

3. Översiktlig beskrivning av utredningsområdet

Insamling av data om mark och grundvatten har utförts inom ett mycket stort område, benämnt projektets utredningsområde, söder om Göta älv. Inventerings- och undersökningsinsatser har koncentrerats till ett inre utredningsområde i anslutning till Västlänkens olika anläggningsdelar. Särskild fokus har legat på information om områdets geologiska och hydrogeologiska förhållanden. Betydande inventeringsinsatser har lagts på att lokalisera grundvattenberoende objekt som riskerar att skadas av grundvattenpåverkan från Västlänken.

Utredningsområdet är väl tilltaget för att med marginal inkludera de områden som kan tänkas påverkas av Västlänken. Utredningsområdet är indelat i tre huvudområden (figur 2.1), med avgränsningar som i huvudsak utgör entydiga hydrogeologiska gränser såsom stora vattenområden och tydliga vattendelare. De tre huvudområdena är:

1. Nord
2. Väst
3. Öst

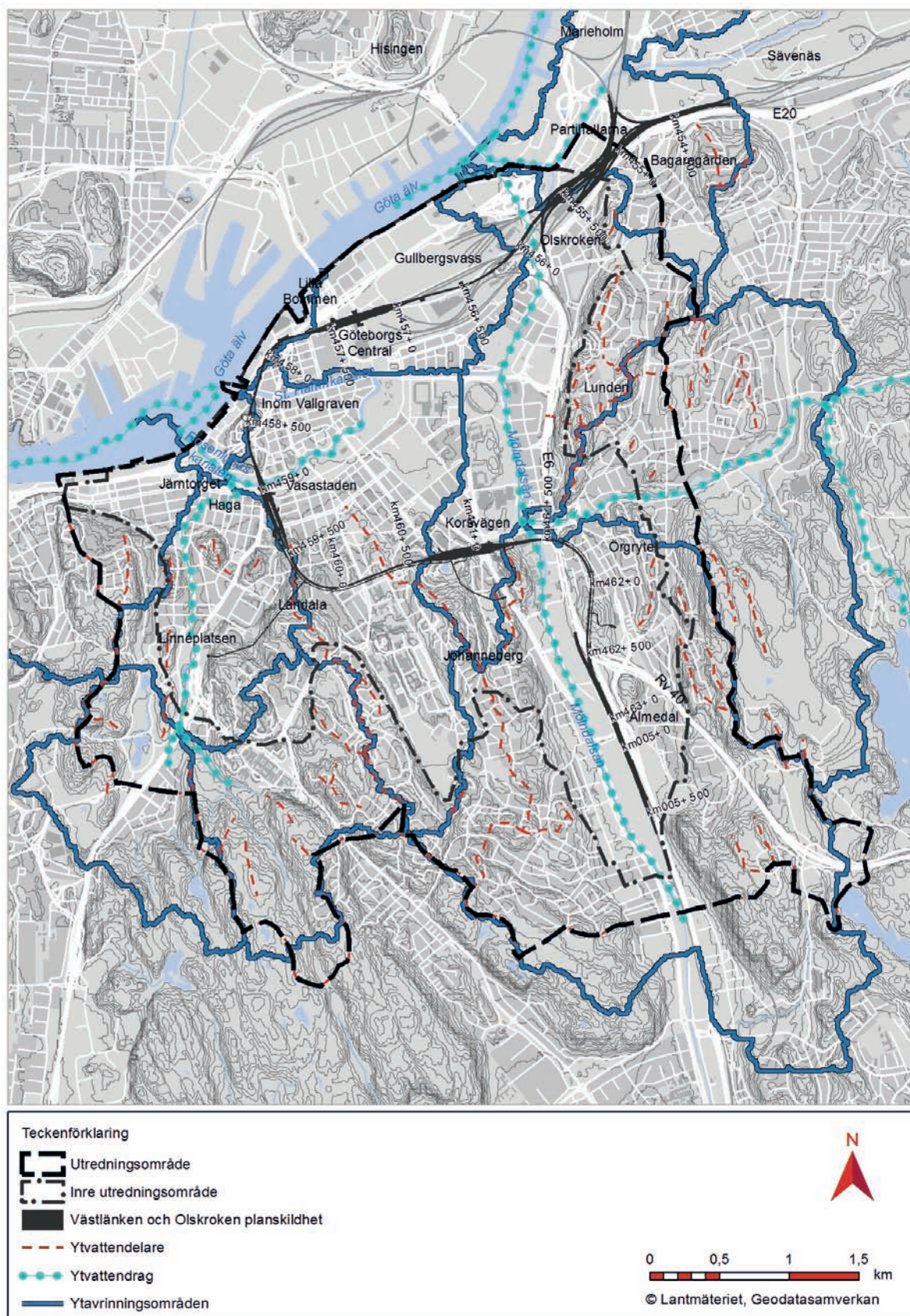
Huvudområdena är i sin tur indelade i ett antal delområden (figur 2.2) för att strukturera utredningsarbetet samt för att underlätta områdesbeskrivningarna. Delområdena innehåller ett eller flera avrinningsområden som i sin tur innehåller ett eller flera grundvattenmagasin i jord.

I föreliggande kapitel redovisas översiktligt det inre utredningsområdets geologiska och hydrogeologiska förhållanden samt lerors sättningsbenägenhet.

3.1 Topografi och bebyggelse

Marktopografin samt de geologiska och hydrogeologiska förhållandena varierar längs Västlänkens sträckning. Utredningsområdets tre huvudområden kan översiktligt beskrivas enligt följande:

1. Huvudområde Nord: Området har huvudsakligen flack topografi och sträcker sig från Göta älv söderut till Ulleviområdet. Gullberg är ett avskilt bergparti som reser sig över den flacka markytan och längst i väster ligger Kvarnberget. Områdets östra gräns ligger i ett område med höga bergnivåer vid Redbergslid - Lunden. I huvudområdet finns omfattande nät av vägar och järnvägar (Göteborgs Central) samt affärsbyggnader, kontor och flerfamiljsbostadshus. Mölndalsån - Gullbergsån och Fattighusaån är ytvattendrag i området.
2. Huvudområde Väst: Området har flack topografi i den norra delen i anslutning till Göta älv, medan områdets södra del präglas av utsträckta bergpartier och mellanliggande jordfyllda sänkor och dalar. Avskilda bergpartier som reser sig över markytan är exempelvis Otterhällan - Kungshöjd i norr och Skansberget centralt i området. Höga och utbredda bergpartier är Masthugget - Slottsskogen i väster och Landala - Guldheden i öster. Huvudområdets norra del utgör den centrala delen av Göteborg med tät stadsbebyggelse och trafikleder längs älvstranden och Vallgraven. I huvudområdets centrala och södra delar finns bostadsbebyggelse i sänkor och lokalt inom de höga bergpartierna. Stora arealer naturmark finns i Slottsskogen och i Botaniska trädgården i söder. Tidigare fanns ytliga vattendrag i området men dessa är nu i huvudsak kulverterade.
3. Huvudområde Öst: Området karakteriseras av Mölndalsåns dalgång samt angränsande bebyggda höjdområden Johanneberg - Krokslätt i väster och Örgryte - Kallebäck i öster.



FIGUR 3.1 Marktopografi, större ytavrinningsområden och dominerande ytvattendrag (stråk). Gränser för avrinningsområden och koncentrerade ytvattendrag har lokaliserats genom marktopografisk analys, medan områdesgränser och lokala vattendelare har lokaliserats genom manuell analys. Ytvattendrag förekommer längs utsträckta lågpartier i terrängen, där avrinningen följer en fallande marknivå mot Göta älv i norr. Heldragen blå linje utgör modellerade ytvattendelare.

Betydande avrinning sker via Delsjöbäcken västerut mot Mölndalsån. Öster om väg E6/E20 reser sig ett bergparti som innehåller bebyggda områden Bö, Örgryte, Skår och Kallebäck. I huvudområdet finns omfattande nät av vägar och järnväg samt affärsbyggnader, kontor och flerfamiljsbostadshus. Vid Kallebäck viker väg 40/27 av i riktning mot Borås och passerar södra delen av Delsjöområdet (naturreservat).

Undantaget de flacka markområdena i norr närmast Göta älv, präglas utredningsområdet av topografi som styr områdets ytvattenavrinning. Större ytvattendrag är Göta älv, Mölndalsån - Gullbergsån, Delsjöbäcken och de skapade vattendragen vid Göteborgs stadskärna: Vallgraven med Rosenlundskanalen, Stora Hamnkanalen och Fattighusån. Förutom dessa större vattendrag identifieras ytterligare ett avrinningsstråk längs Linnégatan (se figur 3.1); här rann tidigare Djupe-dalsbäcken som numera är kulverterad och marknivån har jämnats ut i samband med områdets urbanisering.

Utifrån den avrinningsanalys som utförts redovisas i figur 3.1 även utbredning av större avrinningsområden. Avrinningsområdenas gränser följer längs långa sträckor gränser för huvudområden samt identifierade lokala vattendelare.

3.2 Berggrund och tektonik

Följande text har till stor del hämtats från underlagsdokument [4] PM Hydrogeologi Berg. För detaljer och ytterligare beskrivningar hänvisas till refererad handling.

Berggrunden i utredningsområdet består av granitiska till tonalitiska gnejser. Dessa gnejser utgör västra delen av ett större nord-sydligt stråk med gnejser, som sträcker sig från västra Värmland, ner längs Göta älv och genom centrala Göteborg. De är av magmatiskt ursprung men har därefter deformerats och omvandlats under senare bergskedjebildningar. Gnejserna har generellt kraftig foliation, men svagt folierade eller massformiga partier förekommer också. De är rödgrå till grå i färgen och är ibland ådrade och tektoniskt bandade. Det förekommer även smala, upp till decimeterbreda stråk som är mylonitiserade, gångar, linser eller skivor av metabasit. Pegmatitgångar förekommer allmänt i området. Gnejsernas förskifving (foliation) stryker generellt

i nordväst-sydöstlig till nordöst-sydvästlig riktning och stupar medelbrant mot väster.

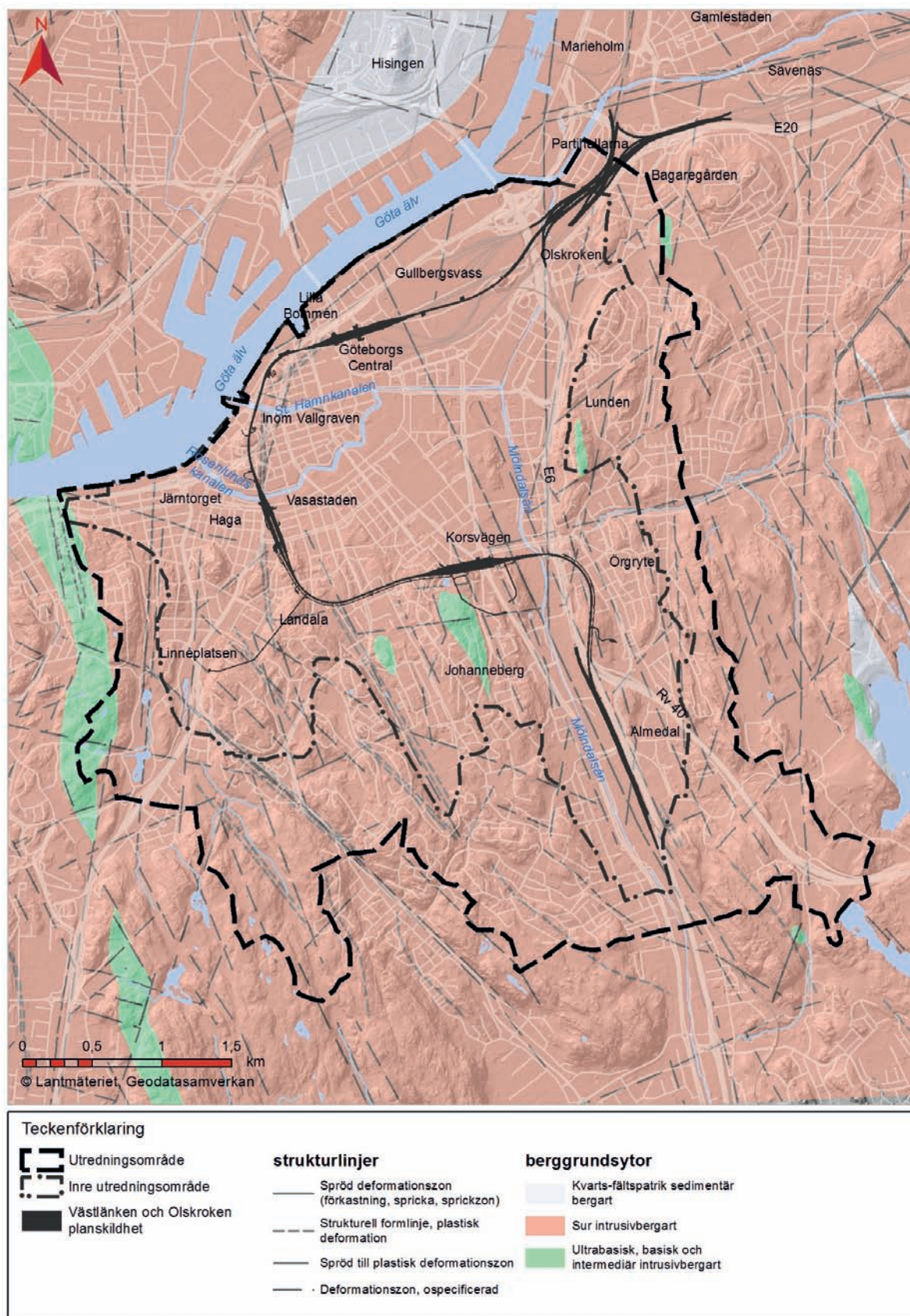
SGU berggrundskarta över utredningsområdet visas i figur 3.2. På kartan visas även olika typer av deformationszoner enligt SGU.

Inom ramen för Västlänken har en detaljerad tolkning av områdets dominerande svaghetszoner genomförts. Tolkningen utgår från en konceptuell berggrundsgeologisk modell och baseras på SGUs tektoniska karta, inventerat arkivmaterial samt på inom Västlänken utförda undersökningar. Insamlad information från befintliga berganläggningar omfattar karteringar under bygg- och driftskede, identifierade delsträckor med större inläckage samt delsträckor där mer omfattande berginjektering och/eller förstärkning utförts. Ingen bedömning av svaghetszonernas bredd eller bergkvalitet inom zonerna har gjorts eftersom syftet i denna PM enbart är att beskrivningen ska utgöra underlag för hydrogeologiska bedömningar.

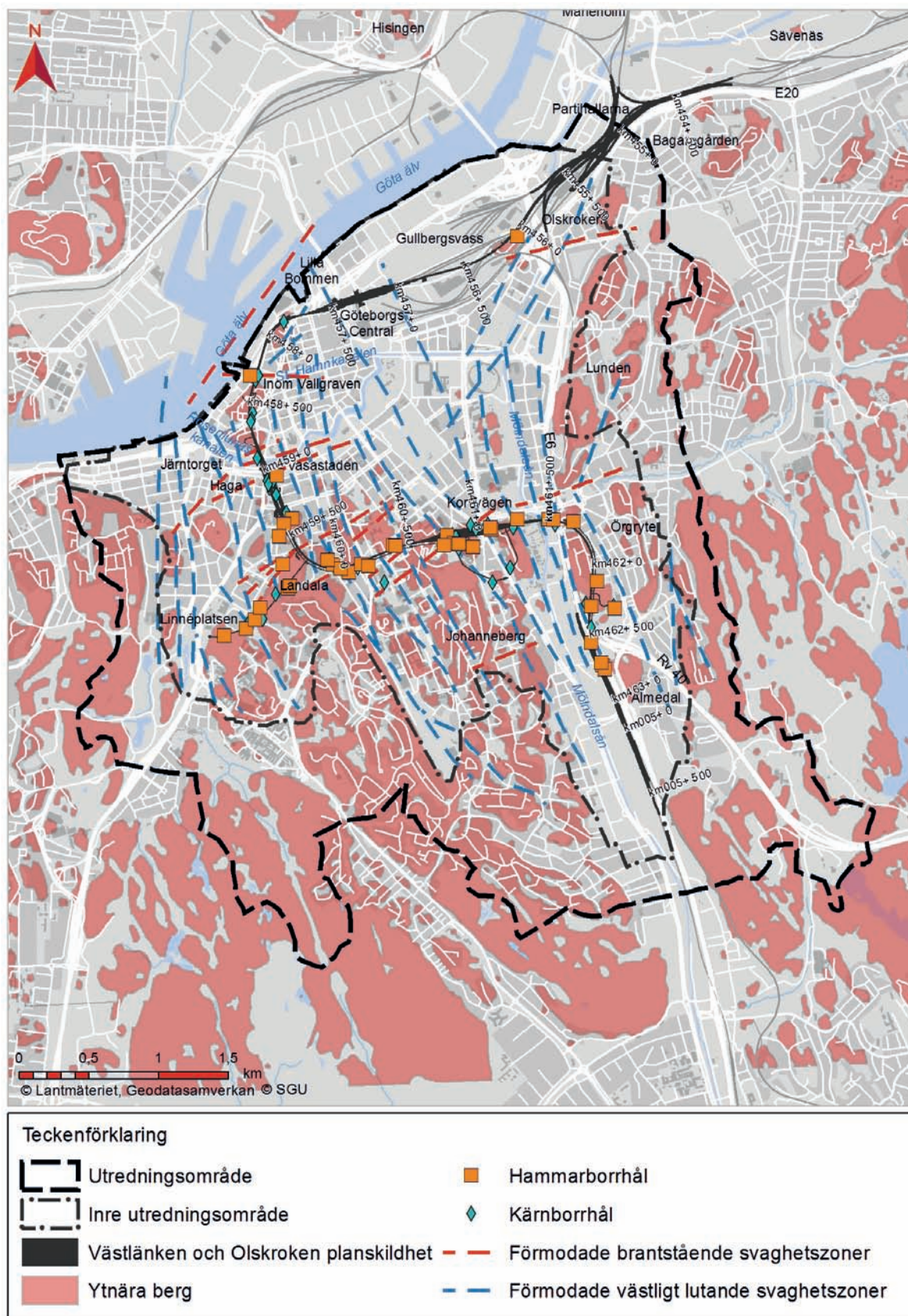
Dominerande tektoniska strukturer inom området utgörs av uthålliga överskjutningszoner med riktningar runt nord-syd, figur 3.3. Dessa zoner stupar ofta medelbrant mot väster. Utöver överskjutningszonerna förekommer brantstående skjuvzoner av varierande storlek med riktningar huvudsakligen inom intervall mellan nordnordöst och öst, figur 3.3. Svaghetszonernas utritade lägen och riktningar i figur 3.3 ska tolkas som storskaliga och representera ungefärliga lägen vid bergöverytan. Svaghetszoner är i varierande grad verifierade genom borrhning och kartering.

Utöver dessa större zoner förekommer sprickor av olika ursprung och karaktär i området. Öppna sprickor utan sprickfyllnad (exempelvis kvarts, kalcit och lera) parallella med deformationsriktningen är vanligen mer öppna och vattenförande än övriga sprickor, baserat på information från utförda vattenbrunnar och observationer i befintliga tunnlar.

Områdets topografi är tydligt kopplad till de strukturella förhållandena (figur 3.3), där större svaghetszoner är lokaliserade längs lerfyllda dalgångar. Mellan dessa finns förhållandevis sprickfattiga bergpartier, vilka bildar topografiskt höga bergpartier (så kallade bergplintar).



FIGUR 3.2 Berggrundskarta med deformationszoner (SGU berggrundskarta samt beskrivning 7B SV K60).



FIGUR 3.3 Storskalig redovisning av ytnära berg samt förmodade svaghetszoner inom utredningsområdet.

3.3 Jordlager

Följande text har till stor del hämtats från underlagsdokument [5] PM Hydrogeologi jord och [7] PM Geoteknik, sättningar. För detaljer och ytterligare beskrivningar hänvisas till refererade handlingar.

Göteborgsområdets kvartärgeologi visas i två kartor: SGUs kvartärgeologiska karta för Göteborg och Stadsbyggnadskontorets (SBK) karta över delar av Göteborg. För att öka detaljeringsgraden, särskilt när det gäller gränsen mellan jord och berg, har en reviderad kvartärgeologisk karta tagits fram efter kompletterande fältkartering. Denna karta visas i figur 3.4.

Göteborgs topografi karakteriseras av generellt låglänta jordtäckta områden i norr längs Göta älv och något högre topografi med berg i dagen i söder, där utsträckta bergpartier och mellanliggande jordfyllda dalsänkor skapar topografiska strukturer i huvudsakligen nordnordvästlig riktning. I öster utgör Mölndalsåns dalgång en distinkt gräns mot Delsjöområdets höga bergstopografi. Marknivåskillnaden mellan de lågt och högre liggande områdena är ungefär 40-50 meter.

Vid Göta älv är jordlagermaktigheten betydande, medan det i områden med höga bergnivåer i huvudsak finns hållmark eller tunna jordlager. Jordlagren i områdets dalgångar utgörs generellt överst av fyllning vilken vilar på lera. Leran vilar i sin tur på ett lager av grövre material, friktionsjord, innan berget tar vid. Jordlagrens tolkade utbredning (ytligt) framgår av kvartärgeologisk karta i figur 3.4.

Västlänkens sträckning ligger inom markant skilda geologiska och hydrogeologiska miljöer. Markförhållandena längs sträckan utgörs i huvudsak av hårdgjorda ytor och bebyggda områden. Schematisk tolkning över jordlager och bergnivå längs Västlänken visas i figur 3.5.

3.3.1 Fyllning

Fyllningsjord har över tid lagts ut för att skapa byggbar mark samt för att jämna ut markytan för att underlätta byggnation och trafik. Fyllningen består överst av överbyggnadsmaterial för järnväg, vägar, gator och torg men även av rivningsrester från äldre bebyggelse. Fyllningen på större djup härrör från 1800-talet då vattenområdena utanför stadens befästningar torrlades och började fyllas igen i takt med att staden växte. Denna äldre och djupare fyllning utgörs ofta av muddermassor eller schaktmassor och består av mer fin-

kornig jord såsom organisk jord, lera, silt och sand; men även rivnings- och trärester har tidigt använts som fyllnadsmaterial.

När stadens befästningar anlades på 1600-talet låg strandlinjen direkt utanför Kvarnberget, varvid nuvarande Nordstaden omgärdades av vatten i både norr och öster (se kapitel 4 i [7]). I takt med att staden växte under 1800- och 1900-talet genomfördes omfattande torrläggning och utfyllnader av sankmarker och grunda vattenområden vid Gullbergsvass, Centralen, Lilla Bommen och Packhusplatsen, figur 3.4 (områden med mäktiga fyllningar markeras med kryss). Som fyllnadsmaterial användes främst muddermassor från älven och andra schakt- och rivningsmassor. Även Vallgraven grävdes om i syfte att anpassa vattendraget för transporter in och ut från stadskärnan.

Den nuvarande Vallgraven har tidigare haft olika utbredning och även inom andra delar av centrala Göteborg kan man på äldre kartor se vattenkanaler, dammar och åar, vilka nu fyllts igen eller kulverterats [7].

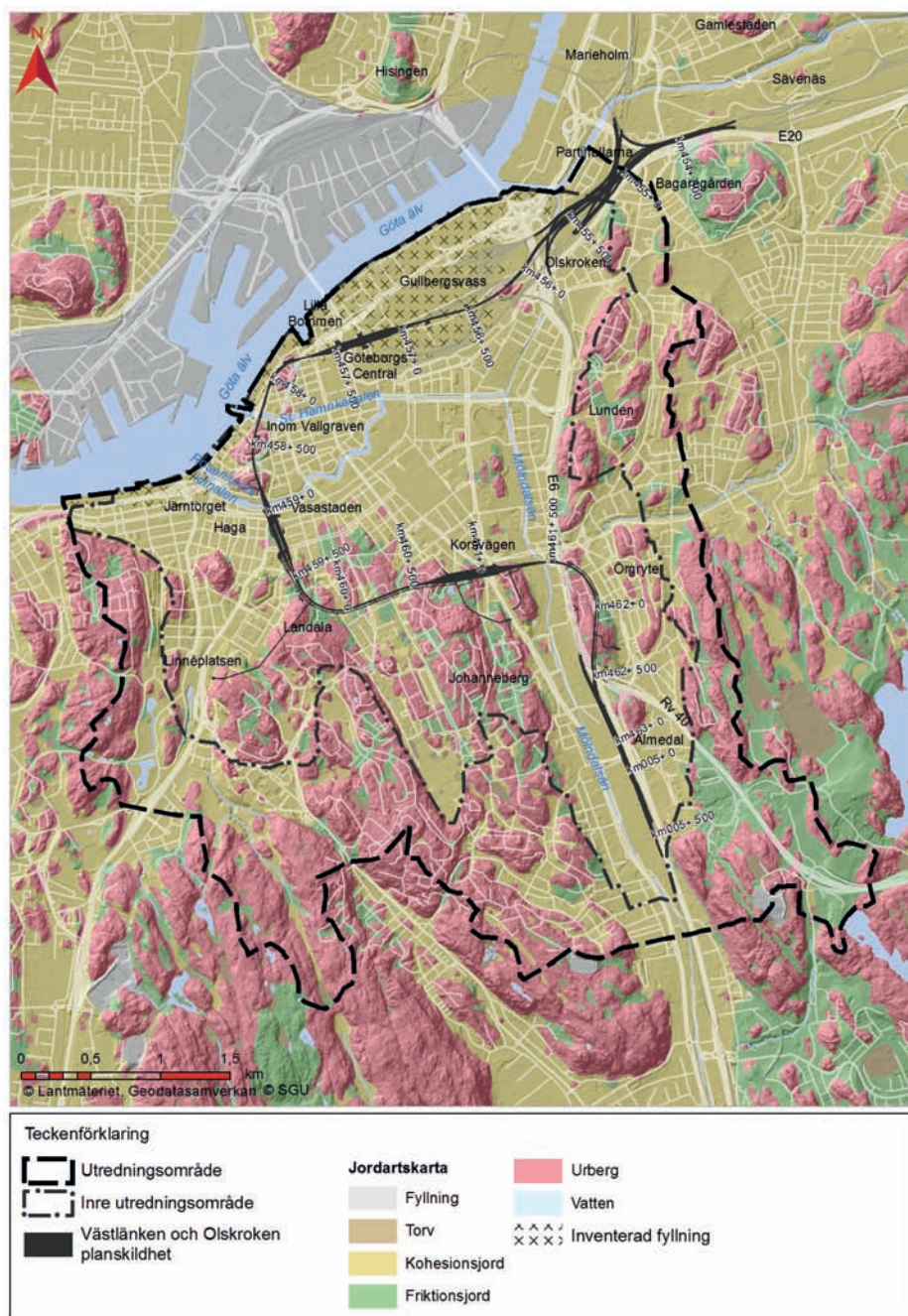
Fyllningen har normalt en mäktighet av cirka 1 till 3 meter, men lokalt kring Station Centralen, vid Lilla Bommen, Packhuskajen, Rosenlundskanalen och Linnégatan uppgår den till cirka 5 till 7 meter.

Områden som varit bebyggda sedan länge har med tiden förändrats vilket innebär att det finns grundrester i marken från tidigare verksamheter (exempelvis fundament, pålar och äldre grundläggning). Även rester från befästningarnas och kajmurarnas nedre delar (kajer tillhörande igenfyllda kanaler och hamnbassänger) finns kvar i marken under nuvarande gator och parkeringsytor [7].

3.3.2 Lera

Under fyllningen följer en naturligt avlagrad lera, vars mäktighet varierar kraftigt. Överst har leran ofta torrskorpekaraktär. I områdena kring Partihallarna, delar av Olskroken, Göteborgs Central, Lilla Bommen, Heden och Rosenlund/Haga förekommer stora lerdjup med mäktigheter mellan 40 och 100 meter. Kring Korsvägen och i området kring Mölndalsåns dalgång söder om Örgrytevägen är lerdjupen mellan 20 och 40 meter. Jordlagerprofil med lerdjup längs Västlänken visas schematiskt i figur 3.5.

Lerans geotekniska egenskaper redovisas översiktligt i kapitel 3.4 och i detalj i [7] PM Geoteknik, sättningar.



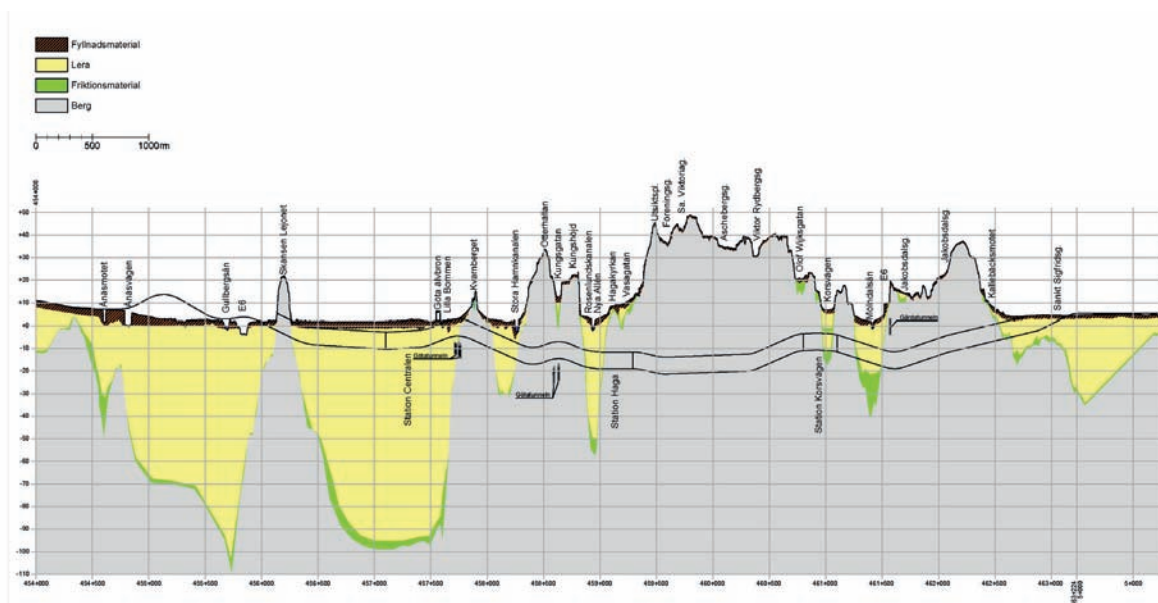
FIGUR 3.4 Kvartärgeologisk karta med område med berg i dagen eller berg med tunna jordlager. Kartan har tagits fram inom ramen för Västlänken, och bygger på SGU:s kvartärgeologiska karta, SBK:s karta över Göteborg samt kompletterande fältkartering.

3.3.3 Friktionsjord

Under leran följer som regel ett lager friktionsjord med några meters mäktighet ovanpå berget. I större delen av utredningsområdet utgörs friktionsjorden av jordarten morän vilken kännetecknas av en osorterad blandning av olika partikelstorlekar (från lera till block) och är resultat av glaciationen. I området dominerar blandkorniga moräner, sandmoräner och siltmoräner.

Där jorddjupen minskar och berget ligger

ytligt avtar generellt friktionsjordlagrets mäktighet (0,5 till 1,5 meter) eller saknas helt. Inom högre liggande bergpartier där jorddjupen är små och berget ligger nära markytan uppbyggs jordlagren i huvudsak av friktionsjord. Friktionsjorden i områden med hög topografi är ofta svallad där finare fraktioner urspolats och avsatts på topografiskt lägre nivåer. Friktionsjord återfinns ytligt i områden vid gränsen mellan jordfyllda dalsänkor (med lera) och höga bergnivåer. Detta



FIGUR 3.5 Tolkad översiktlig jordlager- och bergprofil längs Västlänkens sträckning [7].

visualiseras i den geologiska kartan i figur 3.4 (grönfärgade ytor).

Inom Mölndalsåns dalgång och dess randområden förekommer även mäktiga lager av sandiga sediment.

3.4 Sättningar i lera

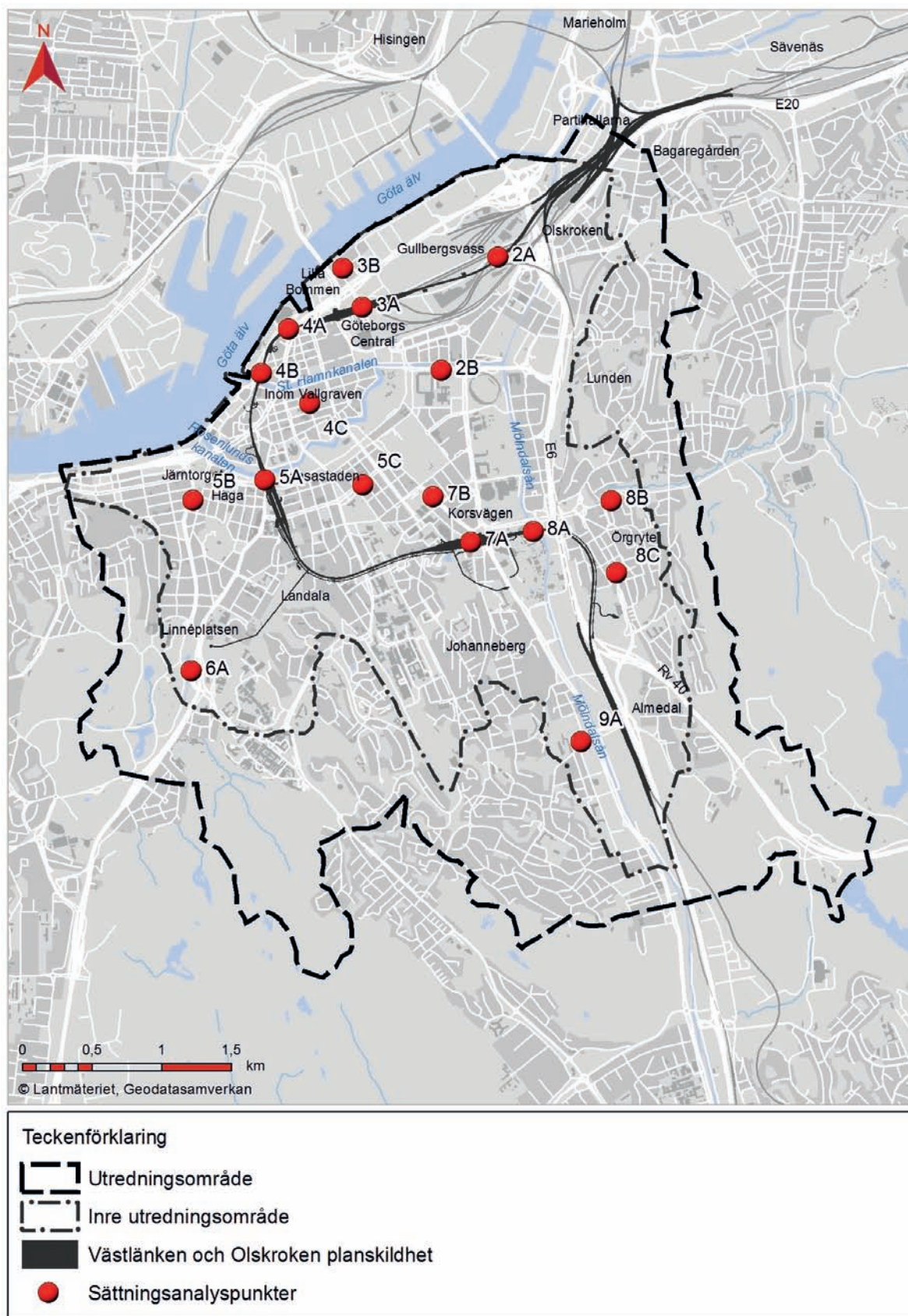
Under fyllningen följer generellt en naturligt avlagrad lera med en hållfasthet som är mycket låg i den övre delen av jordprofilen och som ökar

till medelhög mot djupet. Leran är generellt svagt överkonsoliderad, högplastisk och mellansensitiv. Lokala mindre områden med högsensitiv lera (kvikklera) har dock påträffats vid Sävenäs, i området kring Mölndalsån vid Liseberg och i Almedal.

Lerans spänningssituation inom området visar att det sedan lång tid tillbaka pågår sättningar i marken. Dessa är orsakade av belastningar på leran, från utfyllnader, last från äldre bebyggelse med äldre grundläggning samt grund-

TABELL 3.1 Bedömd pågående sättningshastighet i lerområden längs Västlänkens sträckning samt bedömning av dominerande sättningsdrivande orsak.

Område	Sättningshastighet	Sättningsdrivande orsak
Olskroken	5-12 mm/år	Utfyllnader, äldre bebyggelse med trägrundläggning samt grundvattenpåverkan
Station Centralen	2-4 mm/år 4-6 mm/år	Utfyllnader, igenfyllda kanaler och befästmansverk. Sättningarna ökar i riktning mot Göta älv i nordväst till följd av ökade fyllnadsmäktigheter
Station Centralen - Station Haga	0-4 mm/år (Packhusplatsen)	Utfyllnader och äldre bebyggelse mm. Sättningarna ökar i riktning mot Göta älv i väst
Station Haga	5-6 mm/år 0 mm/år	Utfyllnader och grundvatten-/portrycksförändringar Små lerdjup vid Hagakyrkan
Station Korsvägen	0-2 mm/år	Utfyllnader, äldre bebyggelse och grundvatten-/portrycksförändringar
Station Korsvägen-Almedal	5 mm/år	Utfyllnader, äldre bebyggelse och grundvatten-/portrycksförändringar
Almedal	5-10 mm/år	Utfyllnader och grundvatten-/portrycksförändringar



FIGUR 3.6 Översikt sättningsanalyspunkter.

vattenpåverkan. I området förekommer även organisk jord samt trärester som bryts ner och orsakar marksättningar. Grundvattenpåverkan är orsakad av mänskliga aktiviteter men kan även vara en effekt av tidigare och pågående landhöjning. Sättningsresulterande processer kan sålunda förekomma i fyllningsjord och i lera, medan sättningar i friktionsjord i princip bedöms som obefintliga.

3.4.1 Pågående sättningar

Genom arkivsökning av äldre studier samt kompletterande mätningar har pågående sättningsförlopp dokumenterats i anslutning till Västlänkens sträckning. Motsvarande förlopp har även dokumenterats för andra områden inom utredningsområdet, exempelvis i Linné- och Olivedalsområdet och i Haga. Bedömda pågående sättningar längs Västlänken är sammanställda i tabell 3.1. För detaljer hänvisas till kapitel 5 i [7].

3.4.2 Prognosticerad sättning från trycksänkning i undre grundvattenmagasin

Sättningsanalyser vid antagen avsänkning i det undre grundvattenmagasinet har utförts på ett antal platser inom det inre utredningsområdet, figur 3.6. Utvalda områden för sättningsanalys ligger både i direkt anslutning till Västlänken (till exempel Lilla Bommen, Packhusplatsen, Haga, Korsvägen och Liseberg/Mölnålsån) och på större avstånd.

Syftet med utförda sättningsanalyser är att ge en översiktlig bild av vilka sättningar som kan uppstå inom olika områden vid en antagen trycksänkning i undre grundvattenmagasin. Storleken på eventuell sättning är huvudsakligen beroende på lermäktighet, lerans sättningsegenskaper, förekomst av konduktiva skikt, trycksänkning och under hur lång tid som trycksänkningen pågår.

För beräkningsförutsättningar, beräkningsdetaljer och fullständiga resultat hänvisas till kapitel 7 i [7]. Sammanfattningsvis konstateras att den mest avgörande förutsättningen är lerans mäktighet och lerans spänningshistoria, det vill säga om leran historiskt har varit utsatt för på- eller avlastningar. En lera som historisk har utsatts (konsoliderats) för högre laster än vad den är utsatt för idag är mindre sättningskänslig än vad som gäller för en lera som inte utsatts för några tidigare belastningar. Lerans sättningskänslighet beror därmed till stor del av dess förkonsolideringstryck

(visar ett mått på den högsta belastning som leran utsatts för). Inom ramen för Västlänken har omfattande arbete utförts med att undersöka lerans sättningsegenskaper. En stor mängd provtagningar och laboratorieförsök har utförts för att säkerställa ett tillräckligt underlag för att göra kvalificerade sättningsbedömningar.

Sättningsförloppet påverkas även i hög grad av avsänkningarnas storlek samt av hur lång tid avsänkningen pågår. Eftersom dessa inte är kända har beräkningar gjorts utgående från hypotetiska avsänkningar av grundvattentryck i undre magasin. Pågående krypsättningar har inte inkluderats i utförda analyser. Det kan dock konstateras att krypning för vissa belastningsfall inte är dimensionerande, medan det för andra fall inte kan ignoreras. I varje beräkningspunkt har sättningsanalyser utförts för 0,5, 1,0, 2,0 respektive 4 meters avsänkning av trycknivån i undre magasin i jord med förutsättning att avsänkningen pågår under 0-10 år och lerans mäktighet uppgår till 10, 20, 30 respektive 40 meter och i något fall till 60 meter. Beräkningar har utförts för 16 punkter enligt figur 3.6. Beräkningsresultat för 1, 2 respektive 4 meter antagen avsänkning samt 1, 6 respektive 10 års avsänkningstid sammanfattas i tabell 3.2. För detaljer hänvisas till kapitel 7 i [7].

Utförda analyser visar att förekommande jordlager med lera är känsliga för en grundvattennivåavsänkning i undre magasin i jord, och att det i flera områden kan förväntas märkbara marksättningar redan inom tidsintervallet 1-5 år om grundvattenpåverkan tillåts bli betydande. Mindre grundvattennivåavsänkningar och tunnare lerlager förväntas dock ge förhållandevis små marksättningar.

Redan idag pågående sättningar har konstaterats inom stora områden längs Västlänken. Dessa sättningsrörelser kommer att fortsätta oberoende av den påverkan som Västlänken skulle kunna medföra. För den tidsrymd som kan hänföras till Västlänkens anläggningsskede kan således dessa två sättningshastigheter adderas.

TABELL 3.2 Sammanfattning av sättningsanalyser. För fullständiga data hänvisas till [7]. Tecknet + efter beräknad sättning visar att slutsättning ej uppnås inom 10 år

Område (nummer)	Avsänkning	Lermäktighet	Beräknade sättningsbelopp för olika tider		
			1 år	6 år	10 år
Olskroken – Station Centralen (2A/2B)	1 m	20 m	<1 cm	<1 cm	<1 cm
	2 m	20 m	1 cm	1,5 cm	1,5 cm
	4 m	20 m	2 cm	2,5 cm	<2,5 cm
Station Centralen (3A)	1 m	60 m	<1 cm	<1 cm	1 cm
	2 m	60 m	<1 cm	1 cm	<2 cm
	4 m	60 m	1 cm	2,5 cm	3 cm
Gullbergsvass (3B)	1 m	60 m	1 cm	1,5 cm	2,5 cm+
	2 m	60 m	2 cm	4 cm	6 cm+
	4 m	60 m	4 cm	9 cm	12 cm+
Lilla Bommen/Inom Vallgraven (4A/4C)	1 m	60 m	<1 cm	<1 cm	<1 cm
	2 m	60 m	<1 cm	<1 cm	2,5 cm
	4 m	60 m	1,5 cm	2 cm	2-3 cm
Packhusplatsen (4B)	1 m	20 m	<1 cm	<1 cm	<1 cm
	2 m	20 m	<1 cm	1 cm	1 cm
	4 m	20 m	4 cm	7,5 cm	9 cm+
Rosenlund/Haga (5A)	1 m	20 m	<1 cm	1 cm	1 cm
	2 m	20 m	1 cm	1,5 cm	1,5 cm
	4 m	20 m	2 cm	3 cm	3 cm
	4 m	40 m	3 cm	7 cm	8 cm+
Järntorget/Haga (5B/5C)	1 m	20 m	<1 cm	1 cm	1 cm
	2 m	20 m	<1 cm	1 cm	1,5 cm
	4 m	20 m	1-2 cm	2-3 cm	3-4 cm+
Annedal (6A)	1 m	20 m	1 cm	2 cm	2,5 cm
	2 m	20 m	2,5 cm	5 cm	6 cm+
	4 m	20 m	4,5 cm	10 cm	12 cm+
Korsvägen (7A)	1 m	20 m	<1 cm	1 cm	1 cm
	2 m	20 m	2 cm	2,5 cm	3 cm
	4 m	20 m	5 cm	10 cm	12 cm+
Mölnålsån (8A)	1 m	20 m	3 cm	8 cm	10 cm+
	2 m	20 m	7 cm	17 cm	22 cm+
	4 m	20 m	13 cm	33 cm	43 cm+
St Sigfrids plan/Skår (8B/8C)	2 m	10 m	<1 cm	1 cm	1 cm
	4 m	10 m	1,5 cm	2 cm	2 cm
Mölnålsvägen (9A)	1 m	20 m	2 cm	3 cm	3 cm
	2 m	20 m	4 cm	8 cm	10 cm+
	4 m	20 m	9 cm	20 cm	25 cm+

3.5 Avrinning

Avrinning av ytvatten följer generellt marktopografin från högre liggande områden till lägre liggande områden med vattendrag, till exempel Mölndalsån - Gullbergsån, Fattighusån, Rosenlundskanalen och Stora Hamnkanalen. Mindre vattendrag är Delsjöbäcken i öst och Djupedalsbäcken (kulverterad längs Linnégatan) i sydväst. Slutlig recipient för ytvavrinningen är Göta älv.

Från hårdgjorda ytor omhändertas vatten av stadens dagvattensystem, vilket avleds till ytvattendrag och till avloppsreningsverk via kombinationsledningar för dag- och spillvatten.

Även grundvattnets avrinning följer generellt marktopografin men styrs också av geologiska förhållanden, av dränerande ledningar och ledningsgravar samt av dränering till befintliga undermarksanläggningar såsom tunnlar, läshållna schakt och grundläggningar med mera. I områden med mer vattenförande jordar, exempelvis i de sandiga lagren i Mölndalsåns dalgång samt vid Gullberg i norr, kan de hydrauliska egenskaperna ge upphov till ett avrinningsmönster som inte följer den generella marktopografin. Detsamma gäller för vattenförande sprickor och zoner i berg.

3.6 Berggrundens grundvattenförhållanden

Berggrunden i Göteborg är kristallin. Mobilt grundvatten förekommer i princip uteslutande i bergets sprick- och zonsystem. Större vattenförande svaghetszoner (sprick- och krosszoner) förekommer huvudsakligen i dalgångar, men zoner och andra sprickstrukturer förekommer överallt i någon omfattning. Bergets vattenförande förmåga är beroende av sprickors, spricksystems och zoners hydrauliska egenskaper, där sprickvidd och sprickors inbördes kontakt är avgörande. Spricksystem och zoner inom korta avstånd kan vara helt åtskilda och stå under helt olika vattentryck och ha olika vattenförande egenskaper.

Berggrundens grundvattenförhållanden är relativt välkända från tidigare bergbyggnadsprojekt, där bland annat ett stort antal tunnlar har byggts inom utredningsområdet. Kunskap om grundvattenförhållandena har även inhämtats genom analys av ett stort antal energibrunnar (SGUs brunnarsarkiv) samt genom kompletterande undersökningar inom ramen för Västlänken.

Grundvattenförhållanden av särskilt intresse är berggrundens hydrauliska egenskaper, grundvattentrycket i berggrunden samt vattenomsättningen i berggrunden (grundvattenbildning).

3.6.1 Berggrundens vattenförande förmåga

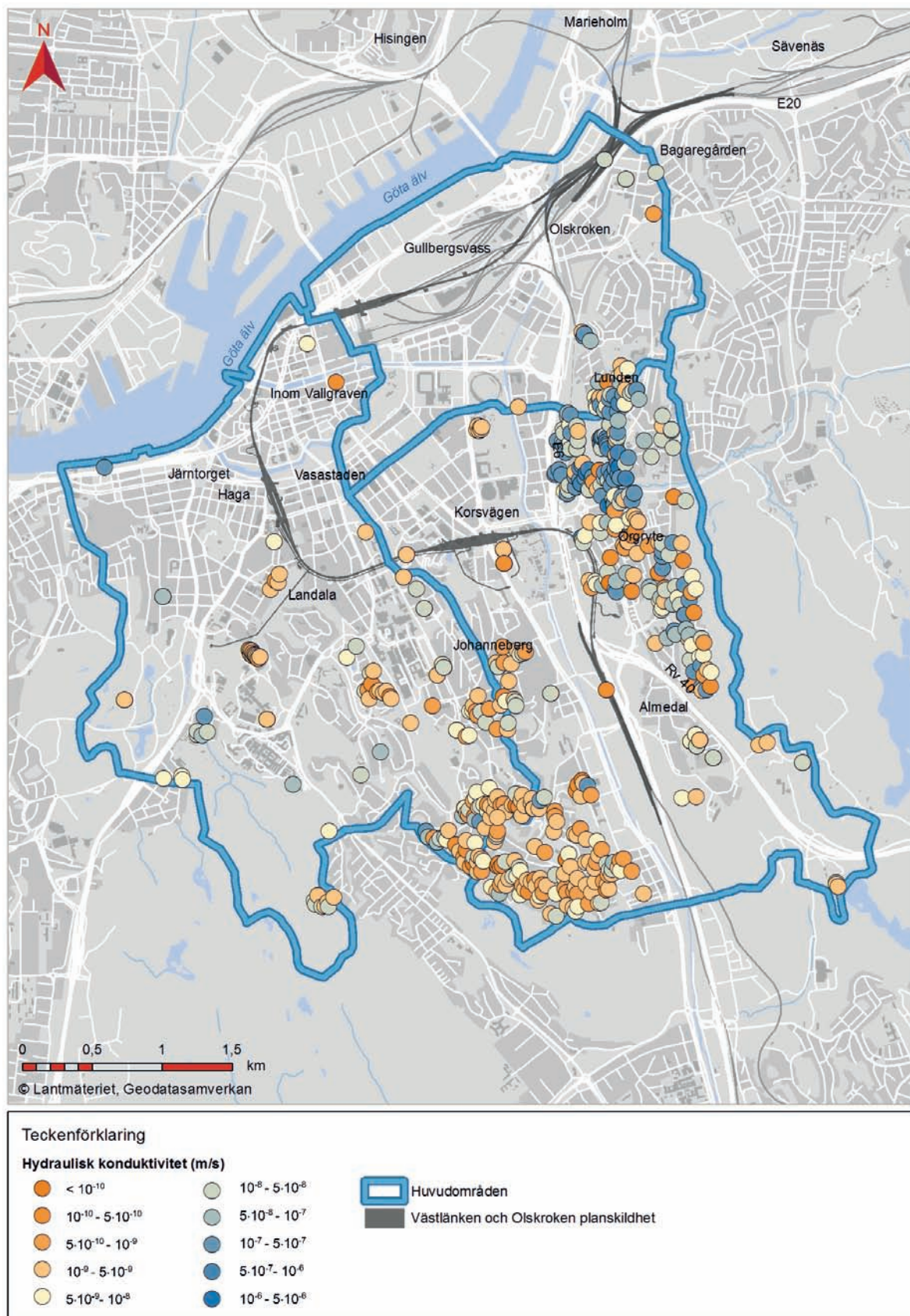
Inventerat hydrogeologiskt material och kompletterande hydrauliska undersökningar har använts för att kvantitativt beskriva berggrundens hydrauliska egenskaper. Hydrogeologiska undersökningar av berggrunden längs Västlänken omfattar hammarbörningar, kärnbörningar samt hydrauliska tester och provpumpningar i borrhål. I underlagsdokument [4] redogörs för utförda undersökningar i detalj samt redovisas resultat av utförda analyser av berggrundens hydrauliska egenskaper.

En brunnsinventering har genomförts som omfattar SGUs brunnarsarkiv (1255 brunnar) samt Miljöförvaltningens arkiv för energibrunnar (265 brunnar varav 192 även ingår i brunnarsarkivet). I SGUs brunnarsarkiv finns uppgifter om bland annat brunnarnas kapacitet, borrhånsdjup, jorddjup och läge. De totala borrhånsdjupen varierar mellan 32 och 240 meter. Brunnarnas lägen samt beräknad hydraulisk konduktivitet visas i figur 3.7.

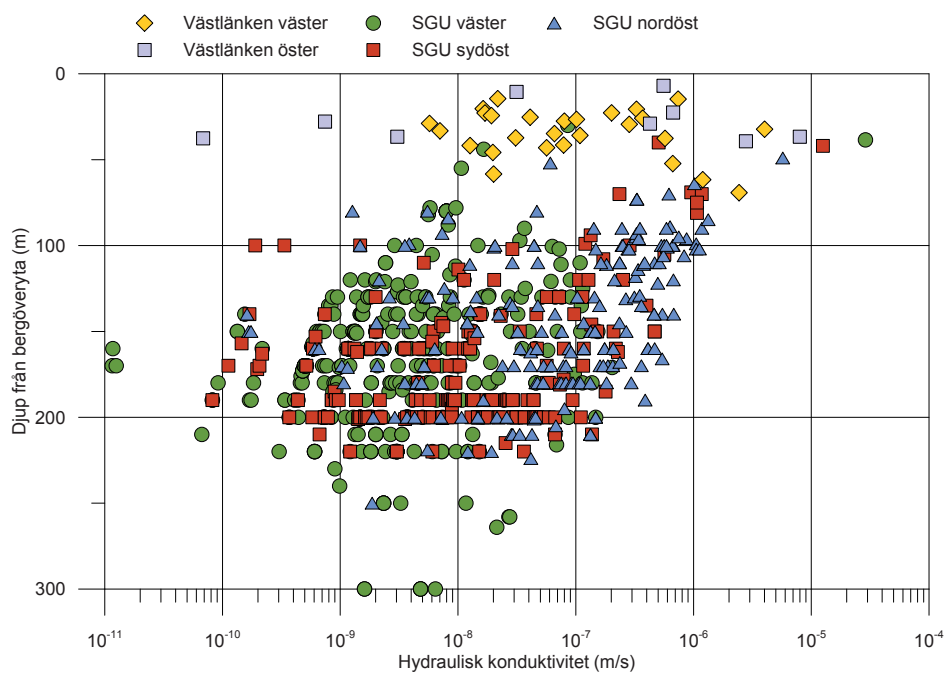
I enlighet med beskrivning i kapitel 2 kan berggrundens hydrauliska egenskaper anses som skalberoende, varför bergets vattenförande förmåga har undersökts och analyserats i olika skalor. Resultaten från vattenförlustmätningarna i 3 m-skala är främst användbara vid injekteringsdesign. Resultaten från större skalor, så som vattenförlustmätningar i hela och halva borrhål, specifik kapacitet från hela borrhål samt inläckage till befintliga anläggningar, är mer representativa vid beräkning av inläckage till bergtunnlar samt vid beräkning av influensområdets utbredning.

Brunnsdata från SGUs brunnarsarkiv och kompletterande hydrauliska försök som kan anses representera större skalor visas i figur 3.8. Som framgår av figuren är spridningen betydlig, något över fem tiopotenser. De inventerade brunnarna från SGUs arkiv är borrade till ett stort djup, betydligt djupare än borrhål som har borrats för Västlänken.

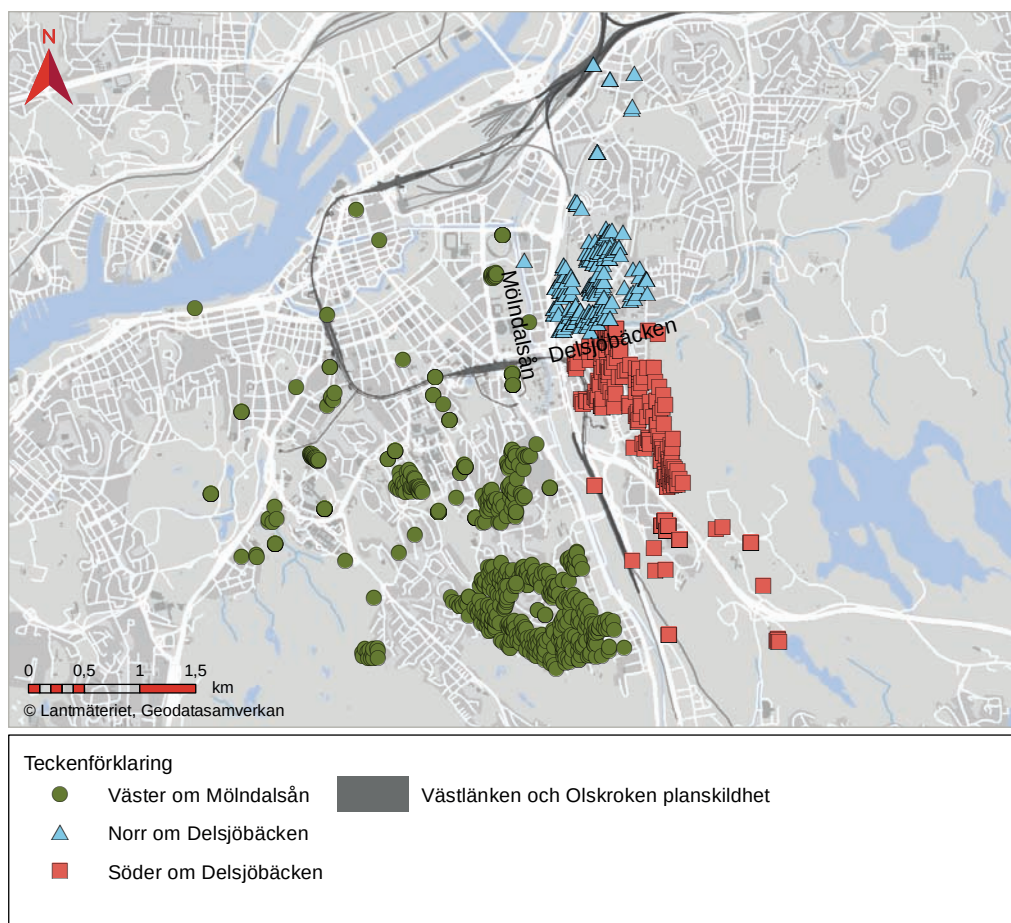
Uppdelning i olika geografiska områden förefaller vara signifikativ, liksom möjligen även ett djupberoende. En generaliserad områdesgruppning av brunnar från SGUs brunnarsarkiv visas i figur 3.9.



FIGUR 3.7 Energibrunnar med utvärderad hydraulisk konduktivitet i berg (SGUs brunnarsarkiv).



FIGUR 3.8 Visualisering av utvärderad hydraulisk konduktivitet från energibrunnar (SGU) samt från hydraultester i undersökningsborrhål (Västlänken). Punkternas djupplacering avser borrhålsbotten.



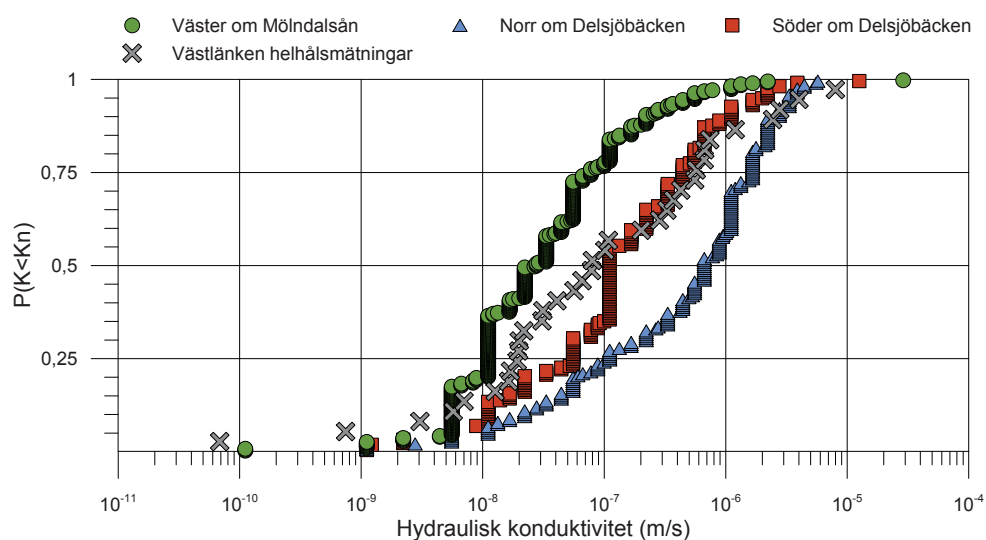
FIGUR 3.9 Områdesindelning för brunnar i SGUs brunnarsarkiv.

I figur 3.10 redovisas kumulativa fördelningsdiagram för samma data som i figur 3.8. Grafen beskriver sannolikheten (P) för att ett värde på den hydrauliska konduktiviteten över- eller underskrids. För karakteristiska värden på hydraulisk konduktivitet har valts $P=0,5$ (medianvärde), tabell 3.3.

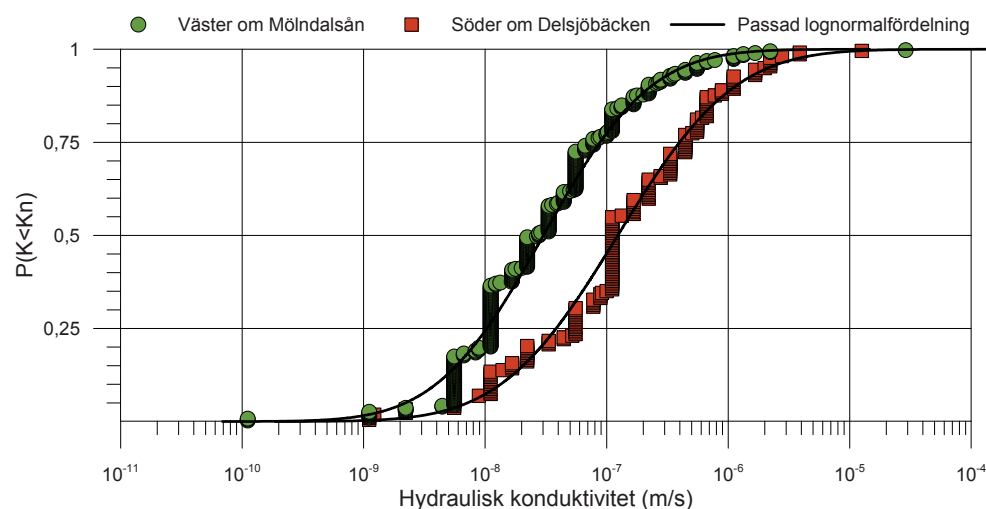
SGU-data norr om Delsjöbäcken innehåller många extremt höga värden och dessa bedöms inte vara representativa för berget söder om Delsjöbäcken och väster om Mölndalsån. Statistiskt kan bergets hydrauliska egenskaper längs Västlänken väster om Mölndalsån antas representeras

av fördelningskurva med gröna punkter och vid Skår ner mot Almedal av kurva med röda kvadrater, figur 3.11.

Statistiskt beräknade hydrauliska konduktivitetsvärden (K) redovisas i tabell 3.3. Det aritmetiska medelvärdet är som förväntat högre än det geometriska medelvärdet (motsvaras ungefär av medianvärdet). Erfarenheter från ett flertal utförda berganläggningar visar att det effektiva värdet bör ligga någonstans mellan de aritmetiska och geometriska medelvärdena, vilket i tabell 3.3 motsvaras av K_{3D} -värdet.



FIGUR 3.10 Kumulativt fördelningsdiagram (CDF) över hydraulisk konduktivitet beräknat från VFM (helhålmätning) i kärnbrorhåll samt från kapacitetsdata i SGUs brunnarsarkiv, med antagande om att de översta 40 metrarna står för huvuddelen av vattenmängden.



FIGUR 3.11 Kumulativt fördelningsdiagram (CDF) över hydraulisk konduktivitet med passade lognormalfördelningar.

TABELL 3.3 Statistiska parametrar för hydraulisk konduktivitet (m/s).

Parameter	Berg väster om Mölndalsån	Berg söder om Delsjöbäcken
Geometriskt medelvärde, Kg	$3,0 \times 10^{-8}$	$1,2 \times 10^{-7}$
Aritmetiskt medelvärde, Ka	$1,8 \times 10^{-7}$	$4,3 \times 10^{-7}$
Matherons förmodan, K3D	$4,6 \times 10^{-8}$	$2,0 \times 10^{-7}$

Som karakteristiska konduktivitetsvärden för berggrund i anslutning till Västlänken har värden enligt tabell 3.4 valts. Lokalt förväntas både högre och lägre värden än vad som anges i tabellen.

3.6.2 Grundvattennivåer i berggrund

Under ostörda naturliga förhållanden följer grundvattentrycket i berggrunden i princip topografin, med höga grundvattennivåer i områden med höga bergnivåer, och förhållandevis låga nivåer i dalsänkor där berggrundens yta normalt täcks av jordlager. Det innebär att yt- och grundvattendelare återfinns i de topografiskt högst liggande områdena. Inom utredningsområdet kan antas att naturlig grundvattennivå i berget ligger mellan +0 och +40. I anslutning till dränerande berganläggningar kan avsänkta grundvattennivåer förväntas. Sammanställning av typiska grundvattennivåer i berg längs Västlänken återfinns i kapitel 6 i [4], samt redovisas översiktligt i kapitel 4-6 i föreliggande PM. Grundvattnets nivå har över tid registrerats genom mätningar i ett 60-tal bergborrhål.

Trycknivåer i berggrunden är mestadels olika på olika djup under bergytan. Detta beror främst på grundvattnets strömningsriktning, om det förekommer påverkan från dränerande berganläggningar samt om ytligt grundvatten i jord påverkar grundvattennivåer i borrhål. Borrhål kortsluter sprickor som kan ha olika grundvattentryck, och endast genom att placera tätande manschetter på olika borrhålsdjup kan denna tryckskillnad mätas. Mätning av eventuell effekt av kommunikation med omgivande grundvattenmagasin i jord visar dock på mycket begränsad påverkan, som mest upp till 3 meter.

TABELL 3.4 Karakteristiska värden på hydraulisk konduktivitet inom Inre utredningsområde.

Geologisk miljö	Värde
Berggrund	$4 \times 10^{-8} - 2 \times 10^{-7}$ m/s
Ytberg	$1-2 \times 10^{-7}$ m/s
Svaghetszoner	$2 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-6}$ m/s

3.6.3 Grundvattenbildning i berggrund

Områden med höga bergnivåer utgör inströmningsområden (grundvattenbildning) till berg, medan låga bergnivåer ofta utgör utströmningsområden. Grundvattenbildningen till berg, eller grundvattenomsättningen inom ett område, styrs av vattentillgången vid bergets överyta, bergets hydrauliska konduktivitet och topografin. Under naturliga och ostörda förhållanden kan grundvattenbildningen i utredningsområdet typiskt antas till 100-170 mm räknat över ett år. Hur stor andel av denna grundvattenbildning som tillförs berggrunden beror till exempel på topografin och ett flertal andra lokala hydrogeologiska förhållanden. Vid naturliga förhållanden antas att grundvattenbildningen till berg understiger 100 mm/år. Vid störda förhållanden, till exempel vid grundvattensänkning vid en berganläggning, antas grundvattenbildningen till berg till 100-200 mm/år eller mer beroende på vattentillgång och bergets hydrauliska egenskaper (erfarenhet från till exempel Citybanan i Stockholm).

3.7 Jordlagrens grundvattenförhållanden

Jordlagrens grundvattenförhållanden är relativt välkända från tidigare undersökningar i samband med ett stort antal byggnationer inom utredningsområdet. Kunskap om grundvattenförhållandena har även inhämtats genom kompletterande undersökningar inom ramen för Västlänken. Grundvattenförhållanden av intresse är förekomst av grundvattenmagasin, jordlagrens hydrauliska egenskaper och grundvattennivåer i undre och övre magasin.

Jordlagrens uppbyggnad är förhållandevis enhetlig inom utredningsområdet, vilket i princip innebär att det generellt förekommer ett undre grundvattenmagasin i friktionsjord på berg och ett övre grundvattenmagasin i fyllningsjord i områden där det förekommer lera. I områden med höga bergnivåer finns friktionsjordar utan att bestående och uthålliga grundvattenmagasin förekommer. Medan det undre magasinet har bildats genom geologiska processer, har det övre magasinet i huvudsak formats i samband med områdets urbanisering.

3.7.1 Förekomst av grundvattenmagasin i jord

Undre grundvattenmagasin förekommer i dalgångar och sänkor över hela området. Undre grundvattenmagasin består av friktionsjord på berg, huvudsakligen morän eller sand. De undre grundvattenmagasinen har ställvis god hydraulisk kontakt med underliggande berg vars övre del kan vara uppsprucket (rösberg). I sådana områden kan vattenförande jordlager avsatta på berg samt ytligt berg bilda gemensamma grundvattenmagasin. Övre grundvattenmagasin förekommer i ytliga friktionsjordar på lera, mestadels fyllning, svallmaterial (sand) och torrskorpelera.

Övre och undre grundvattenmagasin står i begränsad inbördes hydraulisk kontakt via naturliga kontaktvägar såsom strömning genom lerlager som avskiljer magasinerna, men i större utsträckning vid magasinens randområden där täckande lerlager ofta saknas. Kommunikationsvägar mellan övre och undre magasin kan också ha skapats i samband med schaktning, geoteknisk borrhning eller pålning. I strandnära områden kan både övre och undre grundvattenmagasin ha hydraulisk kontakt med ytvattenmagasin.

Förekomst av undre grundvattenmagasin i jord har lokaliseras genom att använda projektets hydromodell (kapitel 2.4.2) där geologiskt underlag har samtolkats med grundvattennivåer. Redo-

visade gränser har därefter anpassats manuellt till topografi och geologi. Identifierade undre grundvattenmagasin inom utredningsområdet visas i figur 3.12.

Att på motsvarande sätt lokalisera förekomsten av övre grundvattenmagasin i jord är inte genomförbart eftersom fyllningsjorden är heterogen i sin uppbyggnad och nivådata från enskilda rör vanligen representerar lokala förhållanden. Det kan dock antas att det finns förutsättningar för övre magasin i princip inom samma områden som där undre magasin lokaliseras.

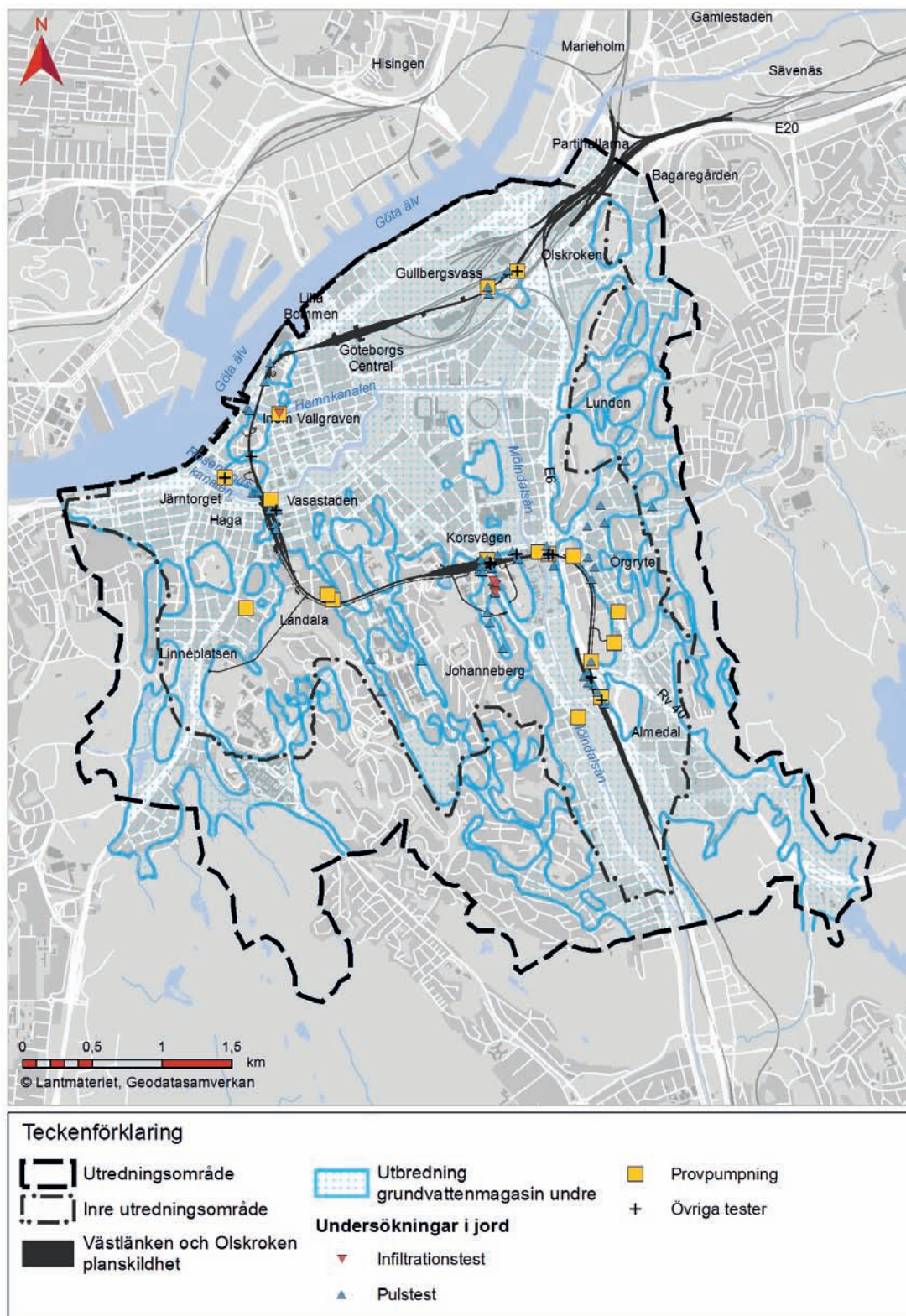
3.7.2 Jordlagrens vattenförande förmåga

Inventerat hydrogeologiskt material och kompletterande hydrauliska undersökningar har använts för att kvantitativt beskriva jordlagrens hydrauliska egenskaper. Undersökning av jordlagren längs Västlänken omfattar provtagning av friktionsjord samt ett stort antal hydrauliska tester i undre grundvattenmagasin. Undersökningspunkter visas i figur 3.12. I underlagsdokument [5] redogörs för dessa undersökningar samt redovisas resultat av utförda analyser av jordlagrens hydrauliska egenskaper.

När det gäller analys av jordlagrens hydrauliska egenskaper bör beaktas att val av testmetod har mycket stor inverkan på skalrepresentativet. Medan jordprov och pulstester kan antas ge information om hydrauliska egenskaper inom fåtal meter, kan en provpumpning (interferensförsök) ge information för stora avstånd.

Tagna jordprov i friktionsjordlagret på berg domineras av sand med mer eller mindre inslag av silt och grus. För friktionsjorden i undre magasin kan den hydrauliska konduktiviteten baserat på analys av jordprov i huvudsak antas ligga mellan 10^{-5} och 10^{-4} m/s.

Från de hydrauliska försök (provpumpning) som utförts i de brunnar som visas i figur 3.12, har jordlagrens vattenförande förmåga beräknats, se tabell 3.5. Provpumpningar har utförts vid Gullberg, Station Haga, Annedal, Landala, Korsvägen, Lisebergsgaraget, Skår och Almedal.



FIGUR 3.12 Undre grundvattenmagasin i jord inom utredningsområdet. Magasinens avgränsning visas med blå linje. Lägen för hydrauliska tester visas med olika symboler.

TABELL 3.5 Resultat från provpumpningar i brunnar i jord [5]. Vattenförande egenskap anges som transmissivitet (m^2/s).

Brunn	Magasinsmäktighet	Vattenförande egenskap
OC4001B (Gullberg)	2-3 m	$1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
OC4002B (Gullberg)	2-3 m	$4 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
HH4001B (Station Haga)	1-2 m	$0,1-1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
HK4001B (Annedal)	2-4 m	$3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
HK4001H/HK4215H (Landala)	1-2 m	$8 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
Chalmerstunneln, 3 brunnar	1-2 m	$2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
KK4001B (Korsvägen)	2-3 m	$5-12 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
KA4001H (Lisebergsgaraget)	4-6 m	$4-7 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
KA4001B/AA4005H (Skår)	3-4 m	$0,4-3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
AA4001B/AA4004H (Almedal)	2-3 m	$0,6-4 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

3.7.3 Grundvattennivåer i jordlager

Under ostörda naturliga förhållanden följer grundvattennivån i jordlagren i princip topografin, med höga grundvattennivåer i områden med hög marknivå, och förhållandevis låga nivåer i dalsänkor med låg grundvattennivå. Generellt kan antas att grundvattennivån i övre magasin ligger 1,5 - 2,0 meter under markytan undantaget där läckande ledningar och dränerande ledningsgravar och byggnader kan ge upphov till anomala nivåer. Även höga grundvattennivåer (artesiska tryck) kan uppträda lokalt, exempelvis längs Mölndalsåns dalgång.

Sammanställning av typiska grundvattennivåer i jord inom inre utredningsområde återfinns i kapitel 4-6. Grundvattnets vattennivå har över tid registrerats genom mätningar i mer än 200 grundvattenrör, de flesta i undre magasin.

I områden med höga bergnivåer och tunna jordlager saknas överlag större och uthålliga

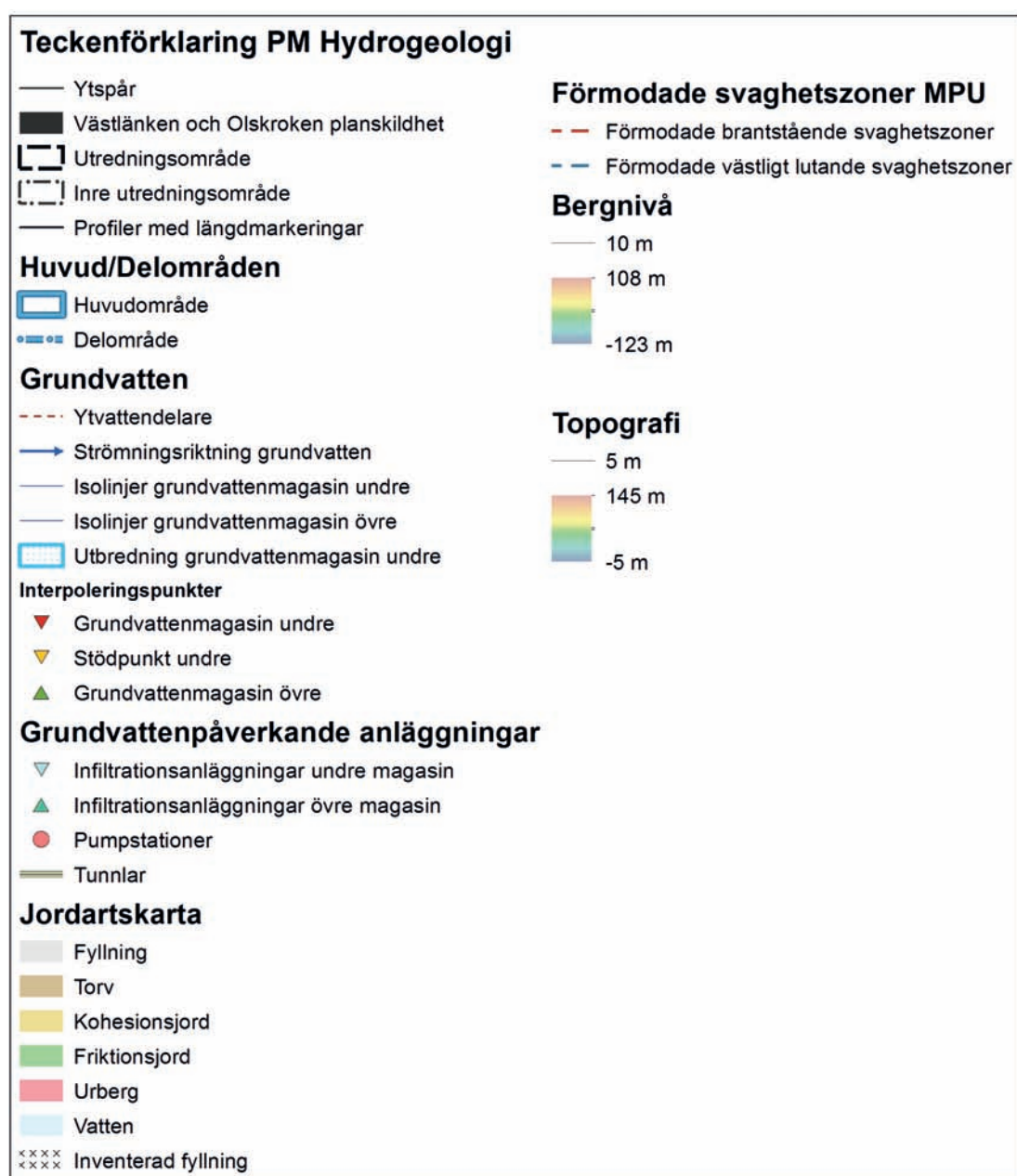
grundvattenmagasin i jord. Grundvattennivåerna i dessa jordlager fluktuerar vanligtvis stort över tid. Avrinningen sker snabbt i samband med nederbörd och följer bergytan ner mot lägre liggande jordfyllda dalgångar och sänkor, där grundvattenbildning till angränsande magasin huvudsakligen sker längs dalsänkornas sidor.

Grundvattennivån är normalt sett något högre vid grundvattenmagasinens kanter jämfört med magasinens centrala delar, och uppvisar där också större temporal nivåvariation. Grundvattenströmning i magasinen sker vanligen från dess yttre delar in mot mitten och sedan i magasinens längdriktning. Grundvattennivån i övre magasin i jord styrs ofta av ledningsgravar, byggnaders och vägars grundläggning samt dränering eller andra grundvattenpåverkande anläggningar.

Grundvattennivåer i övre och undre magasin i jord har analyserats med hydromodellen [8] och visualiseras på ett flertal kartor i kapitel 4-6.

3.8 Hydrogeologiska kartor

Figur 3.13 visar den teckenförklaring som är giltig för alla kartor i föreliggande PM om inte annat anges (kapitel 4 till 6). En gemensam teckenförklaring har gjorts för att skapa ett enhetligt utseende och för att spara utrymme i de figurer som presenteras.



FIGUR 3.13 Gemensam teckenförklaring för kartor i kapitel 4, 5 och 6

4. Huvudområde Nord

Huvudområde Nord sträcker sig från Göta älv i norr till Heden-Ullevi i söder, från Olskroken i öster till Göteborgs Central i väster, figur 4.1. I väster och söder gränsar området till Huvudområde Väst respektive Huvudområde Öst. De västliga och sydliga gränserna utgör inte några entydiga hydrauliska gränser, utan har valts utgående från områdets hydrogeologiska förhållanden i stort samt Västlänkens läge och planerad byggnation.

Som framgår av figur 4.2 är marktopografin i huvudsak flack med undantag för områden i öster där höga bergnivåer och nord-sydligt orienterade sänkor i berget gett upphov till ett flertal mer eller mindre hydrauliskt isolerade grundvattenmagasin i jord.

Undantaget områden i öster ligger bergytans nivå djupt och jordmaktigheten är betydande. Ett lokalt höjdparti (Gullberg) finns dock väster om Olskroken på vilket Skansen Lejonet är uppförd. Detta höjdparti är den nordligaste delen av en bergrygg som sträcker sig söderut mot Liseberg parallellt med bergbranten i öster. Denna bergrygg är på större delen av sträckan inte synlig på markytan utan är övertäckt av jordlager, men kan ses i figur 4.4 som en rygg med högre bergnivåer jämfört med omgivningarna i väster och Mölndalsåns dalgång i öster.

Mellan dessa högre liggande bergpartier ligger Mölndalsåns dalgång vilken på djupet innehåller mäktiga friktionsjordlager. Vid Gullberg består friktionsjorden delvis av mäktiga sandiga sediment. I övrigt utgörs jordlagren av ett förhållandevis tunt friktionsjordlager på berg över vilket är avsatt lera och överst fyllningsjord. I anslutning till höjdryggen i väster förekommer berg i dagen inom huvudområdet vid Gullberg, Stampen och sydväst om Ullevi (framför polishuset).

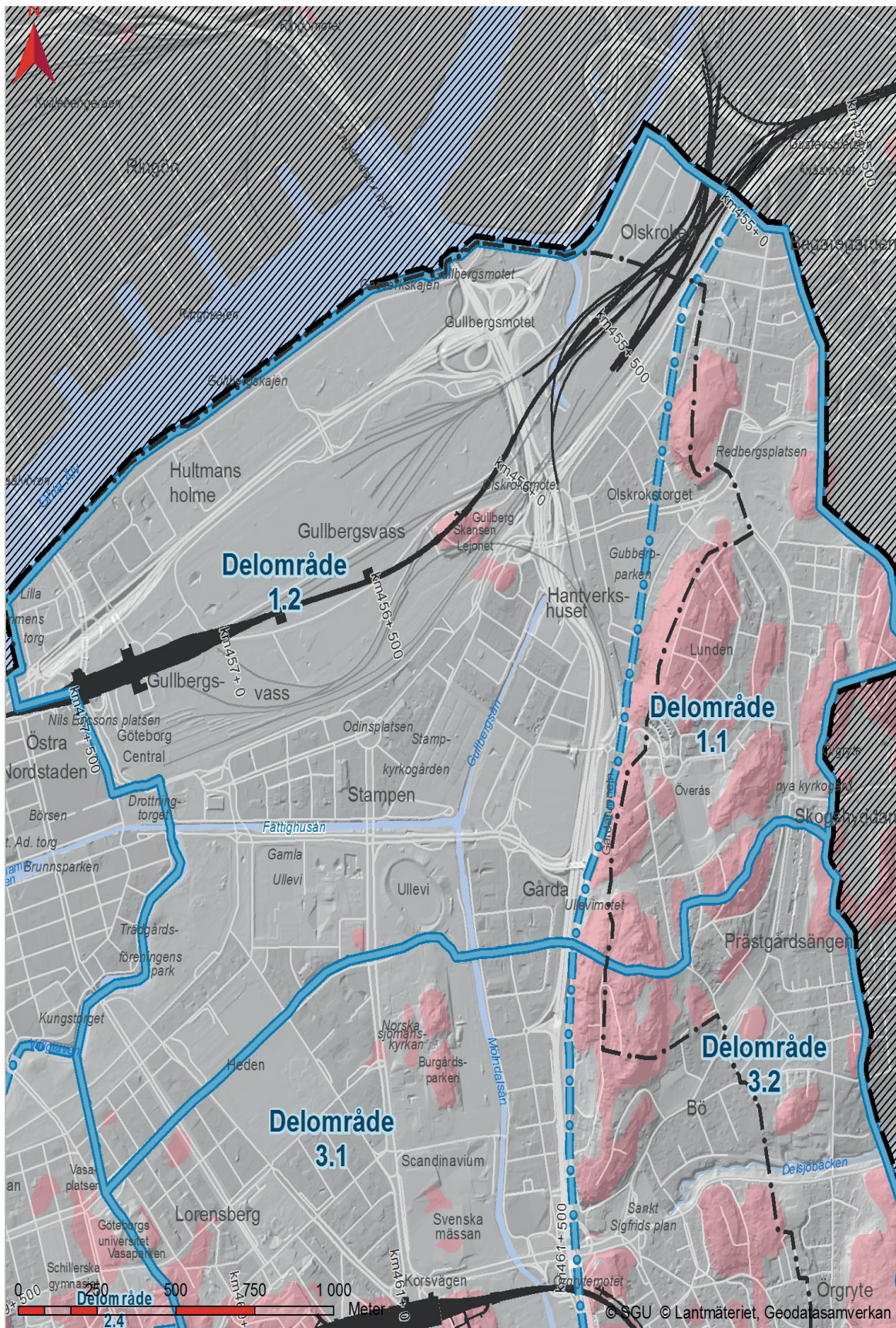
Inom huvudområdet är bergnivån som lägst vid norra Trädgårdsföreningen vid Fattighusån (nivå cirka -120). Längs Mölndalsån ligger tolkade bergnivåer mellan cirka -40 och -70. Höga bergnivåer ligger på cirka +60 i områdets östra del och cirka +20 vid Skansen Lejonet. Bergytan varierar således cirka 180 meter inom huvudområdet. I området förekommer mäktiga jordlager som jämnat ut underliggande berggrunds topografi så

att en plan markyta skapats. Genom omfattande utfyllningar har den naturliga markytan höjts och utvidgats över tidigare vattenområden.

Området har utgående från avrinningsmönstret indelats i två delområden: delområde 1.1 och 1.2, se figur 4.1. Dessa delområden innehåller var sitt definierat grundvattenmagasin, där det topografiskt högre liggande magasinet i öster tillför grundvatten till det större magasinet i väster via lokala sänkor i berget. Den huvudsakliga avrinningen sker direkt till Göta älv eller via Mölndalsån-Gullbergsån och Fattighusån till Göta älv.

Större vägstråk är E6, E20 och E45. Andra större gator och vägar är Friggagatan – Redbergsvägen, Ullevigatan, Skånegatan och Allén. Från nordöst inkommer Västra Stambanan och vid Olskroken finns järnvägsspår tillhörande Bohusbanan samt Boråsbanan.

Större delen av området är bebyggt, huvudsakligen med flerfamiljshus, undervisningslokaler samt administrativa och kommersiella byggnader. I områdets södra del förekommer enfamiljshus. Naturmark finns i Burgårdsparken, Trädgårdsföreningen, Stampkyrkogården och inom höjdområdet i öster.



FIGUR 4.1 Översiktskarta över huvudområde Nord med delområden. För kartlegend hänvisas till figur 3.13. Gränsen mellan delområden visas i figuren med blå punkt-streckad linje, för översikt av delområden se figur 2.2.

TABELL 4.1 Indelning av delområden och grundvattenmagasin i jord inom huvudområde Nord.

Kapitel	Delområde	Grundvattenmagasin i jord
4.8	1.1 Olskroken - Lunden	1:1a Olskroken
4.9	1.2 Ullevi - Gullbergsvass	1:2a Ullevi - Gullbergsvass

4.1 Avgränsning

Huvudområdet är utifrån hydrogeologisk utgångspunkt uppdelat i två delområden, se figur 4.1 samt tabell 4.1. Delområde 1.1 utgör ett topografiskt upphöjt område i öster med begränsade jordmaktigheter medan delområde 1.2 utgör ett topografiskt flackt och centralt liggande område med mäktiga jordlager. Gränsen mellan dessa två områden visas med blå streckad linje i detta kapitel kartfigurer. Delområdenas topografi, geologi och hydrogeologi beskrivs i kapitel 4.8 - 4.9. Inom varje delområde finns ett större grundvattenmagasin. Uppdelningen av grundvattenmagasinen

per delområde redovisas i tabell 4.1.

4.2 Topografi och ytavrinning

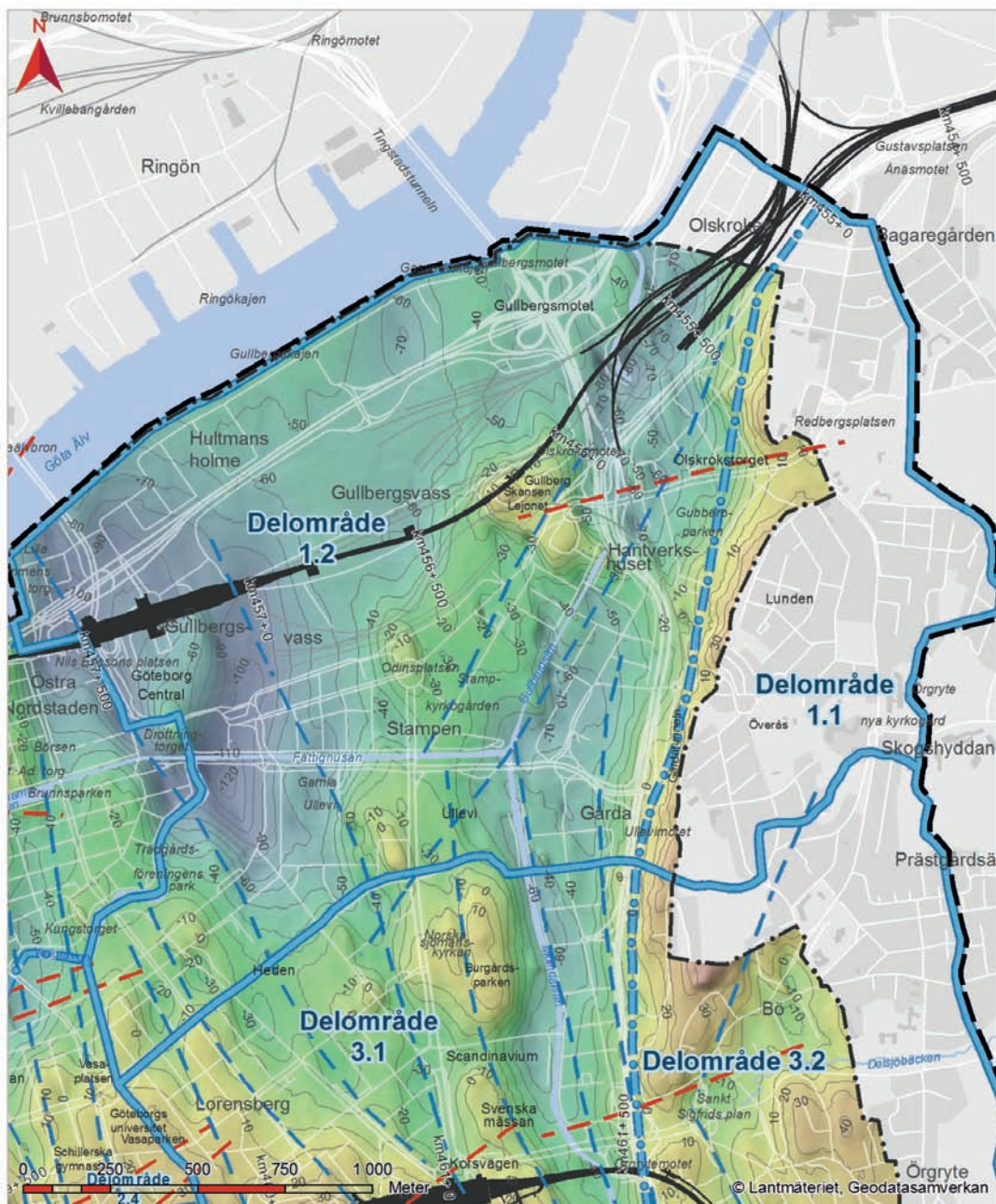
Huvudområde Nord är kuperat främst i den östra delen med huvudsaklig ytavrinning mot Göta älv, Mölndalsån - Gullbergsån och Fattighusån, se figur 4.2. I övrigt är området flackt. Det östra delområdet 1.1 Olskroken - Lunden avrinner västerut mot det centralt liggande och större delområdet 1.2 Ullevi - Gullbergsvass. Lokalt kan ledningsnät och väg- och gatudränering påverka avrinningsmönstret.



FIGUR 4.2 Marktopografi med ytvatten-delare och ytvatten. Låga marknivåer visas med blå färg och höga med grön. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.

Delområde 1.1 Olskroken - Lunden är beläget i öster och karakteriseras av höga bergnivåer och mindre jordfyllda sänkor. Inom delområdet är avrinningen huvudsakligen nordlig fram till Olskrokstorget, därefter västlig för att ansluta till delområde 1.2 Ullevi - Gullbergsvass. Närmaste ytvattendrag är Mölndalsån - Gullbergsån, som vid passage av Olskroksmotet är kulverterad. Området är måttligt urbaniserat och innehåller även stora naturområden.

Delområde 1.2 Ullevi - Gullbergsvass ligger direkt öster om Göteborgs centrala delar och har en utpräglad flack marktopografi. I norr gränsar området till Göta älv (Gullbergsvass). Inom området ligger Mölndalsån - Gullbergsån och Fattighusån. Avrinningen omhändertas huvudsakligen av olika typer av ledningssystem. Området har till stora delar hårdgjorda ytor i samband med bebyggda kvarter och trafikleder. Ett betydande tillskott av ytvatten kommer från angränsande delområde 1.1 Olskroken - Lunden.



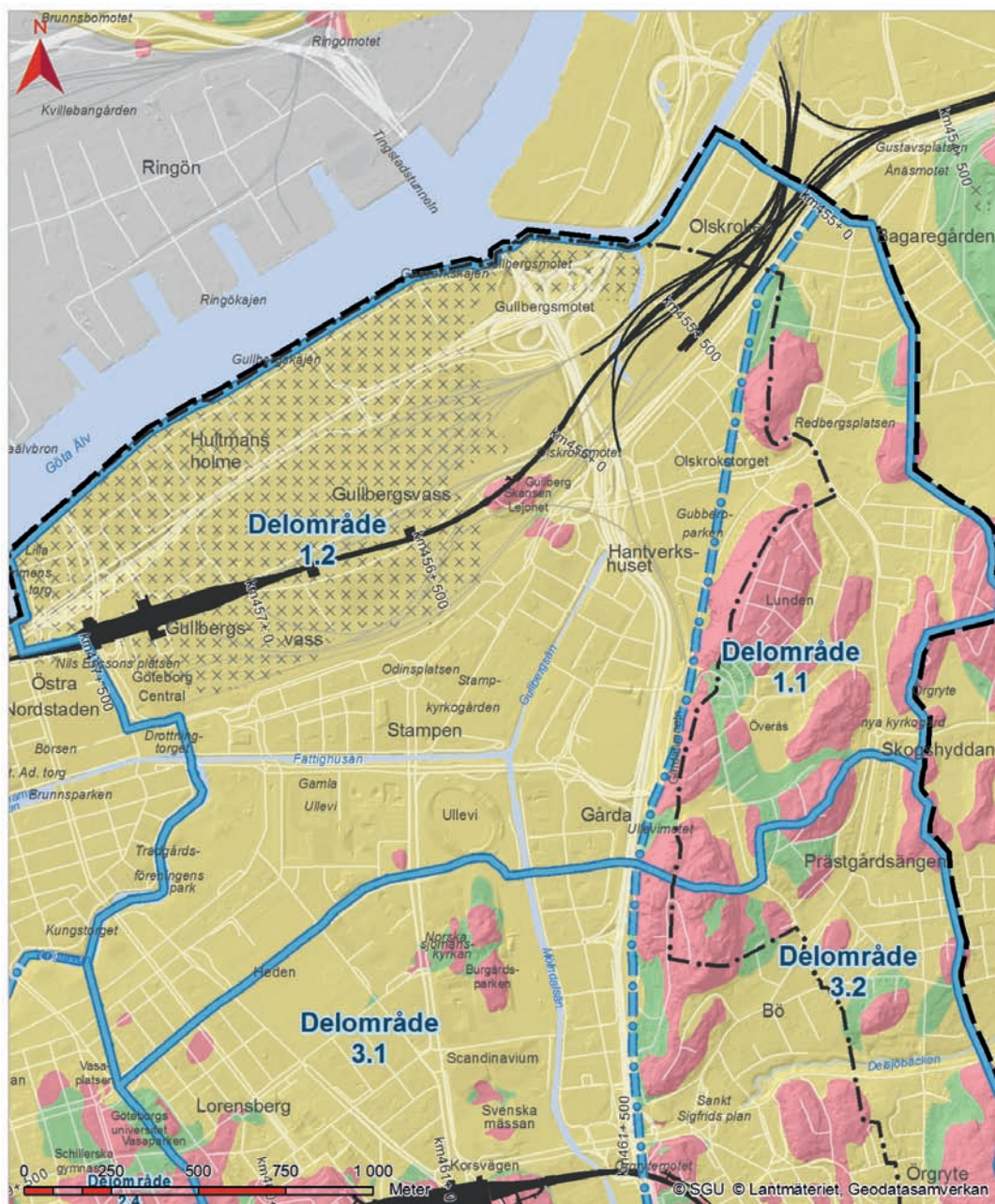
FIGUR 4.3 Översiktskarta över modellerad bergnivå och svaghetszoner i berg inom inre utredningsområde inom huvudområde Nord. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.

4.3 Berggrund

För information om berggrund och svaghetszoner inom huvudområde Nord hänvisas till kapitel 3.2.

Tolkad nivå för bergöverytan visas i figur 4.3 inklusive dominerade svaghetszoner. Bergytan som väster om bergområdet vid Lunden är täckt med mäktiga jordlager, har två tydliga stråk med låga bergnivåer från Heden och norrut samt längs Mölndalsån - Gullbergssån. Dessa stråk åtskiljs av en höjdrygg som bland annat visar sig i Gullberg väster om Olskroketorget.

Områdes dominerande svaghetszoner visas i figur 4.3. Zoner markerade med blå streckad linje bedöms tillhöra områdets överskjutningszoner vilka stupar medelbrant åt väster, medan zoner markerade med röd streckad linje bedöms vara brantstående. Zonernas bergutgående antas ligga i områden med låga bergnivåer. Centralt i dalgångar i anslutning till zonernas bergutgående kan bergöverytan förväntas vara särskilt uppkrossad, vilket kan ge hög vattenförande förmåga i gränsen mellan jord och berg.



FIGUR 4.4 Geologisk karta över huvudområde Nord. För kartlegend hänvisas till figur 3.13. Kryssmarkerade ytor markerar mäktiga lager fyllningsjord.

4.4 Jordlager

Jordlagren inom huvudområdet byggs huvudsakligen upp av friktionsjord vilken i dalgångarna överlagras av lera, figur 4.4. Friktionsjorden utgörs vanligen av olika typer av morän och/eller sandiga sediment. Inom höjdområden är jordlagermäktigheten begränsad och ställvis saknas jordlager helt (berg i dagen). Närmast vattendragen, särskilt i anslutning till Göta älv, förekommer organiska jordar ovan leror (och ibland ovan friktionsjord). De naturliga jordlagren är täckta med senare utlagd fyllningsjord. I anslutning till höjdområden förekommer utsvallat material. Fyllningsjord återfinns inom stora delar av området, företrädesvis i anslutning till de låglänta områdena i norr, särskilt i anslutning till Göta älv.

Generellt består friktionsjorden av morän som vilar direkt på berg. I vissa områden förekommer silt, sand och i något fall grus ovan moränen. Jorddjupen inom huvudområdet varierar stort, de största konstaterade jorddjupen är vid norra delen av Trädgårdsföreningen (120 meter). Längs Mölndalsån-Gullbergsån uppgår jorddjupen till 40-70 meter och består av mäktiga friktionsjordar överlagrade av lera och fyllningsjord. Längs Västlänkens anläggning påträffas större jorddjup vid passage både öster och väster om Skansen Lejonet, se figur 4.5.

4.5 Grundvattenförhållanden

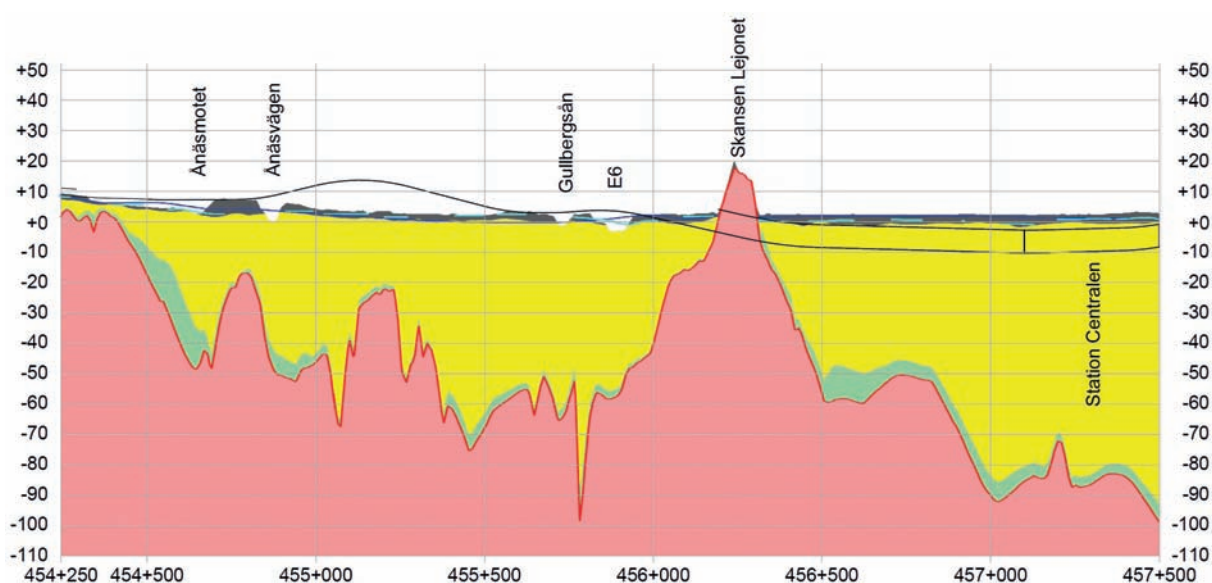
Grundvatten förekommer i områdets jordlager samt i berggrundens system av konduktiva sprickor och zoner.

4.5.1 Grundvatten i jord

Grundvattenmagasinens tolkade utbredning visas på hydrogeologisk karta i figur 4.6.

Inom huvudområdet har två grundvattenmagasin definierats (se tabell 4.1). Delområde 1.1 utgör ett grundvattenbildningsområde där grundvattenavrinningen i magasin 1:1a följer dalsänkor mot norr för att vid Olskrokstorget vrida av mot väster och ansluta till magasin 1:2a i delområde 1.2. Delområde 1.2 upptar resten av huvudområdet.

I delområde 1.2 finns ett enda större undre grundvattenmagasin 1:2a, vilket i söder gränsar till magasin i huvudområde Öst och i väster till magasin i huvudområde Väst (figur 4.6). Magasinet kan i princip delas in i två delar; en östligt i princip följande Mölndalsåns - Gullbergsåns dalgång, och en västligt som sträcker sig från Heden till Gullbergsvass. Gränsen mellan dessa två delmagasin är den bergrygg som beskrevs i inledningen till detta kapitel. Bergryggen utgör inte ett strömningshinder för grundvatten, utan grundvatten kan passera tvärs ryggen där bergytan ligger under grundvattenytan. Man kan dock för-



FIGUR 4.5 Schematisk geologisk profil längs Västlänken inom huvudområde Nord.

vänta sig en viss hydraulisk begränsning tvärs höjdryggen i jämförelse med övriga delar av grundvattenmagasin 1:2a.

Övre grundvattenmagasin antas generellt förekomma inom området. Övre magasin utgör dock inte ett enda magasin utan kan antas vara fragmenterat så att det byggs upp av ett stort antal lokala magasin. För uppgifter när det gäller övre magasin hänvisas till de detaljerade beskrivningarna i kapitel 4.8 och 4.9.

De båda undre magasinerna i jord ansluter till

Göta älv, medan de övre magasinerna har hydraulisk kontakt med Göta älv, Mölndalsån - Gullbergsån och Fattighusaån. Grundvatten kan förekomma lokalt och temporärt även utanför markerade avgränsningar. I figur 4.6 visas tolkade vattendelare och huvudsakliga strömningsvägar.

De förhållandevis tunna jordlagren i områden med höga bergnivåer saknar överlag betydande och uthålliga grundvattenmagasin i jord (figur 4.6). Grundvattennivåerna fluktuerar vanligtvis stort över tid i dessa miljöer.



FIGUR 4.6 Hydrogeologisk karta med grundvattenmagasin, vattendelare och flödesriktningar för grundvatten. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.

Grundvattennivåer undre magasin

Grundvattennivåerna är som högst i områdets östliga delar, mellan +25 och +30 vid Lunden, mellan +10 och +25 vid Olskrokstorget och mellan +2 och +3 vid Ullevi. Inom de låglänta områdena närmare Göta älv ligger grundvattennivåerna vanligen under cirka +1. Mer detaljerade beskrivningar redovisas i de kapitel som beskriver grundvattenmagasinen.

Grundvattennivåer i övre magasin

De grundvattenrör som finns i området visar att grundvattennivån ligger ca 2 meter under markytan.

Hydrauliska egenskaper

Genom inventering av äldre hydrauliska undersökningar samt nya undersökningar inom ramen för Västlänken har jordlagrens hydrauliska egenskaper klarlagts [5]. Resultaten från dessa tester visar att den hydrauliska konduktiviteten i undre grundvattenmagasin i jord ligger inom 10-7 till 10-5 m/s. Lägre värden representerar förhållandevis täta jordar såsom siltjordar eller lerig - siltig morän, vilket överensstämmer med observationer gjorda på insamlat material från borrhningar och tidigare schaktarbeten i området. Högre värden representerar exempelvis sandiga friktionsjordar i hydraulisk kontakt med uppsprucket ytberg.

Mer konduktiva jordlager förekommer i dalsänkan längs Mölndalsån. Här har vid hydrauliska undersökningar konstaterats en avlagring med finsand - sand med hydraulisk konduktivitet mellan 10⁻⁵ och 10⁻⁴ m/s.

4.5.2 Grundvatten i berg

Inom huvudområdet finns endast ett fåtal borrhningar i berg som bidragit med hydrauliskt underlag [5]. Västlänken byggs i huvudsak i övre delar av mäktiga jordlager och endast på en kort sträcka vid och genom Gullberg bedöms grundvattenförhållandena i berg kunna påverkas. För Gullberg finns inga platsspecifika hydrauliska uppgifter; det kan dock förutsättas att befintligt bergrum ger upphov till lokal avsänkning av grundvattennivån i berget.

För området kan antas samma representativa värde på berggrundens hydrauliska konduktivitet som för Västlänken i övrigt, det vill säga 4 x 10⁻⁸ till 2 x 10⁻⁷ m/s, där värden över 10⁻⁷ m/s kan knytas till ytligt berg och svaghetszoner.

4.6 Påverkade grundvattenförhållanden

Dränerande anläggningar och infiltrationsanläggningar kan påverka strömningsbild och grundvattennivåer i jord och berg. Avsänkta grundvattennivåer kan ses i anslutning till dessa anläggningar, lokalt kan påverkan vara kraftig.

4.6.1 Dränerande byggnader och anläggningar

Inom huvudområdet har ingen betydande påverkan på grundvattenförhållanden (grundvattennivåer) noterats. Det kan nämnas att det inom huvudområdet förekommer ett antal anläggningar vilka är hemliga eller för vilka råder sekretess, varför dessa inte kan redovisas. Projektet har dock kunskap om dessa anläggningar och påverkan från dessa har inarbetats i hydrogeologiska tolkningar.

Här nedan följer en redogörelse av tillgänglig information beträffande dränerande byggnader och anläggningar inom huvudområdet. För lägen se figur 4.8.

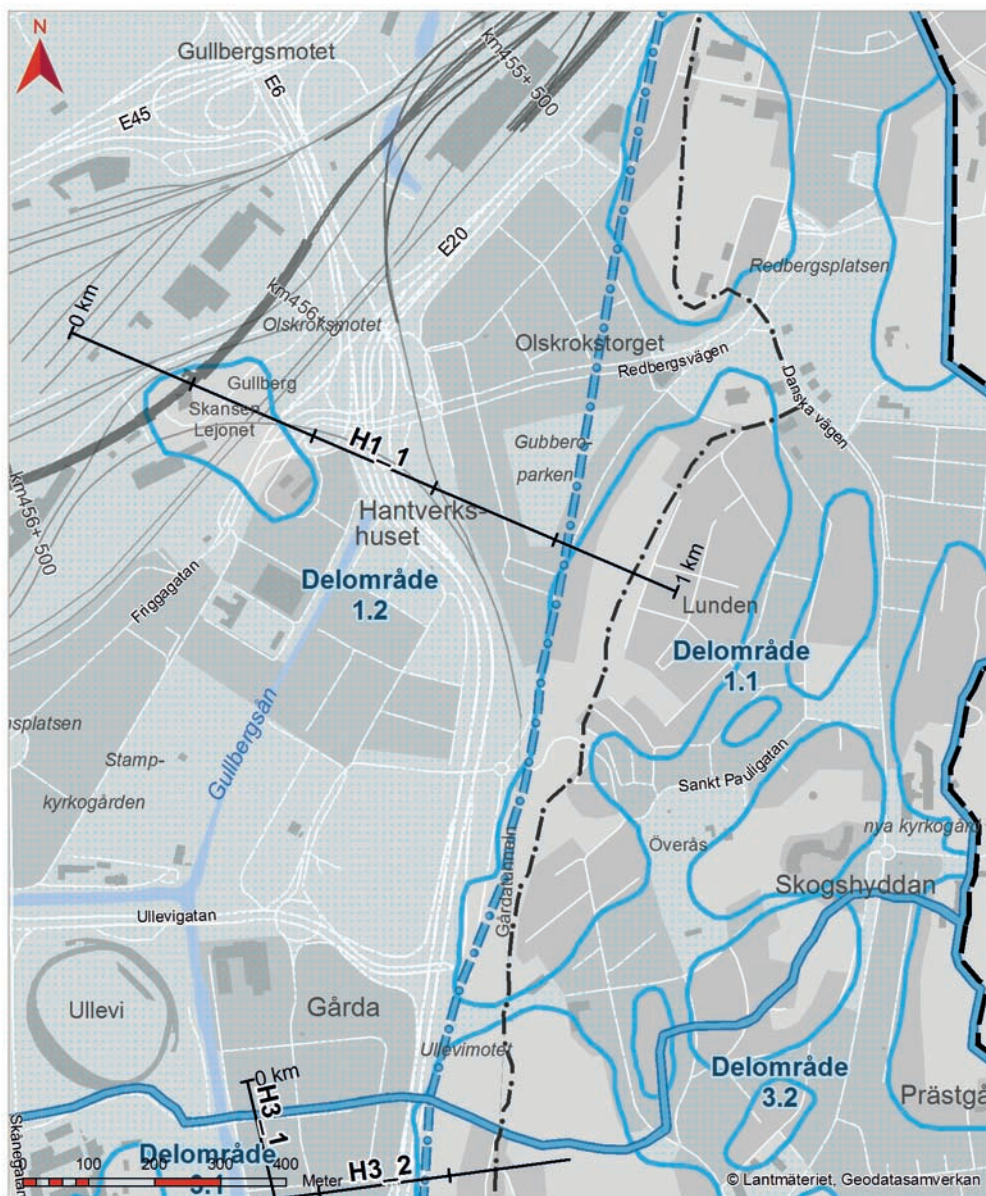
Gårdatunneln

Gårdatunneln är en dubbelspårig bergtunnel för tågtrafik mellan Gubbero i norr till Almedal i söder, se figur 4.8. Tunneln, som har en längd på cirka 2,2 kilometer, invigdes 1968. En bergförlagd pendeltågstation, Liseberg, invigdes 1993. Bergtunnelns dränering ligger på cirka +2 i norr och strax under -5 vid pendeltågstationen, för att där efter ansluta till marknivån vid Örgrytemotet.

Bergtunneln byggdes utan tätinjektering och grundvattennivåmätningar visar att läckaget till tunneln lokalt påverkar grundvattenförhållanden med något avsänkta nivåer som följd.



FIGUR 4.7 Gårdatunneln ligger i berget öster om Ullevi. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.



FIGUR 4.8 Hydrogeologisk översiktskarta över delområde 1.1 Olskroken - Lunden samt östra delen av delområde 1.2 Ullevi - Gullbergsvass med lägen för geologiska sektioner. Sektion H1_1 visas i figur 4.10. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.

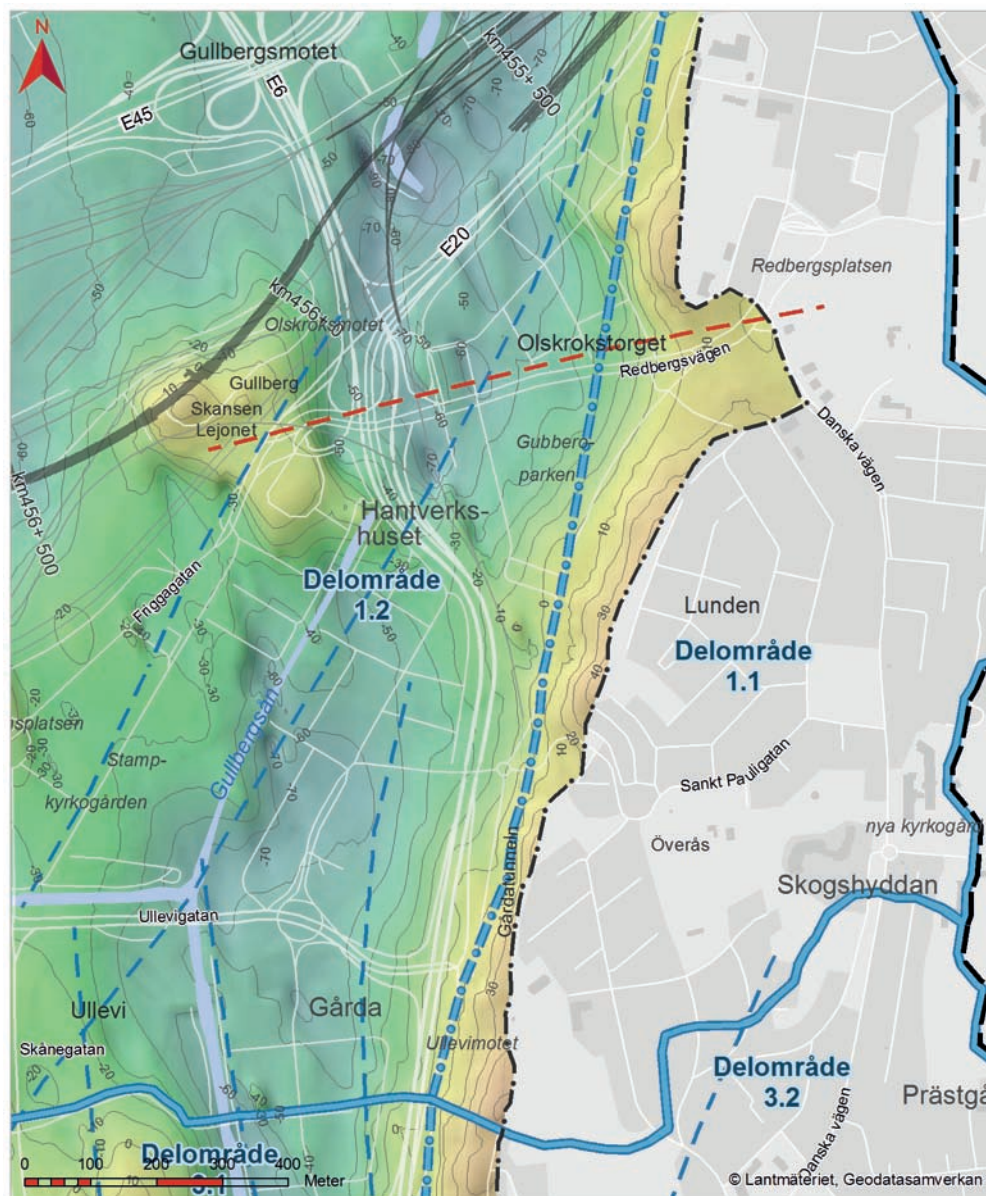
4.7 Delområde 1.1 Olskroken - Lunden

Delområde 1.1 Olskroken - Lunden utgör den östra delen av Huvudområde Nord och ligger förhållandevis högt i terrängen. Delområdets gräns till delområde 1.2 i väster markeras med en blå punkt-streckad linje. Delområdet består av flera bergryggar i nord-sydlig riktning samt mellanliggande jordfyllda dalsänkor. Delområdet gränsar i norr till Göta älvs dalgång och dess sydliga gräns utgör ett höjdparti i norra Överås (figur 4.8).

Bebyggelsen består av flerfamiljsbostäder och enskilda bostadshus. Olskroken i norr domineras av kontors- och affärsbyggnader. Större trafikle-

der är Redbergsvägen och Danska vägen samt järnväg; bland annat Gårdatunneln som börjar söder om Gubberoparken.

I delområde 1.1 finns ett större grundvattenmagasin i jord (magasin 1:1a Olskroken) som sträcker sig från en grundvattendelare ungefär vid Sankt Pauligatan i söder till Göta älvs dalgång i norr. Grundvattenflödet i magasinet är i huvudsak nordligt, men i en mindre del av magasinet strömmar grundvatten söderut och vidare västerut vid Ullevimotet. I magasinets norra del sker västligt utflöde till delområde 1.2 vid Olskrokstorget. Detaljer när det gäller grundvattenflöden och grundvattennivåer redovisas i kapitel 4.8.1.

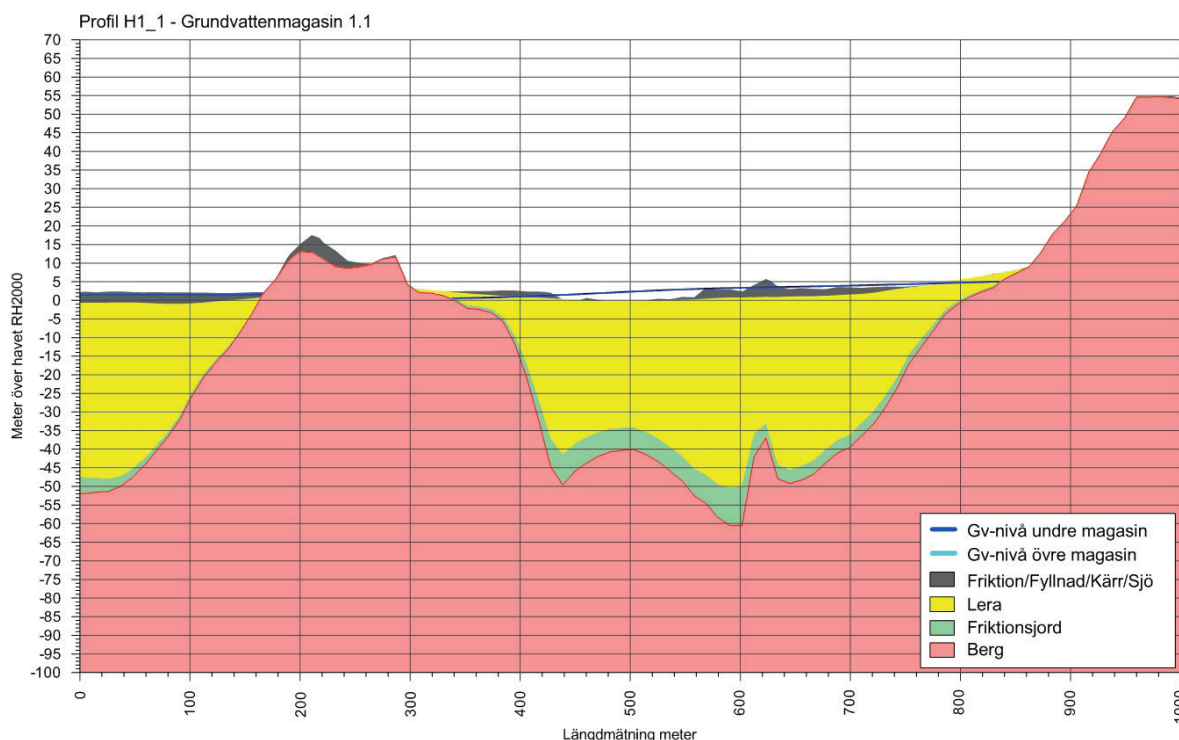


FIGUR 4.9 Bergnivåmodell över delområde 1.1 Olskroken - Lunden samt östra delen av delområde 1.2 Gullbergsvass - Gårda. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.

Tolkade bergnivåer och tolkade zoner i berg redovisas i figur 4.9. Höga bergnivåer på upp emot +40 och +50 förekommer inom delområdet, medan låga nivåer förekommer i områdets dalsänkor. Bergnivåer visas endast i en mycket begränsad del av delområdet där det föreligger tillräckligt med dataunderlag för att genomföra en interpolering av bergytan. Svaghetszoner finns i delområdets dalsänkor med huvudsakligen nord-sydlig orientering. Karteringar i Gårdatunneln visar att det

även kan förekomma väst-östliga vattenförande strukturer i berg.

En geologisk sektion från bergpartiet med Skansen Lejonet i östsydostlig riktning över centrala Lunden visas i figur 4.10 (sektionens läge visas i figur 4.8). Delområde 1.1 utgör det topografiskt högt belägna jordfyllda området i sektionens östra del (vid längdmätning cirka >1300 meter i figur 4.10). Gränsen mellan delområde 1.1 och 1.2 ligger vid cirka 800 meter i sektionen.



FIGUR 4.10 Översiktlig geologisk sektion H1_1 i ungefär östsydöstlig riktning från Gullberg till Lunden. Bergnivåerna i sektionens östliga del är osäkra. För sektionens läge, se figur 4.8.

4.7.1 Grundvattenmagasin 1:1a Olskroken

Grundvattenmagasin i jordlager förekommer inom hela området, undantaget i topografiskt högre liggande områden där jordlager saknas, se figur 4.11. Tolkade grundvattennivåer i undre grundvattenmagasin visas i figur 4.11. Tolkade nivåer ska ses som översiktliga. I områden där grundvattennivådata förkommer sparsamt redovisas inga tolkade nivåer. För undre magasin i jord innebär det att ingen tolkning visas utanför det inre utredningsområdet.

Jorddjupen är relativt små till måttliga inom området, där de största jorddjupen förekommer i anslutning till bergsänkan vid Olskrokstorget. Jordarna karakteriseras överst av ett lager friktionsjord/fyllning (upp till 5 meter), under vilket förekommer lerlager och underst friktionsjord på berg. Det mer konduktiva moränlagret närmast berg har några få meters mäktighet.

Grundvatten i jord

Grundvattennivåerna i undre magasin i jord ligger vid grundvattendelaren i söder vid cirka +29 (grundvattenrör GW677) för att falla av längs grundvattnets flödesriktning mot norr, för att öster om Redberglid ligga vid cirka +18 (rör

OO4203U). Vid Redberglid faller grundvattennivån av mot väster och ligger kring +5 vid gränsen till delområde 1.2, för att vidare falla av mot cirka +1 vid Göta älv i nord-nordväst. Grundvattennivåer i nämnda rör visas i figur 4.12.

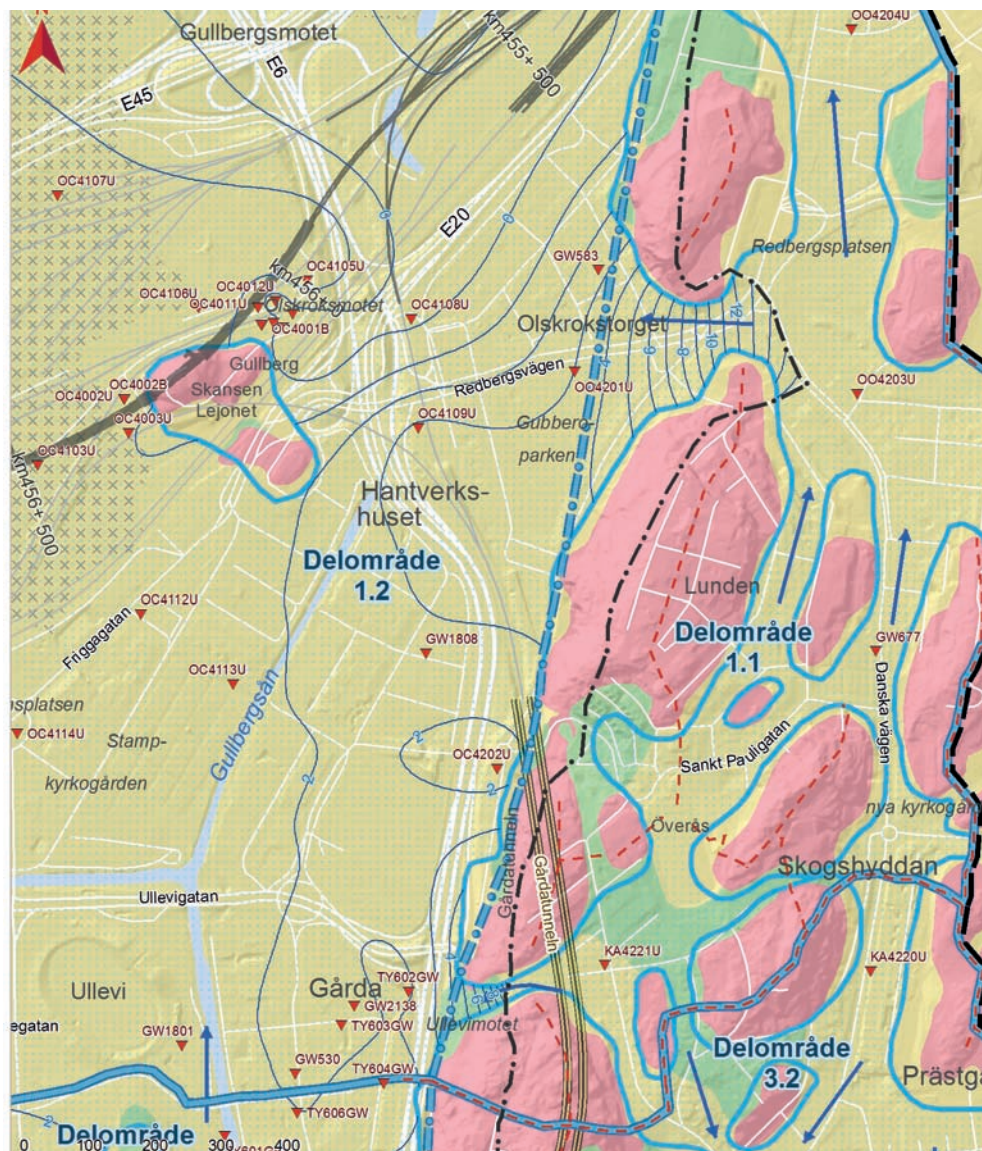
Inom grundvattenmagasinet finns för få grundvattenrör i övre magasin för att det ska vara meningsfullt att redovisa tolkade grundvattennivåer. I dagsläget finns endast tolkade nivåer lokalt i anslutning till Västlänken vilka redovisas i kapitel 4.9.1.

Grundvatten i berg

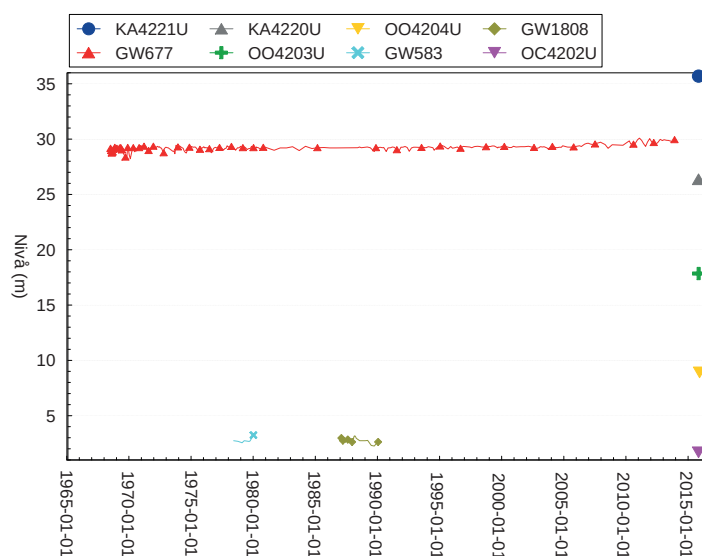
Västlänken kommer inte att beröra eller påverka grundvattenförhållanden i berg inom grundvattenmagasin 1:1a, varför ingen beskrivning ges (påverkan i Gullberg bedöms inte sträcka sig in i detta delområde). För översiktlig information hänvisas till kapitel 4.3.

Magasinets känslighet och riskobjekt

Västlänken ligger på betydande avstånd och ingen eller mycket begränsad påverkan bedöms uppkomma. Ingen skadlig grundvattenpåverkan bedöms uppkomma inom grundvattenmagasin 1:1a.



FIGUR 4.11 Grundvattenmagasin i jord, undre magasin. Tolkade grundvattennivåer och flödesriktning. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.



FIGUR 4.12 Grundvattengraf undre magasin i jord: Observationspunkter i magasin 1:1a.

4.8 Delområde 1.2 Ullevi - Gullbergsvass

Delområde 1.2 Gullbergsvass - Ullevi omfattar västra delen av huvudområde Nord. Delområdet har stor utbredning och är i huvudsak flackt med endast ett fåtal områden som höjer sig över den generella marknivån. Delområdet gränsar i nord till Göta älvs dalgång och i väst till stadsdelen Inom Vallgraven, vilket innebär att Vallgraven utgör del av den västra gränsen. I söder gränsar delområdet till huvudområde Öst, figur 4.13.

Delområde 1.2 visas på kartfigurer i både kapitel 4.7 och 4.8. För beskrivningar som rör delom-

rådets östra del hänvisas därför till figurer i kapitel 4.7, medan det som rör områdets västra del hänvisas till figurer i föreliggande kapitel 4.8.

Området utgör en del av Göteborgs kärna med tät bebyggelse och omfattande trafikanläggningar. Bebyggelsen domineras av flerfamiljsbostäder, kontor och affärsfastigheter. Några enstaka naturområden finns inom området, exempelvis Allén, Trädgårdsföreningens park och Stampkyrkogården. Heden är en öppen yta vilken används för parkering, evenemang och sport.

I delområdet finns ett större grundvattenmagasin i jord (magasin 1:2a Ullevi – Gullbergsvass)



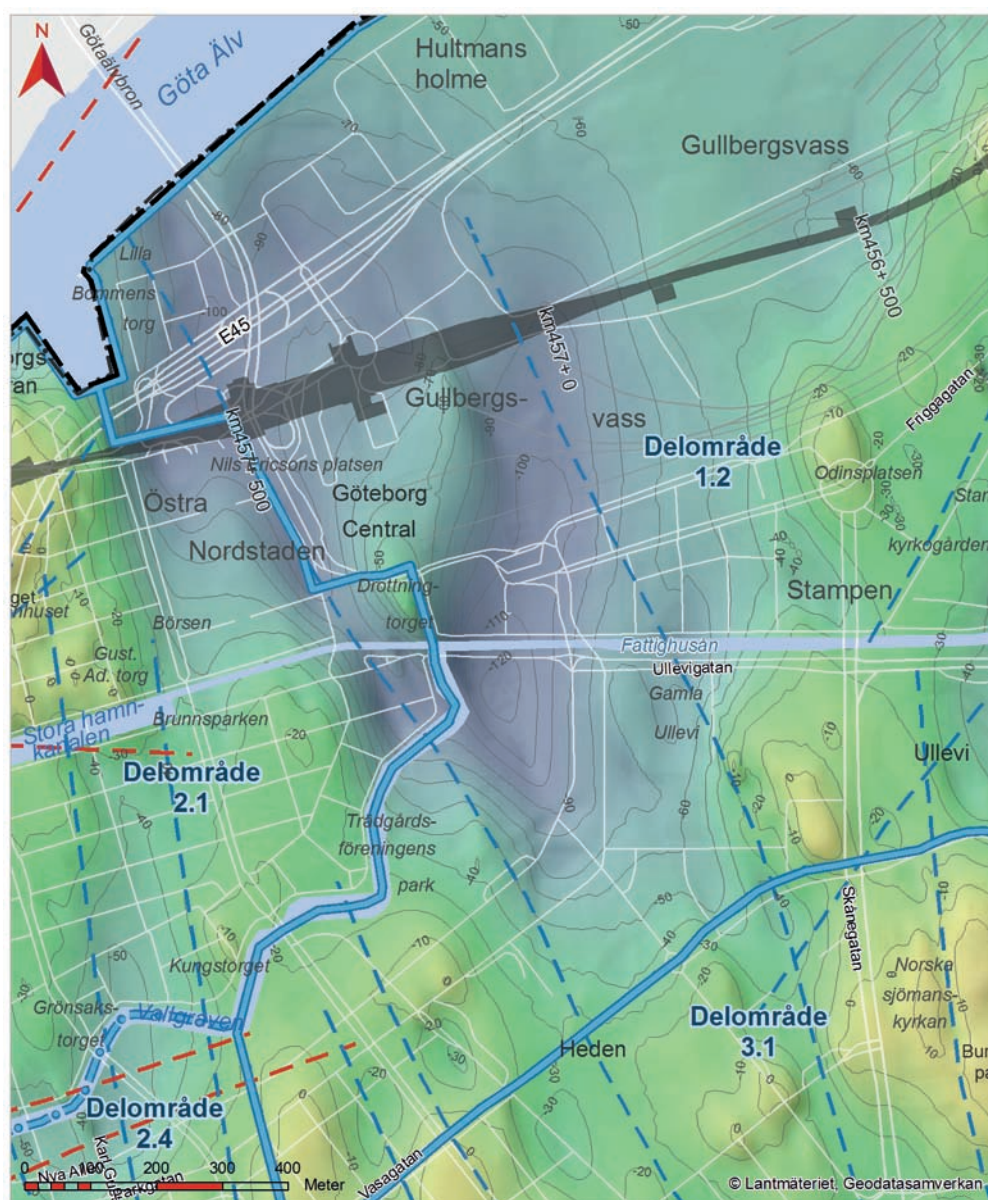
FIGUR 4.13 Hydrogeologisk översiktskarta över västra delen av delområde 1.2 Ullevi - Gullbergsvass. Den östra delen av detta delområde visas i figur 4.8. Sektion H3_2 visas i figur 4.15. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.

som sträcker sig från Heden till Göta älv i norr (figur 4.13). Mölndalsån - Gullbergsån rinner mot norr i delområdets östra del och Fattighusån sträcker sig rakt genom området i öst-västlig riktning.

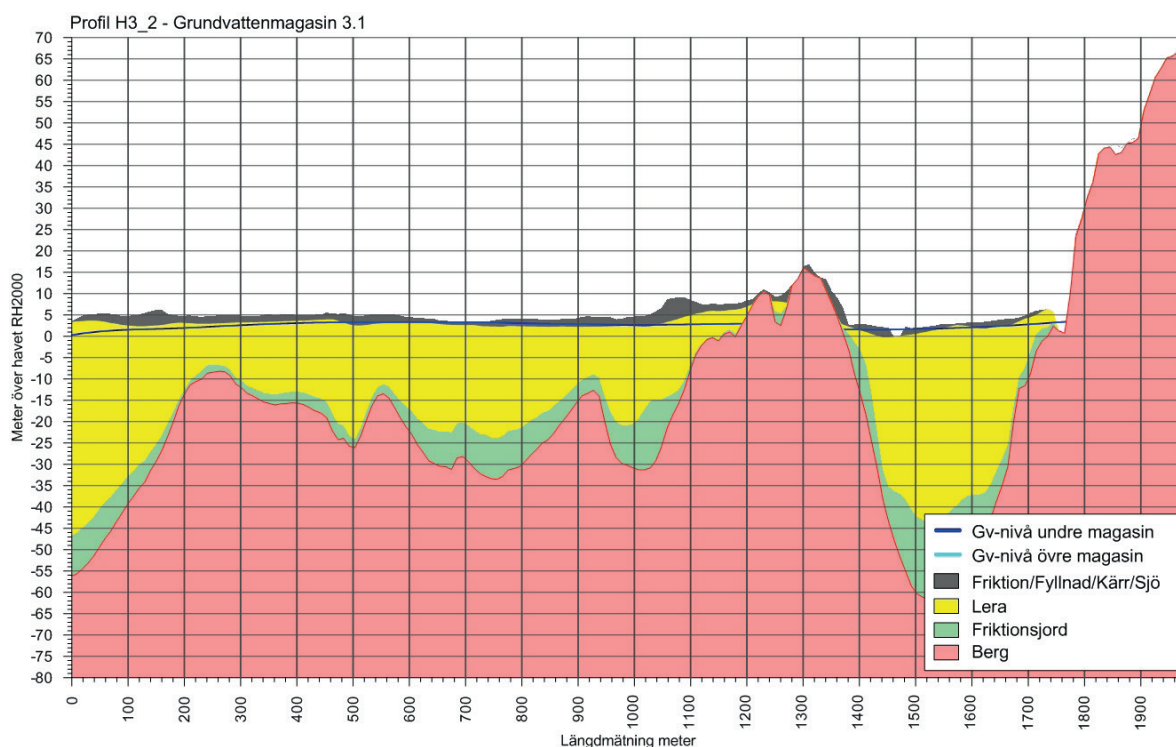
Magasinet har stor utbredning och dess yttre avgränsningar är inte entydigt definierbara. Det kan förutsättas att ett undre grundvattenmagasin finns i stort sett inom hela delområdet, undantaget begränsade områden i anslutning till höjdryggen som sträcker sig söderut från Gullberg. De generellt mäktiga jordlagren medför att grundvattenströmning i undre magasin sker på bred front mot Göta älv i norr. I den östligaste delen, i

anslutning till Mölndalsån, förekommer sorterad sedimentjord (finsand - sand) med stor mäktighet.

Delområdets tolkade bergnivåer och zoner i berg redovisas i huvudsak i figur 4.14 samt för delområdets östliga del i figur 4.9. Höga bergnivåer med berg i dagen förekommer i nordöst vid Gullberg, längs delområdets östra gräns, i ett litet område väster om Ullevi och i delområdets sydvästliga hörn väster om Heden. Även vid Odinsplatsen förekommer höga bergnivåer, dock utan att nå upp till markytan. De lägsta bergnivåerna på cirka -120 finns vid norra delen av Trädgårdsföreningens park samt vid östra Gullbergsvass och i anslutning till Göta älv. Svaghetszoner



FIGUR 4.14 Bergnivåmodell över delområde 1.2 Ullevi - Gullbergsvass. Djupa bergnivåer finns norr om Heden. Den östra delen av detta delområde visas i figur 4.9. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.



FIGUR 4.15 Översiktlig geologisk sektion H3_2 i ungefär östvästlig riktning från Heden och österut till bergbranten öster om Gårda. För läge på karta se figur 4.13.

antas främst förekomma i delområdets dalsänkor med huvudsakligen nord-sydlig orientering.

En väst-östlig geologisk sektion genom Heden visas i figur 4.15. Vid längdmätning cirka 1500 meter ligger Mölndalsåns dalgång. Heden ligger mellan längdmätning 500 och 900 meter i sektionen.

4.8.1 Grundvattenmagasin 1:2a Ullevi - Gullbergsvass

Grundvattenmagasin i jordlager förekommer inom hela området, undantaget lokala mindre områden där jordlager saknas, se västra delen av magasinet i översiktskarta i figur 4.13 och östra delen i figur 4.8. Tolkade grundvattennivåer i undre magasin visas i figur 4.16 och figur 4.11 (östra delen) och i övre magasin i figur 4.17 (östra del) och figur 4.18 (västra delen). Tolkade nivåer ska ses som översiktliga. I områden där grundvattennivådata förkommer sparsamt redovisas inga tolkade nivåer. För undre magasin i jord innebär det att ingen tolkning visas utanför inre utredningsområde.

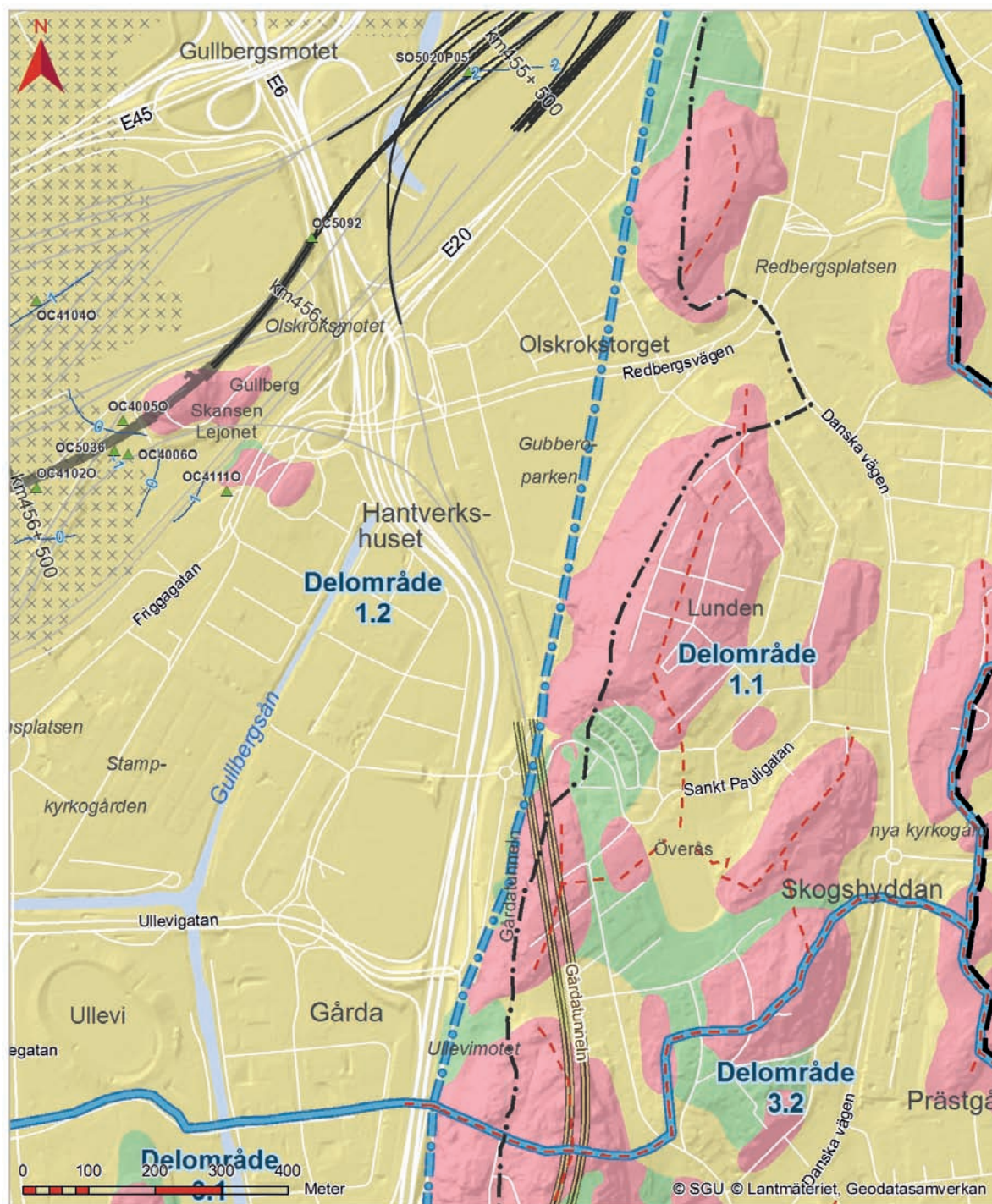
Jorddjupen är relativt väl kända i områden med begränsade jorddjup, medan nivåerna är endast översiktligt kända i områden med stora jorddjup. De största jorddjupen förekommer längs

en bergsänka från Heden norrut till Gullbergsvass (figur 4.14). Jordarna karakteriseras av ett övre lager friktionsjord/fyllning (upp till 7 meter mäktigt), under vilket förekommer mäktiga lerlager och underst friktionsjord på berg. Analys av områdets sätttningsbenägenhet visar att det pågår sättningar samt att partier med lera är känsliga för ytterligare belastning (se kapitel 3.4 och [7]).

Det finns förutsättningar för övre grundvattenmagasin inom stora delar av området. Djupa schakt i jord har dock dränerat magasinen lokalt varför nivåerna kan vara avsänkta eller grundvatten saknas helt. I samband med byggande av Götaleden anlades skyddsbarriärer i övre magasin för att förhindra påverkan mot Hultmans holme. Det kan även nämnas att det finns en skyddsinfiltrationsanläggning inom köpcentret Nordstan vilken inte bör påverkas (se vidare kapitel 5.7.1)

Grundvatten i jord

I magasinets södra del ligger nivåerna i undre magasin kring +3, något högre i området väster om Heden samt i anslutning till magasin 1:1a Olskroken, där tillströmning av grundvatten förekommer (vid Gubberoparken, se figur 4.11). Nivå-



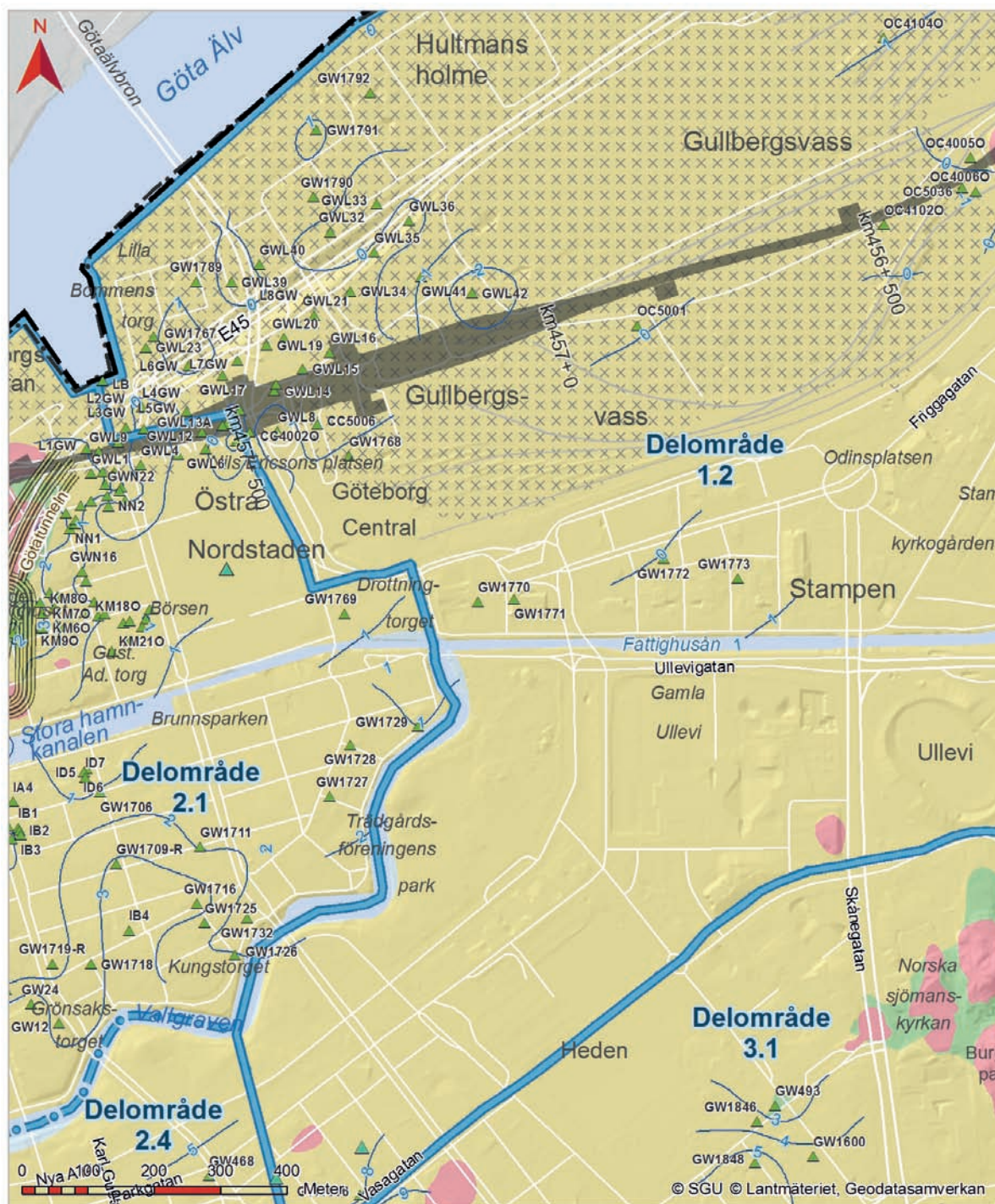
FIGUR 4.17 Grundvattenmagasin i jord, övre magasin, i östra delen av grundvattenmagasin 1:2a. Observationspunkter och tolkade grundvattennivåer. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.

erna sjunker mot norr och ligger kring +0 vid Göta älv.

Vid tolkning av grundvattennivåer i övre grundvattenmagasin redovisas endast områden där det förekommer ett stort antal observationspunkter, se figur 4.17 och figur 4.18. I dagsläget finns få uppgifter om nivåer i övre grundvatten-

magasin och tolkade nivåer visas endast lokalt i anslutning till Västlänken.

Avlästa grundvattennivåer i undre magasin visas i tre grafer, figur 4.19 till figur 4.21. I området kring Gullberg ligger nivåerna mellan cirka +0,8 och +1,8 förutom i rör OC4009U som uppvisar avsänkta nivåer. Observationspunkterna i



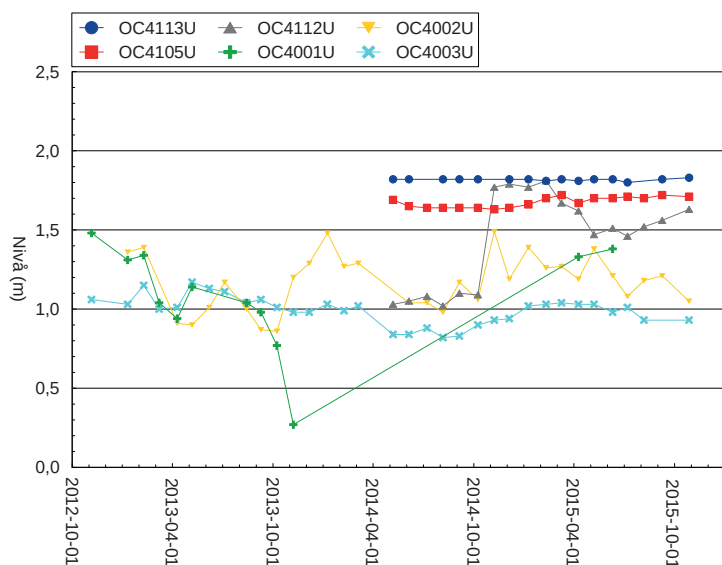
FIGUR 4.18 Grundvattenmagasin i jord, övre magasin, i västra delen av grundvattenmagasin 1:2a. Observationspunkter och tolkade grundvattennivåer. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.

Gullbergsvass (figur4.21) varierar förhållandevis kraftigt och någon karakteristisk nivå kan inte anges.

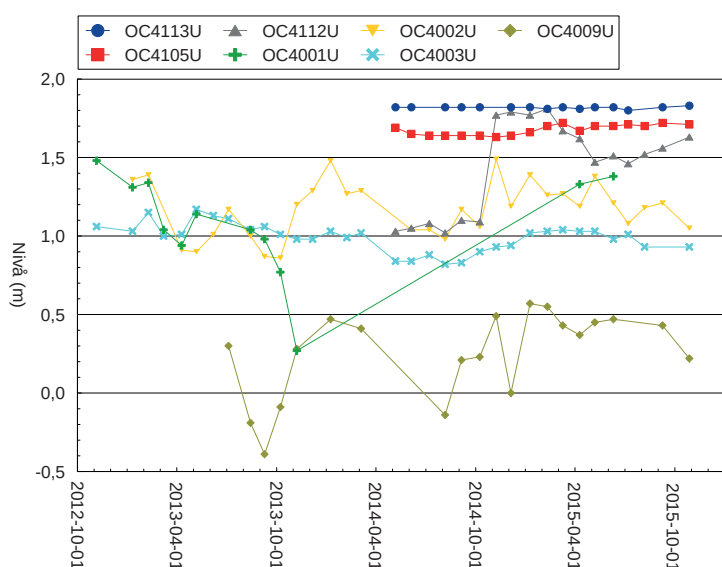
Grundvatten i berg

Västlänken kommer att lokalt påverka grundvattenförhållanden i berg i samband med att en berg-

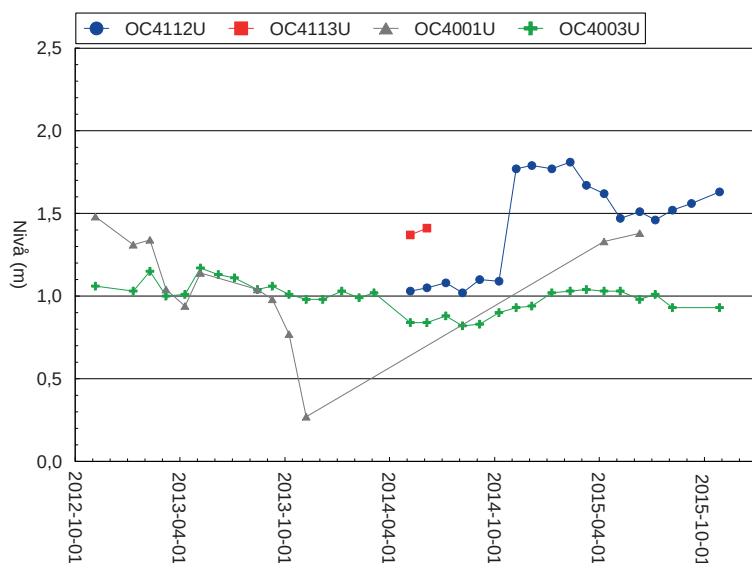
tunnel anläggs genom Gullberg. Befintlig berganläggning dränerar konduktiva sprickor i bergpartiet och mätningar i befintlig vattenbrunn indikerar vattennivåer kring -1.



FIGUR 4.19 Grundvattengraf undre magasin i jord: Observationspunkter vid Gullberg.



FIGUR 4.20 Grundvattengraf undre magasin i jord: Observationspunkter syd och sydväst om Gullberg.



FIGUR 4.21 Grundvattengraf undre magasin i jord: Observationspunkter inom Gullbergsvass.

Magasinets känslighet och riskobjekt

Grundvattenmagasinen i jord bedöms som måttligt känsligt för grundvattenpåverkan. De mycket stora jorddjupen på större delen av sträckan gör att Västlänken kommer att byggas i lera, varför påverkan på undre grundvattenmagasin bedöms bli mycket begränsad. Påverkan av undre magasin kan dock förväntas lokalt i anslutning till Gullberg med risk för effekter som berör grundvattenberoende grundläggning, kulturvärden och naturvärden. Risken för påverkan på övre grundvattenmagasin bör särskilt beaktas längs hela sträckan. Befintlig skyddsinfiltration vid Nordstan beskrivs inom huvudområde Väst.