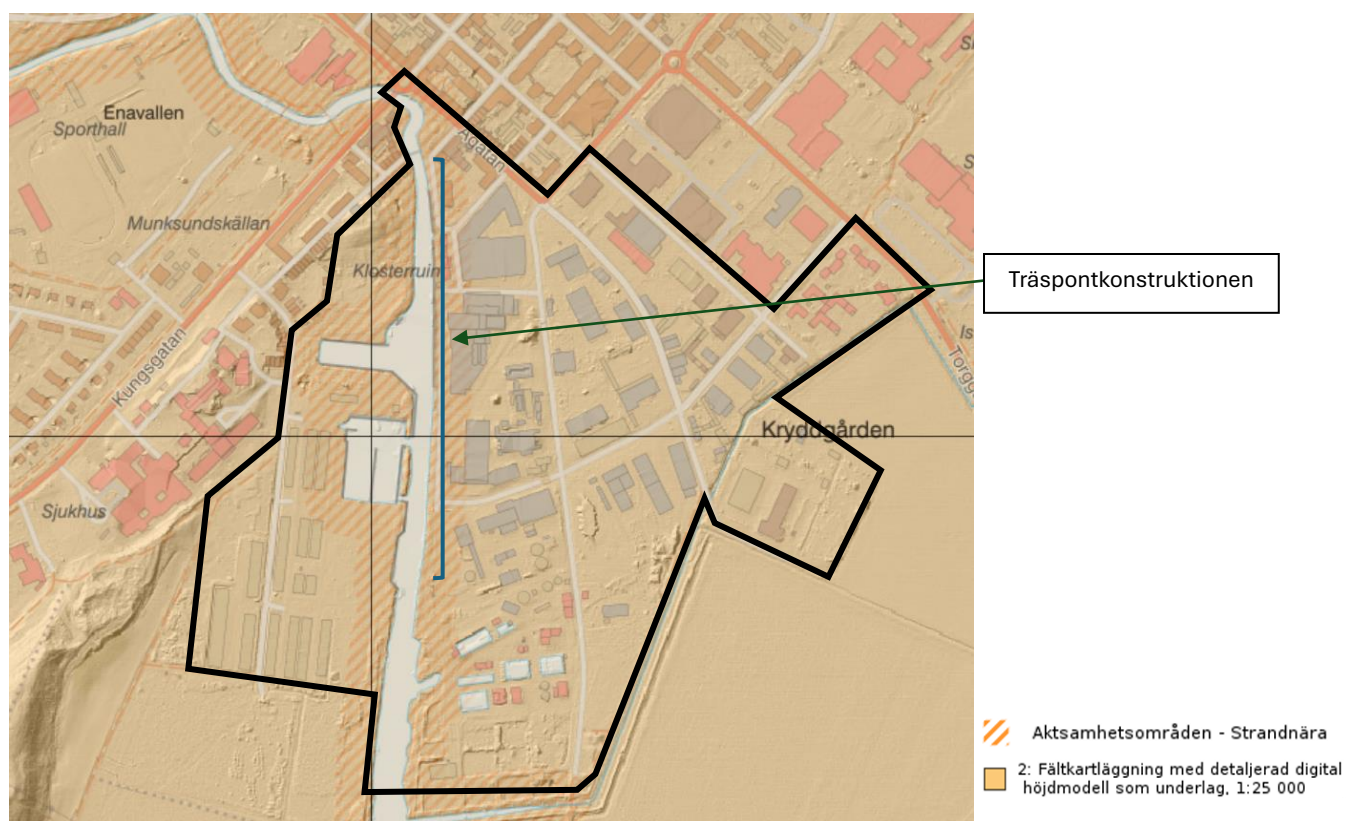
Figur 26. Byggnaden *Kv Munken 10*, intill *Enköpingsån* (Foto: *PM Sättningar i byggnad*, Bjerking AB, daterad: 2012-02-29).

Stabilitet

Mark som är vattenmättad kan bidra till att byggnader och anläggningar med tiden sjunker, och detta främst när tyngden inte fördelas jämnt. Om torksprickor förekommer kan de fyllas av vatten och ge upphov till skred. Vid markytan finns ofta sprickor i leran och när sprickorna fylls med regnvatten, bildas ett vattentryck som försämrar stabiliteten ytterligare. Slanter som ser ut att stå brant kan således efter tid skreda längs sådana sprickor.

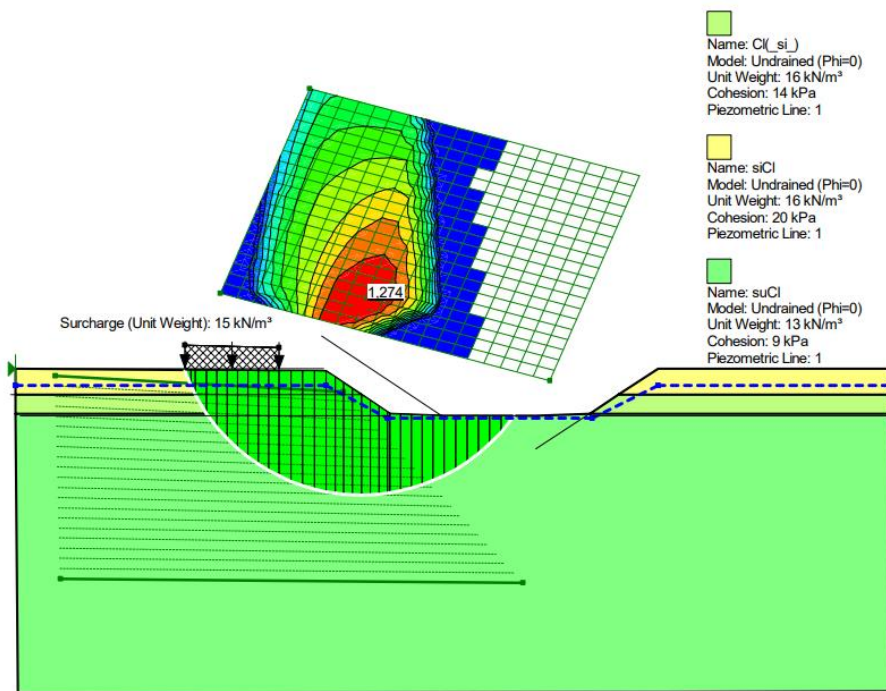
Förutsättningar för skred finns inom området (fig. 27) enligt den beräkningsalgoritm som tar hänsyn till jordart, terrängmodell (LiDAR) och kritisk lutning (1:10).

Att tillfälligt eller permanent lägga till vid kajen i området för träspontkonstruktionen (Kaj A) bör undvikas från vatten och land vid rådande förutsättningar, detta med hänsyn till instabilitet och risk för ras/skred vilket även kan tydas på fig. 27.



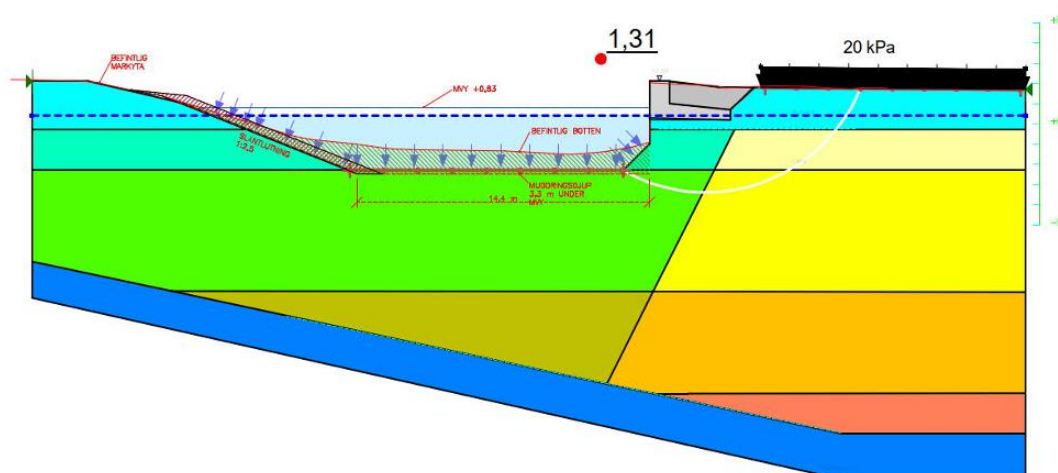
Figur 27. Skredkänslighet i projektområdet (Källa: SGU Kartvisaren; Förutsättningar för skred i finkornig jordart).

Släntstabiliteten på västra sidan om *Enköpingsån* är ogynnsam med värdet $F_c = 1,27$ påvisat genom beräkningsprogram "Slope" i fig. 28, vid lasttillägg av 15 kN/m^3 . En lägre säkerhetsfaktor ($< 1,0$) innebär att risken för skjuvning är större. Rekommenderad släntlutning för detta scenario är 1:1,5 dock eventuellt flackare. Om det vid stadsutvecklingen planeras anläggas permanenta slanter bör F_c -värdet 1,5 överstigas. För att erhålla detta värde krävs ett ökat säkerhetsavstånd mellan aktuellt släntrön och slänfot till minst ca. 10 m, enligt utredning inför mellanlagringsdammar av *Bjering Ingenjörbyrå AB*.



Figur 28. Säkerheten mot stabilitetsbrott är 1,27 vid lasttillägg på 15 kN/m³ för en planerad mottagningsgrop i samband med ett ledningsarbete genom styrd borrhning (Sweco Civil AB).

Släntlutning för tillfällig schakt i den lösare leran kan till ca. 2 m djup genomföras med släntlutning 1:1 utan extra åtgärder, medan permanenta schakter av slänter kan utföras i släntlutning 1:2 eller flackare, i stabilitets- och erosionssyfte. Vid djupare schakt krävs dock flackare släntlutning, vilket rekommenderas att utredas vidare av geotekniker inför det aktuella arbetet för att minimera risker. Lättare fordon rekommenderas generellt vid markarbeten i området. Schaktmassor bör inte placeras närmre än ca. 5 m ifrån schaktkanten, vid de rådande förhållandena i området.



Figur 29. Säkerheten mot stabilitetsbrott är 1,31 vid lasttillägg på 20 kPa efter utförd muddring i kajområdet (WSP Bro & Vattenbyggnad).

Stabiliteten efter utförd muddringsarbete i kajområdet har uppskattats enl. fig. 29, vilket anger värdet $F_c=1,31$. Säkerhetsfaktorn har dock minskat med ca 10% ifrån de befintliga förhållandena och anses vara låg. Dock har inte befintliga konstruktioner i marken medräknats vid utredningen som medför en gynnsam effekt. Med detta resultat rekommenderas avlastning utföras bakom kajen.

Enligt en översiktlig stabilitetsutredning för silobyggnad på *Kryddgården 14:6* som planeras rivas, kan massor av 50 kPa lagras på den aktuella marken utan att skjuvning inträffar, där bef. markförstärkning dock ej medräknats vilket medför att ytterligare laster ev. kan tillföras. Vid 50 kPa erhålls F_c -värdet; 1,70 vilket anses kontrollerat.

Geotekniska åtgärdsförslag

Planering samt jämförelser av olika alternativ kan medföra stora kostnadsbesparingar. Lösningar bör utformas i ett långsiktigt perspektiv. Olika typer av metoder kan fördelaktigt kombineras för att utgöra ett beständigare skydd och förstärkning av marken. Vissa typer av lösningar är mer lämpliga i områden vid specifik byggnation, och har därför sammanställts på fig. 30. Relevanta och genomförbara åtgärder presenteras för aktuellt område med gestaltningsperspektiv i stadsmiljön. Val av åtgärdsalternativ ska antas i ett långsiktigt perspektiv och ska övervägas noga vid beslut.

Om underliggande jordarter anses ha tillräckligt god hållfasthet samt packningsgrad efter en tidigare konsolidering och förbelastning förväntas mindre problematik. Om tyngden av en ny anläggning på kohesionsjorden överstiger lasten som jorden tidigare utsatts för, uppkommer sannolikt tidsbundna sättningar. Delar av områden som är bebyggda kommer att rivas för att sedan ersättas med nya anläggningar. Exempel på detta är silobyggnaden på *Kryddgården 14:6* som rivs. Viktigt är att upptäckta deformationer i form av nedsjunkningar, sättningar eller liknande, vilket måste tas på allvar och kontrolleras för att minska skadeförloppet och eventuellt kunna åtgärda defekter av byggnader som ska bevaras i god tid.



Figur 30. Förslag på lämpliga åtgärder inom projektområdet med markerade exempelområden (Källa: Lantmäteriet).

Ytligare åtgärdsförslag

Geoceller

Geoceller med 3D-panelstruktur, av perforerad högdensitetspolyeten (HDPE), är exempel på erosionsskydd som kan användas i ytliga markskikt för stabilisering av mark med sämre hållfasthet. När cellerna ifylls skapas en förstärkande och mekaniskt stabiliserad 3D-struktur, som även möjliggör horisontell dränering. Geocellerna möjliggör även lastfördelning och kan fördelaktigt användas i kombination med geoarmering och geotextil. Dessa geoceller lämpar sig för områden där erosion kan ske men även för ytligare typer av anläggningar av mindre påfrestande vikt, samt är ett kostnadseffektivt alternativ vid markstabilisering för att även minska materialåtgång. Stabiliserande *Geonät* kan även användas för att stärka en svag lermarksbas samt möjliggöra packning av fyllmassor ovanpå, som är tvådimensionella. Detta är enkla markstabiliseringsåtgärder att tillämpa som är ekonomiskt fördelaktiga med endast några tusen kronor för en yta på ca. 15 m².

Cellplast

Cellplast av extruderad polystyren (XPS) utgör ett isolerande skikt som kan placeras under markytan vid anläggningar och motverka kyla. Detta är positivt eftersom det minskar behovet av ett stort grundläggningsdjup. Då cellplasten inte är dränerande krävs även dränerande material runtomkring. Det finns även typer av dränskivor (pordrän/isodrän) som är utvecklade till att

kombinera funktionerna med öppen cellstruktur som då tillåter vatten att passera genom materialet, vilket gör att de både isolerar och dränerar. Kostanden vid markisolering kan dock bli stor beroende av tjocklek och yta, som generellt brukar vara några hundra kronor per m².

Geotextilier

Geotextil kan användas som materialskiljande lager för att motverka finmaterialvandring i jordprofilen, och anpassas med lämplig bruksklass efter typ av användningsområde. Detta för att minska risken för tjälproblematik samt för att bibehålla dränerande egenskaper som bidrar till god avvattning. Geotextil ska placeras som materialskiljande lager på schaktbottnar samt mellan förstärkningslager och fyllnadslager enligt SS-EN 13249:2016. Detta är en relativt billig kvalitetshöjande lösning, som bör tillämpas vid samtliga anläggningar där en rulle på 100–200 m² kostar några tusen kronor.

Geopolymerinjektion

Geopolymerinjektion kan användas som åtgärd för redan skadade byggnader (sättningskador, nedsjunkningar) vilket stabiliserar, lyfter samt förstärker grunden. Genom att injicera polymerbaserad massa (flytande) i marken under grundkonstruktionen i högt tryck, expanderar och fyller det ut tomrum, tätar och binder ihop fraktioner samt konsoliderar jorden. Konstruktioner kan på så sätt ”räddas” genom att detta skapar ett stöd av förstärkning. De isolerande egenskaperna i materialet är även mycket bra. Inte heller omgivande anläggningar påverkas av ingreppet, då det går fort och inte kräver tunga maskiner eller schakter. Kostnaden styrs av skadans omfattning samt djupet för injekteringen och materialåtgången, men är generellt en snabbare metod och mer kostnadseffektiv än pålning eller liknande.

Funktionella diken

Att anlägga *krossdiken* på lämpliga platser hjälper till med vattenavledningen, vilket är en ekonomisk fördelaktig åtgärd. Krossdiken bidrar till att minska översvämningssrisker, men om nederbördsmängden överskrider magasinvolymen och dikets avledningskapacitet måste dock bräddning ske. Detta kan även kombineras med avlagringstunnel för ökande av fördröjningskapacitet och reningsförmåga. Lämpliga placeringar är generellt vid hårdgjorda ytor som vägar, gator och parkeringsytor. Krossmaterialet har en kostnad på ca. 100–300 kronor/ton. *Svackdiken* som förses med jord, sand och vegetation är en annan variant av fördröjning och vattenavledning, vilket är mer passande i parker och i stadsområdet med ökande av biologisk mångfald. Under detta kan även ett dränerande lager tillföras.

Dränerande markstensbeläggningar

Genomsläppliga ytor där dagvatten kan infiltreras i stället för att rinna av avlastar dagvattensystemet samtidigt som översvämningssrisken minimeras. Detta utförs med speciella fogbruk som är genomsläppliga för vatten, varpå överflödigt vatten rinner igenom fogen i stället för att belasta befintligt avlopp. Kostnaden antas uppgå till några tusen kronor per m² för detta arbete.

Lättfyllning

Vid hamnområdet förekommer låg stabilitet, hållfasthet och vattenmättad mark. Lättfyllning lämpar sig som förstärkningslager i ett stabilitetshöjande syfte, samt för att minska sättningsuppkomster och förebygga tjälproblem. Lättklinker som lättfyllnadsmaterial (t.ex. Leca/skumglas) är en relativt enkel stabilitetshöjande lösning som minimerar jordtryck och sättningar. Fördelarna med lättfyllning är den låga vikten samt materialets höga hållfasthet, och har även isolerande samt dränerande egenskaper. Tillämpliga ändamål för denna typ av förstärkning är byggnader, broar, vägbank, idrottsplatser och övriga anläggningar. Lättklinker,

som också har goda värmeegenskaper, kan användas för att ersätta tyngre fyllnadsmassor som singel och makadam. Exempelvis kan det används under platta på mark för erhållande av en dränerande, isolerande grund som blir mer stabil, men kan även nyttjas som dränerande fyllning vid husgrunder/väggar som då kan appliceras med blåslossning i svåråtkomliga lägen. Positivt är även att materialet minskar fuktrisken. Lättklinkern läggs ut med grävmaskin i skikt och kompakteras med lämplig packningsutrustning. Varje lager återfyllningsmaterial måste packas ordentligt för att uppnå önskad densitet samt undvika att det sjunker ihop ojämnt. Packningskontroll bör genomföras för säkerställande att förväntad packningsgrad har uppnåtts, genom att jämföra den beräknade volymen med den faktiska volymen efter packning. Kostnaden för lättfyllning är generellt några tusen kronor per m³.

Upphöjd marknivå mha lättfyllning

Lastfördelande förstärkningslager kan även byggas med den tjocklek som matchar kravet på upphöjningen av marknivå. I ett geotekniskt perspektiv är en invallning lämplig att bygga av lättviktsmaterial då det inte belastar marken ytterligare, varefter påförande av ett ytskikt runtom vällen med ev. markvegetation. Den porösa strukturen i lättviktsmaterialet med mellanrum som uppstår kan lagra vatten tillfälligt vid kraftiga regn. Materialet leder sedan bort det uppsamlade vattnet ned i marken.

Lättfyllning i kajkonstruktioner

Skilnader i tryck mellan spontens in- och utsida kan minimeras hos kajkonstruktionen. Uppfyllnad/motfyllnad vid spanten som kräver upprustning bör undvikas med tyngre material som påverkar med stora sidokrafter, i stället bör lättklinker tillsättas vilket ger stabilitet utan att belasta och minskar samtidigt sättningar samt tjälproblem. Det fungerar även dränerande genom att bortföra vatten och då skydda konstruktionen där nuvarande jord består av fyllning (lera, silt, sand, varefter lager av sulfidhaltig lera), som delvis har förmågan att hålla kvar vatten och bilda ogynnsamma markförhållanden. Denna lösning kan genomföras på aktuell plats med hjälp av blåsning vid mer svåråtkomliga utrymmen/konstruktioner.

Cementbunden lättklinker

Cementbunden lättklinker (LBF) kan användas för större laster och sättningar då det motverkar upplyft samt bidrar till god stabilitet. Med LBF sker omfördelning av lasten på marken, där god grundförstärkning erhålls för sättningsbenägna djupa jordlager. Kostnaden styrs av omfattningen och materialåtgången.

Lätt Lastspridande Platta (LLP) kan även användas för högre lastkapacitet och är en dubbelarmerad platta av cementbunden lättklinker. Minskning sker av differenssättningar samt av geodynamiska deformationer vid tyngre ändamål. Vid kajrenovering kan stabiliteten förbättras samt högvattenskyddet och då även minska översvämningsrisken. LLP-installation kan ske genom att blåst lättklinker och pumpad cementblandning ("slurry") möts, via ett speciellt framtaget munstycke. Den cementbundna lättklinkerfyllningen anläggs sedan och packas i skikt tillsammans med armeringsnät.

Åtgärdsförslag djupare i markprofilen

Vertikaldränering

För att möjliggöra byggnation på denna typ av mark kan vertikaldränering genomföras, vilket är effektivt och nödvändigt vid byggnationer i svåra jordförhållanden, djup lera i detta avseende, för att öka markens bärförmåga och minska nedsjunkning av byggnader m.m. Vertikaldräner utgör sin största effektivitet i enhetliga kohesionsjordar, vilket generellt råder i aktuellt område.

Då påförda laster av betydande vikt utsätter vattnet i jordens porer för tryck kommer porvattnet successivt att pressas ur jorden, vilket pågår tills portrycket utjämnats. Resultatet blir att jordvolymen minskar i samma omfattning som utpressad vattenmängd och sättningar uppstår. Den låga permeabiliteten gör dock att vattenutpressningen sker långsammare, och sättningsförloppet bestäms därmed av strömningsvägens längd som istället kan förkortas genom vertikala dräner för att påskynda sättningsens totala förlopp. Sättningsens storlek är direkt proportionell mot lastökning av jorden, dräner medför att markens slutsättning (ca. 90 % av konsolideringen) uppnås inom kortare tid, från några månader till något år, vilket normalt kan ta tiotals år. Ett tätare mönster med C-C avstånd på ca. 1–1,5 m minskar konsolideringstiden avsevärt. Detta medför större möjligheter att kunna bygga bra på lös jord utan att stora sättningar sker efter färdigställandet. Vertikaldräner anläggs med dränbädd för avledning av utpressat vatten, fyllning för kompensation av beräknad sättning, samt temporär överhöjning. I de fall som marken har normal säkerhet mot markbrott erhålls generellt en sättningsfri grund efter att den temporära överhöjningen avlägsnas. I samband med att leran konsolideras för aktuell tyngd ökar lerans skjuvhållfasthet samt bärförmåga.

Vanligen används förtillverkade *banddräner* eller *sanddräner*, vilka anses ha samma effekt med samma omkrets. Sanddräner (sandpelare) eller prefabricerade dräner (PVD) används och installeras vertikalt i leran med funktion att bortleda vatten i jordprofilen för att få fastare konsistens, och är en ekonomiskt gynnsam lösning. Maximal avvattning sker av den omgivande jorden, gradvis som sättningar uppstår, eftersom dräneringen fungerar som kanal för överskottsvatten.

Förtillverkade *banddräner* har en central kärna av plast som utgör kanalsystemet och är omgiven av ett filter av geotextil/kraftpapper.

Sanddräner utgörs av cirkulära sandpelare med en gradering så att lerpartiklar inte följer med in i dränen. Hos sanddräner transporteras vattnet av ett horisontellt flöde in till dränen, samt ett vertikalt uppåtriktat flöde ut ur marken. Vattentransporten drivs genom övertrycket som belastningen på markytan genererar och ansamlas i ett pålagt lager av sand/grus. Avledningen av vattnet sker sedan från markytan då det når toppen av dränen, och ska där bortledas ifrån området till öppna diken eller dräneringsrör.

Även efter att förbelastningsskedet är genomfört och marken har satt sig så upprätthålls dräneringen i markprofilen då dräner kvarlämnas, dräneringsmaterialet är beständigt och bibehåller förmågan att bortleda vatten.

Vertikaldränering bör uppnås i princip genom hela lerlagret som har dålig hållfasthet, vilket dock kan vara svårt i detta fall med tanke på jordmäktigheten och grundvattenmagasinet som kan påverkas. Dock förekommer mycket vatten i leran vilket blir ett problem vid byggnationer.

Risker förknippade med vertikaldränering i området

Dränerna bör avslutas med marginal ovanför grundvattenmagasinet, så att magasinets hydrologiska balans inte påverkas negativt. Risk finns annars att grundvattennivån i närliggande magasin sänks, vilket kan skada ekosystemet och minska tillgången på dricksvatten. Exakt placering bör dock övervägas i samråd med hydrolog och inte i första hand på platser som är i närheten av grundvattenmagasinet, främst på övriga områden där större och tyngre anläggningar ska byggas. Negativa portryck kan dock uppstå som medför att luft kan dras in i marken, och är en bieffekt/risk gällande sulfidjorden som är stabil under vattenytan i en anaerob miljö. Sulfidjorden kan omvandlas till sur sulfatjord vid kontakt med syre, som frigör metaller.

Kostnaden blir vanligen stor och beror på ytans omfattning, där en husbyggnad på 100–150 m² blir ca. 100 000 – 200 000 kronor. Generellt gäller några tusen kronor per meter.

KC-Pelare

KC-pelare används för att minska sättningsuppkomster och öka markstabiliteten för de djupare lerlagren. Bindemedel av olika mängd och typ kan användas för att uppnå önskad effekt, vanligen kalk/cement men även andra bindemedel kan användas. Ett blandningsverktyg används vid installationen, som roteras ned i marken och sedan vänds på botten för att fylla upp bindemedlet vid uppdragning. Dessa pelare kan installeras på större djup, och hållfastheten kan förbättras markant inom kort tid. Denna metod medför dock högre materialkostnad samt maskininsats (kalk/cement) jämfört med vertikaldränering. KC-pelare kan dock påverka grundvattnets kvalitet om kalk och cement förändrar pH-värdet i marken.

Om KC-pelarna utsätts för strömmande grundvatten (sött grundvatten) finns en risk att kalken och cementen långsamt lakas ut. Detta försämrar pelarnas hållfasthet över tid.

Geoteknisk stabilisering med kalk som åtgärd mot föroreningar, kan skapa starka bindemedel (Ca-silikater) och på så sätt även förbättra jordens stabilitet, bärighet samt även minska sättningskänslighet.

Kostnaden för installation av kalkcementpelare är generellt kring hundra kronor per meter, där etableringskostnaden uppgår till ca. 50 000 kronor.

Funktionella stenpelare (Grundförstärkning)

Genom att sätta ner stenkross i jorden i pelarform, kan sättningar reduceras och jordens fasthet samt bärighet ökas. Stenpelarna har dränerande kanaler som bortleder vatten.

Materialkostnaden för bergkross är ca. några hundra kronor per m³.

Schakter

Förekomst av berg inom projektområdet utgör inga direkta problem, som kommer att medföra extra åtgärder då berggrunden är belägen mycket djupt.

Djupa lerlager med låg skjuvhållfasthet i kombination med grundvatten som kan finnas nära markytan föranleder dock att åtgärder måste vidtas vid markingrepp.

Vid möjlighet till schaktfria förläggningar genom t.ex. styrd eller horisontell borrhning, bör denna typ av metod användas för att minimera markpåverkan och kontakten med sulfidhaltig lera.

Inför eventuell sanering och schaktningsarbeten behöver anmälan om efterbehandling av förorenat område inlämnas till *Tillsynsmyndigheten*. I samband med sanering ska miljökontroll genomföras för att säkerställa att åtgärds målen uppfylls. Då tecken på föroreningar finns, som inte tidigare påträffats eller sanerats, ska arbetet avbrytas och miljökontrollant samt tillsynsmyndighet kontaktas.

Risk för bottenuppträckning ska beaktas vid schaktning där marken kan innehålla vattenförande lager av sand/silt inbäddade i lerlagret, vilket påträffats vid båtuppställningsplatsen.

Släntlutningar vid schaktarbeten ska noga anpassas efter rådande förhållanden, samt djup och belastningar. Slänter ska skyddas från riklig nederbörd, för att minska risken att erosion och skred inträffar av schaktvägg. Om schakterna på platsen planeras bli djupa kan tät spont användas, vid behov bör flyttbar stödskonstruktion tillämpas för övriga schakter såsom t.ex. spontbox, schaktlåda eller liknande.

Slutlig sammanfattning

I området där kulturlämningar och vattenskyddsområdet finns anses det dock vara begränsade förutsättningar för nybyggnationer. Möjligheten till byggnationer är även styrt av markägare. Eftersom området till stor del redan är bebyggt kan endast ett fåtal platser i nuläget användas, alternativt är att befintliga byggnader rivs för möjliggörande av nya anläggningar och då med övervägande av förbättrade grundläggningsalternativ. Mark som är bebyggd och sedan avlastas vid rivning har redan konsoliderat jorden, som därav förväntas ha bättre hållfasthet än en obebyggd mark. Detta medför bättre förutsättningar för nästkommande anläggning som då kan ske på ett stabilare underlag där lägre vattenkvoter förväntas.

Det är fastställt att det krävs upprustning och renovering invid *Enköpingsån* och kajerna. Detta bör ske med ett lättviktsmaterial för att minska trycket på kajkonstruktionen men även för att minimera sättningar och höja totalstabiliteten.

Lättbetong kan även tillverkas med en densitet högre än vatten för minskande av uppflytningar vid ytligare anläggningar.

Att tillföra material som förbättrar lerans struktur är nödvändigt vid nyanläggningar, detta för att öka porernas storlek och därmed dess dräneringsförmåga. Material som ger dränerande och mer gynnsamma markförhållanden för grundläggningen bör väljas. Dräneringslösningar anses behövas för bortledning av överflödigt vatten. Befintliga dräneringar kan också behöva bytas ut om de uppnått sin livslängd, inspektion med hjälp av fuktkamera kan avslöja hur dräneringen fungerar och om åtgärder krävs. Installation av dräneringsmatta för hus kan även anläggas för motverkande av fuktskador där vattenhalten är kritisk. Förbättrad vattenbortförsel eftersträvas i hela området, även i mindre skalor. Regelbundna rensningar av allmänna brunnar, m.m. är även åtgärdsförslag för fungerande system.

Om differentialsättningar fortgår kring byggnader kan åtgärder vidtas för att säkerställa dess varaktighet, då en utskiftning av fyllningen runt byggnaden kan behövas med ersättning av lättfyllnad, alternativt geopolymerinjektion eller liknande lösning.

Stående vatten är dock ett problem som måste förebyggas, speciellt för större rinnvägar och vattensamlingspunkter. Stora översvämningsrisker föreligger, både ifrån *Mälaren* och ifrån skyfall. Närheten till *Mälaren* är ett problem inför framtida klimatförändringar som leder till stora osäkerheter då nivåerna antas stiga. Betydande åtgärder krävs därför för att lämpliggöra området för ny bebyggelse. Marknivån måste upphöjas med minst ca. 1 m, för att nå den lägsta rekommenderade grundläggningsnivån. Avledning av dagvatten är prioriterat vid högre vattenstånd i *Mälaren*. Vid skyfall går flödesriktningen av rinnvägar i området främst i sydlig riktning, delvis med avvattning mot hamnen. Rinnvägar där specifika gator antas få mer stående vatten ska prioriteras.

För att kunna bygga upp marken till en högre nivå samt uppfylla krav på marknivåer för byggnation med lägsta grundläggningsnivå (+2,7) krävs generellt en upphöjning av markytan till 1 m. Övervägande av materialval ska ske kopplat till framför allt lerans egenskaper, då detta kan innebära en ytterligare belastning om tyngre material används.

Anläggning av skyddande vallar där en upphöjd markyta inte är möjlig att uppnå, kan genomföras i kombination med skydd mot ytvattenflöde i slänt. Möjligen kan en vall även nyttjas som lekplats, pulkabacke under vintertid, eller liknande. Vid ev. invallning som skyddande åtgärd ska hänsyn tas till släntlutningar som rekommenderas enl. utförda stabilitetsberäkningar, där anläggning av permanenta slänter bör överstiga F_c -värdet 1,5 vilket kommer kräva ett ökat säkerhetsavstånd emellan aktuellt släntrön och slänthot.

Övrig mark som lämnas låglänt, utan markupphöjning, kan möjligen planteras med träd. Inför detta ska dock eventuell påverkan av sättningar kontrolleras om det medför problem för intilliggande område avseende anläggningar, m.m.

Bortrensning av ogynnsam markvegetation (ogräs och självsådd vegetation) kan vara nödvändigt för att minska dess påverkan på mark och anläggningar, detta i erosionssyfte samt pga. sättningsrisker m.m. vilket främst gäller området kring kajkonstruktionen samt invid anläggningar som kan ta skada vid rötters expansion. Vid valet av grundläggningsteknik kan det även förebyggas genom att tillföra markduk, geonät, m.m. Eftersom denna markprofil är tät kan vattnet ledas vidare till dagvattennät genom t.ex. dräneringsrör.

Förekomst av sulfider innebär dessvärre problem vid bearbetning av marken. Sulfidhaltig gyttjelera påverkas negativt av grundläggningsåtgärder då detta är en utmanande miljö för material som betong och stål. Den låga pH-halten (sura miljön) är mycket korrosiv, vilket därmed kan göra skador på betongfundament, pålar och stålrör. Materialvalet är därmed en viktig punkt att se över.

För att motverka tjälproblem är det aktuella jorddjupet för respektive markskikt nödvändigt att utreda för att sedan åstadkomma ett frostfritt djup dit inte tjälen når ner. I de fall som inte detta djup kan uppnås krävs markisolering som exempelvis *cellplast*.

I nästkommande steg planeras en markundersökning utföras inom aktuella fastigheter och delområden. Det är då prioriterat att planera väl för att välja rätt metoder för erhållande av lämplig datamängd som täckande underlag vilket ska vara representativt för aktuellt objekt. Det är även bra att välja olika typer av metoder som kan användas för att jämföra och bedöma sannolikhet samt riktighet av resultat.