TRAFIKVERKET

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggandet av

Västlänken och Olskroken planskildhet

Göteborgs Stad, Mölndals stad, Västra Götalands län

PM Hydrogeologi

TRV 2016/3151

2016-02-10

Dokumenttitel: Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggandet av Västlänken och Olskroken planskildhet, PM Hydrogeologi
Författare: Ulf Sundkvist, Eclogite Mark & Bygg och Thomas Wallroth, Bergab
Dokumentdatum: 2016-02-10
Ärendenummer: TRV 2016/3151
Projektchef: Bo Larsson

Uppdragsansvarig: Kerstin Larsson, EnviroPlanning
Foton: Trafikverket
Kartor: ©Lantmäteriet, Geodatasamverkan
Distributör: Trafikverket, Kruthusgatan 17, 405 33 GÖTEBORG, telefon 0771-921 921, www.trafikverket.se

Innehåll

1. Inledning 6

1.1 Projekt Västlänken - kort översikt 6
1.2 Planerad anläggning 6
1.3 Västlänkens vattenverksamhet (grundvatten) 8
1.4 Strategi 11
1.5 Läsanvisning 11
1.6 Terminologi, begrepp och definitioner 12
1.7 Underlagsdokument 13

2. Utredningsmetodik 14

2.1 Allmänt 14
2.2 Områdesindelning 15
2.3 Genomförda utredningar 17
2.3.1 Arkivsökning av geoinformation 17
2.3.2 Inventering av befintliga berganläggningar 19
2.3.3 Geologiska och geotekniska undersökningar 19
2.3.4 Hydrauliska undersökningar 21
2.3.5 Hydrauliska försök 25
2.3.6 Vattenprovtagning och analys 25
2.3.7 Hydrogeologisk fältkartering 27
2.4 Konceptuella modeller 27
2.4.1 Iterativ modelluppbyggnad 27
2.4.2 Hydromodell 27
2.4.3 Hydrogeologisk konceptualisering 30
2.4.4 Grundvattenbalans 32
2.5 Nuläge 33
2.5.1 Beskrivning av jordlager 33
2.5.2 Beskrivning av berggrund och svaghetszoner 33
2.6 Identifiering av riskobjekt 35
2.6.1 Syfte och metodik 35
2.6.2 Grundvattenberoende grundläggning 35
2.6.3 Grundvattenberoende energianläggningar och brunnar 36
2.6.4 Grundvattenberoende naturvärden 37
2.6.5 Förorenade områden 37
2.6.6 Grundvattenberoende fornlämningar 38
2.7 Analyser 38
2.7.1 Lokalisering av sättningsbenägna leromården 39
2.7.2 Lokalisering av trägrund och kulturlager över grundvattenyta 39
2.7.3 Lokalisering av randzoner 39
2.7.4 Analys av tidigare och pågående grundvattenpåverkan 40
2.8 Beräkningar och prognoser 40
2.8.1 Inläckage 40
2.8.2 Influensområde 41
2.8.3 Beräkning av grundvattennivåsänkning 42
2.8.4 Bedömt behov av skyddsåtgärder 42

3. Översiktlig beskrivning av utredningsområdet 43

3.1 Topografi och bebyggelse 43
3.2 Berggrund och tektonik 45
3.3 Jordlager 48
3.3.1 Fyllning 48
3.3.2 Lera 48
3.3.3 Friktionsjord 49
3.4 Sättningar i lera 50
3.4.1 Pågående sättningar 52
3.4.2 Prognosticerad sättning från trycksänkning i undre grundvattenmagasin 52
3.5 Avrinning 54
3.6 Berggrundens grundvattenförhållanden 54
3.6.1 Berggrundens vattenförande förmåga 54
3.6.2 Grundvattennivåer i berggrund 58
3.6.3 Grundvattenbildning i berggrund 58
3.7 Jordlagrens grundvattenförhållanden 59
3.7.1 Förekomst av grundvattenmagasin i jord 59
3.7.2 Jordlagrens vattenförande förmåga 59
3.7.3 Grundvattennivåer i jordlager 61
3.8 Hydrogeologiska kartor 62

4. Huvudområde Nord 63

4.1 Avgränsning 65
4.2 Topografi och ytavrinning 65
4.3 Berggrund 67
4.4 Jordlager 68
4.5 Grundvattenförhållanden 68
4.5.1 Grundvatten i jord 68

4.5.2 Grundvatten i berg 70
4.6 Påverkade grundvattenförhållanden 70
4.6.1 Dränerande byggnader och anläggningar 70
4.7 Delområde 1.1 Olskroken – Lunden 72
4.7.1 Grundvattenmagasin 1:1a Olskroken 74
4.8 Delområde 1.2 Ullevi - Gullbergsvass 76
4.8.1 Grundvattenmagasin 1:2a Ullevi - Gullbergsvass 78

5. Huvudområde Väst 84

5.1 Avgränsning 84
5.2 Topografi och ytavrinning 86
5.3 Berggrund 88
5.4 Jordlager 89
5.5 Grundvattenförhållanden 90
5.5.1 Grundvatten i jord 90
5.5.2 Grundvatten i berg 92
5.6 Påverkade grundvattenförhållanden 92
5.6.1 Dränerande byggnader och anläggningar 92
5.7 Delområde 2.1 Inom Vallgraven 94
5.7.1 Grundvattenmagasin 2:1a Nordstaden och 2:1b Inom Vallgraven 97
5.8 Delområde 2.2 Haga - Annedal 99
5.8.1 Grundvattenmagasin 2:2a Masthugget - Haga 102
5.8.2 Grundvattenmagasin 2:2b Olivedal - Annedal 107
5.9 Delområde 2.3 Sahlgrenska – Linné 108
5.9.1 Grundvattenmagasin 2:3a Änggården – Botaniska trädgården 111
5.9.2 Grundvattenmagasin 2:3b Guldheden 111
5.10 Delområde 2.4 Vasastaden 112
5.10.1 Grundvattenmagasin 2:4a Vasastaden 115
5.11 Delområde 2.5 Johanneberg – Landala 118
5.11.1 Grundvattenmagasin 2:5a Landala och 2:5b Chalmers - Mossen 120

6. Huvudområde Öst 126

6.1 Avgränsning 126
6.2 Topografi och ytavrinning 127
6.3 Berggrund 131
6.4 Jordlager 131
6.5 Grundvattenförhållanden 131
6.5.1 Grundvatten i jord 131
6.5.2 Grundvatten i berg 133
6.6 Påverkade grundvattenförhållanden 133
6.6.1 Dränerande byggnader och anläggningar 133
6.7 Delområde 3.1 Korsvägen 135
6.7.1 Grundvattenmagasin 3:1a Heden och 3:1b Mölndalsåns dalgång/Korsvägen 140
6.8 Delområde 3.2 Örgryte – Skår 144
6.8.1 Grundvattenmagasin 3:2a Bö och 3:2b Skår 147
6.9 Delområde 3.3 Almedal 149
6.9.1 Grundvattenmagasin 3:3a Mölndalsåns dalgång/Almedal och 3:3b Kallebäck 152

7. Påverkan 155

7.1 Allmänt 155
7.2 Inläckage av grundvatten till Västlänken efter anläggningsskede 155
7.3 Grundvattennivåsänkning längs Västlänken 157
7.3.1 Grundvattennivåsänkningar i jord 157
7.3.2 Grundvattennivåsänkningar i berg 158
7.4 Influensområde 159

8. Effekter 162

8.1 Allmänt 162
8.2 Grundvattenberoende grundläggning 162
8.2.1 Effekter 165
8.2.2 Olskroken 165
8.2.3 Gullbergsvass - Nordstaden 167
8.2.4 Kvarnberget – Haga 169
8.2.5 Linné 171
8.2.6 Vasastaden – Korsvägen 173
8.2.7 Johanneberg 176
8.2.8 Gårda - Örgryte 177
8.2.9 Almedal 178
8.3 Grundvattenberoende energianläggningar och brunnar 180
8.3.1 Effekter 180
8.3.2 Olskroken 182
8.3.3 Gullbergsvass - Nordstaden 183
8.3.4 Kvarnberget - Haga 184
8.3.5 Linné 185
8.3.6 Vasastaden – Korsvägen 186
8.3.7 Johanneberg 187
8.3.8 Gårda - Örgryte 188
8.3.9 Almedal 189
8.4 Grundvattenberoende naturmiljöer 190
8.4.1 Effekter 190
8.5 Förorenade områden 195
8.5.1 Effekter 195

8.5.2 Olskroken 198
8.5.3 Gullbergsvass - Nordstaden 199
8.5.4 Kvarnberget - Haga 200
8.5.5 Linné 201
8.5.6 Vasastaden – Korsvägen 202
8.5.7 Johanneberg 203
8.5.8 Gårda - Örgryte 204
8.5.9 Almedal 205
8.6 Grundvattenberoende fornlämningar 206
8.6.1 Göteborg 216:1 Befästningsanläggningar och stadslager 206
8.6.2 Göteborg 342 Stadslager 209
8.6.3 Göteborg 135:1 Skansen Lejonet och Gullberg 209
8.6.4 Göteborg 436:1 Garnisonens begravningsplats 209
8.6.5 Göteborg 500 Johannebergs landeris trädgård och park 209

9. Skyddsinfiltration 210

9.1 Allmänt 210
9.2 Genomförande 210
9.3 Risker med skyddsinfiltration 210

10. Referenslista övriga dokument 212

1. Inledning

Föreliggande dokument, PM Hydrogeologi, utgör en del av underlaget för Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för Västlänken och Olskroken planskildhet. Olskroken planskildhet medför ingen grundvattenpåverkan varför projektet inte berörs i föreliggande PM

Det huvudsakliga syftet med PM Hydrogeologi är att redogöra för nuvarande hydrogeologiska förhållanden längs Västlänken samt redovisa den påverkan som bedöms kunna uppkomma till följd av Västlänkens vattenverksamhet (grundvatten).

Miljörelaterade effekter och konsekvenser av vattenverksamheten redovisas i ett separat dokument; Miljökonsekvensbeskrivning (MKB). Den anläggning som planeras att byggas beskrivs i Teknisk Beskrivning (TB). Dessa båda dokument är delar av ansökan om tillstånd för vattenverksamhet enligt miljöbalken.

1.1 Projekt Västlänken - kort översikt

Västlänken är en planerad cirka 8 kilometer lång pendeltågsförbindelse genom centrala Göteborg, varav cirka 6,6 kilometer i tunnel, se orienteringskarta i figur 1.1. Nya stationer planeras vid Haga och Korsvägen och en ny stationsdel byggs vid Göteborgs Central.

Syftet med Västlänken är att öka järnvägens kapacitet och framkomlighet så att resandet i Göteborg och Västsverige underlättas. Västlänken är i första hand avsedd för regionala persontransporter men genom att delar av nuvarande banor och säckbangård avlastas ökar kapaciteten i hela systemet. Projektet ökar tillgängligheten och sprider resenärerna till nya målpunkter i centrala Göteborg och skapar därmed förutsättningar för ny och hållbar stadsutveckling.

I nordost ansluter Västlänken till Projekt Olskroken planskildhet som innebär en ombyggnad till fullständig planskildhet av knutpunkten mellan bland annat Bohusbanan, Norge-/Vänerbanan och Västra Stambanan. Denna nod är en av Sveriges mest intensiva knutpunkter för järnvägstrafik.

Trafikverket har tagit fram två järnvägsplaner, en för respektive projekt. Järnvägsplanernas utbredning redovisas översiktligt i figur 1.1. Gränsen mellan dessa två projekt markeras med röd linje (järnvägsplanegräns).

1.2 Planerad anläggning

Detta kapitel är en sammanfattning av Västlänken som inhämtats från Teknisk Beskrivning. För detaljer gällande anläggningens utformning och byggande hänvisas till Teknisk Beskrivning.

I följande text beskrivs Västlänken med början i nordöst vid gränsen mot Projekt Olskroken planskildhet. Anläggningen fortsätter i en västlig båge genom Göteborg med stationer Göteborgs Central, Haga och Korsvägen, för att i sydöst ansluta till befintlig järnväg, se figur 1.1.

Vid Olskroken passerar Västlänken över E6 på en ny dubbelspårsbro. Spåren går sedan ned i ett betongtråg som ansluter mot Västlänkens tunnelmynning på Gullbergs nordöstra sida. Här börjar Västlänkens 6,6 kilometer långa dubbelspårstunnel. Befintligt järnvägsspår, norr om Gullberg till Postterminalen, rivs och en ny förbindelse till terminalen byggs vid bangården vid Göteborgs Central. Den nya Station Centralen ligger norr om Göteborgs Central och delvis under Nils Ericson terminalen. Mellan Gullberg och Station Centralen planeras två serviceschakt.

Station Centralen ligger cirka 12 meter under marknivån och består av fyra spår och två plattformar. Stationen är cirka 60 meter bred och har 250 meter långa plattformar samt tre uppgångar – en mittuppgång i anslutning till Nils Ericson terminalen, en uppgång i öster mot Gullbergsvass och en uppgång i väster i närheten av köpcentret Nordstan och Kanaltorget.

Mellan Station Centralen och Stora Hamnkanalen går Västlänken i betongtunnel. läget är bland annat anpassat för att undvika intrång i befästningsverken under mark och för att klara passagen av Götatunneln. Efter passagen över Götatunneln, löper betongtunneln längs Packhuskajen under Stora Hamnkanalen och övergår därefter i bergtunnel. Genom berget vid Otterhällan passerar Västlänken åter Götatunneln i riktning mot Haga kyrkoplan.

För att anlägga denna del planeras en service-

Figur 1.1 *Översiktskarta för järnvägsplanerna Västlänken och Projekt Olskroken planskildhet.*

tunnel från Stora Badhusgatan, vilken mynnar i samma läge som nuvarande servicetunnel för Götatunneln. Ytterligare en servicetunnel föreslås som mynnar vid Rosenlundsgatan. Västlänken byggs som betongtunnel under Rosenlundskanalen mellan Rosenlundsgatan och Hagakyrkan.

Större delen av Station Haga byggs i berget under Haga kyrkoplan. Station Haga kommer att ligga cirka 25 till 35 meter under marknivån. Plattformarna är 250 meter långa och stationsuppgångar placeras i plattformsändarna. En fyrspårsstation blir cirka 65 meter bred. Stationens huvudentré blir i norr, med entréer i Alléstråket och vid Pustervikskajen. Uppgången vid Pustervikskajen fungerar som insatsväg för räddningstjänsten. I söder föreslås en stationsuppgång inom Handelshögskolans kvarter i samband med förnyelse av hörnet Vasagatan/Haga kyrkogata. En stor del av Station Haga byggs preliminärt från servicetunnel Haga som mynnar vid Linnéplatsen.

Mellan Station Haga och Station Korsvägen går Västlänken i en bergtunnel, cirka en kilometer lång, med en parallell servicetunnel på södra sidan. Arbetet med bergtunnlarna sker via servicetunnel Haga samt servicetunnel Korsvägen. Den senare mynnar vid Södra vägen, bredvid befintlig spårvägstunnel. Båda servicetunnlarna förläggs i berg. Servicetunnel Haga är cirka 920 meter lång och servicetunnel Korsvägen cirka 500 meter lång.

Station Korsvägen ligger i berg under Renströmsparken och Liseberg samt i betongkonstruktion under Korsvägen. Stationen är belägen cirka 17 meter under marknivån vid Korsvägen och cirka 32 meter under marknivån vid Renströmsparken. Stationen har 250 meter långa plattformar och är som fyrspårsstation cirka 65 meter bred. Stationen planeras ha tre uppgångar med en entré vardera - en mittre entré vid Korsvägen, en entré i väster vid Renströmsparken och en entré i öster nära Liseberg och Svenska Mässan. Den östra delen av Station Korsvägen byggs preliminärt från servicetunnel Liseberget som mynnar söder om Världskulturmuseet.

Öster om Station Korsvägen fortsätter Västlänken i betongtunnel under norra delen av Liseberg samt Mölndalsån. Öster om Mölndalsån går tunneln in i berget under E6/E20 och Gårdatunneln för att ansluta som ytspår i Almedal till Västkustbanan, Kust till kustbanan och till ett vändspår. På sträckan öster om E6/E20 byggs en parallell servicetunnel. Tunnelsträckan byggs från servicetunnel Skår som mynnar vid Sankt Sigfridsgatan i söder. Servicetunnel Skår är en cirka 250 meter lång bergtunnel.

1.3 Västlänkens vattenverksamhet (grundvatten)

Västlänken är en cirka 8 kilometer lång dubbelspårig pendeltågsförbindelse varav cirka 6,6 kilometer utgör berg- och betongtunnlar. Utöver spårtunnlar byggs tre nya stationer, servicetunnlar, entréer/uppgångar och teknikutrymmen. Anläggningen byggs till största delen under grundvattenytan och bedöms i sin helhet utgöra tillståndspliktig vattenverksamhet (grundvatten).

Angränsande Projekt Olskroken planskildhet innebär stora ombyggnader av spårsystemet i den nordöstra infarten till Göteborg, bland annat byggs ett antal större och mindre broar i syfte att ersätta belastade växlar med planskilda förbindelser. Ingen tillståndspliktig vattenverksamhet (grundvatten) planeras inom projektet. Planerad omgrävning av Gullbergsån bedöms inte medföra tillståndspliktig vattenverksamhet (grundvatten).

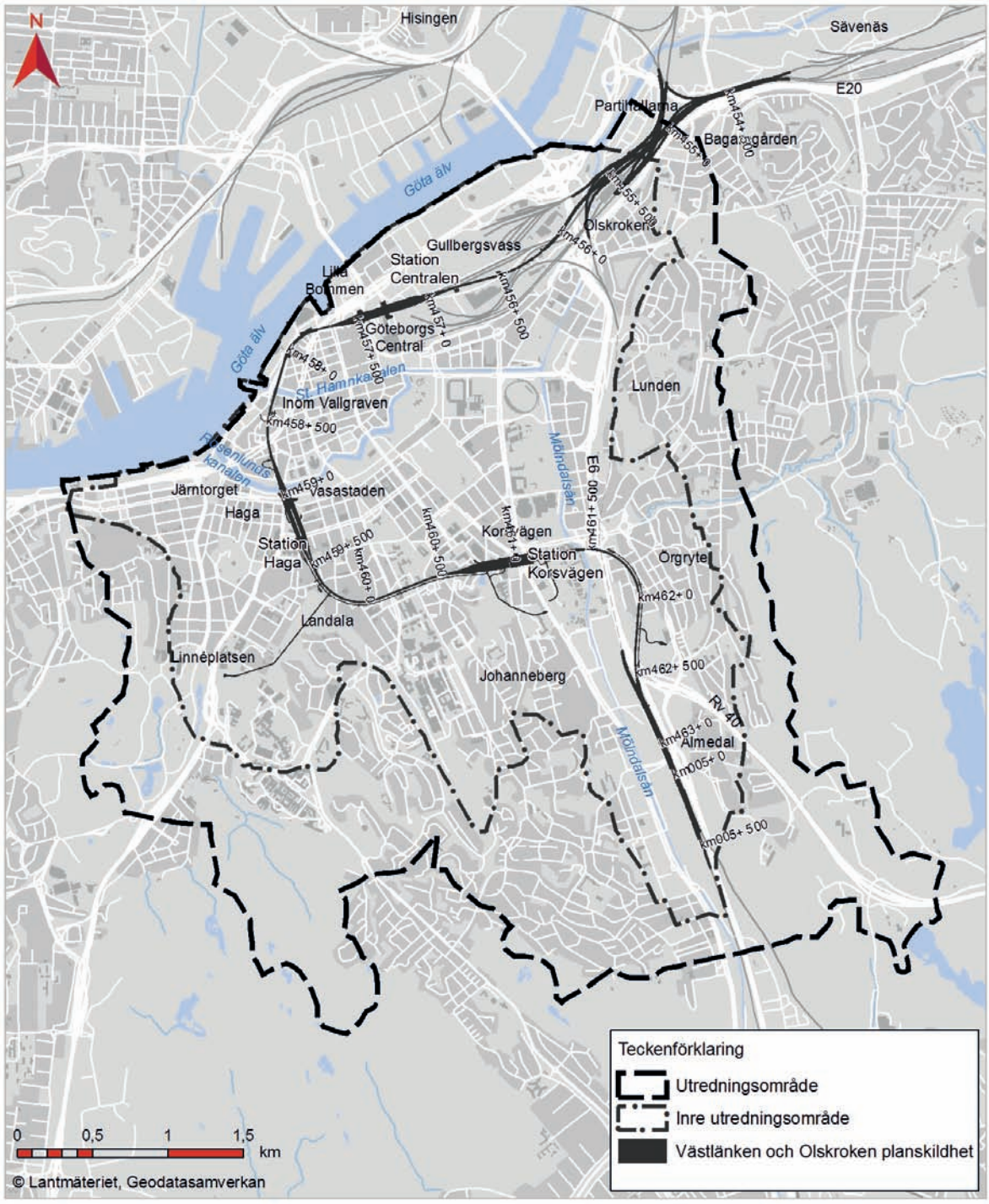
Övergripande målsättning för Västlänken när det gäller anläggningsskede och efter anläggningsskede är att skadlig grundvattensänkning ska förhindras. Detta ska i första hand åstadkommas genom tillfälliga och permanenta konstruktioner med hög täthet, i andra hand med kontroll- och skyddsåtgärder. Trots planerade tätkonstruktioner är det rimligt att förutsätta att ett visst läckage av grundvatten till Västlänkens anläggningar uppkommer.

Området i anslutning till Västlänken utgörs av omväxlande höga bergnivåer och jordfyllda djupa sänkor i berg. Olika markförhållanden och anläggningens varierande djupläge innebär att Västlänken anläggs med olika byggmetoder och att färdig anläggning kommer att bestå av både berg- och betonganläggningar. Utöver tunnlar i jord och berg anläggs ett stort antal anslutningar för att möjliggöra kontakt med markytan, exempelvis entréer och serviceschakt.

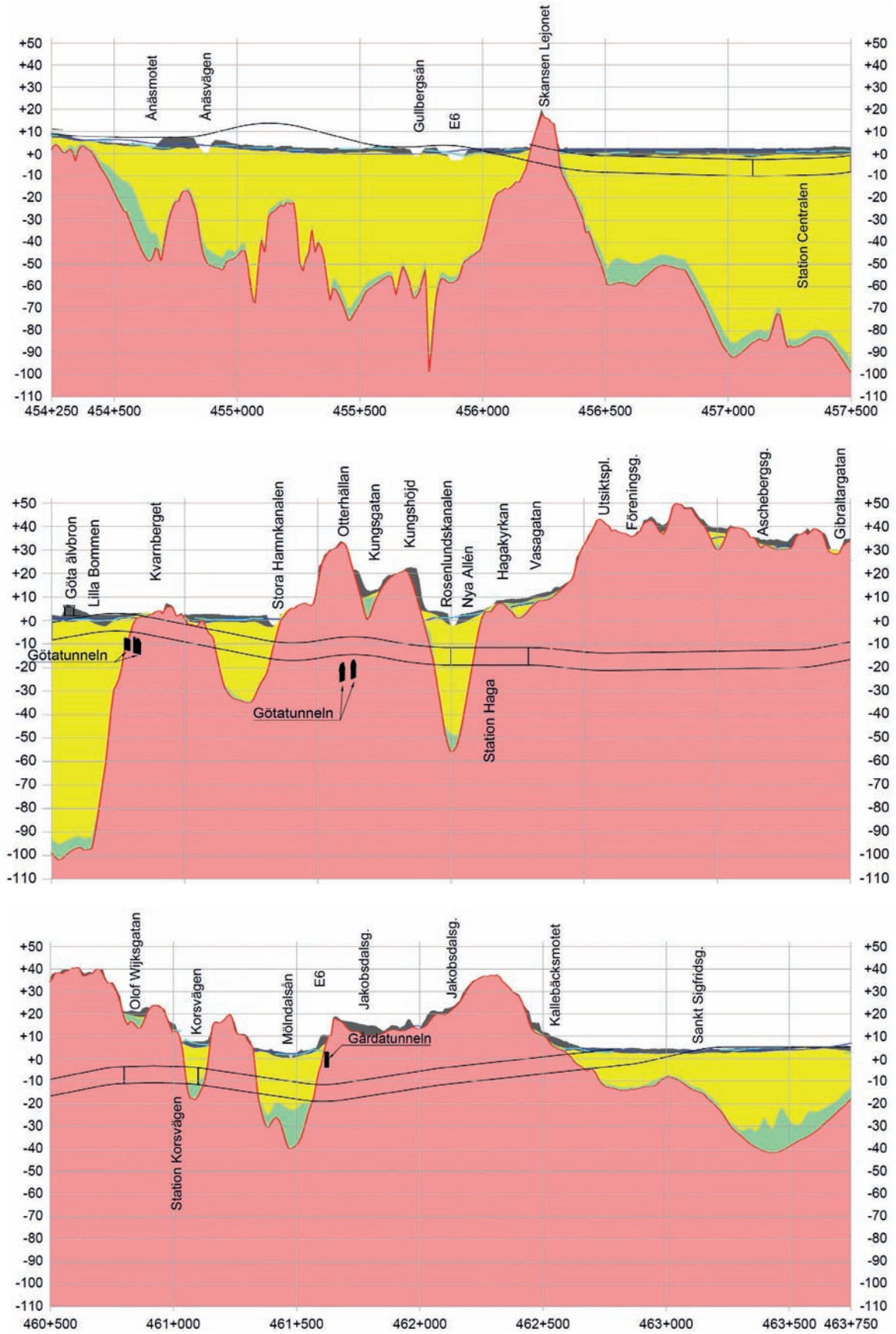
Som underlag för de beskrivningar, analyser och bedömningar som redovisas i PM Hydrogeologi har olika typer av utredningar genomförts inom ett Utredningsområde, där huvuddelen utförts inom ett Inre utredningsområde, figur 1.2. En geologisk profil längs anläggningen visas i figur 1.3, av vilken framgår förekomst av berg och

jord samt anläggningens djup under markytan. Passager av djupare jordfyllda sänkor förekommer vid Gullbergsvass, Stora Hamnkanalen, Rosenlundskanalen, Korsvägen och Mölndalsåns dalgång.

Av profilen framgår att Västlänkens anläggning ligger under grundvattennivån längs större delen av sträckan, mellan längdmätning cirka 456+100 och cirka 463+200, en sträcka på cirka 7,1 kilometer. De hydrogeologiska miljöerna varierar längs sträckan med mycket stora skillnader när det gäller de vattenförande egenskaperna. Anläggningens djup under grundvattennivån uppgår som mest till drygt 70 meter.



Figur 1.2 *Orienteringskarta för Västlänken och Olskroken planskildhet. För definition av Utredningsområde och Inre utredningsområde hänvisas till kapitel 1.6. Gräns mellan projekten visas i figur 1.1.*



Figur 1.3 *Översiktlig geologisk profil längs Västlänken (röd=berg, grön=friktionsjord, gul=lera och brun=fyllning). Blå linje illustrerar grundvattennivån i undre magasin.*

1.4 Strategi

Västlänken kommer till stora delar att byggas under rådande grundvattennivåer, vilket kommer att medföra bortledning av grundvatten under anläggningsskedet såväl som efter. Åtgärder för tätning av schakt och tunnlar i jord och berg utgår ifrån konventionella byggmetoder, men med utrymme för innovativa lösningar. Utgångspunkten är att de temporära och permanenta konstruktionerna och har hög täthet. Detta kommer emellertid inte att kunna uppnås på alla platser, vilket leder till att andra åtgärder behöver vidtas.

Västlänken anläggs på långa sträckor i berg samt på betydande djup. Primärt uppkommer grundvattenpåverkan i berg och på vissa sträckor i undre grundvattenmagasin i jord, medan påverkan i övre magasin huvudsakligen uppkommer sekundärt till följd av påverkan i undre magasin i jord. Grundvattennivåpåverkan i övre grundvattenmagasin i jord bedöms bli mycket begränsad och i huvudsak lokal. Erfarenheter från tidigare byggnationer visar att påverkan är som störst under anläggningsskedet, medan påverkan minskar efterhand till följd av att anpassade skadeförebyggande åtgärder vidtas.

Redogörelse för anläggningens utformning och tekniska lösningar finns i separat handling; Teknisk Beskrivning (TB). Denna handling fokuserar på de anläggningsdelar som är av betydelse för vattenverksamheten (grundvatten).

För att kunna bedöma risker i samband med grundvattenpåverkan har omfattande inventeringar och undersökningar utförts. Denna kunskap har använts för att skapa en bild av områdets geologi och hydrogeologi. En betydande del av föreliggande PM Hydrogeologi fokuserar på att redovisa kunskapsläget. PM Hydrogeologi är översiktlig till sin karaktär där olika beskrivningar av rådande hydrogeologiska förhållanden med mera, bygger på ett stort antal underlagsdokument och utredningar. För detaljerat underlag hänvisas i första hand till refererade underlagsdokument.

Den grundvattenbortledning som förväntas kan ge upphov till sänkta grundvattennivåer i anslutning till anläggningen. Som del i miljöprövningen samt för att hantera risker med att skador kan uppkomma, har ett influensområde definierats. Detta område är konservativt valt, det vill säga att någon nivåförändring utanför områdets gräns inte förväntas. Inom området förväntas att grundvattennivåpåverkan i huvudsak uppträder lokalt, varför det inom influensområdet kommer att finnas stora områden där inga grundvattennivåförändringar uppstår.

Inom influensområdet finns ett stort antal allmänna och enskilda intressen som är grundvattenberoende och som skulle kunna skadas om grundvattennivåförändringar uppkommer. Dessa objekt har inventerats och redovisas i ett antal underlagsdokument samt i MKB. Identifierade objektstyper är grundvattenberoende grundläggning (byggnader och anläggningar), kulturlämningar i mark, energianläggningar och brunnar, grundvattenberoende naturvärden samt förorenade områden. Den enskilt största risken bedöms vara skador till följd av marksättningar och skador på grundläggning.

I föreliggande PM återfinns bedömning av påverkan i form av inläckage av grundvatten och grundvattennivåförändringar. Inläckage och grundvattennivåförändringar är svåra att prognosticera i detalj varför de kvantitativa bedömningar som gjorts av påverkan har bedömts med marginal. Detta innebär att den faktiska påverkan i huvudsak förväntas bli mindre än vad de underliggande prognoserna visar. Orsaken till denna strategi är att inte underskatta påverkan, särskilt när det gäller inläckagemängder, vilka är svåra att prognosticera eftersom tillgången på grundvatten är svår att bestämma.

I PM Hydrogeologi redovisas även bedömning av vilka skaderiskassocierade effekter grundvattenpåverkan kan ge upphov till. Redovisade effekter har använts för att bedöma vilka skadliga konsekvenser som kan uppkomma på allmänna och enskilda intressen. Denna bedömning återfinns i separat handling Miljökonsekvensbeskrivning (MKB).

1.5 Läsanvisning

I föreliggande PM Hydrogeologi redovisas vilken omgivningspåverkan Västlänkens anläggning bedöms kunna ge upphov till med anledning av projektets vattenverksamhet. I handlingen redovisas bedömt influensområde, vilka enskilda och allmänna intressen (riskobjekt) som riskerar påverkas samt vilka skyddsåtgärder som planeras för att hantera risker så att skador inte uppkommer.

Eftersökning av äldre underlag samt kompletterande undersökningar har genomförts inom ett definierat Utredningsområde, vilket har delats in i tre Huvudområden.

I kapitel 2 redovisas vilken utredningsmetodik som använts och i kapitel 3 redovisas översiktligt utredningsområdets rådande geologiska och hydrogeologiska förhållanden. I kapitel 4 till 6 redovisas i detalj de tre huvudområdenas geologiska och hydrogeologiska förhållanden. Dessa tre kapitel kan läsas separat beroende på vilken geografisk del läsaren är intresserad av. I kapitel 7 och kapitel 8 redovisas anläggningens bedömda grundvattenpåverkan respektive vilka effekter som bedöms kunna uppstå på olika riskobjekt inom influensområdet. I kapitel 9 beskrivs genomförande av skyddsinfiltration.

Projektetets bedömda miljökonsekvenser redovisas i Miljökonsekvensbeskrivning (MKB).

1.6 Terminologi, begrepp och definitioner

I föreliggande handling används följande övergripande begrepp och definitioner:

Västlänken – planerad anläggning med bland annat dubbelspårstunnel, tre stationer, servicetunnlar, entréer/uppgångar och teknikutrymmen. I de fall enskilda anläggningsdelar avses, anges detta i löpande text. Termen anläggning används i detta dokument synonymt med de delar av Västlänken som innebär vattenverksamhet avseende grundvatten.

Vattenverksamhet (grundvatten) - benämningen på verksamheter och åtgärder som förändrar grundvattnets djup eller läge, avvattnar mark, bortleder grundvatten eller ökar grundvattenmängden genom tillförsel av vatten.

Utredningsområde – område inom vilket utredningar gjorts för att klarlägga hydrogeologiska och övriga georelaterade förhållanden samt för att identifiera objekt som är känsliga för grundvattenpåverkan. I anslutning till själva anläggningen har ett Inre utredningsområde definierats, inom vilket merparten av inventeringar och undersökningar utförts. Utredningsområdet är väl tilltaget och når i huvudsak ut till stabila hydrauliska gränser i syfte att fånga in samtliga relevanta förhållanden för att kunna beskriva projektets risker, effekter, funktionskrav, underlag för tekniska lösningar etcetera. Valet av utredningar och deras omfattning inom utredningsområdet styrs bland annat av närhet till projektets anläggningsdelar, hydrogeologiska förhållanden och förekomst av riskobjekt.

Huvudområde – Utredningsområdet har delats in i tre huvudområden vars gränser utgör tydliga hydrauliska avgränsningar och/eller logiska administrativa gränser.

Skyddsinfiltration – Med skyddsinfiltration menas tillförande av vatten i grundvattenmagasin i syfte att motverka skadlig grundvattenpåverkan på riskobjekt i Västlänkens omgivningar. Skyddsinfiltration kan även bli aktuell i direkt anslutning till anläggningens olika typer av tätkonstruktioner i syfte att begränsa påverkan från lokala läckage.

Influensområde (grundvatten) – område utanför vilket någon grundvattennivåpåverkan inte förväntas. Området är väl tilltaget (konservativt) och vid bedömning av dess utbredning har hänsyn tagits till planerade skyddsåtgärder såsom tätning av anläggningen samt skyddsinfiltration i direkt anslutning till anläggningen. Vid denna bedömning har dock skyddsinfiltration i anläggningens omgivningar ej medräknats.

Vid utförda beräkningar har den yttre gränsen för influensområdet definierats av en grundvattensänkning på 0,3 meter i jord respektive 1,0 meter i berg (beroende på vilket som ger störst utbredning). Störst avsänkning i berg antas erhållas på tunnelnivå. I resterande del av PM Hydrogeologi används det kortare uttrycket influensområde i stället för influensområde grundvatten

Grundvattenpåverkan – avser inläckage av grundvatten till anläggningen, influensområdets utbredning samt grundvattennivåförändringar inom influensområdet.

Riskobjekt – grundvattenberoende objekt inom influensområdet som riskerar att skadas till följd av vattenverksamhet (grundvatten), vilket huvudsakligen omfattar följande typer av objekt:

- Grundvattenberoende grundläggning – byggnader och anläggningar med grundläggning känslig för marksättningar och/eller med grundläggning som för sin funktion är direkt beroende av grundvattennivå. Denna objekttyp innefattar även grundvattenberoende fornlämningar i de fall de är beroende av grundvattennivå i övre magasin.
- Grundvattenberoende naturvärden – naturmiljöer (kulturmiljöer, terrestra naturmiljöer och rekreativa miljöer) som kan skadas av grundvattennivåförändringar.
- Grundvattenberoende energianläggningar i berg/brunnar - energibrunnar i berg och brunnar för vattenuttag vilka kan få begräns-

ningar avseende effektuttag/vattenuttag av sänkta grundvattennivåer.

- Förorenade områden – verksamheter som hanterar/hanterat kemiska ämnen vilka kan innebära förhöjd risk vid spridning. Ändrade grundvattenförhållanden kan påverka spridning, mobilisering med mera av föroreningar i mark och/eller vatten.

1.7 Underlagsdokument

Ett antal underlagsdokument har tagits fram inom ramen för det hydrogeologiska utredningsarbetet. Dessa dokument är:

- [1] MPU02-50GT-025-00-0002 PM Inventering grundvattenberoende grundläggning (2016-02-10)
- [2] MPU02-50GT-025-00-0003 PM Inventering grundvattenberoende energianläggningar och brunnar (2016-02-10)
- [3] MPU02-04-025-00-0001 PM Inventering förorenade områden (2016-02-10)
- [4] MPU02-50GT-025-00-0004 PM Hydrogeologi berg (2016-02-10)
- [5] MPU02-50GT-025-00-0005 PM Hydrogeologi jord (2016-02-10)
- [6] MPU00-50GT-025-00-0007 PM Grundvattenkemi (2016-02-10)
- [7] MPU02-50GT-025-00-0010 PM Geoteknik, sättningar (2016-02-10)
- [8] MPU02-30TE-025-00-0001 PM Beskrivning Hydromodell (2016-02-10)
- [9] MPU02-50GT-025-00-0006 PM Hydrogeologiska beräkningar(2016-02-10)

I föreliggande PM används noteringar [1]-[9] för hänvisning till specifika underlagsdokument.

Referenslista till övriga dokument eller annat underlag redovisas i kapitel 10.

2. Utredningsmetodik

Det finns omfattande dokumentation, kunskap och erfarenheter när det gäller mark- och grundvattenförhållanden samt av grundvattenproblematik för det aktuella utredningsområdet. Denna kunskapsbas har tillsammans med nya undersökningar använts för de analyser och prognoser som redovisas i föreliggande PM. Där genomförda analyser visar osäkerheter rörande skaderisker har konservativt valda betraktelsesätt använts. I föreliggande kapitel redogörs samlat och översiktligt för genomförda inventeringar, undersökningar och analyser.

2.1 Allmänt

Inom ramen för planerad anläggning har betydande utredningsinsatser genomförts för att öka den hydrogeologiska kunskapsbasen. Syftet med utredningsinsatserna är att klarlägga rådande förhållanden av betydelse för områdets hydrogeologi och för att identifiera projektets miljörisker. Dessa utredningsinsatser omfattar inventering, kompletterande undersökningar, beräkningar och analyser, vilka huvudsakligen utförts inom utredningsområdet. I detta kapitel beskrivs genomförda utredningar och vilka metodiker som använts samt var i dokumentet och i andra handlingar resultaten redovisas. En sammanfattande redovisning av genomförda utredningar ges i kapitel 2.3.

Utredningsarbetet har utförts i följande sekventiella steg:

1. Datainsamling (inventering/arkivsökning av befintligt äldre material)
2. Kompletterande undersökningar för Västlänken
3. Konceptuella modeller (successivt framtagna modeller)
4. Nulägesbeskrivning av rådande förhållanden (geologi och hydrogeologi)
5. Riskobjekt (identifiering och klassificering)
6. Hydrogeologiska analyser
7. Påverkan (inläckage, influensområde och grundvattennivåpåverkan)

Utförda inventeringar av olika objekt som kan påverkas av vattenverksamheten är samlade i följande underlagsdokument: [1] PM Inventering grundvattenberoende grundläggning, [2] PM Inventering grundvattenberoende energianläggningar och brunnar samt [3] PM Inventering förorenade områden. En samlad genomgång av riskobjekt återfinns i föreliggande handling i kapitel 2.6.

Vattenförande zoner i berg och konduktiva lager i jord kan ge lokala sänkningar av grundvattennivåer i berg och jord på avstånd från tunnelanläggningen. För att identifiera och karakterisera zoner samt berggrundens geologiska och hydrogeologiska förhållanden har dokumentation från ett stort antal äldre bergtunnlar och undersökningar analyserats, nya brunnar borrats och hydraultester genomförts. En samlad genomgång av berggrundens hydrogeologiska förhållanden redovisas i underlagsdokument [4] PM Hydrogeologi berg. Jordlagrens uppbyggnad och hydrogeologiska förhållanden har utretts genom analys av äldre undersökningar samt genom nya sonderingsborrningar och hydrauliska observationer i olika typer av undersökningspunkter. En samlad genomgång av jordlagrens hydrogeologiska förhållanden redovisas i underlagsdokument [5] PM Hydrogeologi jord. I Göteborg finns mäktiga lager av lera samt tidigare och pågående marksättningar. En genomgång av lerans sättningsegenskaper och bedömning av olika områdens känslighet för grundvattensänkning redovisas i underlagsdokument [7] PM Geoteknik, sättningar.

Rådande förhållanden (nuläge) redovisas översiktligt i kapitel 3 i denna PM, samt i detalj i kapitel 4 till 6 där de tre huvudområdena beskrivs var för sig.

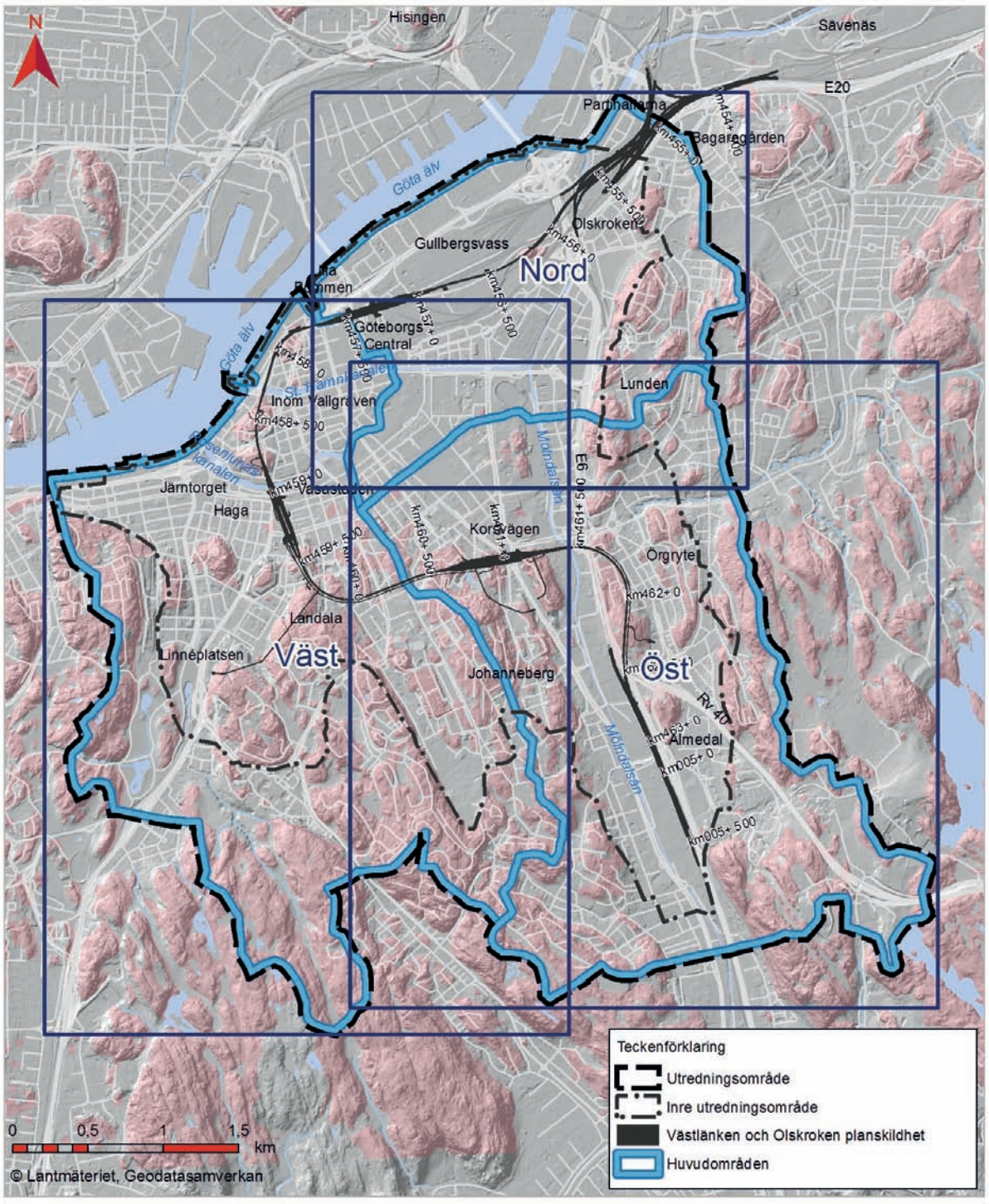
En betydande del av inventerat geologiskt och hydrogeologiskt material har samlats i en databas vilket möjliggjort ett flertal analyser och framtagande av olika modeller, bland annat bergnivåmodell, modell över jordlager samt grundvattennivåmodell. Metodbeskrivning för framtagande av modeller redovisas i underlagsdokument [8] PM Beskrivning Hydromodell.

För bedömning av påverkan har ett flertal beräkningar och grundvattenmodelleringar utförts, vilka är sammanställda i underlagsdokument [9] PM Beräkningar.

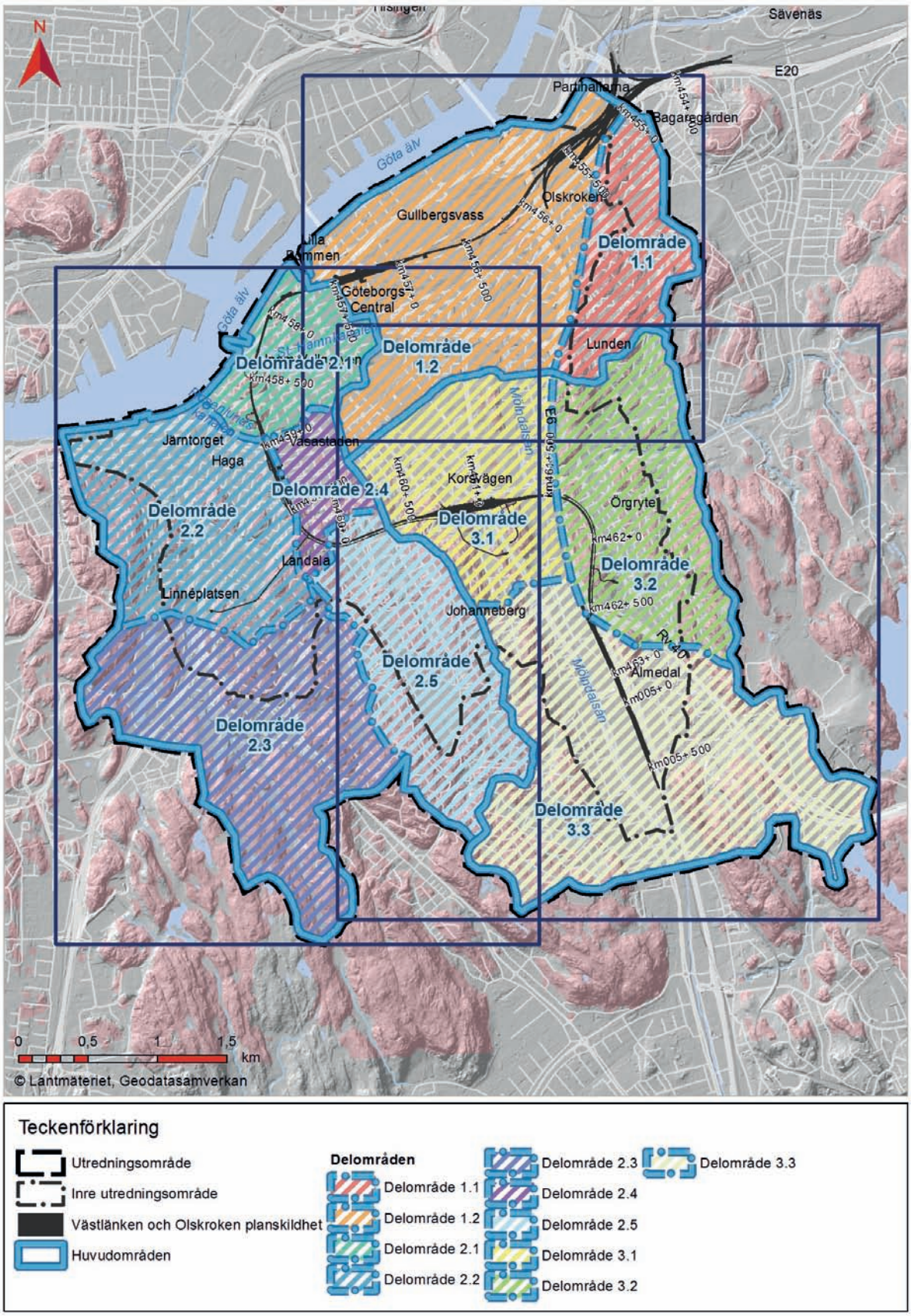
2.2 Områdesindelning

Ett utredningsområde har tagits fram inom vilket eftersökning och insamling av befintlig data, fältundersökningar, beräkningar och analyser har utförts, se figur 2.1. Inventeringar och undersökningar har koncentrerats till områden i anslutning till Västlänken (Inre utredningsområde). Utredningsområdet är väl tilltaget (konservativt) så att tunnelns influensområde med marginal ligger inom utredningsområdet.

Utredningsområdet är indelat i tre huvudområden med avgränsningar som i huvudsak utgör hydrogeologiska gränser såsom tydliga vattende-



Figur 2.1 *Utredningsområde och Inre utredningsområde samt indelning i tre huvudområden: Nord, Väst och Öst. I figuren visas även de kartramar som används i föreliggande PM i kapitel 4-6.*



Figur 2.2 *Utredningsområdets indelning i delområden för de tre huvudområden Nord, Väst och Öst vilka har numrering 1, 2 respektive 3. Gräns för huvudområden visas med heldragen blå linje.*

lare och vattenområden. I nedan följande punktlista redovisas i vilka kapitel geologiska och hydrogeologiska förhållanden beskrivs. De tre huvudområdena är (figur 2.1):

- Huvudområde Nord (kapitel 4)
- Huvudområde Väst (kapitel 5)
- Huvudområde Öst (kapitel 6)

Varje huvudområde omfattar flera delavrinningsområden och grundvattenmagasin i jord. Delområden visas i figur 2.2.

2.3 Genomförda utredningar

I föreliggande kapitel beskrivs översiktligt vilka inventeringar (arkivsökningar), karteringar och kompletterande undersökningar som utförts i syfte att insamla relevant kunskap när det gäller geologiska och hydrogeologiska förhållanden.

Inventeringsarbetet har omfattat arkivsökning av geoinformation, befintliga berganläggningar och äldre geologiska, geotekniska och hydrogeologiska undersökningar. Kompletterande undersökningar har omfattat sonderingsborrning i jord och undersökningsborrning i berg samt etablering av grundvattenrör, portrycksmätare och brunnar i jord och berg. Undersökningsinsatserna har fokuserats till områden där osäkerheter i underlaget bedömts kunna påverka utfallet av riskbedömningar gällande vattenverksamhetens konsekvenser.

2.3.1 Arkivsökning av geoinformation

Ett omfattande inventeringsarbete har genomförts inom utredningsområdet för att få kunskap om geologiska och hydrogeologiska förhållanden. Utredningsinsatser har efterhand fokuserats till områden där det finns ett flertal grundvattenberoende riskobjekt och till områden med konstaterade kunskapsbrister som kan ge olika typer av osäkerheter vad gäller grundvattenpåverkan.

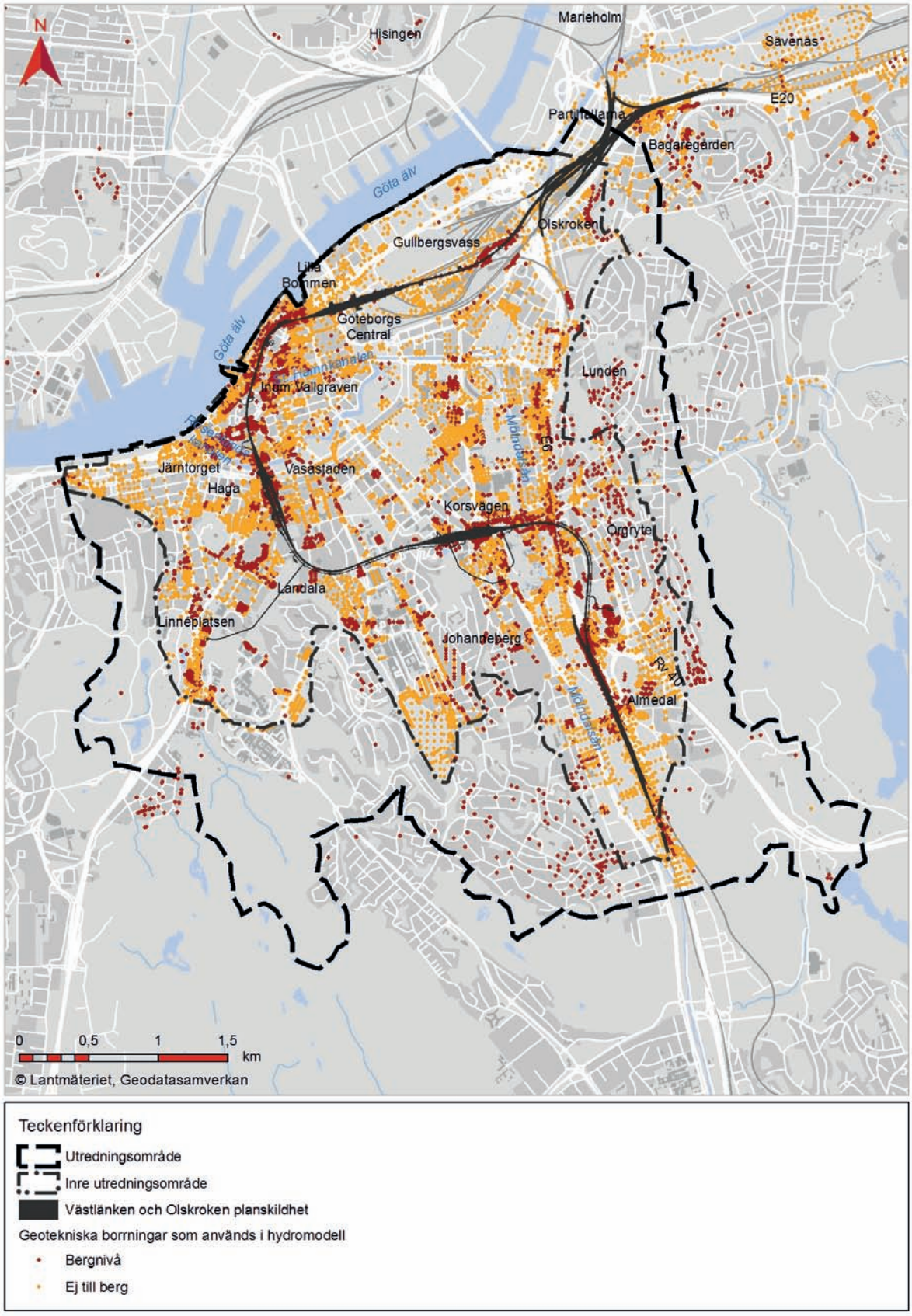
Inom ramen för systemhandlingsuppdragen perioden 2012-2013 har inventering av tidigare utförda undersökningar gjorts inom järnvägskorridoren avseende hydrogeologi, geoteknik och bergteknik.

I arbetet med framtagande av ansökan om tillstånd enligt miljöbalken har under perioden 2014-2015 utförts kompletterande inventering inom utredningsområdet (huvudsakligen i områden utanför järnvägskorridoren).

Vid utförd inventering har material bland annat inhämtats från:

- Göteborgs stads geoarkiv: Stadsbyggnadskontoret och Trafikkontoret
- SGU
- Trafikverkets geoarkiv
- Konsultbolag

Geotekniska data har inventerats och nya undersökningar genomförts i syfte att inhämta kunskap om jordlagrens uppbyggnad (lagerföljd och geotekniska egenskaper). Denna information har



Figur 2.3 *Geotekniska fältundersökningar som använts för att bygga konceptuella modeller (Hydromodell). Rödmarkerade sonderingsborrningar är utförda ner till berg medan de gulmarkerade inte bedöms vara utförda ner till berg.*

använts för uppbyggnad av geologiska modeller samt för beskrivning av jordlagrens hydrogeologiska och geotekniska egenskaper.

Hydrogeologiska data har inventerats och nya undersökningar genomförts i syfte att identifiera grundvattenmagasin och konduktiva strukturer (bland annat svaghetszoner), samt beskriva grundvattenförhållanden i jord och berg.

Berggrundens och jordlagrens hydrogeologiska förhållanden har sammanställts och redovisas samlat i underlagsdokument [4] respektive [5]. Information rörande berggrund och jordlager har inarbetats i PM Hydrogeologi och redovisas särskilt i kapitel 3 till 6.

Inventerad data har använts för uppbyggnad av konceptuella modeller, se kapitel 2.4. Baserat på framtagna modeller och övrigt geologiskt och hydrogeologiskt underlag redovisas rådande förhållanden i en nulägesbeskrivning, se kapitel 2.5.

Undersökningspunkter som använts för att bygga upp konceptuella modeller (Hydromodell) redovisas i figur 2.3. Rödmarkerade sonderingsborrningar är utförda ner till berg medan de gulmarkerade inte bedömts vara utförda ner till berg. Det framgår av figur 2.3 att borrningar till berg är mycket få i områden med stora jorddjup. Områden där sonderingsborrningar i jord saknas domineras av höga bergnivåer med tunna jordlager eller med berg i dagen.

2.3.2 Inventering av befintliga berganläggningar

Inventering av befintliga undermarksanläggningar i berg har utförts genom sammanställning av olika källmaterial och kontakter med tunnelägare. Eftersom ett flertal anläggningar är sekretessbelagda eller hemliga redovisas inte dessa i föreliggande PM Hydrogeologi. Tillgängliga tunnlar har besiktigats okulärt i begränsad omfattning. Utöver tunnlar finns berganläggningar som i huvudsak används som garage, skyddsrum och lager. Resultat, i den mån de får offentliggöras, redovisas i [4] samt översiktligt i kapitel 3-6.

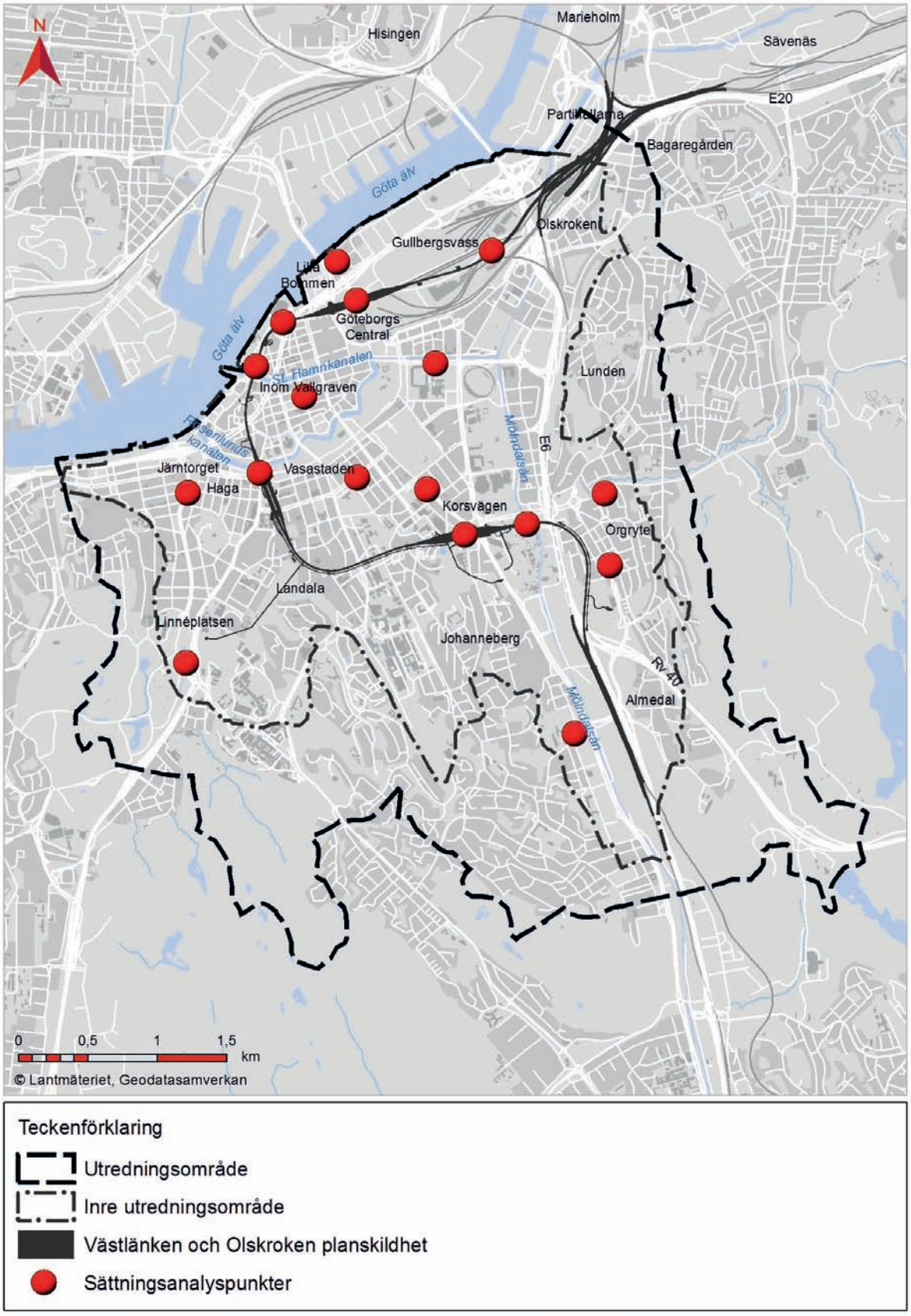
2.3.3 Geologiska och geotekniska undersökningar

Äldre geologiska och geotekniska undersökningar har inventerats och nya undersökningar genomförts i syfte att inhämta kunskap om jordlagrens uppbyggnad. Denna information har använts för uppbyggnad av geologisk modell samt för beskrivning av jordlagrens geotekniska och hydrogeologiska egenskaper, se underlagsdokument [5] och [7].

I samband med framtagande av järnvägsplan och systemhandling för Västlänken har ett stort antal geotekniska fält- och laboratorieundersökningar genomförts under åren 2012-2013.

För att klarlägga sättningsproblematiken i anslutning till Västlänken har grundläggningskartläggning, sättningsuppföljning av befintliga byggnader, anläggningar och mark samt inventering av portrycksstationer genomförts. Nya grundvattenrör, portrycksstationer, mätdubbar och bälgsättningsmätare har installerats. Sättningsuppföljning av nya och äldre mätdubbar pågår.

I syfte att översiktligt studera vilka sättningar som kan uppstå inom olika områden vid hypotetiska grundvattensänkningar i undre grundvattenmagasin, har sättningsanalyser utförts för ett antal punkter inom delar av utredningsområdet, figur 2.4. Beräkningar har utförts för fyra olika lerdjup (10, 20, 40 och 60 meter beroende av faktiska lermäktigheter) och för fyra olika hypotetiska trycksänkningar (0,5, 1,0, 2,0 och 4,0 meter). Beräkningar har gjorts för påverkan under 1, 2, 6, 12, 24, 60 och 120 månaders tidsrymd. Krypsättningar inkluderas inte i utförda beräkningar. För detaljer hänvisas till [7].



Figur 2.4 *Punkter/områden där sättningsanalyser genomförts [7].*

2.3.4 Hydrauliska undersökningar

Äldre hydrogeologiska undersökningar har inventerats och nya undersökningar genomförts i syfte att inhämta hydrogeologisk kunskap om jordlager och berggrund. I samband med framtagande av järnvägsplan och systemhandling för Västlänken har hydrauliska fältundersökningar genomförts under åren 2012-2014, varefter ytterligare undersökningar utförts och planeras att utföras. Data är sammanställt i underlagsdokument [4] och [5]. Inhämtad data har använts för uppbyggnad av hydrogeologiska modeller samt för beskrivning av jordlagrens och berggrundens hydrauliska egenskaper.

Hydrauliska egenskaper i jord och berg har undersökts genom tester och mätningar i grundvattenrör samt brunnar i jord och berg. Hydrauliska försök har bland annat omfattat provpumpningar, pulstester och nivåmätningar, se vidare kapitel 2.3.5.

Grundvattenrör

Äldre grundvattenrör i undre och övre grundvattenmagasin i jord har inventerats och nya rör har installerats i syfte att komplettera befintliga grundvattennät. När det gäller historiska grundvattendata kan särskilt nämnas Stadsbyggnadskontorets grundvattendatabas.

Jordlagerföljd och förekomst av vattenförande jordlager har undersökts genom geoteknisk sondering. Huvuddelen av rören har installerats i undre grundvattenmagasin och ett mindre antal i övre magasin. Installerade grundvattenrör i undre magasin redovisas i figur 2.5 och i övre magasin i figur 2.6. Kompletterande installationer, framförallt i övre magasin, pågår.

Grundvattenrör har i första hand etablerats för registrering av grundvattennivåer. I ett flertal rör har hydrauliska tester utförts för att insamla underlag rörande bedömning av jordlagrens vattenförande egenskaper.

Brunnar i jord

Brunnar i jord har installerats på 9 platser i de större undre grundvattenmagasinen (figur 2.7). Brunnarna har utförts för att ha så god kontakt med de konduktiva jordlagren som möjligt, detta för att möjliggöra testning av magasinens hydrauliska egenskaper [5].

Brunnar i berg

Det huvudsakliga syftet med kompletterande undersökningar i berg är att identifiera svaghetszoner och att karakterisera dessa hydrauliskt samt att karakterisera berget och dess hydrauliska egenskaper längs Västlänken. Borrning i berg har utförts med hammarborrning och kärnborrning, figur 2.8.

Hammarborrning har utförts perioden 2012-2014 enligt följande:

- Borrningar vid planerade tunnelpåslag (15 stycken)
- Borrningar längs planerad bergtunnelsträcka mellan Station Haga och Station Korsvägen (12 stycken)
- Borrningar för servicetunnlar (11 stycken)
- Borrningar i Almedalsberget (3 stycken)

Hammarborrningarna vid tunnelpåslagen har som syfte dels att förmedla en bild av genomborrade jordarter och provta dessa, dels att studera de hydrauliska egenskaperna i undre friktionsjordlager och i ytberg. Borrhålen utfördes med olika lutningar från horisontalplanet ner till vanligtvis ca 5 meter under planerad tunnelbotten. Sammanlagt har 15 hammarborrhål av detta slag utförts vid lägena för planerade bergtunnelpåslag.

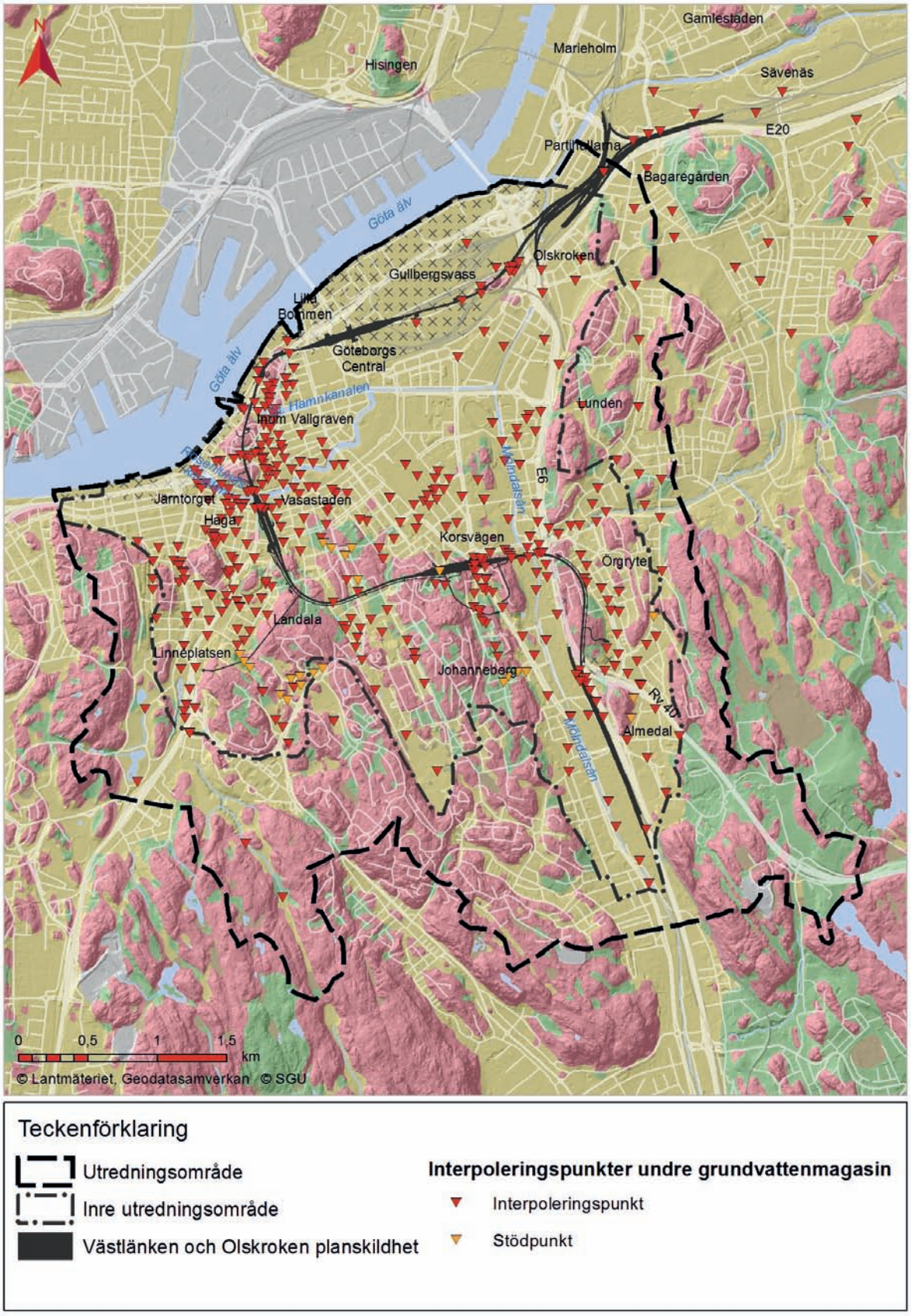
Mellan Station Haga och Station Korsvägen har 12 borrhål utförts i syfte att hydrauliskt undersöka förmodade svaghetszoner baserat på geologisk ytkartering samt på information från SGUs berggrundskarta och kartering av befintliga berganläggningar.

Inom ramen för undersökningar för servicetunnlar har sammanlagt 11 hammarborrhål utförts. Placeringen av borrhålen baserades på SGUs karta över svaghetszoner. Borrhålen utfördes till en nivå lägre än planerad tunnelbotten i respektive område.

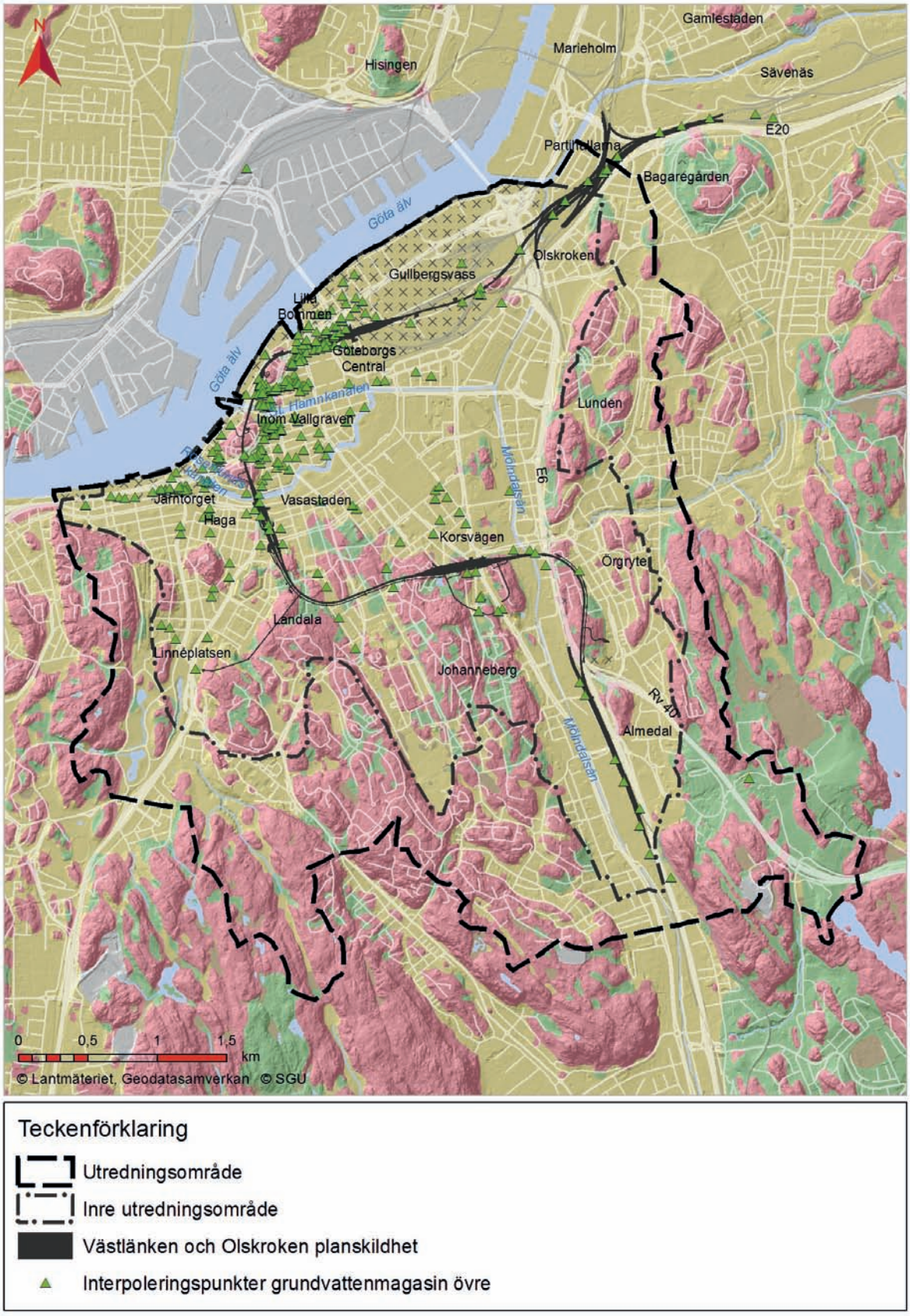
Inom Almedalsberget har ytterligare tre hammarborrhål utförts. Motivet för borrningarna var att tidigare utförda borrhål i området indikerat avvikande hydrauliska egenskaper än i övrigt.

Kärnborrhål har utförts perioden 2012-2015 enligt följande [5]:

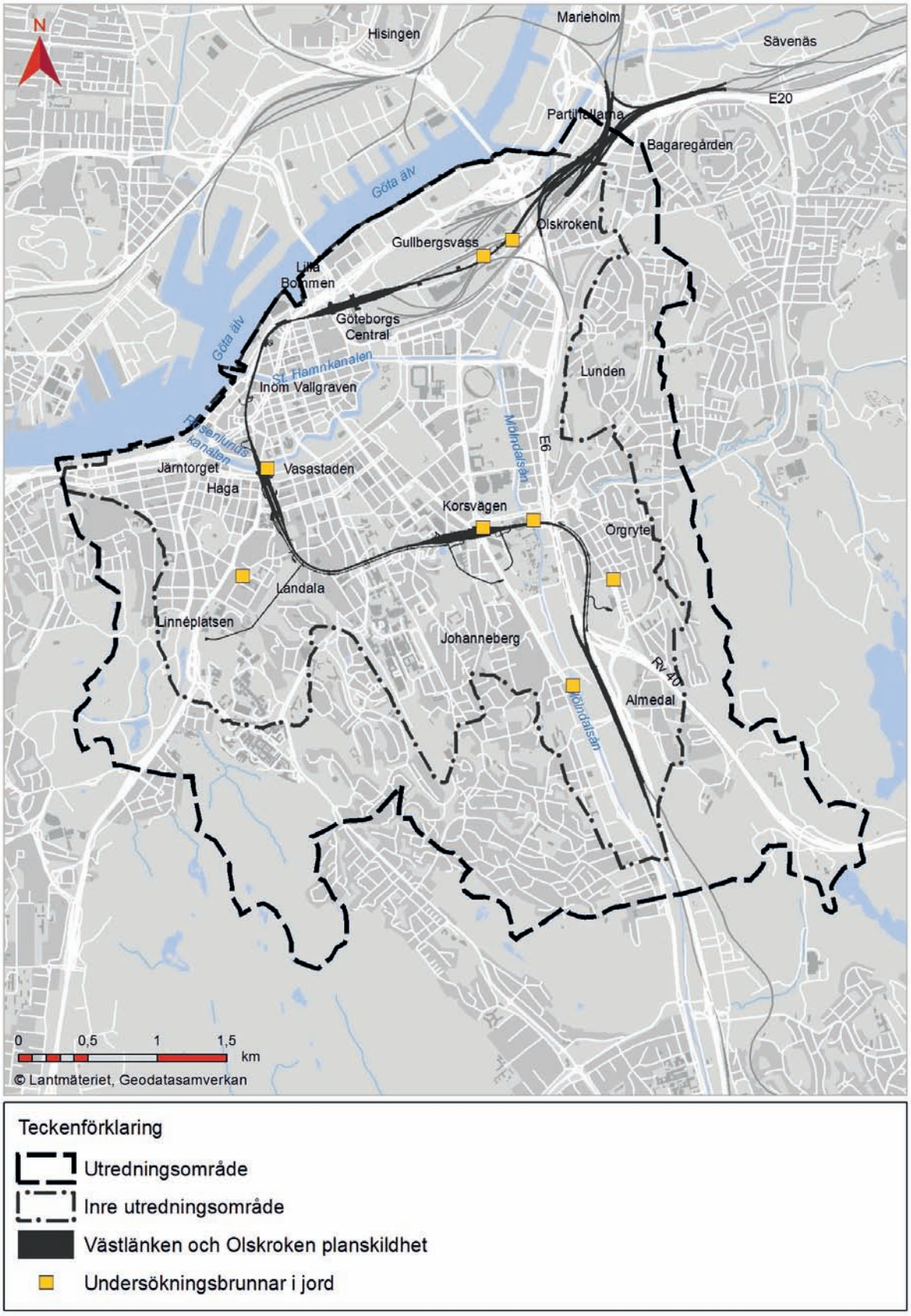
- Borrningar mot förmodade svaghetszoner (4 stycken)
- Borrningar längs planerade servicetunnlar (11 stycken)



Figur 2.5 *Grundvattenrör i undre grundvattenmagasin i jord som använts för analys av grundvattennivåer och för utbredning av grundvattenmagasin. Redovisade interpoleringspunkter avser grundvattenrör med nivådata. Stödpunkt avser punkt där hypotetisk grundvattennivå adderats i syfte att anpassa interpoleringen till exempelvis bergnivåer.*



Figur 2.6 *Grundvattenrör i övre grundvattenmagasin i jord som använts för analys av grundvattennivåer. Redovisade interpoleringspunkter avser grundvattenrör med nivådata.*



Figur 2.7 *Undersökningsbrunnar i jord utförda inom ramen för Västlänken.*

- Borrningar för hydraulisk karakterisering (3 stycken)

Kärnborrningarna har som syfte att undersöka bergförhållanden (bergkvalitet) samt för studera de hydrauliska egenskaperna. Undersökningarna har omfattat kärnkartering, BIPS-filmning, bergmekanisk laboratorietestning och vattenförlustmätningar.

Lägena för hammarborrhål och kärnborrhål visas i Figur 2.8. För ytterligare beskrivningar av respektive borrhål hänvisas till underlagsdokument [5].

2.3.5 Hydrauliska försök

Genomförda hydrauliska försök har omfattat grundvattennivåmätningar samt hydrauliska tester i rör och brunnar.

Mätning av grundvattennivå

Inom projektet har nivåmätning utförts i grundvattenrör, jordbrunnar och bergbrunnar. Mätning har utförts med lod eller med automatiskt loggande tryckgivare.

Mätning av grundvattennivåer har utförts både som långtidsmätning och korttidsmätning. Långtidsmätning innebär att en mätpunkt ingår i ett mätprogram med periodvis återkommande mätningar som fortlöper under företrädesvis flera år. Syftet med dessa mätningar är att observera grundvattennivåns årstids- och årsvariationer inom ett grundvattenmagasin. Korttidsmätningar utförs vanligtvis i samband med hydrauliska försök.

Hydrauliska tester

Hydrauliska tester har utförts i brunnar och i rör i syfte att kvantifiera jordlagrens och berggrundens hydrauliska egenskaper. Sammantaget har ett 60-tal hydrauliska tester gjorts. Fyra typer av hydrauliska tester har använts:

- Pulstester
- Provpumpningar
- Kapacitetstester och återhämtningsförsök i samband med borrning
- Vattenförlustmätningar (i kärnborrhål)

De olika testerna har utförts och utvärderats i enlighet med gängse metodik. För detaljer hänvisas till exempelvis Kruseman, G. & de Ridder, N. (1990).

Pulstester och vattenförlustmätningar ger hydraulisk information lokalt och i liten skala i anslutning till undersökningspunkter, medan provpumpningar, kapacitetstester och återhämtningsförsök efter borrning ger hydraulisk information för ett större område, särskilt om testerna görs som interferensförsök. Vid interferensförsök genomförs även mätningar i omgivande grundvattenobservationspunkter.

Provpumpningar har utförts för kvalitativ och kvantitativ karakterisering av jordlagrens och berggrundens hydrauliska egenskaper. Kvalitativ utvärdering avser bland annat påverkan från nederbörd och olika typer av hydrauliska ränder samt dominerande flödesregimer. Kvantitativ utvärdering avser bland annat utvärdering av hydrauliska egenskaper.

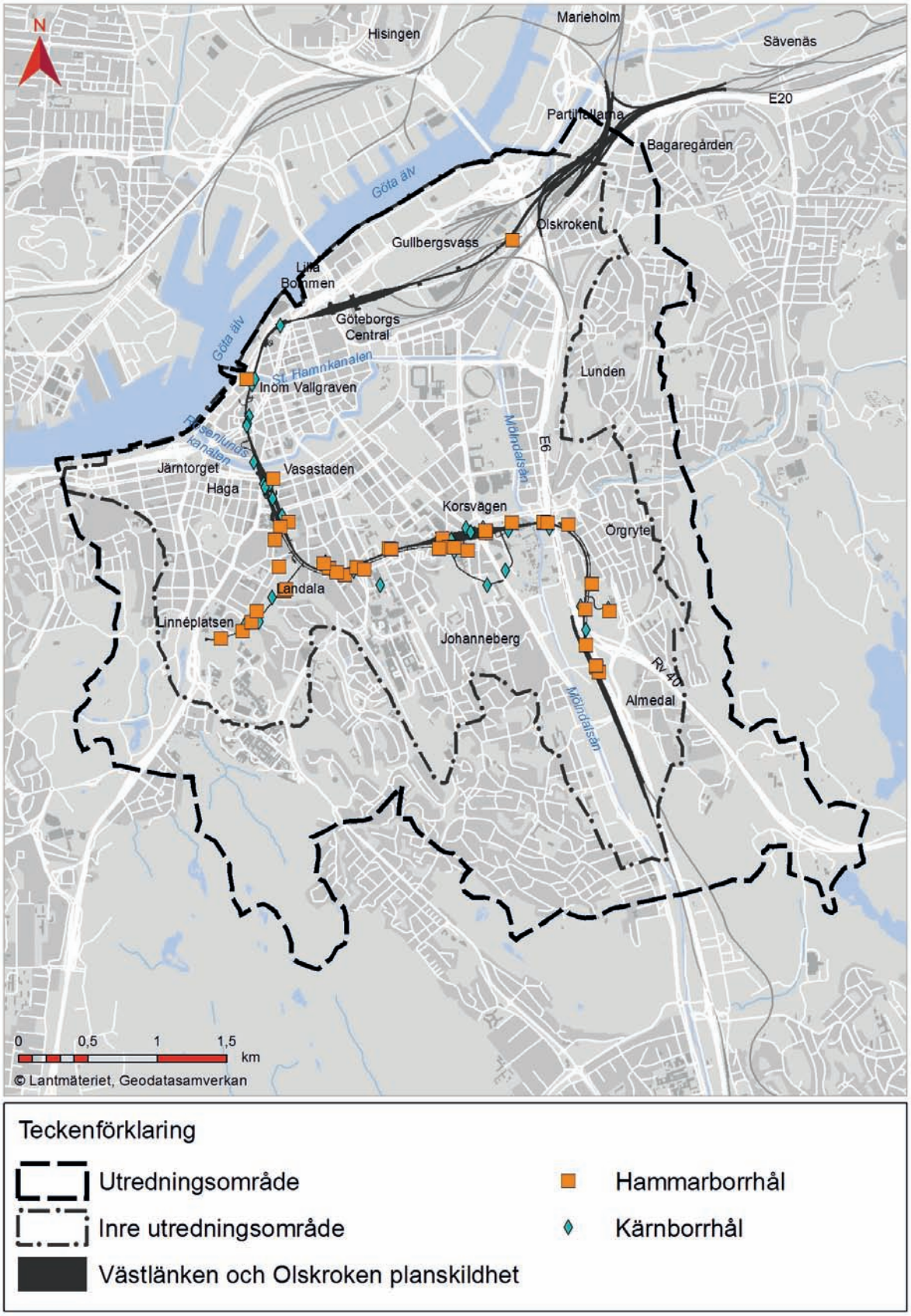
När det gäller utvärdering av hydrauliska egenskaper för grundvattenmagasin i jord och berg har i första hand resultat från provpumpningar i form av interferensförsök använts. Dessa tester (transienta) har pågått i upp till cirka två veckor och möjliggjort utvärdering av flödesregimer och identifiering av hydrauliska gränser vilket ökat analysernas tillförlitlighet. Testerna har även använts för att studera berggrunden samt berggrundens hydrauliska kontakt med ovanliggande grundvattenmagasin i jord.

2.3.6 Vattenprovtagning och analys

Grundvatten har provtagits och analyserats med följande tre huvudsakliga syften:

- Vattenkemisk karakterisering
- Vattnets aggressivitet
- Förekomst av föroreningar

För detaljer och resultat hänvisas till underlagsdokument [6]. Undersökningspunkter i vilka provtagning av grundvatten genomförts visas i figur 2.9.



Figur 2.8 *Hammarborrhål och kärnborrhål utförda inom ramen för Västlänken.*

2.3.7 Hydrogeologisk fältkartering

Det finns två kvartärgeologiska kartor över Göteborg: SGUs jordartskarta och Stadsbyggnadskontorets (SBKs) karta. Genom att jämföra dessa kartor noteras skillnader när det gäller jordarter och jordartsgränser samt förekomst av berg i dagen. SBKs karta bedöms ha en högre detaljupplösning och bättre precision än SGUs karta när det gäller jordlagrens avgränsning mot berg. SBKs karta å andra sidan täcker endast Göteborgs mest centrala områden och stora delar av utredningsområdet omfattas därmed inte.

En ny geologisk karta har tagits fram genom att analysera kartmaterial och sonderingsdata. Där större och avgörande osäkerheter noterats har fältkartering gjorts. Den nya kartan redovisar områden med friktionsjord, lera (kohesionsjord) och berg i dagen eller berg med tunna jordlager. Med friktionsjord avses jordlager som domineras av grovsilt och grövre jordfraktioner. Den nya kartan används för all geologisk kartredovisning i föreliggande PM.

2.4 Konceptuella modeller

Insamlad data har på ett strukturerat sätt bearbetats genom framtagande av konceptuella modeller, vilka bland annat använts för analys av osäkerheter och identifiering av behov av kompletterande datainsamling och undersökningar. Syftet med modellerna är att systematisera och visualisera geologiska och hydrogeologiska förhållanden för beskrivning av rådande förhållanden längs Västlänken.

2.4.1 Iterativ modelluppbyggnad

Den hydrogeologiska konceptualiseringen har utförts i steg i iterativa cykler. Detta innebär att en inledande datainsamling av befintligt material har gjorts, varefter en översiktlig första beskrivande modell tagits fram. Denna primära modell har utgjort grund för planering av ytterligare inventeringar och kompletterande fältundersökningar samt för fortsatta utredningar. Förfinade och mer detaljerade modeller har därefter tagits fram successivt tills en tillfredsställande kunskapsnivå uppnåtts. De modellförbättringar som erhållits i de iterativa stegen har delvis kvantifierats genom osäkerhetsanalyser.

Utgående från resultat av efterföljande beräkningar avseende Västlänkens möjliga påverkan, har bland annat influensområdets utbredning bedömts och riskobjekt inom influensområdet identifierats. I de fall högre detaljeringsgrad krävts (för att minska osäkerheter) har förfinade analyser och beräkningar gjorts.

2.4.2 Hydromodell

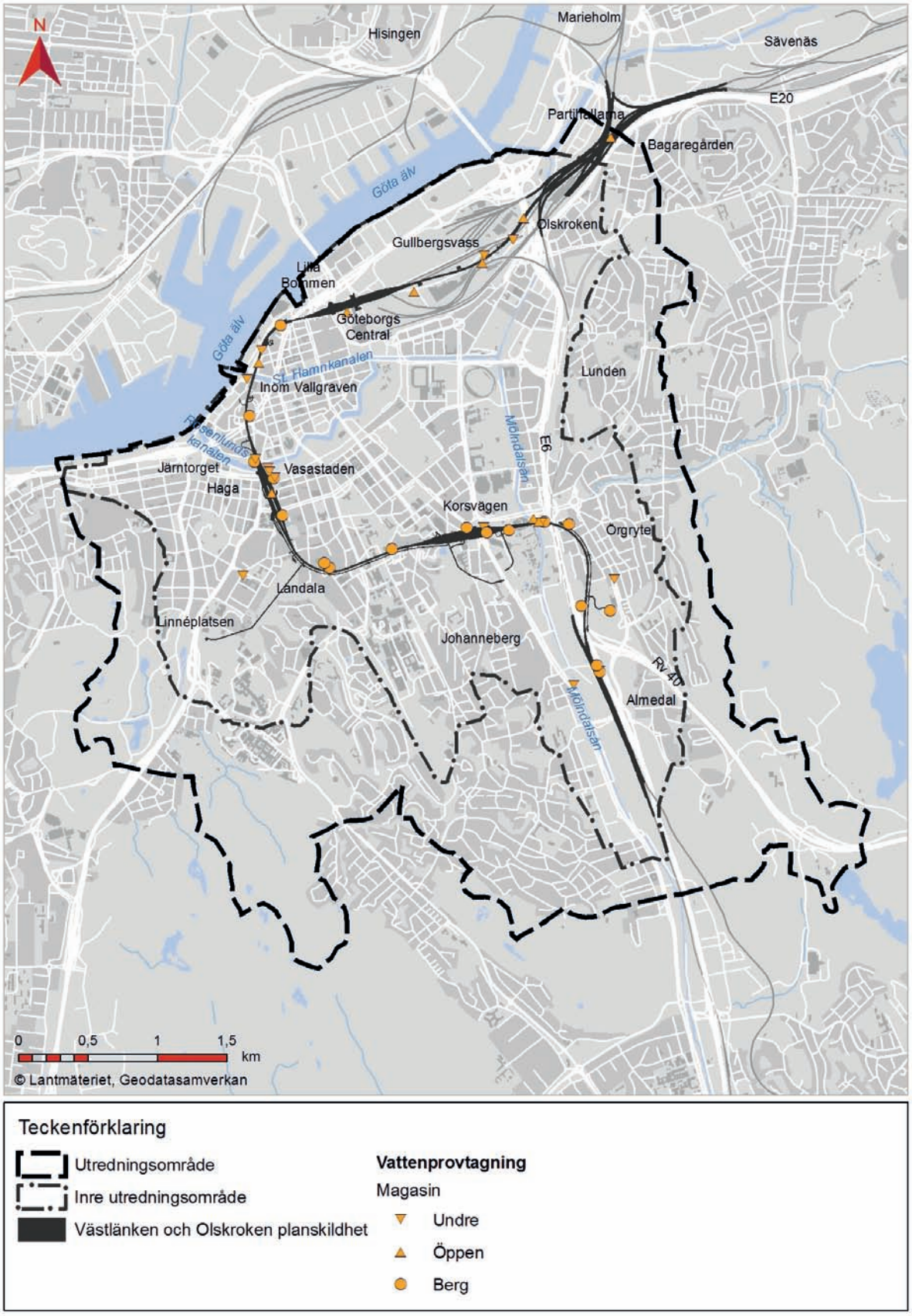
En modell har tagits fram för att utgöra verktyg i arbetet med att skapa konceptuell hydrogeologisk förståelse av jordlagrens grundvattenmagasin inom utredningsområdet. Hydrogeologisk konceptualisering kräver bland annat kunskap om storskalig och lokal grundvattenströmning, förekomst av vattendelare och grundvattenförande jordlager, grundvattenmagasinens utbredning och hydraulisk inbördes kontakt samt utbredning och mäktighet av olika jordlager. Hydromodellen är ett verktyg för att uppnå denna förståelse eftersom den sammanfattar och visualiserar stora mängder data av olika typ och ursprung. Modellen har också använts för att numeriskt uppskatta olika typer av osäkerheter i utförda tolkningar för att bland annat identifiera områden med potentiellt sättningskänslig mark [8].

Modellen omfattar nivåer för bergets överyta, dock inte berggrundens hydrauliska egenskaper och förhållanden, se vidare [8]. Berggrundens geologiska uppbyggnad samt hydrauliska egenskaper redovisas i [4] och i kapitel 3-6.

Modellen består av flera delmodeller som tas fram i en bestämd ordning eftersom de beror av varandras utformning. Hydromodellen byggs upp av följande delmodeller:

1. Topografisk marknivåmodell - topografisk modell över markytan.
2. Bergnivåmodell - probabilistisk modell över bergöverytans nivå.
3. Jordlagermodell - probabilistisk modell över inbördes fördelning av olika jordlager.
4. Grundvattennivåmodell - modell över grundvattnets tryckyta i övre och undre magasin.

Indata utgörs av punktinformation, huvudsakligen från geotekniska sonderingar, och områden med karterat berg i dagen. Eftersom Hydromodellen är en presentation av geologisk data innehåller den av naturliga skäl osäkerheter. Osäkerheter finns delvis i tolkning av sonderingsdata men uppstår framför allt mellan undersökningspunkter där data saknas. Denna osäkerhet blir större ju



Figur 2.9 *Borrhål för vattenprovtagning i undre och övre magasin i jord samt i berg*

glesare det är mellan undersökningspunkterna. De osäkerheter som finns i underlagsdata överförs till modellen och modellen utgör därför ett storskaligt verktyg. Modellens prognoser är således översiktliga och används inte för detaljstudier för enskilda fastigheter eller riskobjekt, utan vid sådana frågeställningar används i stället företrädesvis platsspecifik data och prognoser.

I probabilistiska modeller går det att studera osäkerheter mellan datapunkter med geostatistiska metoder, se vidare separat handling [8]. Beroende på vilken grad av säkerhet som önskas kan man studera olika modellresultat, exempelvis genom att producera illustrationer över skattningars (beräknade värdens) säkerhet i olika punkter av modellen. Probabilistiska modeller har bland annat använts för att prognostisera riskområden för sättningsbenägen mark genom att prediktera hur grundvattnets trycknivå ligger i relation till lerans underkant i olika områden, kapitel 8.2.

Nedan följer en översiktlig beskrivning av hur delmodellerna tagits fram:

1. Topografisk marknivåmodell

Det topografiska marklagret i modellen baseras på digital topografisk information som har producerats av Lantmäteriet och är inköpt från Metria. Materialet består av ett rutnät med upplösning 2x2 meter (Grid 2+) och bygger på flygburen laserskanning.

2. Bergnivåmodell

Bergnivåmodellen är en probabilistisk modell av bergöverytans nivå. I underlaget ingår både sonderingar med bekräftat djup till bergytan och sonderingar där bergnivån inte är bekräftad. Osäkerheter i underlagsdata har hanterats genom att utföra interpolationer i flera steg, för detaljer hänvisas till separat handling [10].

Bergnivåmodellen bygger på följande information:

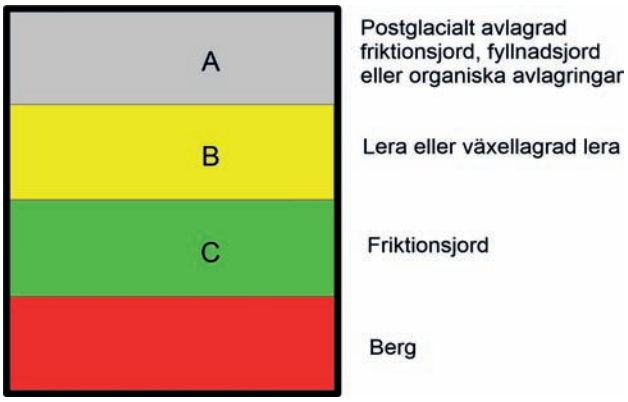
- Kartmaterial: SGU och SBK
- Fältkartering
- Topografisk marknivåmodell från Lantmäteriet för områden med ytligt berg
- Ny och äldre sonderingsdata, för detaljer se kapitel 2.3
- SGUs brunnsarkiv

Totalt omfattar inventerat källmaterial cirka 15 000 borrpunkter. Lägen för de geotekniska borrningarna som använts i modellen visas i figur 2.3. Där anges också i vilka borrpunkter drivning har utförts till konstaterad bergyta.

3. Jordlagermodell

Jordlagermodellen är en probabilistisk modell av nivåer för lerlagrens över- och underkant. Både lerlagrens mäktighet och dess nivåer kan vara kritiska för bedömning av risk för marksättningar. Modellen har använts för att göra en prognos av var det kan finnas sättningsbenägna jordar. Det har således inte varit en målsättning att göra en detaljerad redovisning av de jordarter som förekommer i hela jordprofilen.

Jordlagermodellen är uppbyggd utifrån det principiella antagandet att jordprofilen består av tre lager, figur 2.10. Det är givetvis en avsevärd förenkling då lagerföljden kan vara betydligt mer komplex. Modellens uppbyggnad bedöms dock vara relevant utifrån dess användningsområde och förenklingar har utförts så att de ger konservativa utfall när det gäller lerans mäktighet. Bland annat har observation av sektioner med växellagrad lera i enskilda sonderingar förenklats och representeras i modellen av endast lera från översta till lägsta observerade förekomst.



Figur 2.10 *Antagen jordlagerföljd A-C i hydromodellen.*

Jordlagermodellen bygger på följande information:

- Topografisk marknivåmodell
- Bergnivåmodell
- Sonderingsdata

Sonderingsdata med tolkade jordlager kan användas för jordlagermodellen. Dessa utgör cirka 10 000 av de 15 000 borrpunkterna. De använda borrpunkterna har grupperats i två datamängder; data där lera förekommer och data där lera saknas. Interpolation har utförts med målsättning att förekomsten av lera inte underskattats även där dataunderlag saknats.

4. Grundvattennivåmodell

En modell över grundvattnets tryckyta har tagits fram med syfte att analysera var grundvatten finns och hur grundvatten rör sig i marken (övre och undre grundvattenmagasin i jord, det vill säga i lager A respektive lager C i figur 2.10). Modellen baseras på observationer av grundvattennivåer uppmätta i grundvattenrör och brunnar, och avser årsmedelvärden eller karakteristiska nivåer. Vid brist på underlag har enstaka mätningar från sonderingshål och provgropar använts som komplement.

Med modellen visualiseras lägen för grundvattendelare och storskaliga flödesriktningar. Liksom övriga modelldelar utförs denna modelluppbyggnad iterativt, vilket innebär att grundvattenrör successivt har kompletterats i områden där modellen bedömts ha bristande underlag. När det gäller övre grundvattenmagasin i jord har det endast varit möjligt att tolka grundvattnets tryckyta lokalt (företrädesvis centrala Göteborg) till följd av små och lokala magasin. Detta nät i övre magasin håller på att kompletteras.

Data som använts för att interpolera grundvattennivåer utgörs av en blandning av mätningar utförda inom ramen för aktuellt projekt, från andra pågående kontrollprogram och från äldre grundvattenarkiv. För att skapa en representativ grundvattennivåmodell har hydrogeologisk tolkning utförts. Vid denna tolkning har grundvattendata anpassats till topografiska, geologiska och hydrogeologiska förhållanden inklusive kända dränerande objekt.

2.4.3 Hydrogeologisk konceptualisering

Hydrogeologiska konceptuella modeller har framarbetats för delar av utredningsområdets grundvattenmagasin. De konceptuella modellerna har använts för att analysera, beskriva och visualisera hydrogeologiska förhållanden i grundvattenmagasin i jord och berg. De har även använts för beräkningar och bedömningar av grundvattenpåverkan från den planerade anläggningen samt för bedömning av behov av kontroll- och skyddsåtgärder.

Den hydrogeologiska konceptualiseringen är resultat av en sammansatt tolkning av ett flertal underlag: kartmaterial och äldre geotekniska och hydrogeologiska undersökningar, resultat från hydrauliska tester, geoteknisk information från enskilda undersökningspunkter med mera. Variationer och osäkerheter i data och tolkningar har analyserats genom ett iterativt och successivt arbete med konceptuella modeller, huvudsakligen genom olika typer av analyser med framtagen Hydromodell. Arbetet har genomgående planerats så att underlag och framtagna modeller ska ha hög tillförlitlighet inom influensområdet, men att större osäkerheter kan accepteras inom områden på betydande avstånd från Västlänken och där känsliga grundvattenberoende objekt saknas.

Analyser som utgjort grund till utförd tolkning:

1. Analys av vattenavrinning
2. Avgränsningar av undre grundvattenmagasin
3. Avgränsningar av övre grundvattenmagasin
4. Urban påverkan och historisk utveckling

Utförda analyser beskrivs i mer detalj i följande text punkt 1 - 4.

1. Analys av vattenavrinning

Vattenavrinning sker på markytan som ytvattenavrinning och i jordlager och berg som grundvattenavrinning. Strömningsmönster styrs i huvudsak av mark- och bergytans topografi, jordlagrens och berggrundens hydrauliska egenskaper samt dränerande undermarksanläggningar.

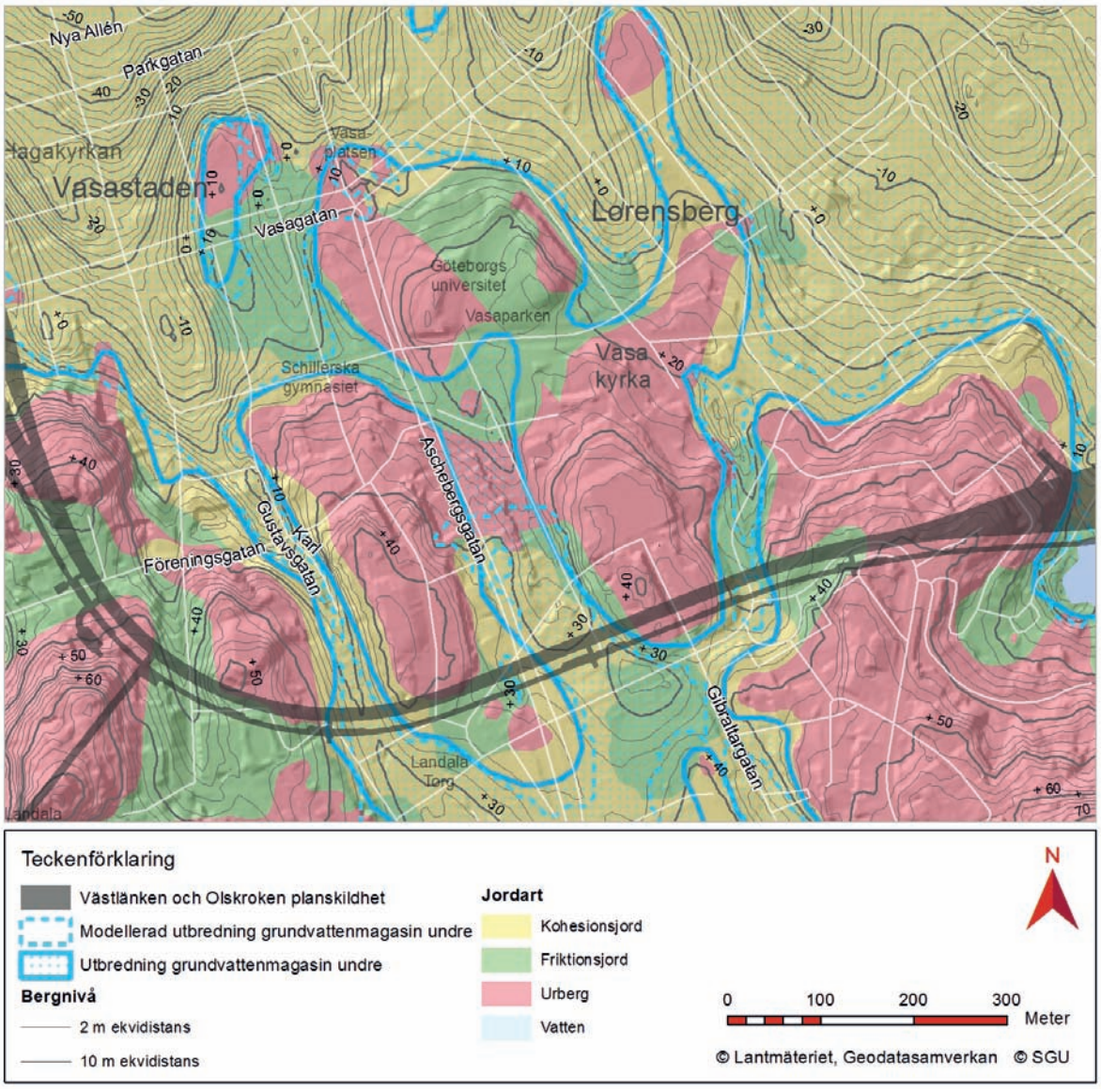
En översiktlig digital avrinningsanalys har gjorts inom utredningsområdet baserat på topografisk marknivåmodell (laserskannat underlag från Lantmäteriet). Från analysen framkommer storskaliga avrinningsområden (ytvattendelare utgör avrinningsområdenas gränser) och stråk med låg topografi där avrinningen bedöms kunna bilda vattendrag. Exempel på sådana stråk är Göta älv, Mölndalsån, Delsjöbäcken och Vallgraven. Även längs Linnégatan framkommer ett sådant stråk, i ett läge längs den numera kulverterade Djupedalsbäcken. Denna analys har utgjort underlag till tolkning av grundvattenmagasin, vattendelare och grundvattenströmning, se vidare kapitel 3.1.

2. Avgränsningar av undre grundvattenmagasin i jord

Inom ramen för den hydrogeologiska konceptualiseringen har de undre grundvattenmagasinen i jord identifierats och avgränsats. Undre grundvattenmagasin förekommer, något förenklat, överallt där bergytans nivå ligger lägre än grundvattennivån i jord. Grundvattennivån är dock inte känd i detalj inom hela området och lokala mindre magasin har sannolikt förbisetts, särskilt inom topografiskt högre liggande områden. Denna osäkerhet beaktas vid olika analyser och kontrollprogram grundvatten.

I arbetet med att avgränsa undre grundvattenmagasin har analys av grundvattennivåer samt geologiska förhållanden utförts. Processen inbegriper förståelse för var grundvatten bildas, vattnets rörelser lokalt, förekomster av zoner i berg, förekomst av lerlager och konduktiva jordar med mera. I de konceptuella modeller som presenteras i detta dokument förekommer två tolkningar av utbredning för undre grundvattenmagasin:

1. Grundvattenmagasinens utbredning utgår från Hydromodellen, där gränser inledningsvis definieras av korsningspunkter



Figur 2.11 *Grundvattenmagasinens utbredning baserad på Hydromodellens tolkning av förekomst av områden med jordlager under grundvattennivå (blå streckad linje) samt på manuell tolkning av förekomst av vattenförande jordlager vid gräns mot höga bergnivåer (blå heldragen linje).*

mellan tolkad grundvattennivå och tolkad nivå för bergets övre yta (bergnivåmodell), vilken motsvaras av streckad linje i figur 2.11 (Modellerad utbredning grundvattenmagasin undre). Eftersom tolkad grundvattennivå huvudsakligen bygger på observationspunkter centralt placerade i dalgångar, tar denna tolkning inte hänsyn till förhöjda grundvattennivåer längs dalsidor. I ett andra analyssteg justeras grundvattenmagasinens utbredning manuellt genom anpassning till bergnivå och jordmäktighet, se figur 2.11 (Utbredning grundvattenmagasin undre).

2. Grundvattenmagasinens utbredning begränsas av hydraulisk gräns/förändring, exempelvis:

   a. där en hög bergnivå skapar en tröskel och där grundvattennivåer styrs av bergytans nivå och inte av jordlagrens totala strömningsmotstånd och grundvattenflöde,

   b. där en trång passage ger brant gradient (minskat tvärsnitt) samt

   c. där en gravitationsvattendelare förekommer. Vid en gravitationsvattendelare sker avrinning åt två olika håll under ostörda förhållanden. Läget för en sådan vattendelare varierar med tillgången på vatten i marken och kan ändras vid grundvattennivåförändringar i ett eller båda magasinen.

3. Avgränsningar av övre grundvattenmagasin

Övre grundvattenmagasin finns där vattenförande jordlager förekommer över ett tätt lerlager, till exempel i områden med fyllningsjord eller postglacial friktionsjord. Övre magasin kan även förekomma i områden med torrskorpelera.

Den generella bilden är att dessa övre grundvattenmagasin ofta har begränsad utbredning och ibland bara utgörs av mindre och avgränsade jordfyllda sänkor i berggrunden. De övre magasinen kan dock vara hydrauliskt kommunikativa över stora områden via ledningsgravar, vägfyllningar etcetera. Avrinning från övre magasin sker vanligtvis till någon typ av ledningssystem eller dike, eller vidare till annat grundvattenmagasin.

Lokalisering av övre grundvattenmagasin har endast utförts i ett fåtal begränsade områden där det finns ett tillräckligt stort antal grundvattenrör som möjliggjort en avgränsning (Inom Vallgraven och Västra Nordstaden). I utredningen förutsätts att det kan förekomma övre grundvattenmagasin i alla områden med geologiska och hydrogeologiska förutsättningar för sådana.

4. Urban påverkan och historisk utveckling

Grundvattenförhållandena inom utredningsområdet är påverkade av markarbeten, dränerande byggnader och anläggningar samt andra grundvattenpåverkande verksamheter som kan hänföras till områdets urbanisering. Denna påverkan medför bland annat att grundvattenbildningen begränsas av hårdgjorda ytor och av bortledning av dagvatten, att grundvatten dräneras via undermarksanläggningar och dränerande ledningar samt att vatten tillförs via infiltrationsanläggningar och läckande ledningar.

Betydande insatser har gjorts för att finna och beskriva de anläggningar och strukturer vilka har betydelse för områdets hydrogeologi. Befintliga undermarksanläggningars påverkan har beaktats i den utsträckning information finns att tillgå.

Delar av stadsbebyggelsen inom utredningsområdet är anlagda inom tidigare vattenområden. Inom dessa områden förekommer mäktiga lager fyllningsjord av varierande material. Grundvattenmagasinen i dess område står ofta i god hydraulisk kontakt med ytvattnet, vilket betyder att de är mindre känsliga för grundvattenbortledning. Exempel är områden i anslutning till Göta älv.

2.4.4 Grundvattenbalans

Grundvattenbalanser har upprättats med syfte att utgöra konceptuell grund för hydraulisk förståelse av de huvudsakliga magasinen. Vattenbalanser har i första hand använts i samband med grundvattenberäkningar och modelleringar för att uppskatta storleksordning på grundvattenflöde i undre magasin i jord och berg. Vattenbalanserna är översiktliga och baseras på ett flertal generella antaganden.

En grundvattenbalansanalys är en sammanställning av grundvattenflöden inom ett eller flera avrinningsområden. Under jämvikt eller i genomsnitt över en längre period, är till- och utflöden lika stora. I utförda vattenbalanser har använts värden på årsmedelflöden.

Grundvattenbildningen till ett magasin är beroende av tillrinningsområdets area samt vilken jordtyp, topografi, grad av bebyggelse etc som dominerar inom magasinet. För beräkningar i denna utredning har marken delats in i typjordar

i enlighet med kategorisering framtagen i ”Grundvattenbildning i svenska typjordar” (Rodhe, A., m fl, 2006).

Som underlag för de grundvattenmodelleringar som utförts, har olika typer av markanvändning analyserats varvid nybildningen har bedömts till 100-170 mm/år. Nettonederbörden i området har beräknats till cirka 420 mm/år. Vid beaktande av tillskott från läckande ledningar kan nybildningen lokalt vara betydligt större.

Grundvattenbildningen till berg varierar stort och vid utförda beräkningar har antagits att den inom undersökningsområdet vid ostörda förhållanden understiger 100 mm/år. Under avsänkta och störda förhållanden kan grundvattenbildningen till berg uppgå till 100-200 mm/år eller mer beroende på vattentillgången.

2.5 Nuläge

En nulägesbeskrivning över de geologiska och hydrogeologiska förhållandena har tagits fram för omgivningarna längs anläggningen (kapitel 4 till kapitel 6). I denna beskrivning redovisas för de tre huvudområdena rådande hydrogeologiska förhållanden, liksom den historiska utvecklingen i de fall där detta bedöms ha betydelse för projektet. En översiktlig beskrivning redovisas i kapitel 3.

Nulägesbeskrivningen syftar till att ge en grundlig förståelse för det hydrogeologiska systemet avseende förhållanden i jord och berg samt för den urbana utvecklingens påverkan. Beskrivningen syftar också till att nå förståelse för hur känsligt systemet är i olika områden längs med Västlänken. Nulägesbeskrivningen används för analys av risker och för bedömning av anläggningens påverkan på grundvattenförhållanden.

2.5.1 Beskrivning av jordlager

Göteborgs marktopografi karakteriseras av låglänta och jordtäckta områden längs Göta älv i norr och längs Mölndalsån i öster, medan topografin i söder är kuperad och karakteriseras av höjdområden genomskurna av smala nord-sydligt orienterade jordfyllda dalsänkor. Jordartskarta för utredningsområdet visas i kapitel 3, figur 3.4.

I höjdområden i söder går berget i dagen medan berget är täckt av lera med stor mäktighet i de låglänta områdena kring vattendrag och i dalgångar. Generellt utgörs jordlagren överst av fyllning, vilken vilar på ett relativt mäktigt lager av lera. Under leran finns normalt ett lager med friktionsjord innan berget tar vid.

Historiskt har omfattande utfyllnader utförts av områden som tidigare utgjordes av sankmarker och grunda vattenområden, till exempel områdena kring Partihallarna och Gullbergsvass. Som fyllnadsmaterial användes framförallt muddermassor från älven samt olika schakt- och rivningsmassor. Under fyllningen följer en naturligt avlagrad lera, vars mäktighet varierar kraftigt.

Under leran följer vanligtvis ett lager friktionsjord med några meters mäktighet som vilar på berget. Närmast områden med berg i dagen tunnar i regel friktionslagret ut. Friktionsjorden består till stora delar av sand men även grövre material som grus, sten och block förekommer.

Jordlagrens hydrauliska egenskaper

I de ytliga fyllningslagren finns ofta möjlighet för ett övre grundvattenmagasin, som avgränsas mot djupet av täta lerlager. Eftersom fyllningsjorden är heterogen, varierar de övre magasinens utbredning, grundvattennivåer och vattenförande förmåga inom vida gränser. Generellt kan antas att de övre magasinen bildar lokala och hydrauliskt relativt isolerade magasin.

I de under lera förekommande friktionsjordlagren bildas ett undre grundvattenmagasin. Detta magasin har vanligtvis god hydraulisk kontakt med förekommande vattenförande ytberg, på så sätt att det uppkommer ett gemensamt grundvattenmagasin.

Jordlagrens hydrauliska egenskaper har undersökts genom hydraulisk testning i grundvattenrör och brunnar, samt genom insamling av jordprov som möjliggjort analys av jordlagrens vattenförande egenskaper. Utförda hydrauliska tester i borrhål omfattar pulstester, provpumpningar och infiltrationsförsök, se kapitel 2.3.4 och underlagsdokument [4].

2.5.2 Beskrivning av berggrund och svaghetszoner

Berggrundens konduktiva strukturer och hydrauliska egenskaper har tillsammans med tunnelns täthet avgörande betydelse för inläckagets storlek samt hur inflödet fördelas längs tunnelanläggningen. Inläckaget och de hydrogeologiska egenskaperna i jord och berg är i sin tur avgörande för vilken omgivningspåverkan på grundvattenmiljön som Västlänken kan ge upphov till. I kristallint berg sker grundvattenflöde i mer eller mindre öppna vattenförande sprickor och svaghetszoner, medan berget i övrigt kan betraktas som tätt.

Berggrunden är därmed mycket heterogen avseende vattengenomsläpplighet.

Sprickor förekommer med olika frekvens och riktningar beroende på hur tektoniska deformationskrafter har påverkat berggrunden. Sprickor bildas genom flera olika processer under den geologiska utvecklingen, främst genom spröd deformation av berggrunden. Svaghetszoner skapas i samband med större rörelser i berggrunden och karakteriseras av en betydligt högre sprickfrekvens än det omgivande berget, vilket inte med nödvändighet behöver medföra hög vattenförande förmåga.

Nuvarande spänningsfält i berget har tillsammans med sprickfyllnad och sprickmineral betydelse för den hydrauliska sprickvidden och därmed för sprickors och svaghetszoners vattenförande förmåga. Sprickvidd och sprickors inbördes hydrauliska kontakt styr berggrundens och svaghetszoners hydrauliska egenskaper.

De sprödtektoniska rörelserna återspeglas ofta i naturen genom att mindre uppsprucket berg utgör höjdområden, så kallade bergplintar, medan mer uppsprucket berg bildar dalsänkor mellan bergplintarna. Utsträckta sänkor som är tektoniskt betingade, associeras vanligen med svaghetszoner (sprick- och krosszoner).

Förhållandevis hög vattenförande förmåga återfinns vanligen i de ytligaste delarna av berggrunden, ett 10-tal meter under bergytan. Där kan förekomma flackt orienterade tryckavlastningssprickor samt vittrat berg, vilket tillsammans vanligen bidrar till högre vattengenomsläpplighet än i djupare liggande berg.

Bergets hydrauliska heterogeniteter innebär att storlek och fördelning av uppmätta hydrauliska parametrar är skalberoende; exempelvis är genomsnittlig konduktivitet för en bergvolym på 1 m^3 inte densamma som för 1 km^3. Vid beräkning av inläckaget till tunnelanläggningen har hänsyn tagits till skaleffekten.

Berggrundens hydrauliska egenskaper

Undersökning för bestämning av berggrundens hydrauliska egenskaper har omfattat sammanställning av äldre data samt nya fältförsök. Undersökningarna har syftat dels till att bestämma ett karakteristiskt värde på den hydrauliska konduktiviteten och dels till att bestämma förekommande svaghetszoners transmissivitet. Vid bestämning av karakteristiska konduktivitetsvärden (effektivvärde/bruttovärde) tas hänsyn till observationsskalan (det vill säga skaleffekten). Detta är nödvändigt för att karakterisera en större volym (tunnelskala) baserad på exempelvis observationer i enskilda brunnar.

För bestämning av lokala förhållanden avseende bergets hydrauliska egenskaper som anses vara av särskild betydelse för tunnelanläggningens omgivningspåverkan, har fältundersökningar i form av hydrauliska tester utförts. Svaghetszoner har identifierats från olika kartunderlag, främst SGUs berggrundskarta och genom analys av äldre tunnelkarteringar. En samlad bild av utredningsområdets svaghetszoner ges i kapitel 3.2.

Utförda hydrauliska tester i borrhål omfattar pulstester, provpumpningar och vattenförlustmätningar, se kapitel 2.3.4 och underlagsdokument [4]. Såväl transienta som stationära förhållanden har utvärderats med allmänt etablerade metoder. Manschettester har utförts för att avskilja olika delar av borrhål.

Ytterligare ett viktigt underlag för uppskattning av berggrundens hydrauliska egenskaper har varit SGUs brunnsarkiv. Vid inventering av brunnar inom utredningsområdet har identifierats drygt 1300 brunnar. Av dessa brunnar har drygt 780 använts för analys av berggrundens hydrauliska egenskaper och dess variationer.

Berggrundens hydrauliska egenskaper avseende dess vattengenomsläpplighet uttrycks i föreliggande handling av bergets hydrauliska konduktivitet (K). Det effektiva värdet för K har utvärderats statistiskt med metoder som tar hänsyn till bergets heterogenitet.

Vid hydrauliska analyser är det brukligt att beskriva den hydrauliska konduktiviteten med det geometriska medelvärdet (K_g) för att beräkna inläckage till en berganläggning (Gustafson, G., 2009; Vidstrand, P., 1999; Gustafson, G., 1986). Datamängdens spridning definieras av standardavvikelsen och som väntat minskar den med ökad mätskala. Under antagandet att man i stor skala (det vill säga tunnelskala) kan se berget som ett kontinuum med lognormalfördelad hydraulisk konduktivitet är det möjligt att skala upp observationer gjorda i brunnar till att gälla i tunnelskala. Utifrån olika teorier har ekvationer för det sannolika effektivvärdet härletts (Gustafson, G., 2009). Resultat av utförda beräkningar redovisas i kapitel 3 och i underlagsdokument [4].

Identifiering av svaghetszoner
Information om berggrunden kommer framförallt från SGU berggrundskarta och de undersökningar och inventeringar som utförts inom ramen för systemhandlingsuppdragen för Västlänken under perioden 2012-2015. Kompletteringar har utförts inom miljöprövningsskedet för Västlänken under 2015. En betydande mängd information om bergförhållanden, framförallt förekomst av svaghetszoner inom Västlänkens utredningsområde, har insamlats från äldre berganläggningar (projektering och byggande).

Genom en samlad tolkning av källmaterial har en modell tagits fram som visar större svaghetszoner och tektoniska strukturer. Resultatet av denna analys redovisas översiktligt i kapitel 3. Zonerna är sannolikt heterogena i sin form med stora interna variationer vad gäller riktning och karaktär. Dessa svaghetszoner kan ställvis vara smala och väl avgränsade, medan de ställvis kan ha betydande bredd och vara uppdelade i flera mindre system.

Klassificering av berg och svaghetszoner samt grundvattenförhållanden längs tunnelsträckningen redovisas i en analys av utförda undersökningar i berg [4].

Som en del i arbetet med detaljprojektering av Västlänkens bergtunnlar har under hösten 2015 utförts ytterligare ett 10-tal kärnborrhål med tillhörande vattenförlustmätningar. Förutom preliminära uppgifter från borrningen om förekomst av svaghetszoner ingår ingen information från dessa borrhål i föreliggande redovisning. Resultaten kommer att inarbetas som en senare komplettering.

2.6 Identifiering av riskobjekt

2.6.1 Syfte och metodik

Inventering av grundvattenberoende objekt har utförts inom utredningsområdet. Sådana objekt inom influensområdet som bedöms kunna skadas av en grundvattennivåförändring benämns riskobjekt.

För olika typer av riskobjekt har inventeringsarbetet sett olika ut och arbetsgången för var och en av risktyperna beskrivs nedan. En del av utförda inventeringar redovisas i separata dokument, se lista i kapitel 1.7, för övriga riskobjektstyper hänvisas till MKB.

De olika typerna av riskobjekt är:

- Grundvattenberoende grundläggning [1]
- Grundvattenberoende energianläggningar och brunnar [2]
- Grundvattenberoende naturvärden
- Förorenade områden [3]
- Grundvattenberoende fornlämningar

2.6.2 Grundvattenberoende grundläggning

Riskobjekten avser grundvattenberoende grundläggning för byggnader och anläggningar känsliga för grundvattenpåverkan enligt följande:

- Risk för konsolideringssättningar om grundvattentrycket i undre magasin sänks i mark där sättningsbenägen lera förekommer. Känsliga objekt är grundlagda på sådan mark och kan skadas framför allt om sättningar sker ojämnt inom enskilda objekt (differenssättning).
- Objekt anlagda med trägrundläggning (pålar och/eller rustbäddar) som kan skadas om grundvattennivån i övre magasin sjunker så att trägrundläggningen syresätts, vilket kan påskynda nedbrytningsprocesserna.

Inventeringen av grundläggning inom influensområdet har genomförts i flera steg. En första inventering gjordes under 2012 och 2013 av objekt inom ett avstånd av 150 meter från den planerade Västlänken. Kompletterande grundläggningsinventering utfördes 2014 av objekt på lera inom inre utredningsområde (i leromården enligt SGUs jordartskarta). Ytterligare inventering av samtliga

större byggnader och anläggningar inom influensområdet pågår. Underlagsmaterial för inventeringen har framförallt varit Göteborgs Stads bygglovsarkiv och Mölndals arkiv. Vidare har region- och stadsarkivet, riksarkivet och krigsarkivet undersökts. För konstbyggnader har även uppgifter i BaTMan och Trafikverkets arkiv Chaos och IDA eftersökts.

Utifrån insamlat underlag har byggnader klassats i två huvudgrupper: (1) Känslig grundläggning för grundvattensänkning i övre magasin och (2) Känslig grundläggning för grundvattensänkning i undre magasin, se tabell 2.1. Byggnader inom influensområden indelas i 12 klasser beroende på grundläggning. I de fall information saknas redovisas detta separat. Metodbeskrivning och resultat i detalj redovisas i separat underlagsdokument [1].

Inventering av fornlämningar inom influensområdet har utförts och redovisas i separat dokument och i MKB. Underlagsmaterial för denna inventering har bland annat varit tidigare utredningar inom projektet, material från Riksantikvarieämbetet och platsbesök inom influensområdet. Se vidare kapitel 2.6.6

2.6.3 Grundvattenberoende energianläggningar och brunnar

Grundvattennivåsänkning i berg kan påverka energianläggningars kapacitet genom minskad möjlighet till energiutbyte.

Inventering av energianläggningar har utförts genom eftersökning i SGUs brunnsarkiv, kommunala register och i enstaka fall genom kontakt med enskilda fastighetsägare. Uthämtad data innefattar i huvudsak anläggningar och brunnar fram till 2015.

SGUs brunnsarkiv innehåller information från borrprotokoll; främst uppgifter om djup till berg, brunnsdiameter, borrdjup och bedömd uttagskapacitet. De kommunala registren från Göteborgs stad innehåller information från ansökningshandlingar för borrtillstånd. Registren innehåller information om brunnars planerade lägen, djup och ibland lutning. Informationen från brunnsarkivet och kommunerna överlappar delvis och är inte alltid samstämmig; framför allt avseende antal brunnar tillhörande en energianläggning.

Nya energianläggningar byggs fortlöpande i området och antalet förväntas öka stadigt. Eftersökningar i register och andra uppföljningar kommer att fortgå under projektets planerings- och anläggningsskeden.

Tabell 2.1 *Klassning av grundvattenberoende grundläggningskategori avseende känslighet för grundvattennivåsänkning i övre respektive undre magasin.*

Grundläggningskategori	Övre magasin	Undre magasin
Murar och/eller plintar till fast botten	Nej	Nej
Murar och/eller plintar på berg	Nej	Nej
Träpålar med/utan rustbädd	Ja	Ja
Murar och/eller plintar på lera	Nej	Ja
Murar och/eller plintar med rustbädd på lera	Ja	Ja
Rustbädd	Ja	Ja
Platta på mark	Nej	Ja
Kohesionspålar/friktionspålar av betong och/eller stål eller betongpåle med underpåle av trä	Nej	Ja
Spetsbärande pålar av betong och/eller stål	Nej	Nej
Grundförstärkning med stål- eller betongpålar	Nej	Nej
Grundförstärkning genom pågjutning med betong på träpålar	Nej	Ja
Grundförstärkning annan	Eventuellt	Eventuellt
Saknas uppgifter	Ja	Ja

Utöver energibrunnar finns inom utredningsområdet ett mindre antal brunnar där annan användning har registrerats (exempelvis vattenuttag). Vidare finns brunnar där det av registren inte framgår användningsområde. Genom kompletterande inventering kommer dessa oklarheter att utredas.

Inventerade grundvattenberoende energianläggningar och brunnar i berg är sammanställda i underlagsdokument [2].

2.6.4 Grundvattenberoende naturvärden

Inom influensområdet förekommer ett flertal olika typer av särskilt skyddsvärda naturvärden, vilka utgör riskobjekt. Förändringar i grundvattennivån kan i vissa geologiska och hydrogeologiska miljöer minska tillgången på växttillgängligt vatten i rotzonen och därmed försämra livsbetingelserna för grundvattenberoende naturvärden.

Undre grundvattenmagasin i jord bedöms vara de magasin som i första hand riskerar att påverkas från sänkta grundvattennivåer i berg. Dessa undre magasin i jord kan stå i direkt kontakt med växttillgängligt vatten endast där täckande lerlager saknas och där grundvattennivåerna är ytliga. De områden där detta förekommer är framför allt i grundvattenmagasinens randzoner (se figur 2.12 samt kapitel 2.7.3) vid gräns mot berg- och moränområden. Randzonernas utbredning har beräknats inom influensområdet baserat på information från Hydromodellen. Grundvattenberoende naturvärden kan även förekomma i direkt anslutning till öppna schakt i jord där övre grundvattenmagasin kan påverkas.

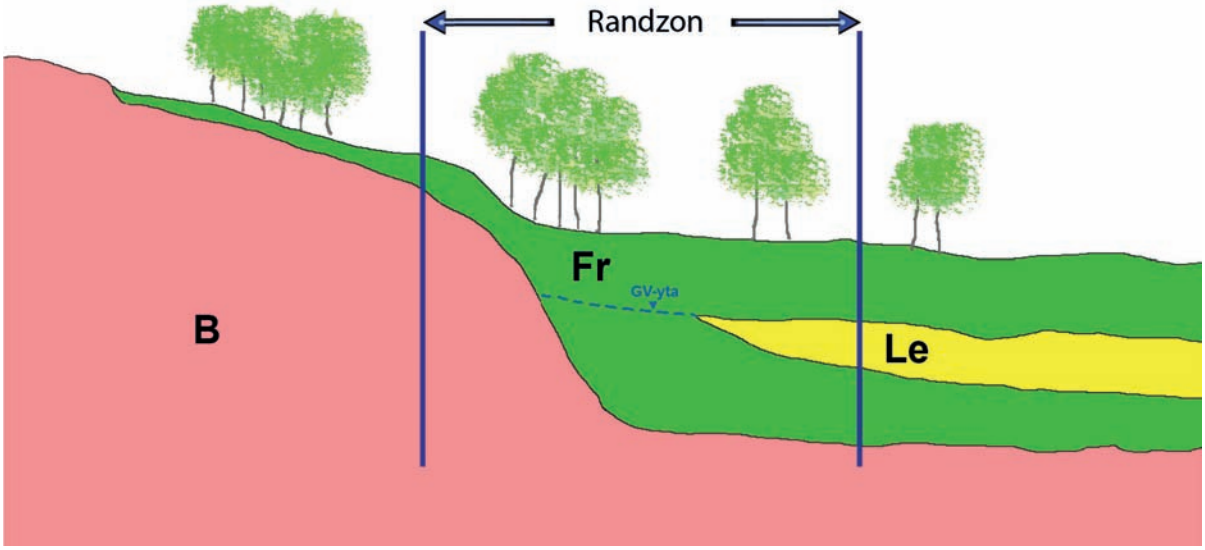
Inventerade naturvärden redovisas i MKB och utgörs av Kulturhistoriska värdefulla parker, Terrestra naturvärden och Rekreativa miljöer.

2.6.5 Förorenade områden

Förändrade grundvattenförhållanden riskerar att förändra strömningsmönster i jord och berg vilket kan leda till ökad mobilisering av föroreningar i grundvatten. Inventering av verksamheter som kan medföra förorenad mark har huvudsakligen utförts inom influensområdet. Nedan följer en översiktlig beskrivning av identifierade riskobjekt. För en detaljerad beskrivning se underlagsdokument [3].

Inventering har utförts hos en rad myndigheter och organisationer:

- Göteborgs Stads verksamhetsregister över miljöfarlig verksamhet
- Länsstyrelsens verksamhetsregister, Miljöreda



Figur 2.12 *Randzon där växtlighet kan stå i direkt kontakt med grundvatten i undre magasin. B= berg, Fr= friktionsjord och Le= lera. Blå streckad linje visar grundvattennivån i undre magasin i jord. Randzonens position visas i figuren.*

- Tillståndspliktig miljöfarlig verksamhet (Länsstyrelsen Västra Götaland)
- Mölndals stad verksamhetsregister över miljöfarliga verksamheter
- Länsstyrelsens EBH-register
- Objekt identifierade i projektets tidigare skede

I underlagsdokument [3] har en utvärdering av verksamheterna utförts med avseende på verksamhetstyp, omfattning, föroreningens/föroreningarnas farlighet och dess mobilitet i vattenfas. Verksamheter som har hanterat särskilt farliga ämnen i betydande omfattning och/eller där en myndighet gjort bedömningen att det föreligger stor risk vid föroreningsspridning, har klassificerats som objekt med förhöjd risk vid spridning. Verksamheter där en dokumenterad efterbehandling utförts eller där verksamheterna helt försvunnit på grund av byggnation har utgått.

I slutbedömningen av risk har en hydrogeologisk bedömning av de riskklassade objekten gjorts utifrån kännedom om geologi och hydrogeologi vid de enskilda verksamheterna. Områden där det har bedömts finnas risk för effekter som skulle kunna ge upphov till skadliga konsekvenser är lokaliserade till randzonen vid övergången mellan leromåde och berg.

2.6.6 Grundvattenberoende fornlämningar

Sänkta grundvattennivåer i övre magasin kan medföra att organiskt material utsätts för syre vilket kan påskynda den naturliga nedbrytningen. Det förekommer ett begränsat antal identifierade fornlämningar inom det inre utredningsområdet, där dock hela området inom Vallgraven och delar av angränsande ytor utgör en enhetlig fornlämning.

Det råder förhållandevis stor osäkerhet när det gäller detaljer om förekomst och karaktär av fornlämningar inom det inre utredningsområdet. Det har därför i föreliggande PM antagits att det förekommer skyddsvärda lämningar inom samtliga fornlämningar som identifierats.

Ett flertal naturliga och av människan skapade processer har inneburit att fornlämningar som tidigare låg under grundvattenytan idag ligger över densamma. Exempel på detta är landhöjning och byggande i mark, där anläggande av ledningar och ledningsgravar är det som till övervägande del skapat sänkta grundvattennivåer i mark. Det kan förutsättas att stora arealer med fornlämningar helt eller delvis ligger över grundvattenytan i övre magasin.

I de fall uppgifter om fornlämningens överyta saknas har antagits att den ligger i nivå med lerans överkant, det vill säga utfyllnadslagrens underkant.

2.7 Analyser

En rad analyser har utförts för att identifiera riskobjekt inom influensområdet som kan vara särskilt utsatta vid en grundvattennivåförändring. Flera av dessa analyser har utförts genom att använda framtagen Hydromodell, där följande urvalskriterier har använts:

- Grundvattenberoende grundläggning undre grundvattenmagasin: Förekomst av områden med sättningsbenägen lera, där lera under grundvattennivån bedöms vara sättningsbenägen.
- Grundvattenberoende naturvärden: Områden där grundvattennivåsänkning i undre magasin kan ge upphov till grundvattennivåsänkning i övre magasin och därmed en minskning av växttillgängligt vatten i rotzon. Känsliga områden är främst randzoner vid gräns mellan leromården och höga bergnivåer, se definition i kapitel 2.7.3. Känsliga områden kan även finnas i direkt anslutning till öppna schakt.
- Förorenad områden: Områden där grundvattennivåsänkning i undre magasin kan ge upphov till grundvattennivåsänkning i övre magasin och därmed mobilisering av förorening eller ändrad strömningsriktning av förorenat vatten. Känsliga områden är randzoner vid gräns mellan leromården och höga bergnivåer, se definition i kapitel 2.7.3. Förekommande föroreningar inom schakt omhändertas inom ramen för entreprenaderna.
- Grundvattenberoende fornlämningar: Område där grundvattensänkning i övre magasin kan ge upphov till skadliga effekter på organiskt material.

I följande kapitel 2.7.1 - 2.7.3 utvecklas detta analysarbete och underliggande processer. I kapitel

2.7.4 behandlas analys av påverkan från befintliga grundvattenpåverkande anläggningar.

2.7.1 Lokalisering av sättningsbenägna leområden

Marksättning till följd av grundvattensänkning kan uppstå i lera i de fall leran är sättningsbenägen. Endast lera som ligger under grundvattnets trycknivå (i undre grundvattenmagasin i jord) bedöms som sättningsbenägen till följd av grundvattensänkning. Inom utredningsområdet pågår marksättningar till följd av tidigare grundvattenpåverkan, uppfyllningar och nedbrytning av organiskt material.

Förekomst och mäktighet av sättningsbenägen lera har analyserats med hjälp av Hydromodellen. Analysen ger en bild av de områden som bedöms ha lerförekomster under grundvattenytan, det vill säga där en grundvattennivåsänkning kan ge portrycksminskning och efterföljande konsolideringssättningar. Hydromodellen används för att studera sättningsbenägna områdens utbredning beroende på vilken grad av säkerhet som eftersträvas vid riskanalysen.

En alternativ analys av förekomst av sättningsbenägen lera har gjorts utgående från geologiska kartor som visar förekomst av lera; den byggnadsgeologiska kartan för Göteborgs stad, SGUs kvartärgeologiska karta samt en kompletterande hydrogeologisk fältkartering inom delar av utredningsområdet.

Utgående från dessa underlag har en sammanvägd analys gjorts för att identifiera sättningsbenägna områden och risken för negativa effekter på grundvattenberoende grundläggning. Fördelen med att ha flera underlag i detta fall är att de kan jämföras inbördes och möjliggöra rimliga avvägningar och riskbedömningar. Områden som bedömts som potentiellt sättningskänsliga har sammanställts och redovisas i kapitel 8.

Detaljerade sättningsberäkningar har utförts i undersökningspunkter utgående från platsspecifika uppgifter om jordprofil och lerans kompressionsegenskaper, vilket redovisas i underlagsdokument [7]. Beräkningar har gjorts för olika antagna grundvattensänkningar för olika tider. I föreliggande PM redovisas var det förekommer grundvattenberoende grundläggning inom sättningsbenägna områden (se kapitel 8.2).

2.7.2 Lokalisering av trägrund och kulturlager över grundvattenyta

Trägrundläggning och övrigt organiskt material förekommer lokalt inom influensområdet, exempelvis träpålar och trärustbädd som grundläggning av befintliga byggnader och anläggningar, rester av trägrundläggning av tidigare befästningsverk (stenmurar i huvudsak nedmonterade i början av 1800-talet) samt olika typer av kulturlager (inom stora delar av centrala Göteborg). Det organiska materialet är känsligt för kontakt med syre vilket medför nedbrytning genom rötningsprocesser. Av betydelse för dessa processer är om det organiska materialet är täckt av vatten eller inte, det vill säga vattenytan i övre grundvattenmagasin i jord.

Befintlig bebyggelse och i hög grad olika typer av ledningar, har tillsammans med landhöjning medfört sänkta vattennivåer i övre grundvattenmagasin i jord. Det kan förutsättas att vattenytan i övre grundvattenmagasin lokalt är avsänkt och att olika trägrundläggningar och organiskt material är exponerat för syre. Eftersom de övre jordlagren (fyllningsjord) är heterogent uppbyggda, där övre grundvatten ofta förekommer i till utbredningen begränsade magasin, utgör övre grundvattenmagasin snarare ett stort antal lokala magasin än ett heltäckande kommunikativt grundvattenmagasin.

Inom delar av influensområdet finns ett omfattande nät av observationspunkter i övre grundvattenmagasin, företrädesvis centralt i anslutning till Götatunneln (inom Vallgraven). Här har det inom delar av området varit möjligt skapa en tolkad vattenyta i övre grundvattenmagasin. Komplettering av observationsnätet med grundvattenrör i övre grundvattenmagasin pågår.

En analys av grundvattennivåer i övre magasin och grundvattenberoende fornlämningar inom Vallgraven återfinns i kapitel 8.6.

2.7.3 Lokalisering av randzoner

Utbredning av randzoner har använts för att identifiera grundvattenberoende naturvärden och förorenade områden som eventuellt kan påverkas av en grundvattennivåförändring. Randzoner förekommer längs övergången mellan leområden och områden med höga bergnivåer (berg i dagen eller områden med tunna jordar på berg), se figur 2.12. Inom randzoner antas att grundvattennivåpåverkan i undre magasin i jord kan ge upphov till hydrauliska förändringar i ytliga marklager.

Utbredning av randzoner har använts vid analys av effekter när det gäller risker för grundvattenberoende naturvärden och förorenad områden.

2.7.4 Analys av tidigare och pågående grundvattenpåverkan

Analys av tidigare och pågående grundvattenpåverkan har genomförts. Exempel är från olika typer av ledningstunnlar, Chalmerstunneln, Götatunneln, Gårdatunneln med Lisebergs station, djupa grundläggningar, grundvattenpumpningar, dräneringar och infiltrationsanläggningar. Påverkan från hemliga och sekretessbelagda tunnlar har även inarbetats i genomförda analyser, vilket dock inte redogörs för i text och bild.

Uppgifter från befintliga vattendomar och miljödomar har inarbetats i analyser av rådande förhållanden. Vidare har hänsyn tagits till dessa domar vid analys av effekter samt vid framtagande av förslag till kontrollprogram och planerade skyddsåtgärder. Observationer av tidigare och pågående påverkan redovisas översiktligt i kapitel 4 till kapitel 6.

2.8 Beräkningar och prognoser

För att bedöma Västlänkens påverkan på grundvattenförhållandena har olika beräkningar utförts med följande inriktning:

- Inläckage av grundvatten till anläggningen (samt behov av tätningsinsatser och skyddsinfiltration).
- Område inom vilket grundvattennivåpåverkan kan uppkomma.
- Grundvattennivåsänkning i jord och berg.

Beräkningarna bygger på hydrogeologiska konceptualiseringar, alltså förenklade modeller av de hydrogeologiska förhållandena i anläggningens omgivningar. De konceptuella modellerna baseras i sin tur på analyser utförda enligt kapitel 2.4.

Västlänken kommer att byggas i vitt skilda hydrogeologiska miljöer, från täta till permeabla jordar och berg. Olika miljöer kräver olika beräkningsmodeller, vilka måste anpassas till dataunderlagets omfattning och kvalitet. Såväl analytiska som numeriska modeller har använts. Osäkerheter i data samt variationer i parametrars fördelning har studerats genom stokastisk modellering.

Vid val av beräkningsstrategi och vid analys av beräkningsresultat har utgåtts från att det inte finns modeller som ger ”korrekta” resultat. Det fundamentala konceptet när det gäller beräkningsstrategin är att beräkningarna ska vara robusta, det vill säga att det ska finnas stöd för att resultaten ger rimliga approximationer. För att uppnå denna målsättning har flera oberoende modeller och beräkningsverktyg använts. Om dessa var för sig ger likvärdiga resultat finns skäl att anta att resultaten är representativa för de problemställningar som avses.

2.8.1 Inläckage

Vid beräkning av inläckage till Västlänken är anläggningens djup under mark- och grundvattenytan, dimensioner och täthet styrande anläggningsrelaterade faktorer. Medan djup och dimensioner i princip är låsta utifrån anläggningens funktion, byggmetoder och anpassningar till andra anläggningar, är tätheten en parameter som beror på jordlagrens och berggrundens hydrauliska egenskaper samt valda täthetskrav. Utöver de anläggningsrelaterade faktorerna har berggrundens och jordlagrens hydrogeologiska egenskaper och tillgången på grundvatten stor betydelse för inläckagets storlek och fördelning i tid och rum. Beräkningar görs med metoder och parameterdata som ger konservativa resultat samt tar hänsyn till osäkerheter på så sätt att faktiskt inläckage med stor sannolikhet blir lägre än vad som framräknats.

Berggrundens och jordlagrens hydrauliska egenskaper har utretts genom sammanställning av inläckage till äldre tunnlar samt genom analys av data från ett mycket stort antal undersökningspunkter.

När det gäller beräkning av inläckage till Västlänkens anläggningsdelar i berg har de hydrauliska egenskaperna varierats i syfte att studera inläckagets variation beroende på bergförhållanden. Genom att använda stokastisk modellering har variationer i berggrundens hydrauliska egenskaper och tunneltäthet analyserats systematiskt.

För schakter i jord har inläckaget inte specifikt beräknats, utan istället har avsänkningen varierats för att därigenom studera vilken påverkan som skull kunna uppkomma. Som underlag för bedömning av grundvattensänkningar i undre magasin i jord har provpumpningar utförts.

En parameter som är svår att bestämma kvantitativt är tillgången på grundvatten i berg och jord och hur tillgången förändras till följd av att

anläggningen byggs. De modeller som bäst lämpar sig för denna typ av analyser är numeriska modeller vilka hanterar hydrauliska kopplingar mellan grundvattennivåsänkning och ökad grundvattenbildning (vattenomsättning) till jord och berg.

Även skyddsinfiltration kan ge upphov till ökad grundvattenbildning. Behovet att beakta skyddsinfiltration vid bedömning av inläckaget är uppenbar, eftersom infiltration påverkar vattenbalansen och lokalt kan ge höjda grundvattennivåer. Den del av det totala inläckaget i Västlänken som utgörs av infiltrationsvatten bedöms inte ha någon uppenbar skadlig grundvattenpåverkande effekt. I föreliggande PM betraktas infiltrationsvatten som läcker in i anläggningen som grundvatten.

Beräkningsmodeller

Följande modelltyper har använts:

Stokastisk modellering har använts för att studera hur inläckaget till bergtunnlar varierar beroende av tunneltäthet och bergets hydrauliska egenskaper. Beräkningsresultatet har använts för bedömning av inläckage i olika bergtunnelavsnitt för olika grad av konservatism.

Numeriska modeller har använts för komplexa geometrier för att studera inläckage beroende på lokala hydrogeologiska förhållanden. Modellerna har bland annat använts för att studera omgivningspåverkan vid varierande anläggningstäthet.

För att få kvantitativa mått på inläckage och grundvattennivåförändringar har följande modelleringar utförts:

- Numerisk 3-dimensionell grundvattenmodell för Station Haga med omgivning.
- Numerisk 3-dimensionell grundvattenmodell för Station Korsvägen med omgivning.
- Numerisk 3-dimensionell grundvattenmodell för schakten vid Almedal med omgivning.
- Numerisk tvärsnitts-/grundvattenmodell för dalsänkan längs Gibraltargatan ner mot Vallgraven
- Stokastisk-analytisk modellering av inläckage i bergtunnel.

Beräkningar redovisas i underlagsdokument [9]. Baserat på beräkningsresultat, platsspecifika hydrogeologiska förhållanden och egenskaper samt erfarenheter från andra liknande anläggningar, görs bedömning av troligt inläckage. Hänsyn tas även till anläggningens komplexitet. Bedömt inläckage redovisas i kapitel 7.

2.8.2 Influensområde

Influensområdets utbredning är väl tilltaget så att ingen förändring av grundvattennivån uppkommer utanför området vid något skede eller tidpunkt. För att uppnå denna målsättning har rimligt konservativa tillvägagångssätt använts.

För de beräkningar som gjort i PM Hydrogeologi har antagits att influensområdet definieras av en teoretisk avsänkning på 0,3 meter i jord och 1,0 meter i berg (på anläggningsnivå). Med de konservativa modellresultat som erhålls säkerställs därmed att ingen grundvattenpåverkan uppkommer utanför angivet influensområde.

Det är en rad faktorer som har betydelse för influensområdets utbredning, såsom exempelvis:

- Inläckage i anläggningen
- Vattenbalans i området
- Berggrundens och jordlagrens hydrauliska egenskaper
- Hydrauliska ränder
- Topografi och anläggningens djup under grundvattenyta

Den sammanvägda bedömningen av influensområdets utbredning baseras på beräkningar och erfarenheter från tidigare projekt. I princip har nedanstående fem angreppssätt använts:

1. **Hydrauliska ränder** har antagits begränsa influensområdets utbredning, till exempel positiva hydrauliska gränser såsom Göta älvs dalgång och negativa hydrauliska ränder vid magasinsgränser.
2. **Befintliga tunnlar** kan i vissa lägen antas begränsa influensområdets utbredning.
3. **Erfarenheter** av influensområdets utbredning finns från ett flertal tunnlar i liknande hydrogeologiska förutsättningar som för Västlänken, exempelvis Götatunneln och Chalmerstunneln. Anpassning har gjorts till tunnelanläggningens förhållandevis djupa profilläge.
4. **Vattenbalansmetoden** bygger på flödesbalans mellan inläckage och grundvattenbildning inom ett influensområde. Metoden

bygger på principen att inläckaget till en undermarksanläggning efter lång tid motsvaras av grundvattenbildningen inom aktuellt influensområde. Används ett konservativt lågt värde på grundvattenbildningen överskattas sannolikt influensområdes storlek. Det motsatta gäller om man överskattar grundvattenbildningen. Vid värdering av influensområdets utbredning har hänsyn tagits till lokala förutsättningar såsom topografi, förekomst av vattenförande svaghetszoner med mera.

5. **Numerisk grundvattenmodellering** har använts i områden med komplexa geometrier. Vid dessa modelleringar har stor vikt lagts på att anpassa till vattenbalanser, hydrauliska gränser, grundvattennivåer och de hydrogeologiska systemens funktioner (till exempel flödesmönster).

I tillägg till dessa teoretiska analyser har data från provpumpningar utgjort underlag.

2.8.3 Beräkning av grundvattennivåsänkning

Beräkningar av grundvattennivåsänkningar har utförts lokalt inom influensområdet för att analysera påverkan och effekter vid grundvattenberoende objekt. Beräkningar har utförts med olika modeller anpassade till olika hydrogeologiska miljöer samt olika beräkningsmål.

Följande modellberäkningar har utförts:

- Numeriska tre-dimensionella grundvattenmodeller för Station Haga, Station Korsvägen och schakt vid Almedal med angränsande anläggningsdelar. Syftet med modellerna är att studera grundvattennivåpåverkan i jord och berg för olika tätheter och dränerande nivåer.
- Numerisk tvärsnitts-/grundvattenmodell längs Gibraltargatan. Syftet med modellen är att för olika tunneltätheter studera inläckage i bergtunnel, grundvattennivåpåverkan i berg samt anläggningens påverkan på grundvattenbildning och grundvattenflöden. Modellområdet är valt så att resultatet kan användas för olika bergtunnelavsnitt.
- Stokastisk - analytisk modellering av inläckage för olika bergtunnelavsnitt tillsammans med vattenbalansanalys.

I kapitel 7 redovisas översiktligt resultaten av utförda beräkningar. För detaljer hänvisas till underlagsdokument [9].

2.8.4 Bedömt behov av skyddsåtgärder

Skyddsinfiltration är en planerad metod för att begränsa grundvattennivåsänkning och därmed risken för att skadliga effekter ska uppstå vid olika riskobjekt, se vidare kapitel 9. Behovet av skyddsinfiltration, både avseende vilka områden som är aktuella samt vilka infiltrationsflöden som är nödvändiga, bygger på en rad hydrauliska förhållanden samt grundvattenberoende objekts känslighet.

De största infiltrationsinsatserna planeras att genomföras i områden med sättningsbenägen lera och i områden där grundvattenberoende grundläggningar förekommer. Skyddsinfiltration kan även bli aktuell vid andra typer av riskobjekt.

Baserat på jordlagrens och berggrundens vattenförande egenskaper bedöms möjligheterna till skyddsinfiltration som generellt god. Det finns ett flertal infiltrationsanläggningar som visar att det med ökad grundvattenmängd går att höja grundvattennivåerna så att risken för grundvattennivåberoende skador undviks eller kraftigt reduceras. Ytterligare arbeten kommer att göras för att säkerställa tillräcklig infiltrationskapacitet.

För grundvattenberoende naturvärden där det växttillgängliga vattnet i rotzon kan påverkas är bevattning lämplig skyddsåtgärd.

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

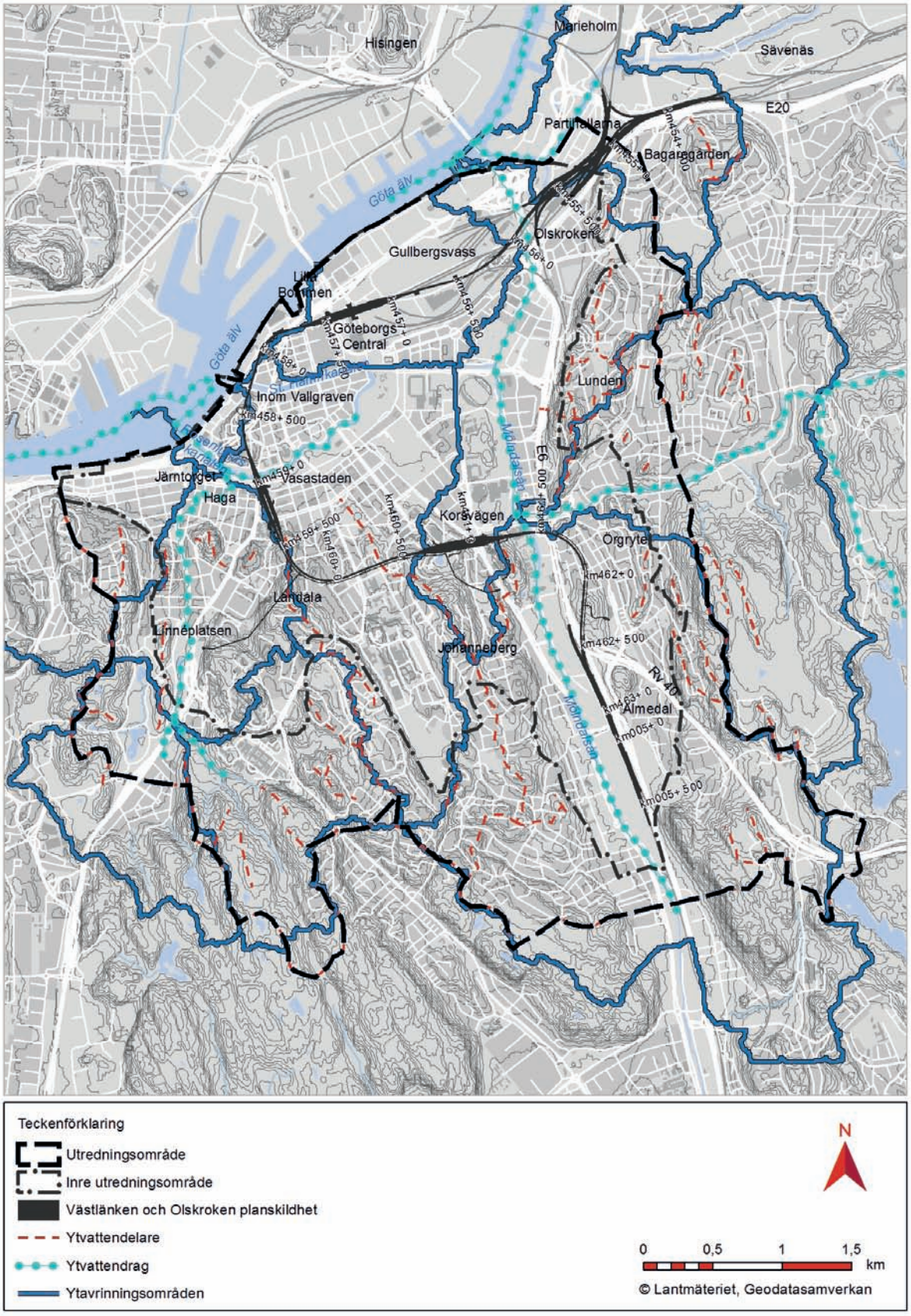
Huvudområdena är i sin tur indelade i ett antal delområden (figur 2.2) för att strukturera utredningsarbetet samt för att underlätta områdesbeskrivningarna. Delområdena innehåller ett eller flera avrinningsområden som i sin tur innehåller ett eller flera grundvattenmagasin i jord.

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 Fattighusån 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 Djupedalsbäcken 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 förskiffing (foliation) stryker generellt i nordväst-sydöstlig till nordöst-sydvästlig riktning och stupar medelbrant mot väster.

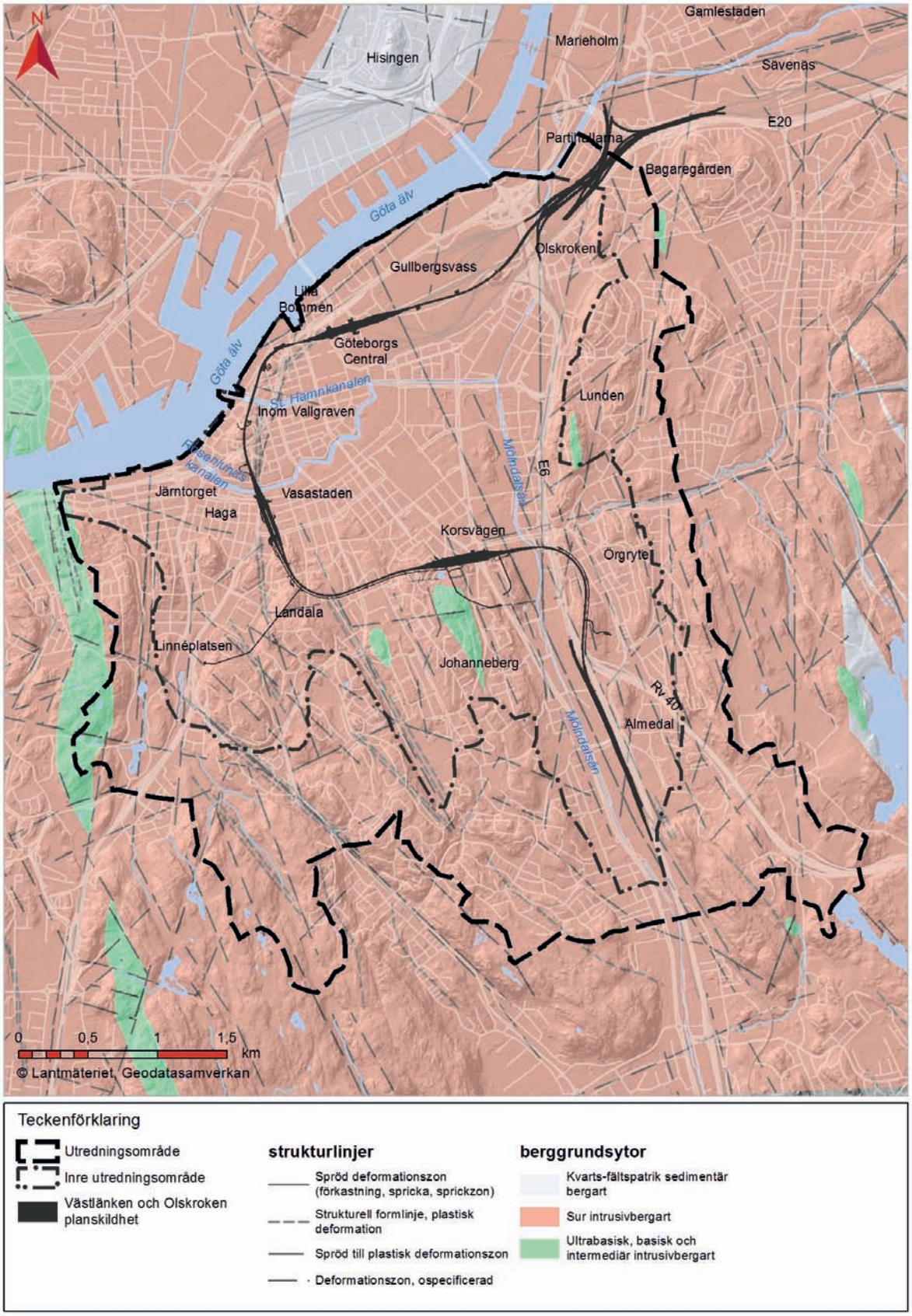
SGU berggrundskarta över utredningsområdet visas i figur 3.2. På kartan visas även olika typer av deformationszoner enligt SGU.

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.

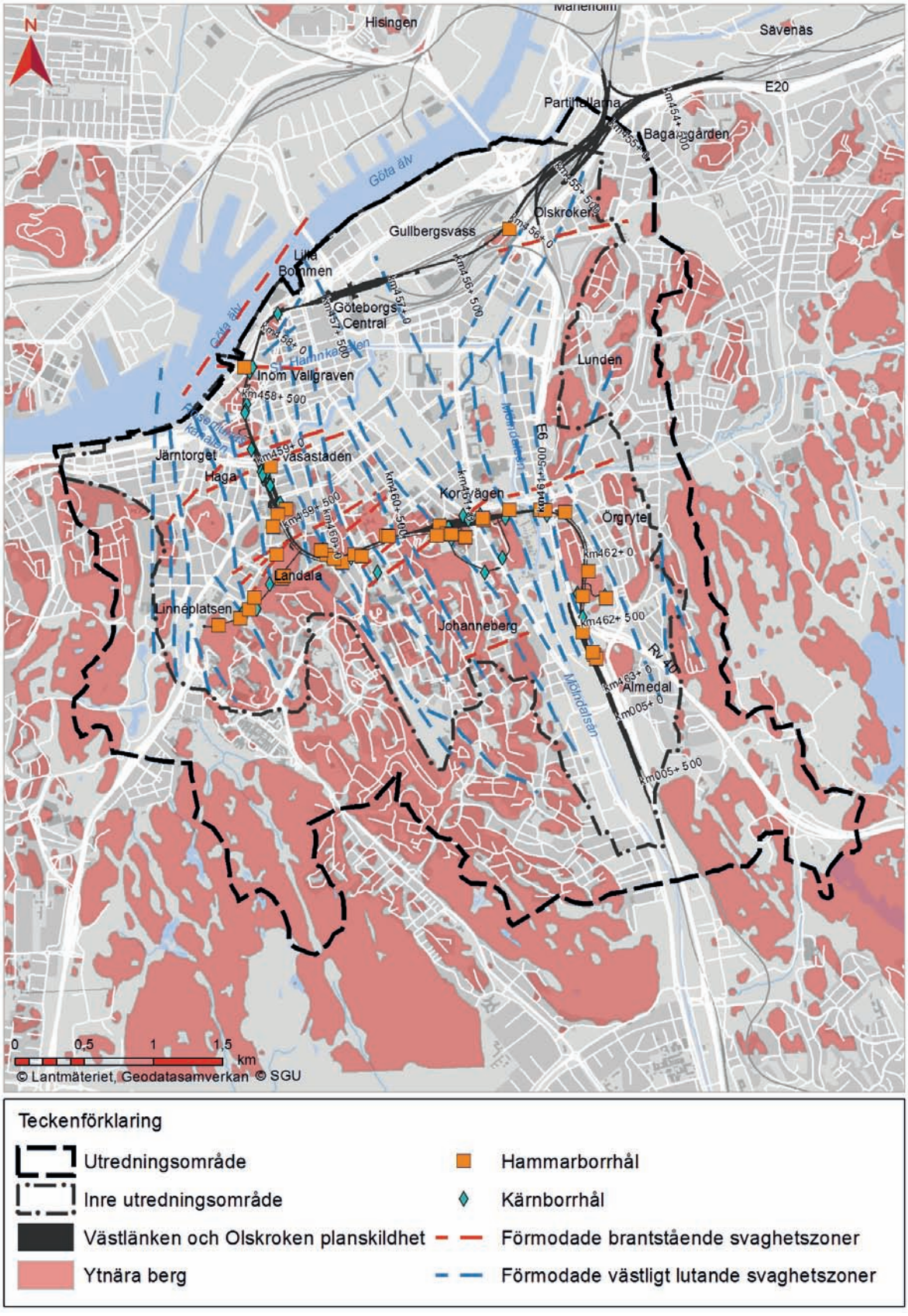
Dominerande tektoniska strukturer inom området utgörs av uthålliga överskjutningszoner med riktningar runt nord-syd, figur 3.3. Dessa zoner stupar ofta medelbrant mot väster. Utöver överskjutningszonerna förekommer brantstående skjuvzoner av varierande storlek med riktningar huvudsakligen inom intervall 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 borrning 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 bergtopografi. Marknivåskillnaden mellan de lågt och högre liggande områdena är ungefär 40-50 meter.

Vid Göta älv är jordlagermäktigheten betydande, medan det i områden med höga bergnivåer i huvudsak finns hällmark 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 finkornig 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].

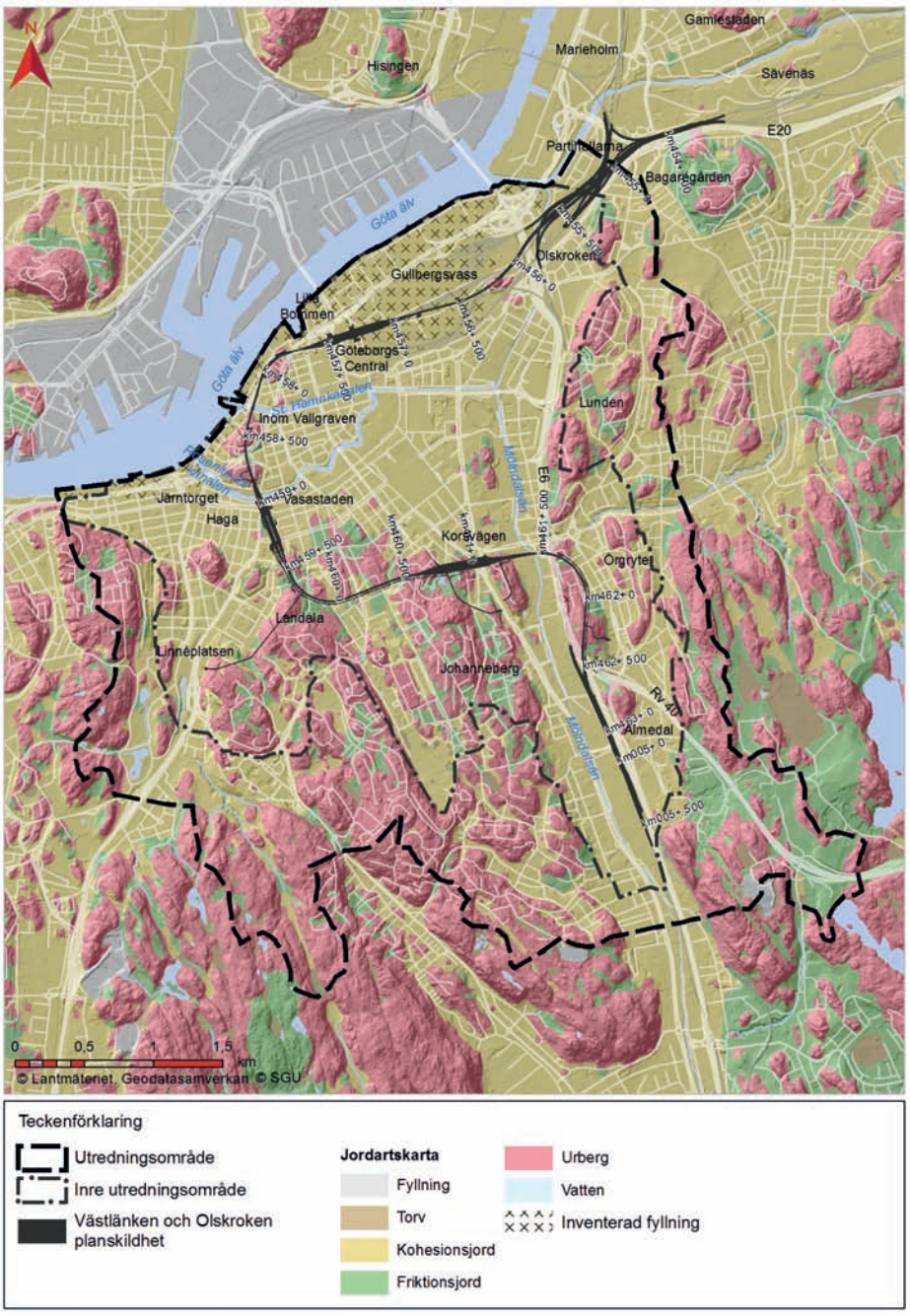
Fyllningen har normalt en mäktighet av cirka 1 till 3 meter, men lokalt kring Station Centralen, vid Lilla Bommen, Packhuskajen, Rosenlundskanalen och Linnégatan uppgår den till cirka 5 till 7 meter.

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.

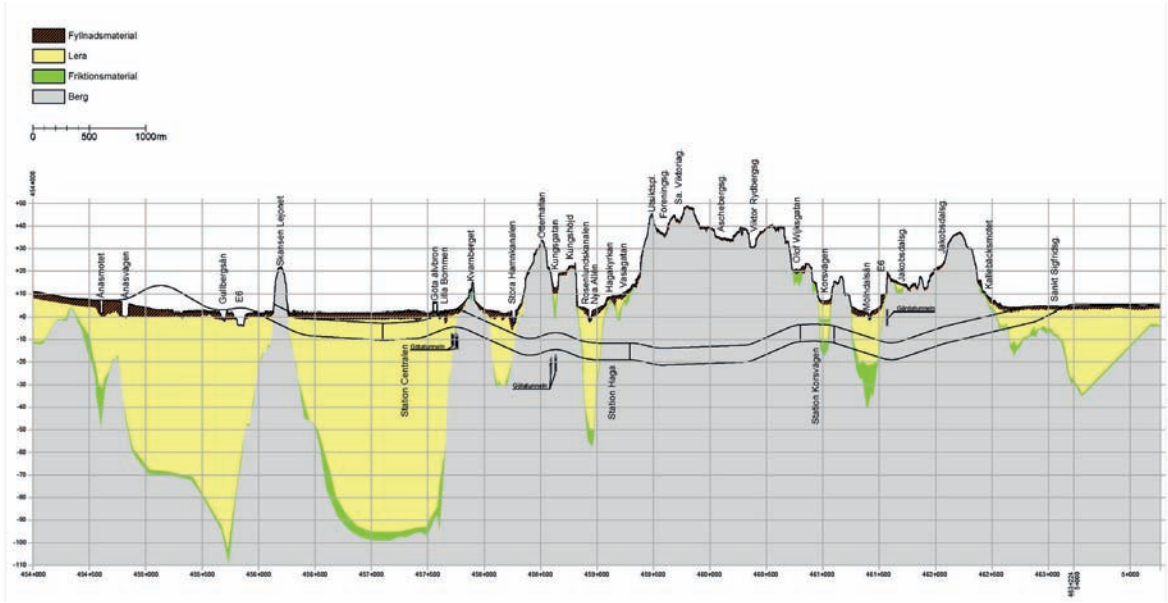


Figur 3.4 *Kvartärgeologisk karta med område med berg i dagen eller berg med tunna jordlager. Kartan har tagits fram inom ramen för Västlänken, och bygger på SGUs kvartärgeologiska karta, SBKs karta över Göteborg samt kompletterande fältkartering.*

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.

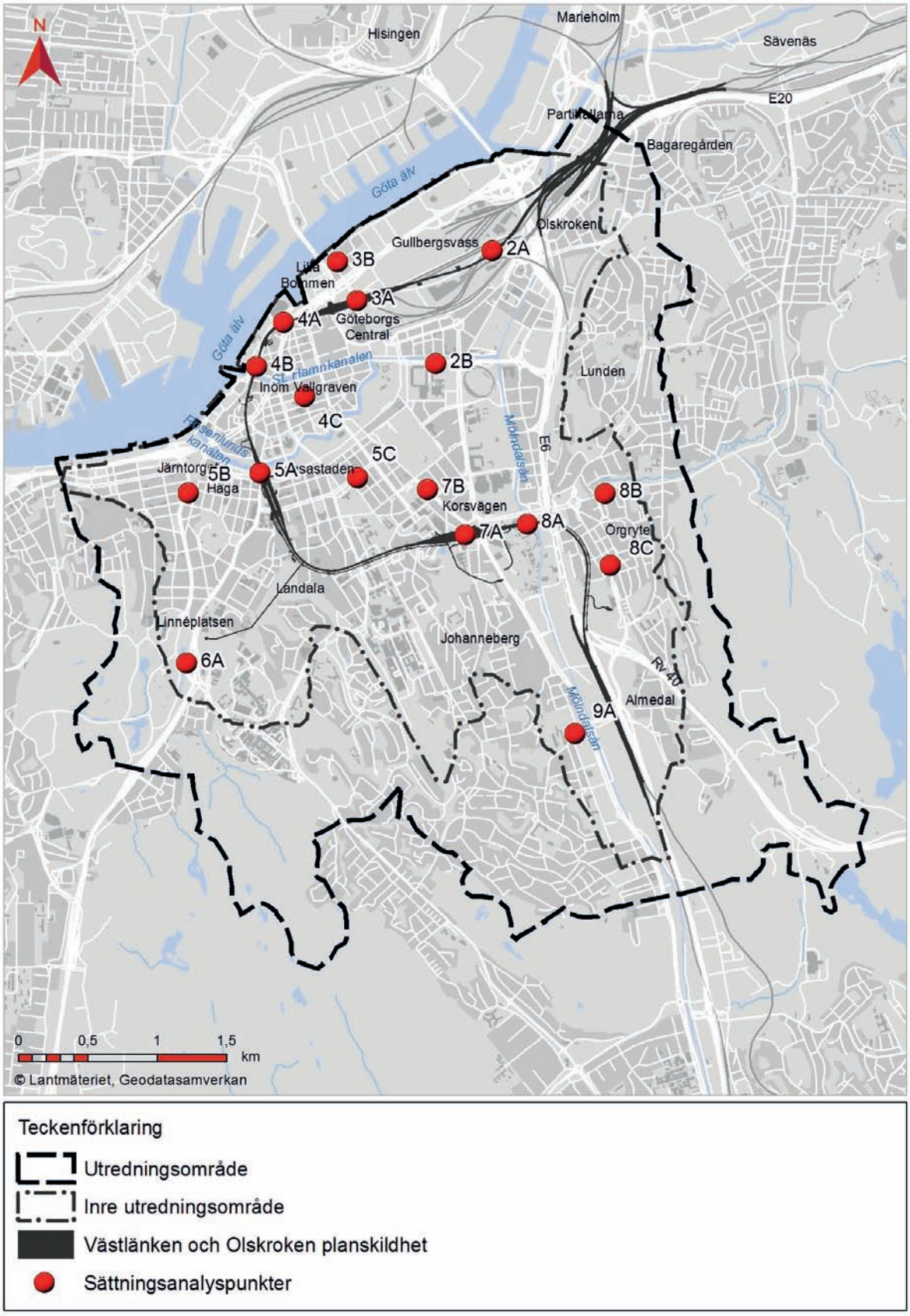
3.4 Sättningar i lera

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 (kvicklera) 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 leromräden längs Västlänkens sträckning samt bedömning av dominerande sättningsdrivande orsak.*

Område	Sättnings-hastighet	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 befästningsverk. 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/Mölndalsån) 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 grundvattennivåsänkning 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 2 m 4 m	20 m 20 m 20 m	<1 cm 1 cm 2 cm	<1 cm 1,5 cm 2,5 cm	<1 cm 1,5 cm <2,5 cm
Station Centralen (3A)	1 m 2 m 4 m	60 m 60 m 60 m	<1 cm <1 cm 1 cm	<1 cm 1 cm 2,5 cm	1 cm <2 cm 3 cm
Gullbergsvass (3B)	1 m 2 m 4 m	60 m 60 m 60 m	1 cm 2 cm 4 cm	1,5 cm 4 cm 9 cm	2,5 cm+ 6 cm+ 12 cm+
Lilla Bommen/Inom Vallgraven (4A/4C)	1 m 2 m 4 m	60 m 60 m 60 m	<1 cm <1 cm 1,5 cm	<1 cm <1 cm 2 cm	<1 cm 2,5 cm 2-3 cm
Packhusplatsen (4B)	1 m 2 m 4 m	20 m 20 m 20 m	<1 cm <1 cm 4 cm	<1 cm 1 cm 7,5 cm	<1 cm 1 cm 9 cm+
Rosenlund/Haga (5A)	1 m 2 m 4 m 4 m	20 m 20 m 20 m 40 m	<1 cm 1 cm 2 cm 3 cm	1 cm 1,5 cm 3 cm 7 cm	1 cm 1,5 cm 3 cm 8 cm+
Järntorget/Haga (5B/5C)	1 m 2 m 4 m	20 m 20 m 20 m	<1 cm <1 cm 1-2 cm	1 cm 1 cm 2-3 cm	1 cm 1,5 cm 3-4 cm+
Annedal (6A)	1 m 2 m 4 m	20 m 20 m 20 m	1 cm 2,5 cm 4,5 cm	2 cm 5 cm 10 cm	2,5 cm 6 cm+ 12 cm+
Korsvägen (7A)	1 m 2 m 4 m	20 m 20 m 20 m	<1 cm 2 cm 5 cm	1 cm 2,5 cm 10 cm	1 cm 3 cm 12 cm+
Mölndalsån (8A)	1 m 2 m 4 m	20 m 20 m 20 m	3 cm 7 cm 13 cm	8 cm 17 cm 33 cm	10 cm+ 22 cm+ 43 cm+
St Sigfrids plan/Skår (8B/8C)	2 m 4 m	10 m 10 m	<1 cm 1,5 cm	1 cm 2 cm	1 cm 2 cm
Mölndalsvägen (9A)	1 m 2 m 4 m	20 m 20 m 20 m	2 cm 4 cm 9 cm	3 cm 8 cm 20 cm	3 cm 10 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 ytavrinningen 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, länshållna 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 brunnsarkiv) 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

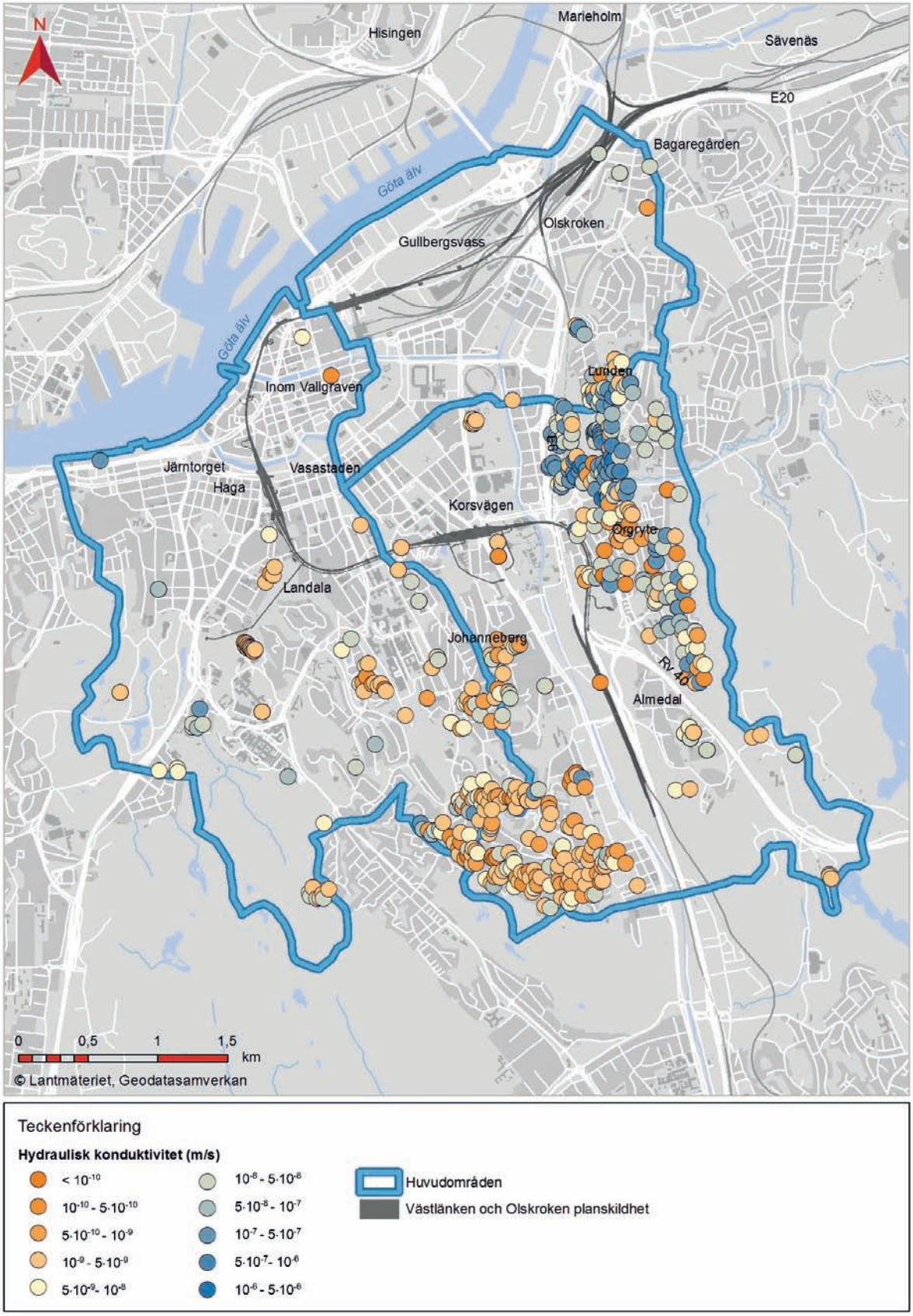
Inventerat hydrogeologiskt material och kompletterande hydrauliska undersökningar har använts för att kvantitativt beskriva berggrundens hydrauliska egenskaper. Hydrogeologiska undersökningar av berggrunden längs Västlänken omfattar hammarborrningar, kärnborrningar samt hydrauliska tester och provpumpningar 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 brunnsarkiv (1255 brunnar) samt Miljöförvaltningens arkiv för energibrunnar (265 brunnar varav 192 även ingår i brunnsarkivet). I SGUs brunnsarkiv finns uppgifter om bland annat brunnarnas kapacitet, borrningsdjup, jorddjup och läge. De totala borrdjupen varierar mellan 32 och 240 meter. Brunnarnas lägen samt beräknad hydraulisk konduktivitet visas i figur 3.7.

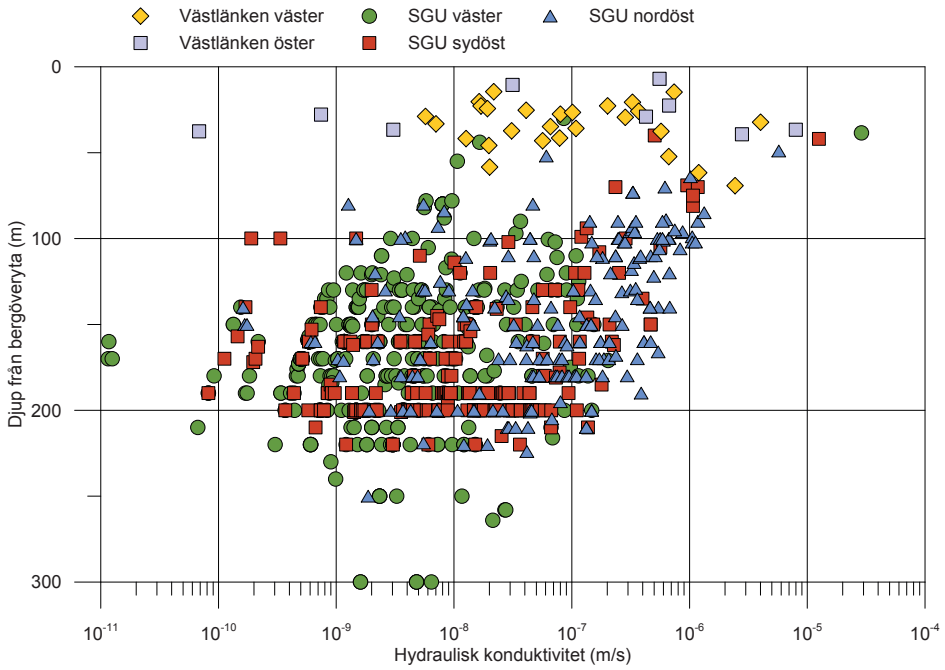
I enlighet med beskrivning i kapitel 2 kan berggrundens hydrauliska egenskaper anses som skalberoende, varför bergets vattenförande förmåga har undersökts och analyserats i olika skalor. Resultaten från vattenförlustmätningarna i 3 m-skala är främst användbara vid injekteringsdesign. Resultaten från 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 brunnsarkiv 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.

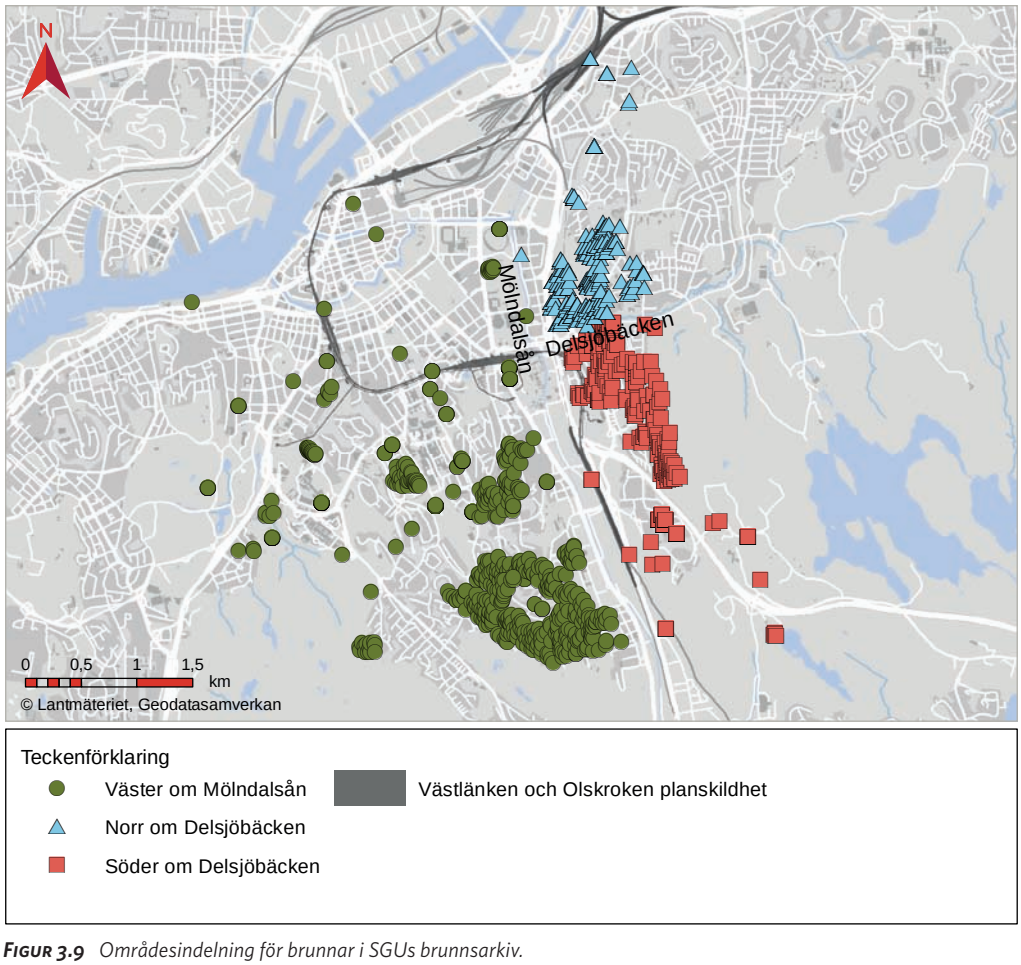
Uppdelning i olika geografiska områden förefaller vara signifikativ, liksom möjligen även ett djupberoende. En generaliserad områdesgruppering av brunnar från SGUs brunnsarkiv visas i figur 3.9.



Figur 3.7 *Energibrunnar med utvärderad hydraulisk konduktivitet i berg (SGUs brunnsarkiv).*



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

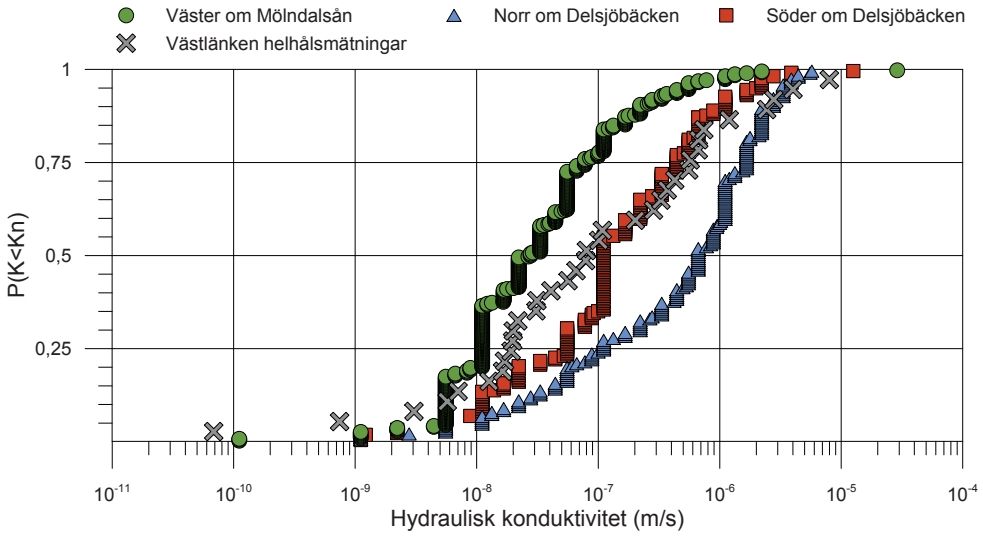


Figur 3.9 *Områdesindelning för brunnar i SGUs brunnsarkiv.*

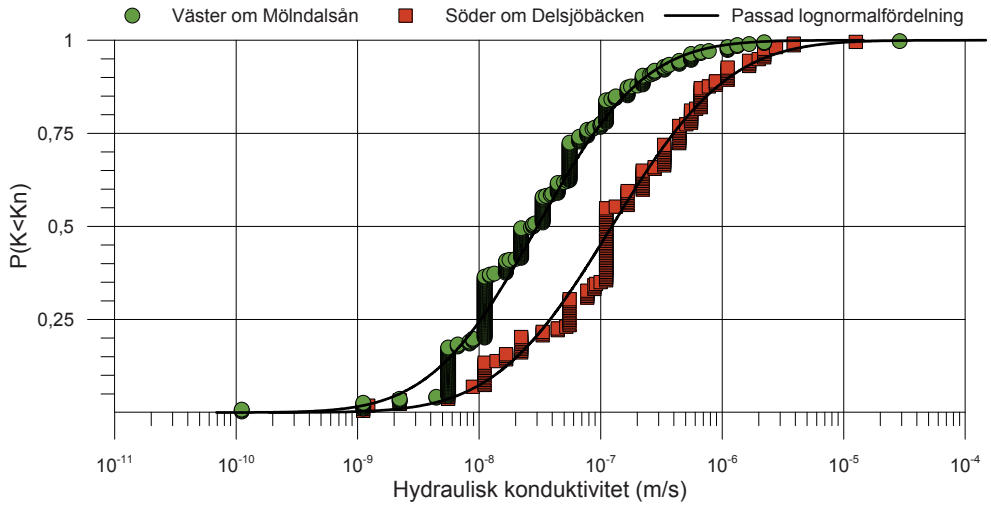
I figur 3.10 redovisas kumulativa fördelningsdiagram för samma data som i figur 3.8. Grafen beskriver sannolikheten (P) för att ett värde på den hydrauliska konduktiviteten över- eller underskrids. För karakteristiska värden på hydraulisk konduktivitet har valts P=0,5 (medianvärde), tabell 3.3.

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 (helhålsmätning) i kärnborrhål samt från kapacitetsdata i SGUs brunnsarkiv, 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	$3{,}0 \times 10^{-8}$	$1{,}2 \times 10^{-7}$
Aritmetriskt 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	4×10^{-8} – 2×10^{-7} m/s
Ytberg	1-2 x 10^{-7} m/s
Svaghetszoner	2×10^{-7} – 5×10^{-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 magasinen, 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 borrning eller pålning. I strandnära områden kan både övre och undre grundvattenmagasin ha hydraulisk kontakt med ytvattenmagasin.

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

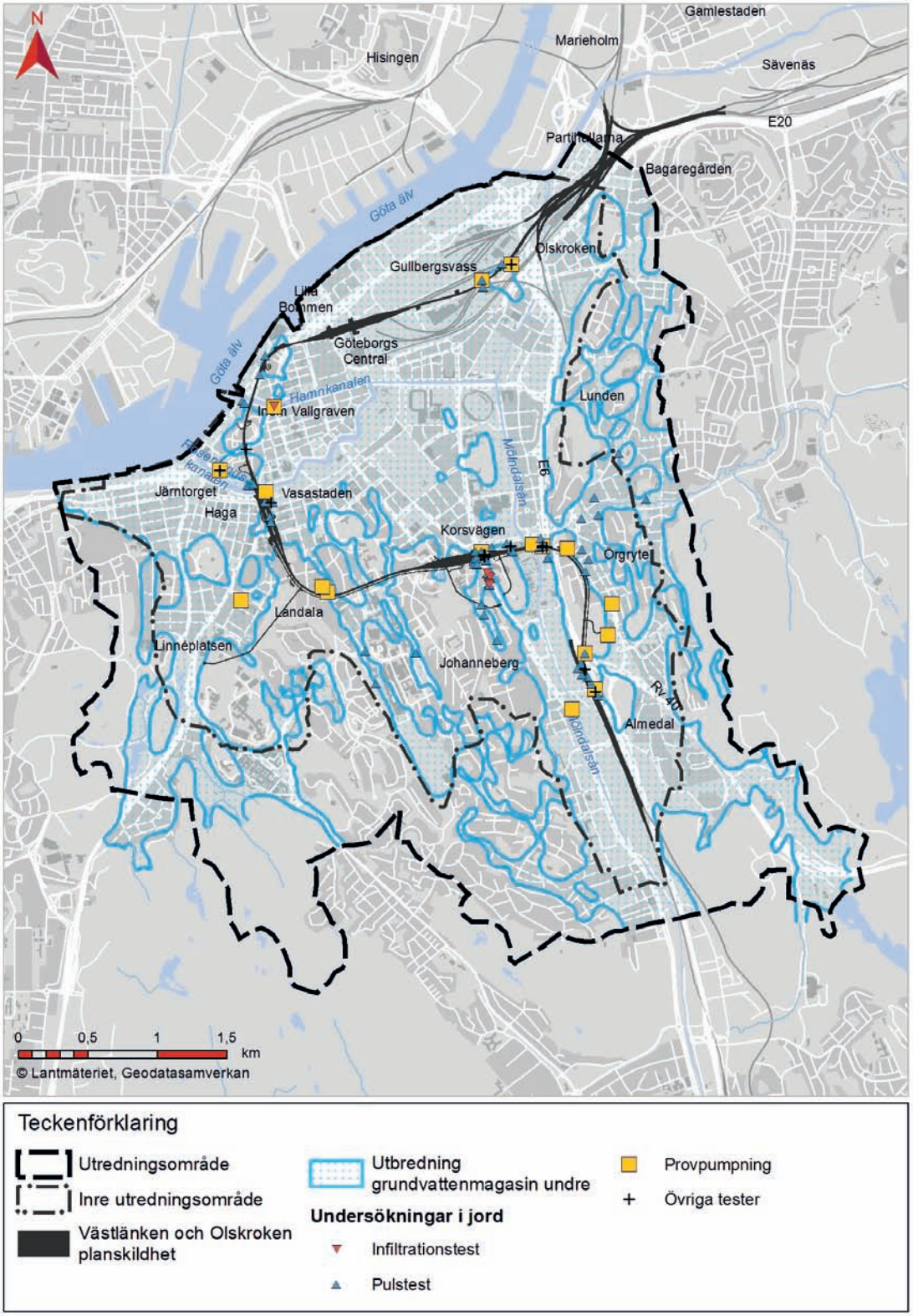
3.7.2 Jordlagrens vattenförande förmåga

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

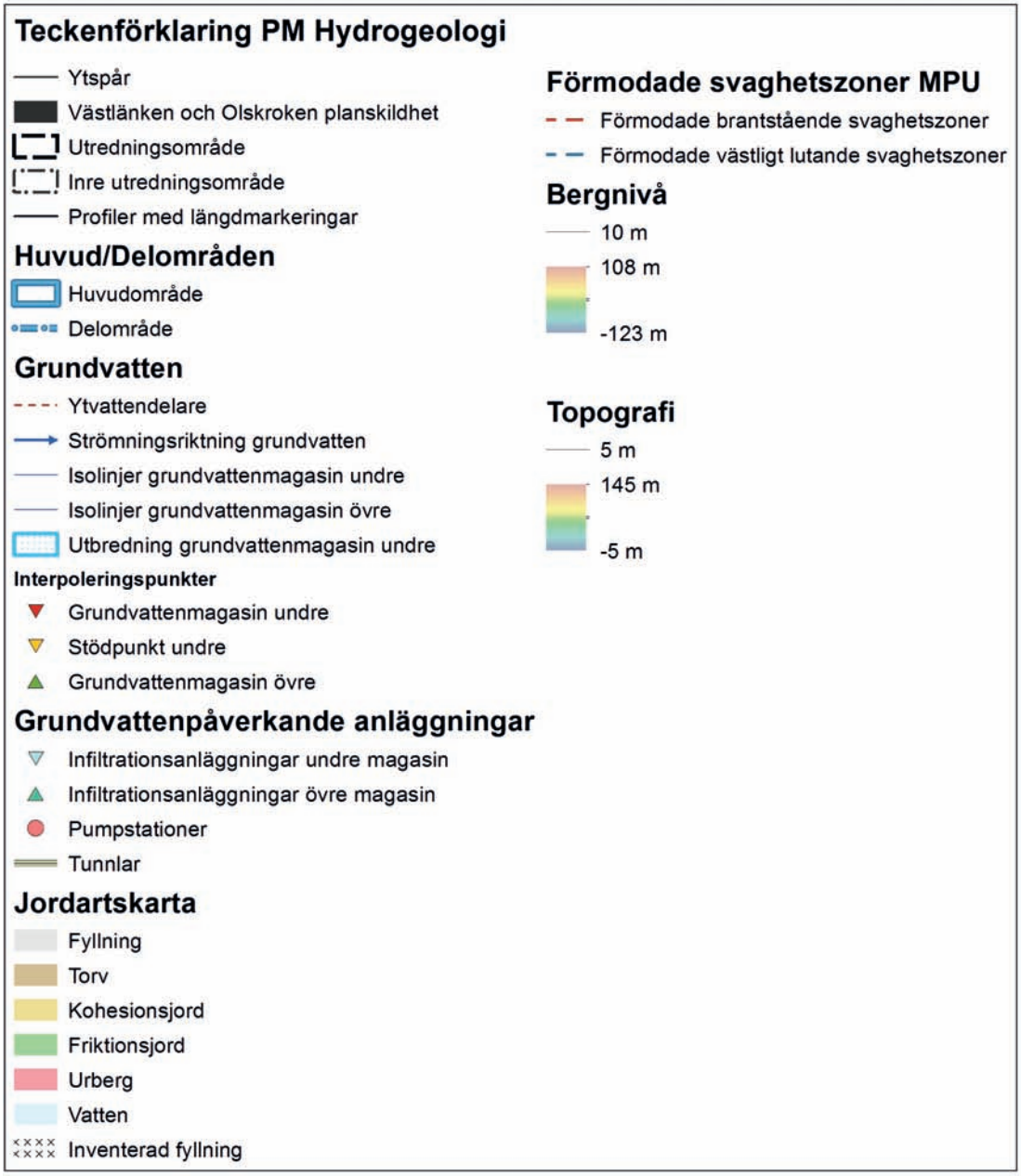
I områden med höga bergnivåer och tunna jordlager saknas överlag större och uthålliga grundvattenmagasin i jord. Grundvattennivåerna i dessa jordlager fluktuerar vanligtvis stort över tid. Avrinningen sker snabbt i samband med nederbörd och följer bergytan ner mot lägre liggande jordfyllda dalgångar 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 jordmäktigheten 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.

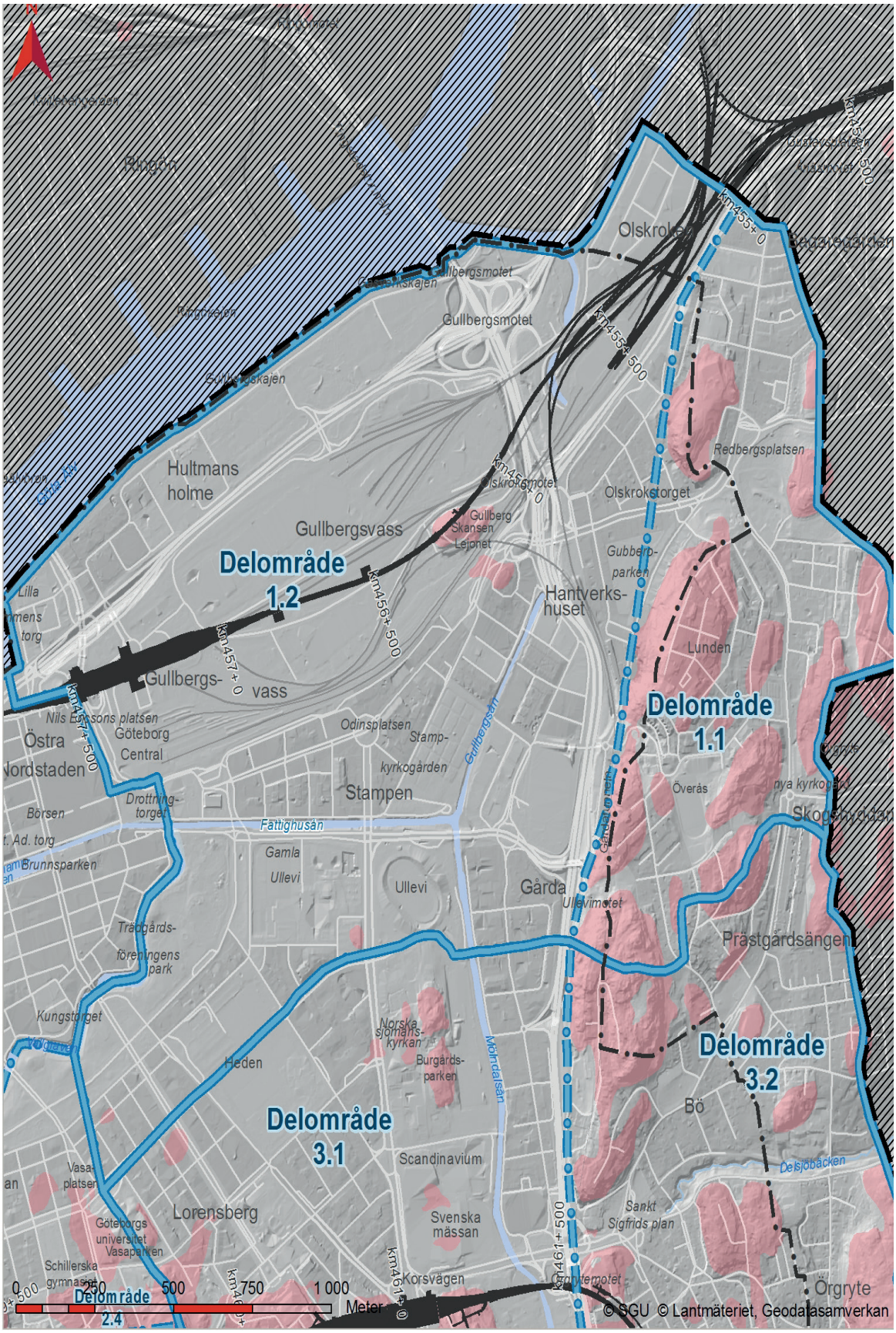
Mellan dessa högre liggande bergpartier ligger Mölndalsåns dalgång vilken på djupet innehåller mäktiga friktionsjordlager. Vid Gullberg består friktionsjorden delvis av mäktiga sandiga sediment. I övrigt utgörs jordlagren av ett förhållandevis tunt friktionsjordlager på berg över vilket är avsatt lera 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.

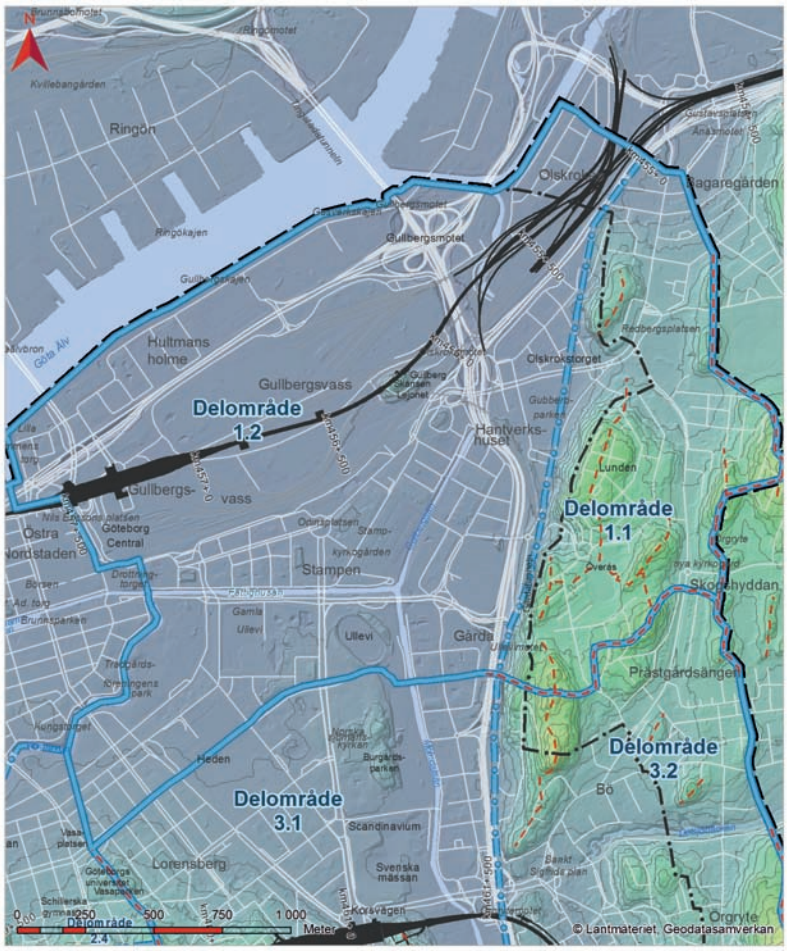
Kapitel	Delområde	Grundvattenmagasin i jord	
4.8	1.1 Olskroken - Lunden	1:1a	Olskroken
4.9	1.2 Ullevi - Gullbergsvass	1:2a	Ullevi - Gullbergsvass

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 jordmäktigheter 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 kapitels 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

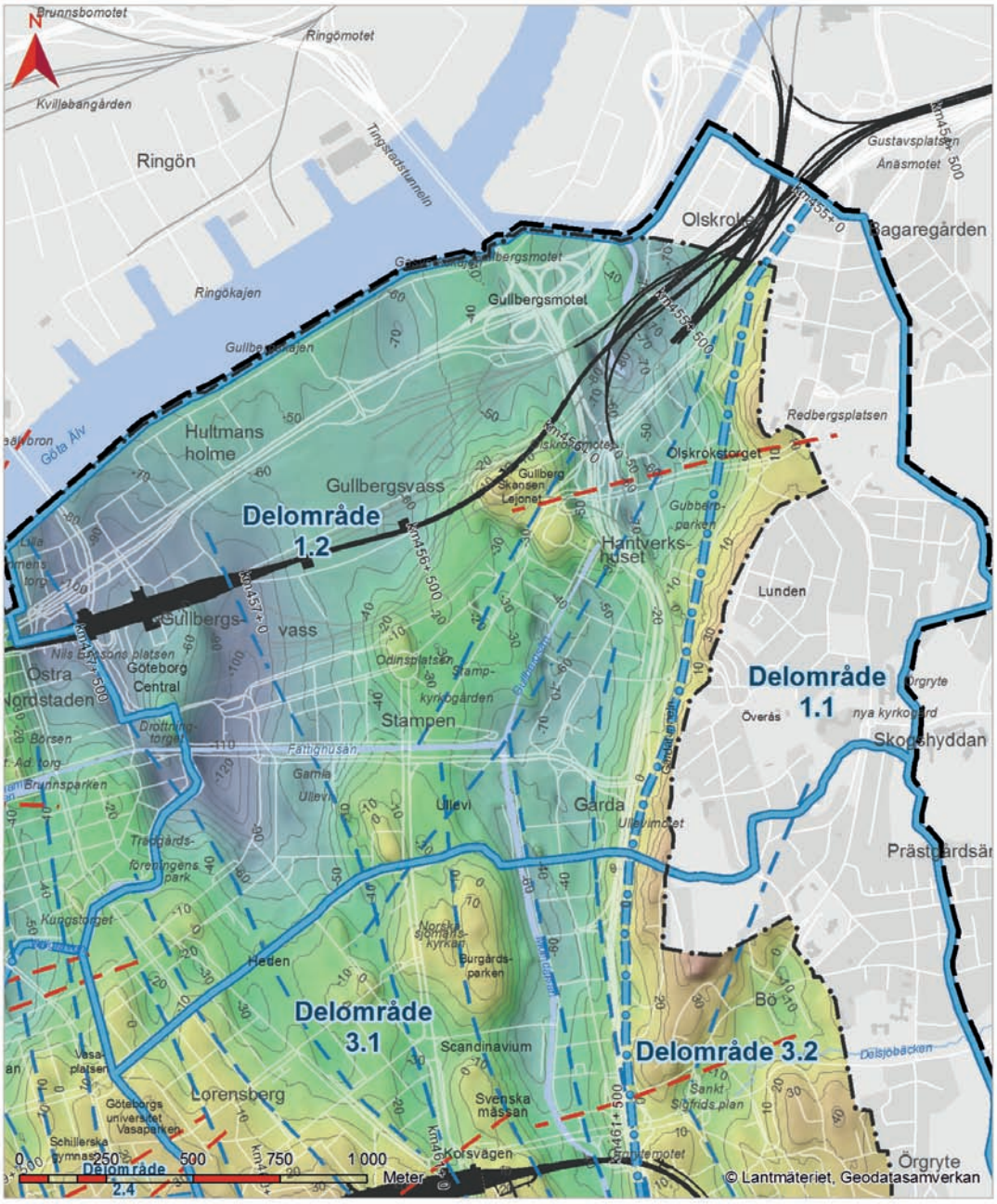
Huvudområde Nord är kuperat främst i den östra delen med huvudsaklig ytavrinning mot Göta älv, Mölndalsån - Gullbergsån och Fattighusån, se figur 4.2. I övrigt är området flackt. Det östra delområdet 1.1 Olskroken – Lunden avrinner västerut mot det centralt liggande och större delområdet 1.2 Ullevi –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



Figur 4.2 Marktopografi med ytvattendelare 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 utpräglat 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.



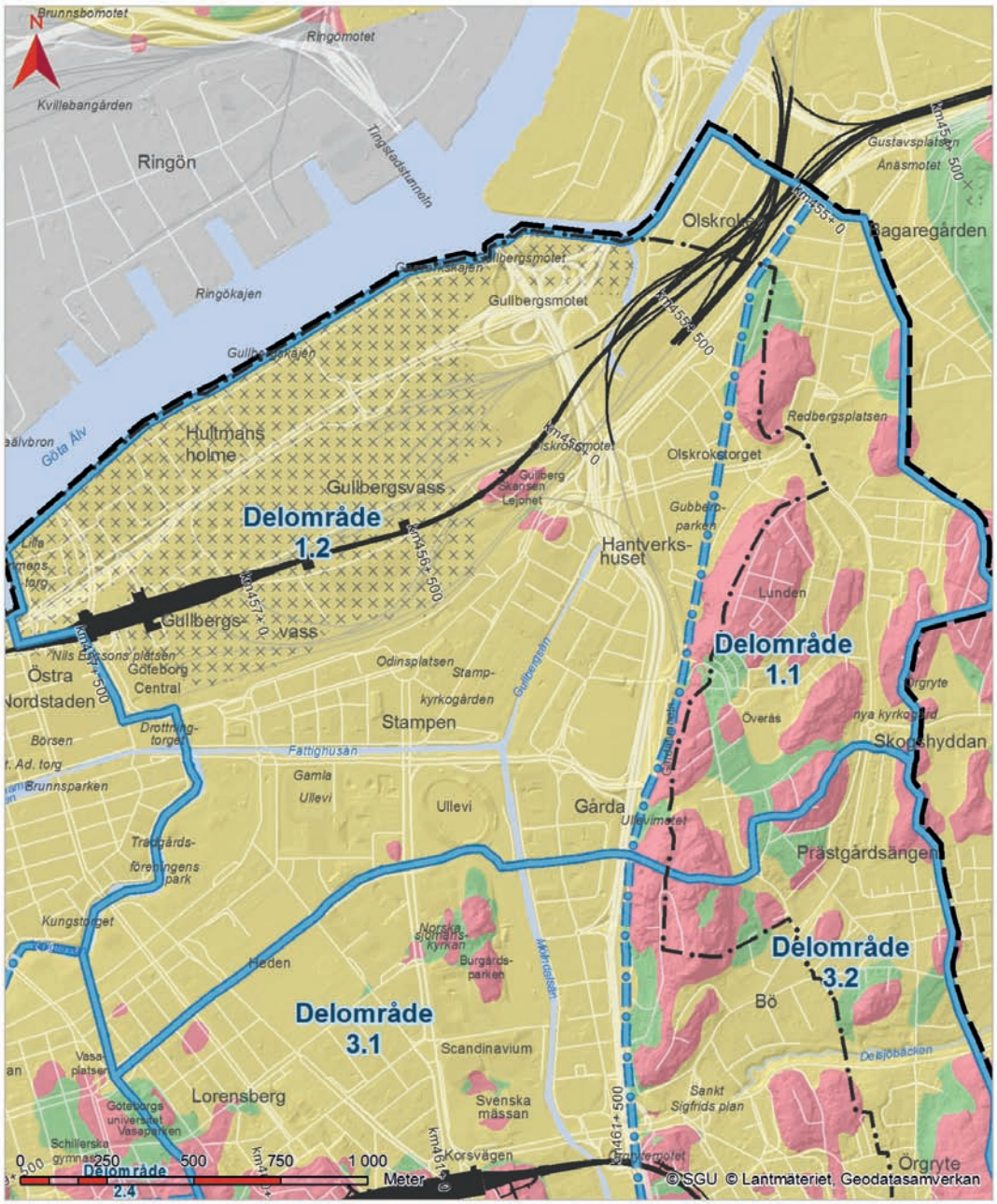
Figur 4.3 *Översiktskarta över modellerad bergnivå och svaghetszoner i berg inom inre utredningsområde inom huvudområde Nord. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

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 - Gullbergsån. Dessa stråk åtskiljs av en höjdrygg som bland annat visar sig i Gullberg väster om Olskrokstorget.

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 zoners 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 överlagade 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

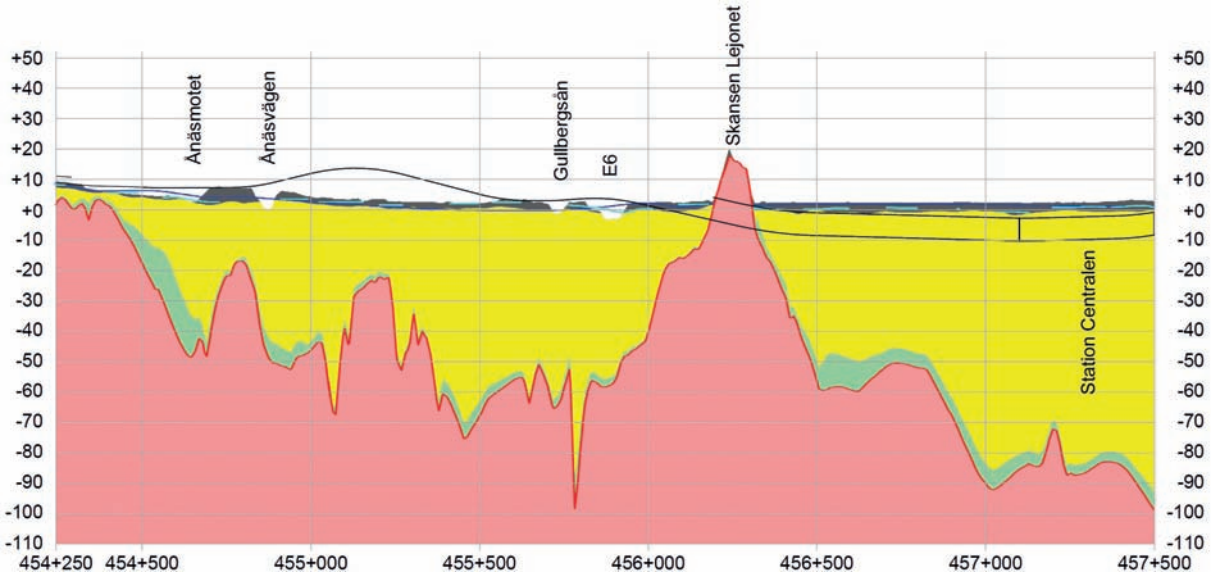
Grundvatten förekommer i områdets jordlager samt i berggrundens system av konduktiva sprickor och zoner.

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-



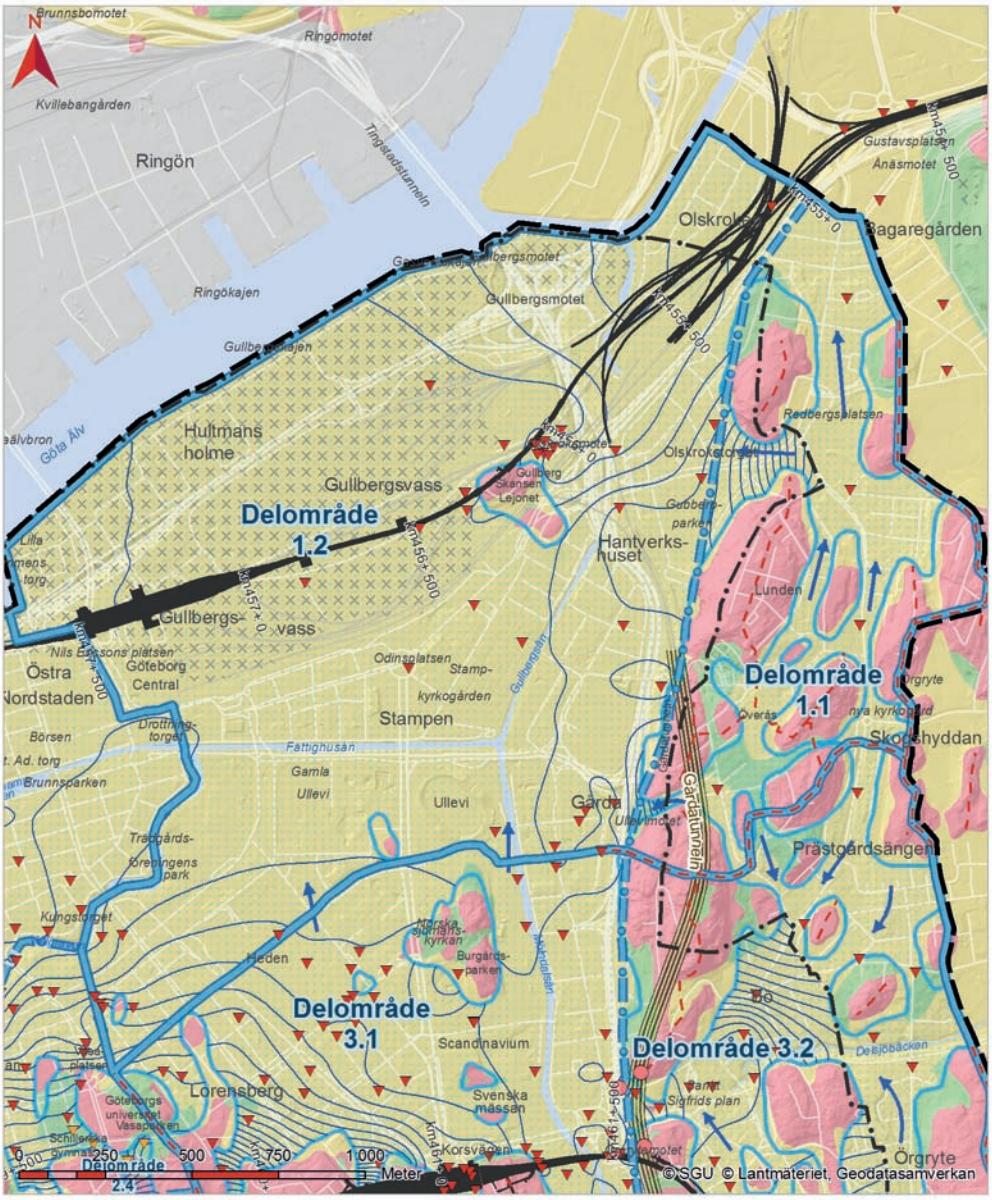
Figur 4.5 Schematisk geologisk profil längs Västlänken inom huvudområde Nord.

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 magasinen i jord ansluter till Göta älv, medan de övre magasinen har hydraulisk kontakt med Göta älv, Mölndalsån - Gullbergsån och Fattighusån. 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 borrningar 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 borrningar 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 4×10^{-8} till 2×10^{-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.

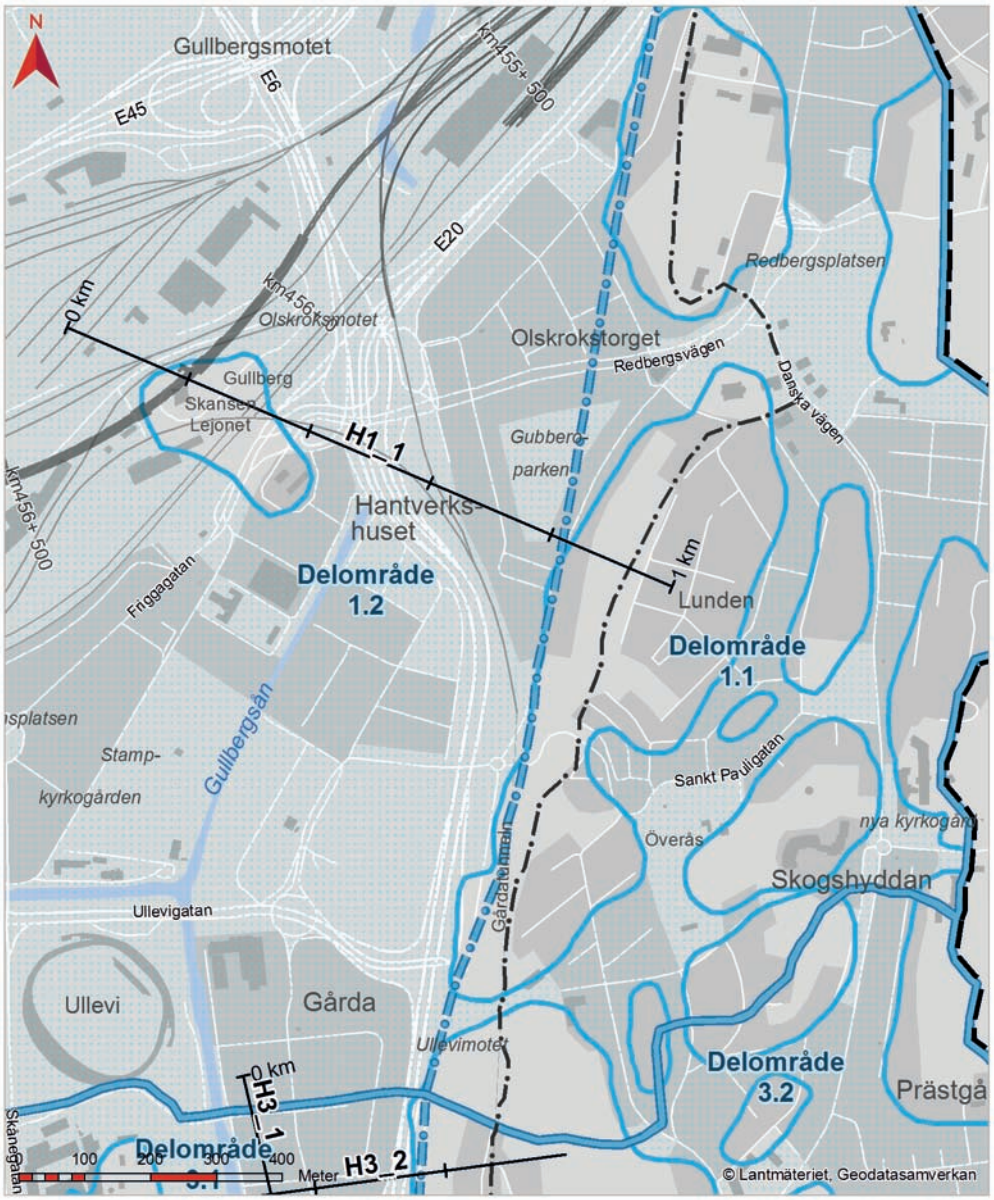
Här nedan följer en redogörelse av tillgänglig information beträffande dränerande byggnader och anläggningar inom huvudområdet. För lägen se figur 4.8.

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 därefter 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.*



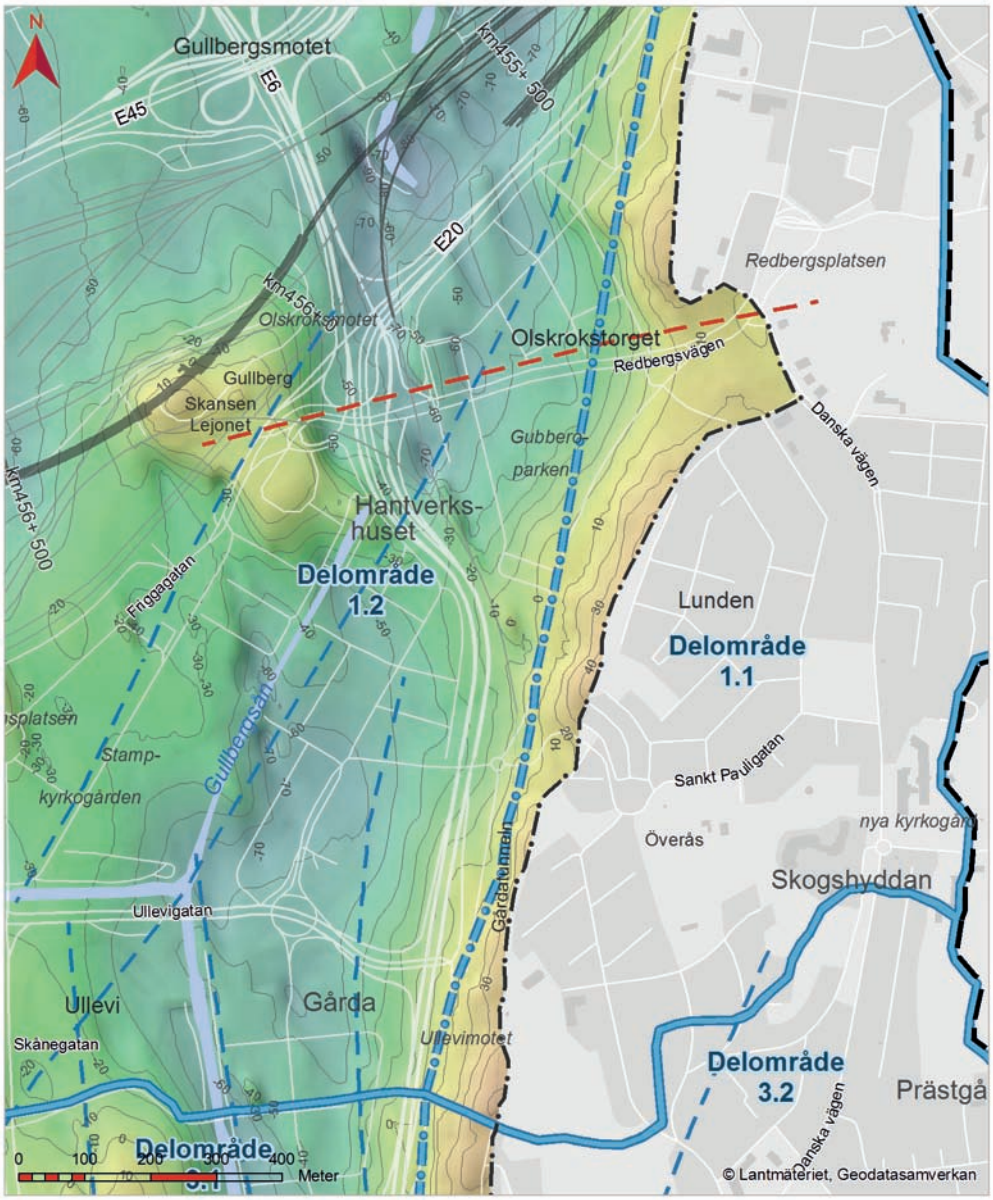
Figur 4.8 *Hydrogeologisk översiktskarta över delområde 1.1 Olskroken – Lunden samt östra delen av delområde 1.2 Ullevi – Gullbergsvass med lägen för geologiska sektioner. Sektion H1_1 visas i figur 4.10. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

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

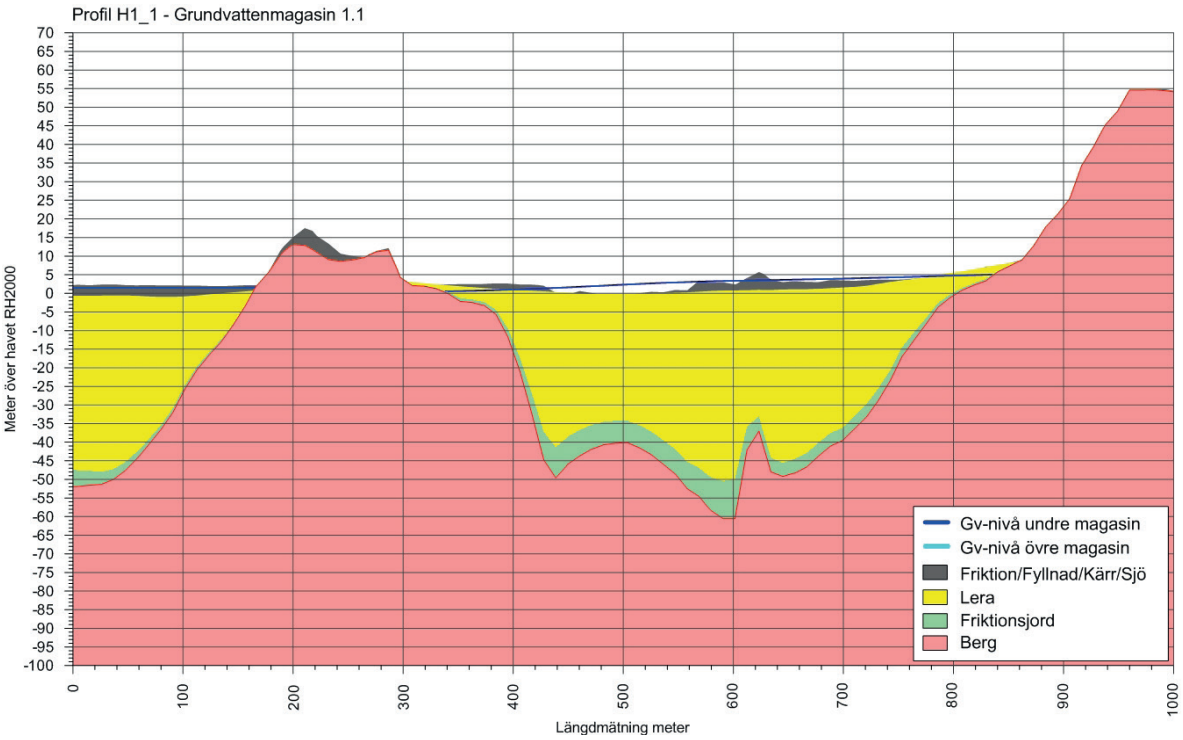
I delområde 1.1 finns ett större grundvattenmagasin i jord (magasin 1:1a Olskroken) som sträcker sig från en grundvattendelare ungefär vid Sankt Pauligatan i söder till Göta älvs dalgång i norr. Grundvattenflödet i magasinet är i huvudsak nordligt, men i en mindre del av magasinet strömmar grundvatten 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 delområde1.1 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 ostsydostlig 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 Redbergslid ligga vid cirka +18 (rör OO4203U). Vid Redbergslid 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.

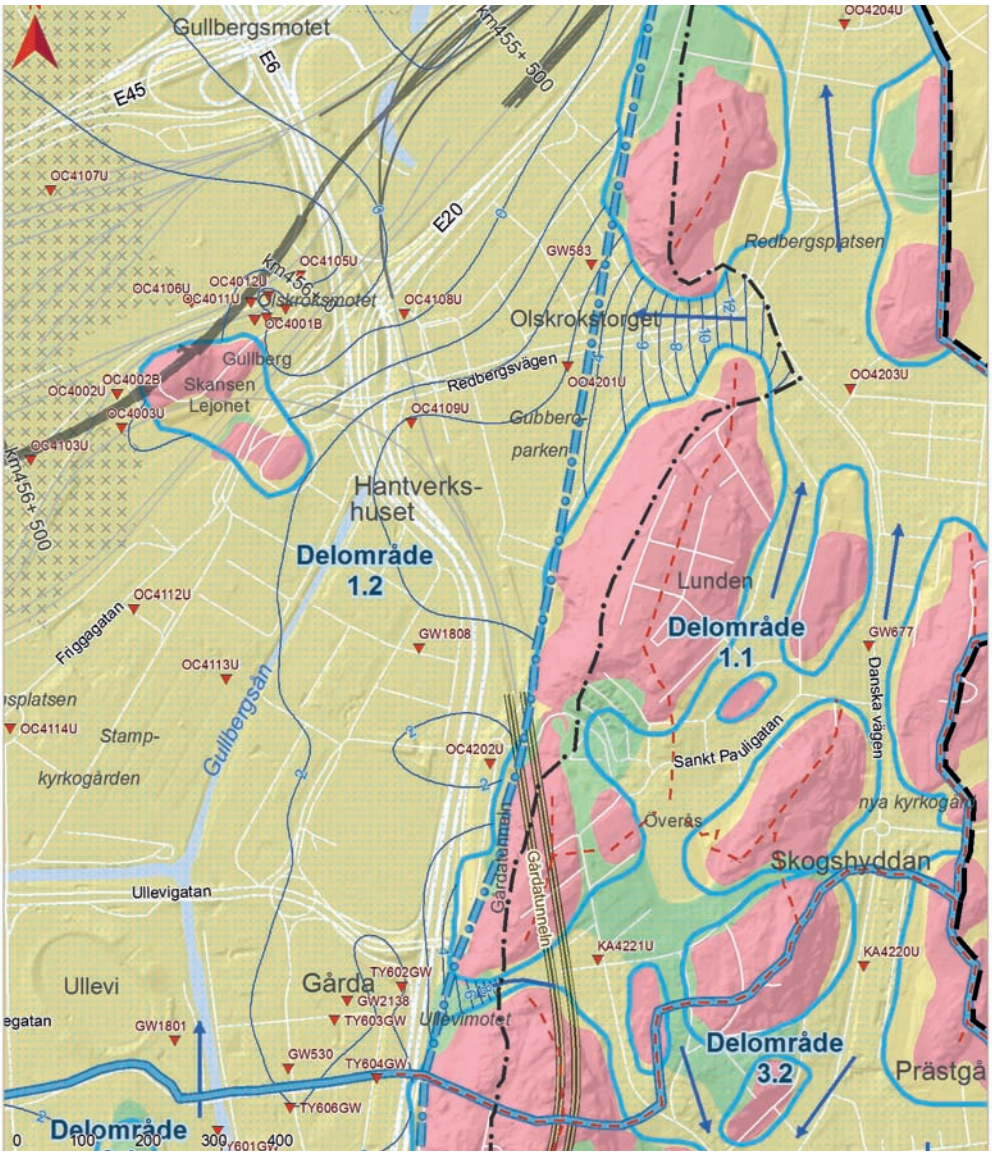
Inom grundvattenmagasinet finns för få grundvattenrör i övre magasin för att det ska vara meningsfullt att redovisa tolkade grundvattennivåer. I dagsläget finns endast tolkade nivåer lokalt i anslutning till Västlänken vilka redovisas i kapitel 4.9.1.

Grundvatten i berg

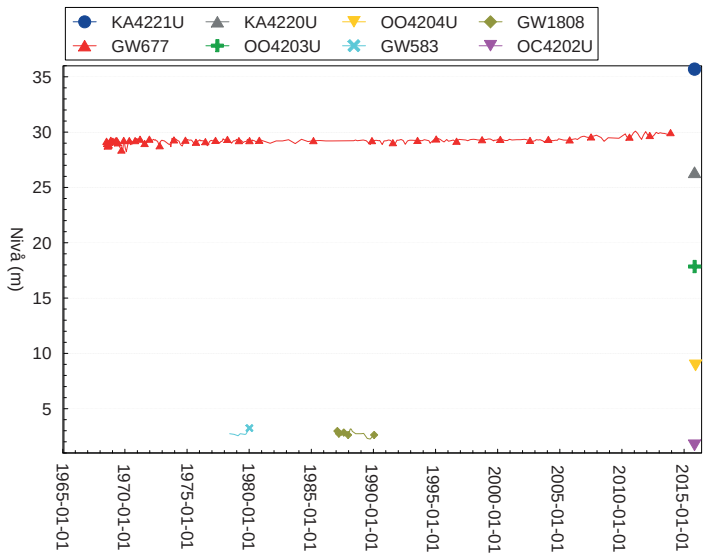
Västlänken kommer inte att beröra eller påverka grundvattenförhållanden i berg inom grundvattenmagasin 1:1a, varför ingen beskrivning ges (påverkan i Gullberg bedöms inte sträcka sig in i detta delområde). För översiktlig information hänvisas till kapitel 4.3.

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 delområdets 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.

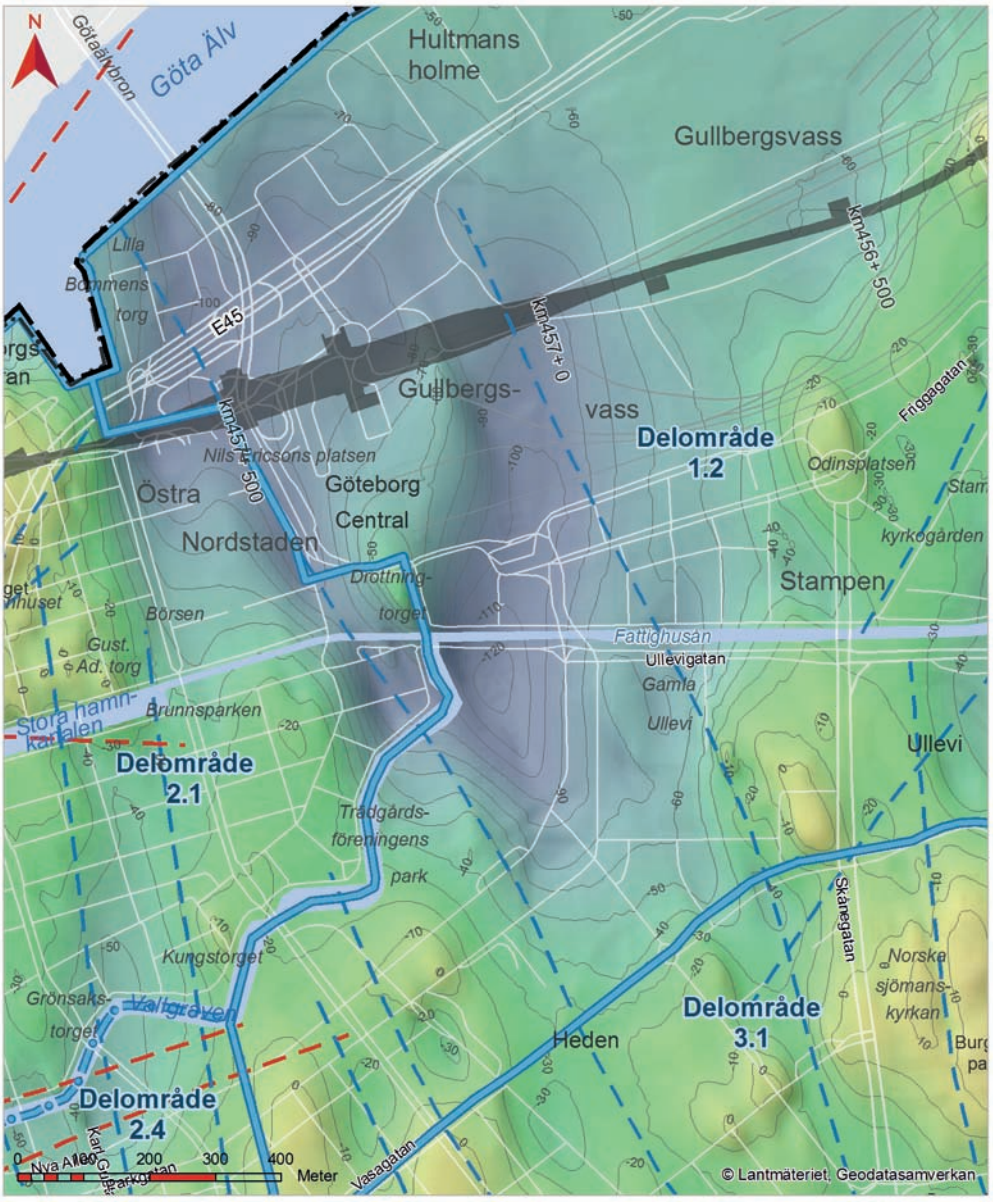
I delområdet finns ett större grundvattenmagasin i jord (magasin 1:2a Ullevi – Gullbergsvass)

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.

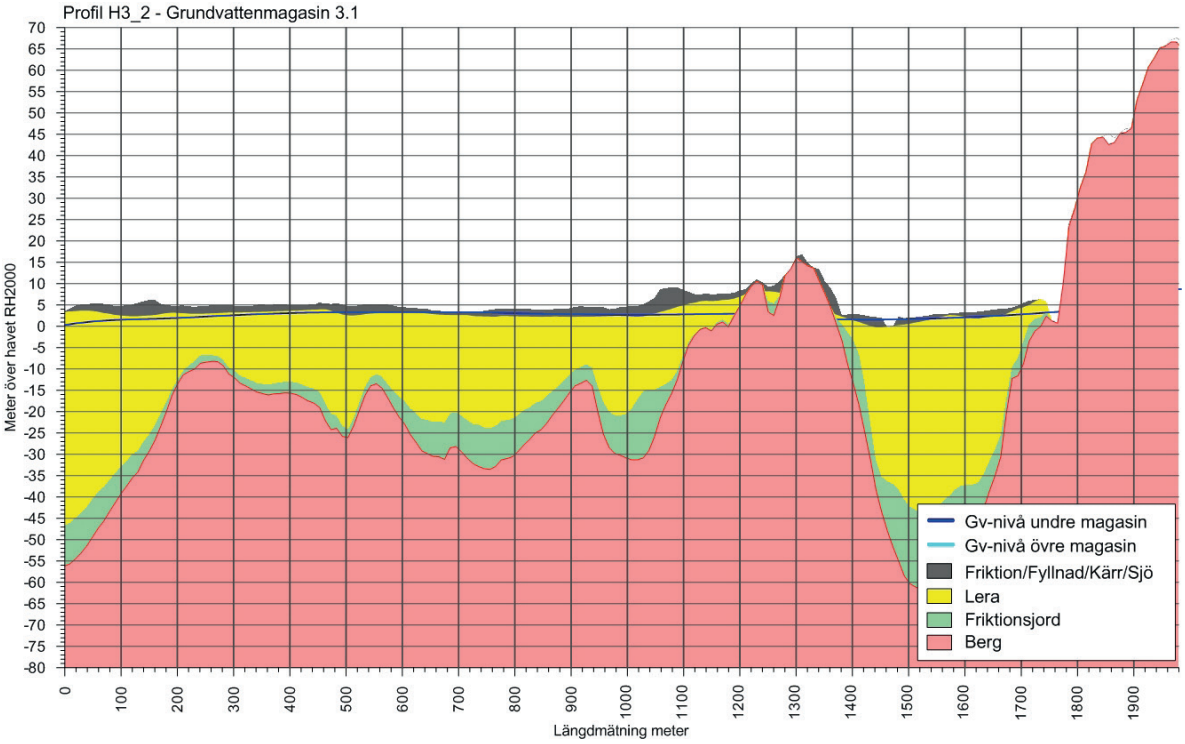
som sträcker sig från Heden till Göta älv i norr (figur 4.13). Mölndalsån - Gullbergsån rinner mot norr i delområdets östra del och Fattighusån sträcker sig rakt genom området i öst-västlig riktning.

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 områd 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.

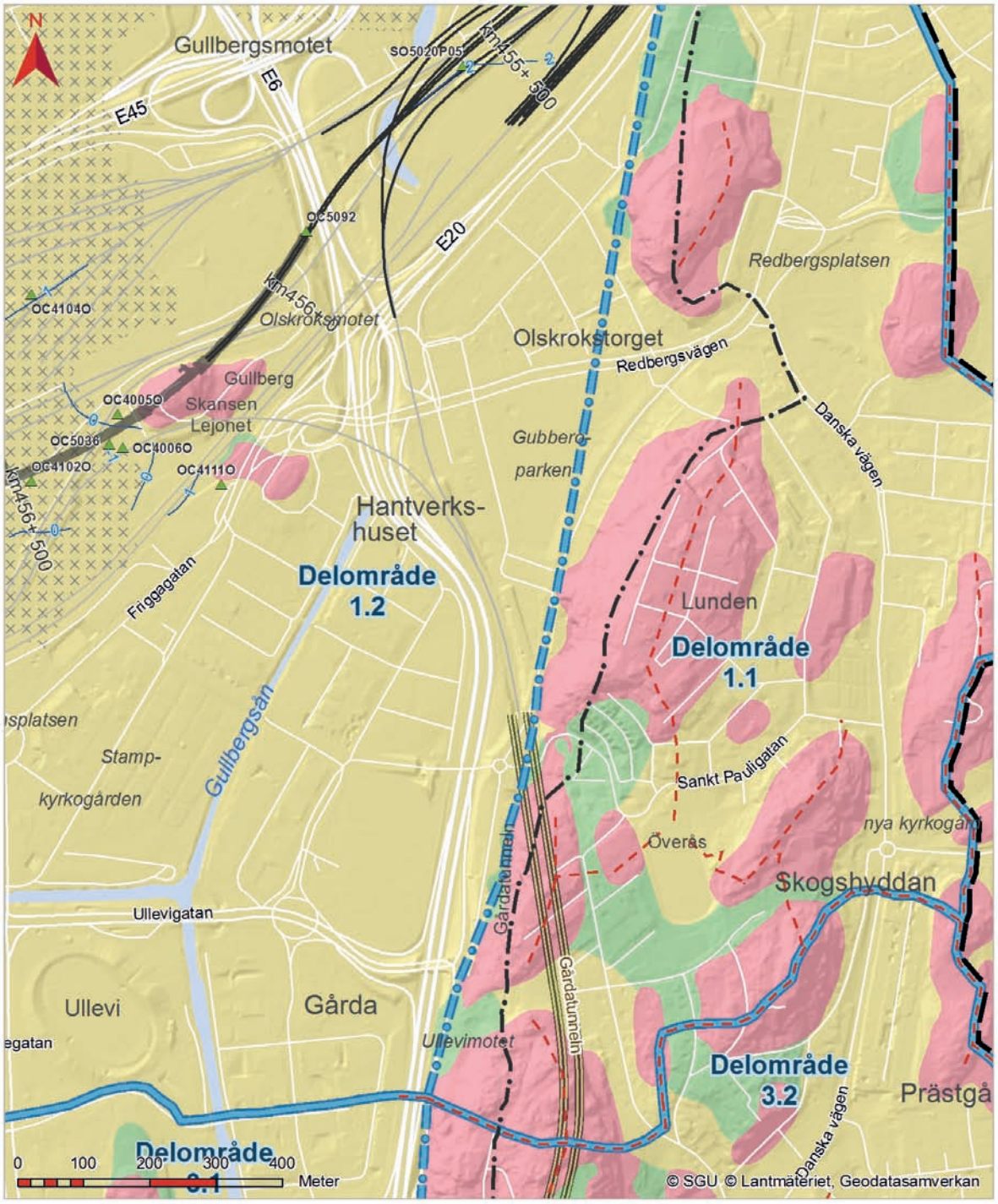
Jorddjupen är relativt väl kända i områden med begränsade jorddjup, medan nivåerna är endast översiktligt kända i områden med stora jorddjup. De största jorddjupen förekommer längs en bergsänka från Heden norrut till Gullbergsvass (figur 4.14). Jordarna karakteriseras av ett övre lager friktionsjord/fyllning (upp till 7 meter mäktigt), under vilket förekommer mäktiga lerlager och underst friktionsjord på berg. Analys av områdets sättningsbenägenhet 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 4.16 *Grundvattenmagasin i jord, undre magasin i västra delen av grundvattenmagasin 1:2a. Observationspunkter visas med röd triangel. Tolkade grundvattennivåer och dominerande flödesriktning. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

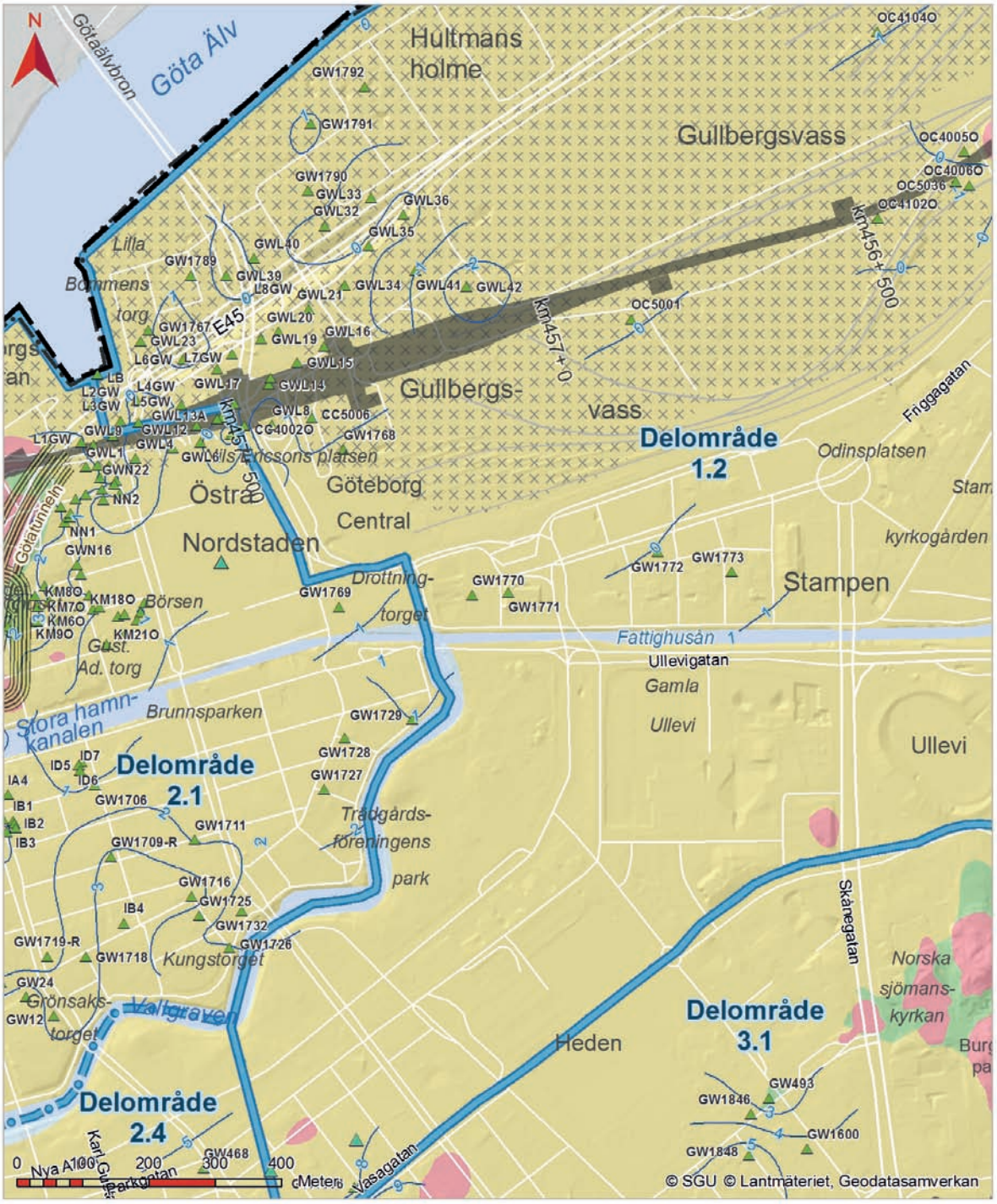


Figur 4.17 *Grundvattenmagasin i jord, övre magasin, i östra delen av grundvattenmagasin 1:2a. Observationspunkter och tolkade grundvattennivåer. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

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 grundvattenmagasin 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 områden kring Gullberg ligger nivåerna mellan cirka +0,8 och +1,8 förutom i rör OC4009U som uppvisar avsänkta nivåer. Observationspunkterna i

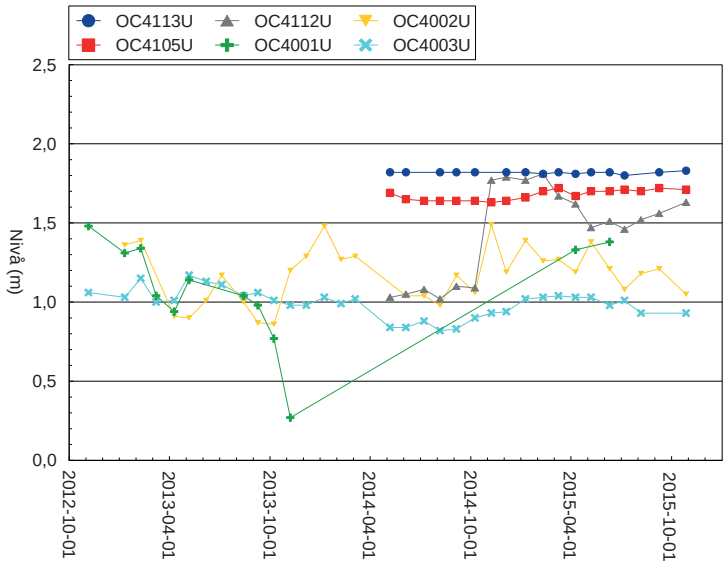


Figur 4.18 *Grundvattenmagasin i jord, övre magasin, i västra delen av grundvattenmagasin 1:2a. Observationspunkter och tolkade grundvattennivåer. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

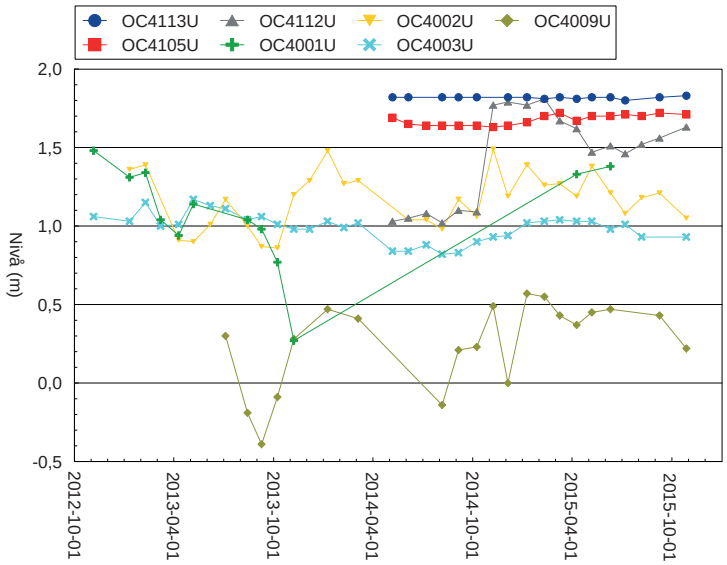
Gullbergsvass (figur4.21) varierar förhållandevis kraftigt och någon karakteristisk nivå kan inte anges.

Grundvatten i berg

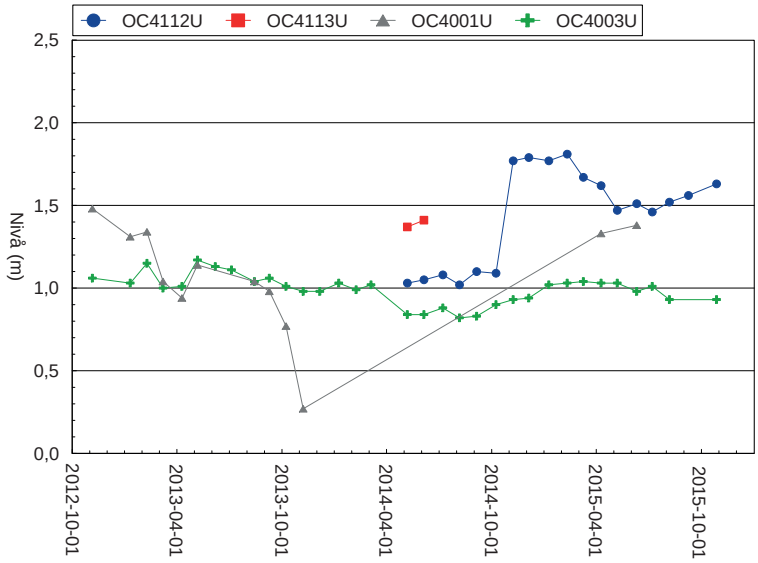
Västlänken kommer att lokalt påverka grundvattenförhållanden i berg i samband med att en bergtunnel anläggs genom Gullberg. Befintlig berganläggning dränerar konduktiva sprickor i bergpartiet och mätningar i befintlig vattenbrunn indikerar vattennivåer kring -1.



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.

5. Huvudområde Väst

Huvudområde Väst sträcker sig från Göta älv i norr till Änggården - Botaniska trädgården i söder, figur 5.1. Områdets östra gräns går över Vasastaden - Landala - Johanneberg och dess västra gräns över Masthuggsbergen - Slottsskogen. Områdets gränser utgörs längs långa sträckor av entydiga hydrauliska gränser (ytvattendelare).

Områdets norra del karakteriseras av en flack markyta avbruten av lokala höjdpartier med berg i dagen, medan dess södra del karakteriseras av ett flertal nordsydligt orienterade bergryggar och mellanliggande jordfyllda dalgångar. De lokala höjdpartierna i norr utgörs av Kungshöjd, Otterhällan och Kvarnberget.

I dalgångar i områdets södra del förekommer lerlager ovan friktionsjord bestående av huvudsakligen morän. Större dalgångar finns längs Jungmansgatan och Linnégatan i områdets västra del (med huvudsakligen nord-sydlig orientering) och längs Landalagatan-Sven Hultins gata och Gibraltargatan i områdets östra del. I områden mellan dessa större dalgångar förekommer mindre dalgångar i olika riktningar.

Inom huvudområdet ligger bergnivån som lägst väster om Haga och vidare västerut mot Stenaterminalen (nivå -60). Längs Linnégatans dalsänka ligger de lägsta bergnivåerna på cirka -20. Höga bergnivåer i Slottsskogen i väster ligger på upp till cirka +80 (Observatoriet), i Änggårdsbergen i söder på cirka +100 och i Johanneberg i sydöst på cirka +80. Bergytan varierar således cirka 160 meter inom huvudområde Väst. I områdets norra flacka del förekommer mäktiga jordlager som jämnat ut underliggande berggrunds topografi. Genom omfattande utfyllningar har markytan höjts och utvidgats över tidigare vattenområden i anslutning till Göta älv. Mäktiga lager med fyllningsjord förekommer även längs Linnégatan.

Området har utgående från avrinningsmönstret indelats i fem delområden; delområde 2.1 till 2.5, se figur 5.1. Dessa delområden innehåller 9 definierade grundvattenmagasin, där de högre liggande magasinen i söder tillför grundvatten till magasinen i norr. På höjdområdena förekommer mindre och i viss mån hydrauliskt isolerade grundvattenmagasin vilka avrinner via bergtrösklar till lägre liggande magasin.

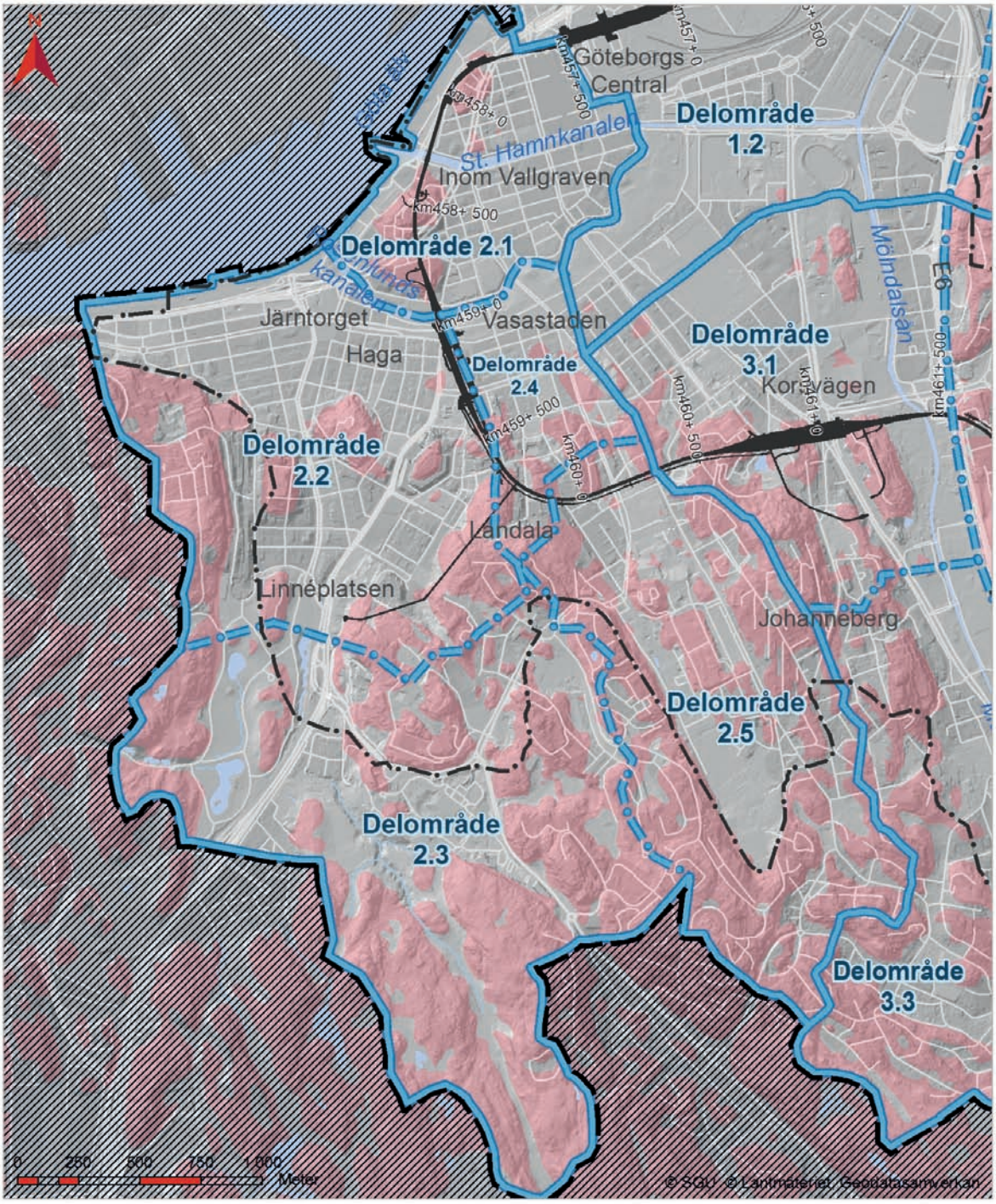
Större vägstråk är Götaleden, Nya Allén, Linnégatan, Övre Husargatan och Dag Hammarskjöldsleden. Spårvägslinjer finns längs Nya Allén, Vasagatan, Linnégatan, Västergatan, Dag Hammarskjöldsleden och längs Per Dubbsgatan – Guldhedsgatan - Aschebergsgatan. I anslutning till Göta älv finns hamnverksamhet.

Större delen av området är bebyggt, huvudsakligen med flerfamiljshus, undervisningslokaler samt administrativa och kommersiella byggnader. I områdets södra del förekommer enfamiljshus. Utöver stora naturområden som Slottsskogen och Botaniska trädgården finns mindre naturområden företrädesvis i partier med höga bergnivåer och längs Nya Allén.

5.1 Avgränsning

Huvudområdet är uppdelat i fem delområden, se tabell 5.1. Delområdenas topografi, geologi och hydrogeologi beskrivs i kapitel 5.7 - 5.11. Delområde 2.1 utgör centrala Göteborg där Vallgraven är gräns till delområde 2.2 Haga - Annedal. Gräns mellan delområdena 2.2 och 2.3 Sahlgrenska - Linne går ungefär över Linnéplatsen och vidare längs Guldhedsbergets norra brant. Gränsen mellan delområde 2.2 och 2.4 Vasastaden löper ungefär längs Västlänkens sträckning. Gränsen mellan delområdena 2.4 och 2.5 Johanneberg - Landala går ungefär längs Föreningsgatan.

Inom varje delområde finns ett eller flera grundvattenmagasin. Uppdelningen av grundvattenmagasinen per delområde redovisas i tabell 5.1.



Figur 5.1 *Översiktskarta över huvudområde Väst med delområden. För kartlegend hänvisas till figur 3.13. Gränsen mellan delområden visas i figuren med blå punkt-streckad linje.*

Tabell 5.1 *Indelning av delområden och grundvattenmagasin i jord inom huvudområde Väst.*

Kapitel	Delområde	Grundvattenmagasin i jord	
5.7	2.1 Inom Vallgraven	2:1a 2:1b	Nordstaden Inom Vallgraven (befästningsområdet)
5.8	2.2 Haga - Annedal	2:2a 2:2b	Masthugget - Haga Olivedal - Annedal
5.9	2.3 Sahlgrenska - Linné	2:3a 2:3b	Änggården - Botaniska trädgården Guldheden
5.10	2.4 Vasastaden	2:4a	Vasastaden
5.11	2.5 Johanneberg - Landala	2:5a 2:5b	Landala Chalmers - Mossen

5.2 Topografi och ytavrinning

Huvudområde Väst är kuperat främst i dess södra del med huvudsaklig ytavrinning mot Göta älv och Vallgraven i norr, figur 5.2. Den södra delen uppbyggs av ett flertal avrinningsområden vilka avgränsas inbördes av höga bergpartier. Ledningsnät samt väg- och gatudränering kan lokalt påverka strömningsmönstret.

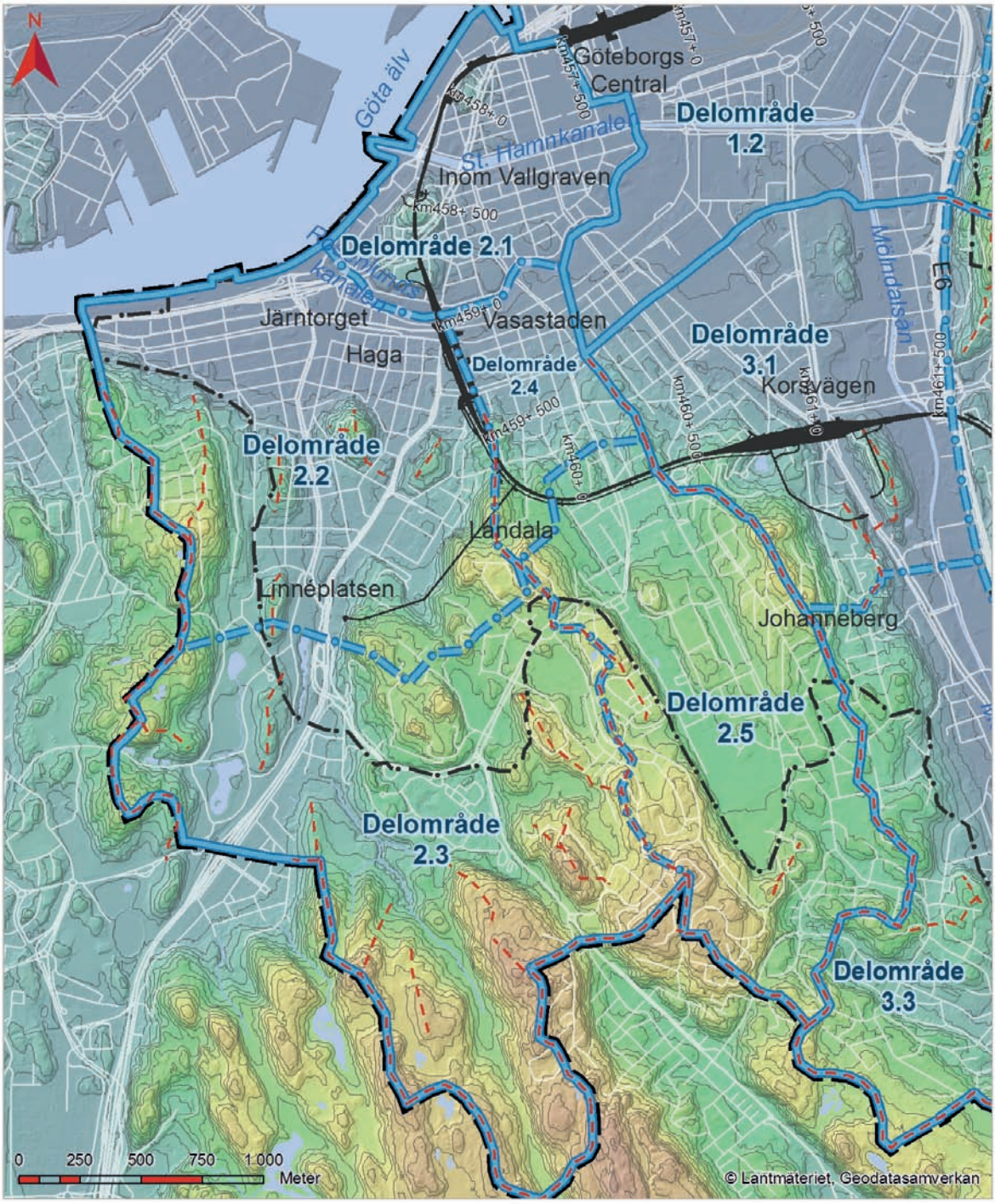
Delområde 2.1 Inom Vallgraven utgör det nordligaste delområdet och är i det närmaste helt omgivet av ytvattendrag. I områdets västra del sträcker sig ett bergparti i stort sett parallellt med Göta älv. Detta höjdparti styr ytavrinningen dels mot nordväst och älvstranden och dels mot sydöst. Området är kraftigt urbaniserat och ytvattenavrinningen omhändertas av kommunala ledningsnät. Från de mest strandnära avrinningsytorna sker vattenavrinning direkt till de omgivande vattendragen Göta älv, Rosenlundskanalen, Vallgraven och Stora Hamnkanalen.

Inom delområde 2.2 Haga - Annedal sker ytvattenavrinning från angränsande höjdområden till de jordfyllda sänkorna och vidare norrut till vattendragen Rosenlundskanalen och Göta älv. Stor avrinning kommer från bergområden vid Masthugget i väster samt öster om Annedal. Området är generellt kraftigt urbaniserat med tät bebyggelse och hårdgjorda ytor. Ett betydande tillskott av ytvatten kommer från angränsande delområde 2.3 Sahlgrenska - Linné i söder.

Delområdet 2.3 Sahlgrenska - Linné ligger längst söderut i huvudområdets västra del. Området domineras av Sahlgrenska Universitetssjukhuset och av hyreshusbebyggelse vid Guldheden, samt i söder av stora naturområden tillhörande Slottsskogen och Botaniska trädgården. Från söder tillströmmar avrinnande yt- och grundvatten från Änggården.

Delområde 2.4 Vasastaden gränsar i norr till Vallgraven och i söder till topografiskt högre liggande områden i norra Landala. Området närmast Vallgraven utgörs av parkmark från vilken vatten avrinner direkt till Vallgraven. Området söder om Nya Allén domineras av äldre stadsbebyggelse med hårdgjorda ytor och ett omfattande ledningsnät för omhändertagande av dagvatten. Ett betydande tillskott av vatten kommer från angränsande delområde 2.5 Johanneberg - Landala.

Delområde 2.5 Johanneberg - Landala ligger längst söderut i huvudområdets östra del. Området domineras av Chalmers tekniska högskola och av bebyggelse vid Johanneberg, östra Landala samt i söder av stora naturområden i anslutning till Mossen.

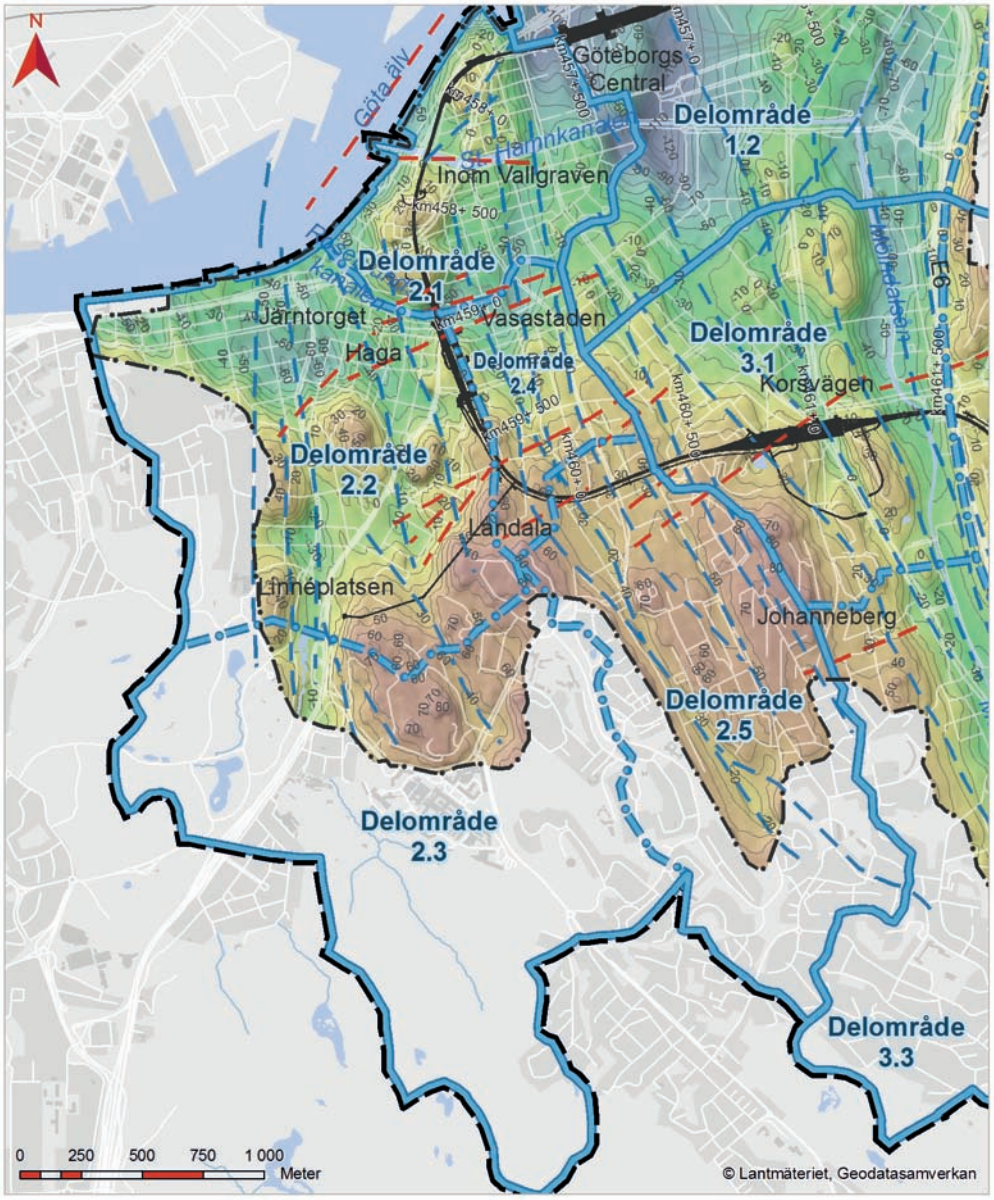


Figur 5.2 *Marktopografi med ytvattendelare och ytvattendrag. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

5.3 Berggrund

Berggrunden inom utredningsområdet och tolkade svaghetszoner redovisas i kapitel 3.2. Bergöverytans tolkade nivåer och svaghetszoner inom Huvudområde Väst visas i figur 5.3. Förekommande låga bergnivåer i norr och väster är täckta med mäktiga jordlager. På var sida av Skansberget finns två jordfyllda sänkor i riktning nord - syd.

Svaghetszoner 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 zoners bergutgående kan bergöverytan förväntas vara särskilt uppkrossad, vilket kan ge hög vattenförande förmåga i gränsen mellan jord och berg.

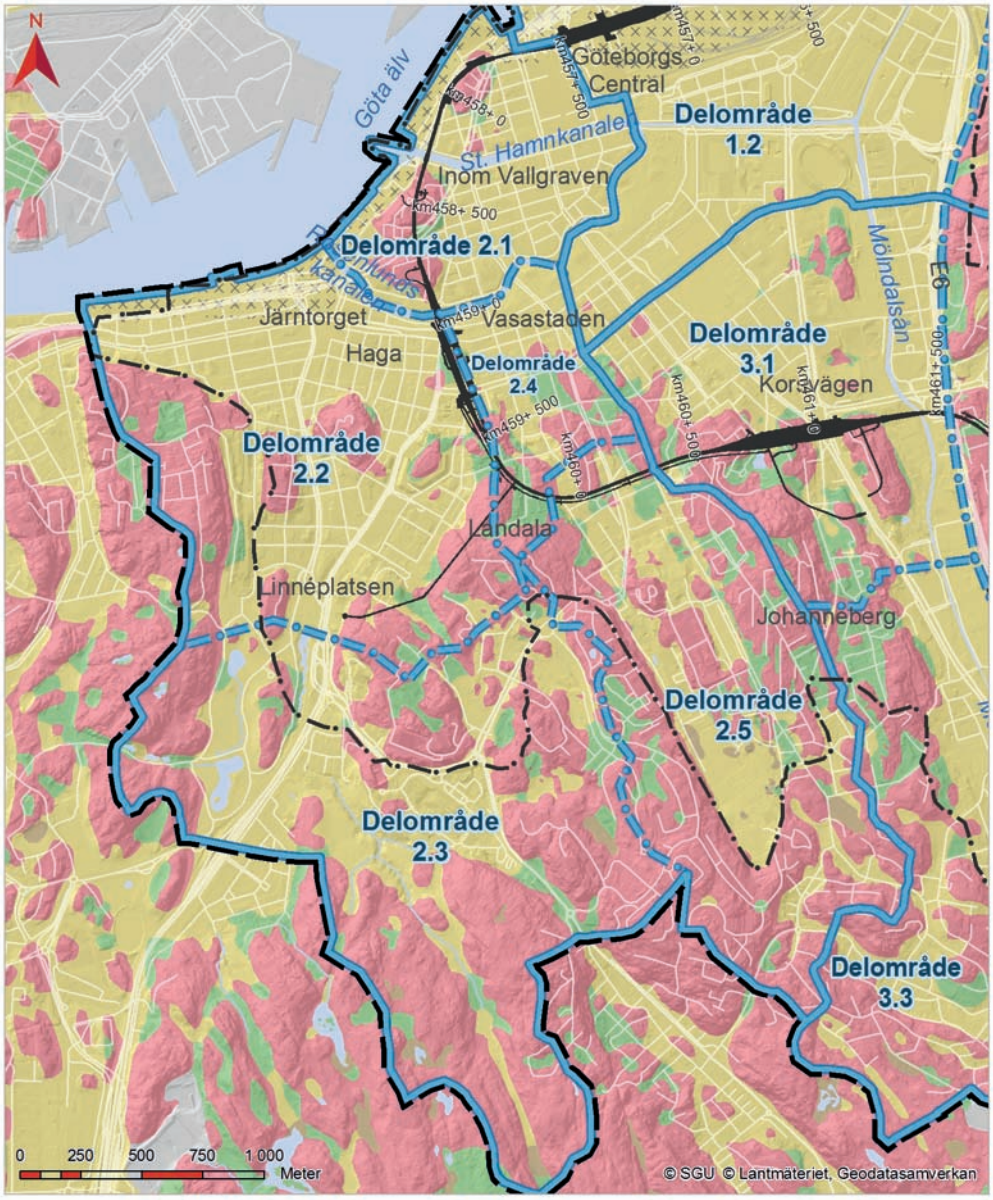


FIGUR 5.3 Översiktskarta över modellerad bergnivå samt svaghetszoner i berg inom inre utredningsområde inom huvudområde Väst. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.

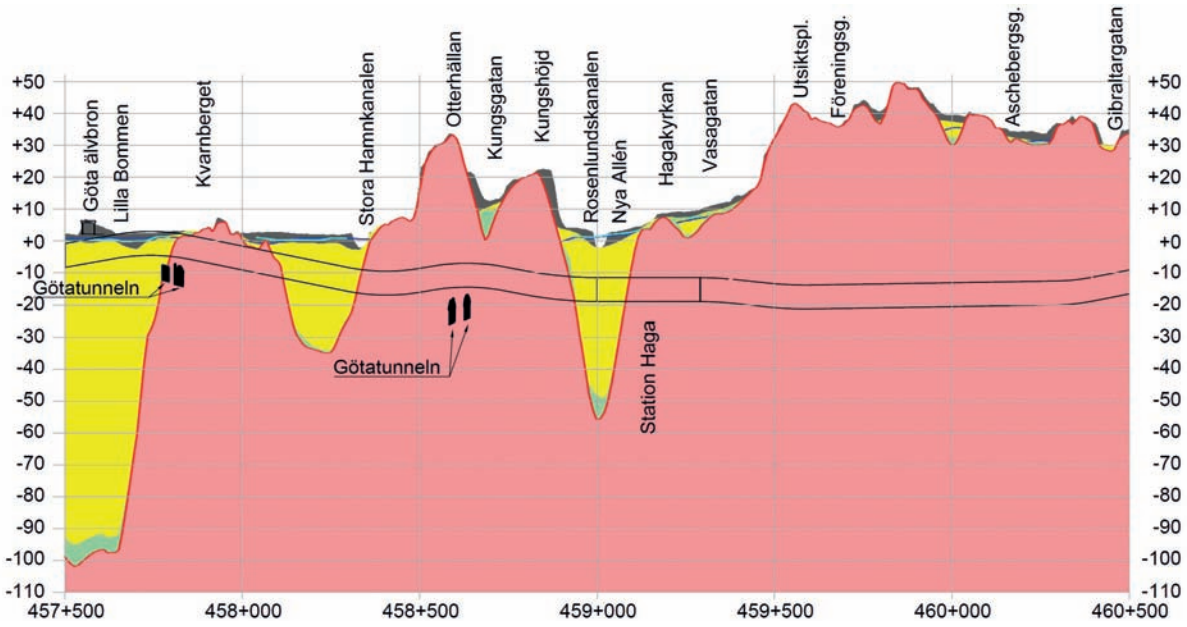
5.4 Jordlager

Jordlagren inom huvudområde Väst uppbyggs huvudsakligen av friktionsjord vilken i dalgångarna överlagras av lera, figur 5.4. Inom höjdområden är jordlagermäktigheten begränsad och ställvis saknas jordlager helt (berg i dagen). I flacka områden där ytvatten finns eller har funnits, förekommer organiska jordar ovan leror (och ibland ovan friktionsjord). Sådana organiska jordlager finns bland annat vid Mossen söder om Chalmers tekniska högskola (södra delen av delområde 2.5). I anslutning till höjdområden kan utsvallat material förekomma. Fyllningsjord återfinns inom stora delar av området, företrädesvis i anslutning till de låglänta områdena i norr i anslutning till Göta älv samt längs Linnégatan.

Generellt består friktionsjorden av morän som vilar direkt på berg. I vissa områden förekommer silt, sand och i något fall grus på moränen. Jorddjupen inom huvudområdet varierar stort, de största konstaterade jorddjupen är väster om



Figur 5.4 *Kvartärgeologisk karta över huvudområde Väst. Gula områden visar förekomst av lera, gröna områden friktionsjord och röda områden berg i dagen eller berg med tunt jordtäcke. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*



Figur 5.5 *Schematisk geologisk profil längs Västlänken huvudsakligen inom huvudområde Väst. För profilens läge se figur 5.4.*

Järntorget (cirka 60 meter). Längs Västlänken påträffas stora jorddjup vid passage av Stora Hamnkanalen (cirka 35 meter) och Rosenlundskanalen/Vallgraven (cirka 60 meter), figur 5.5.

I figur 5.5 redovisas geologisk profil längs Västlänken från Lilla Bommen (457+500) till Gibraltargatan (460+500).

5.5 Grundvattenförhållanden

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

5.5.1 Grundvatten i jord

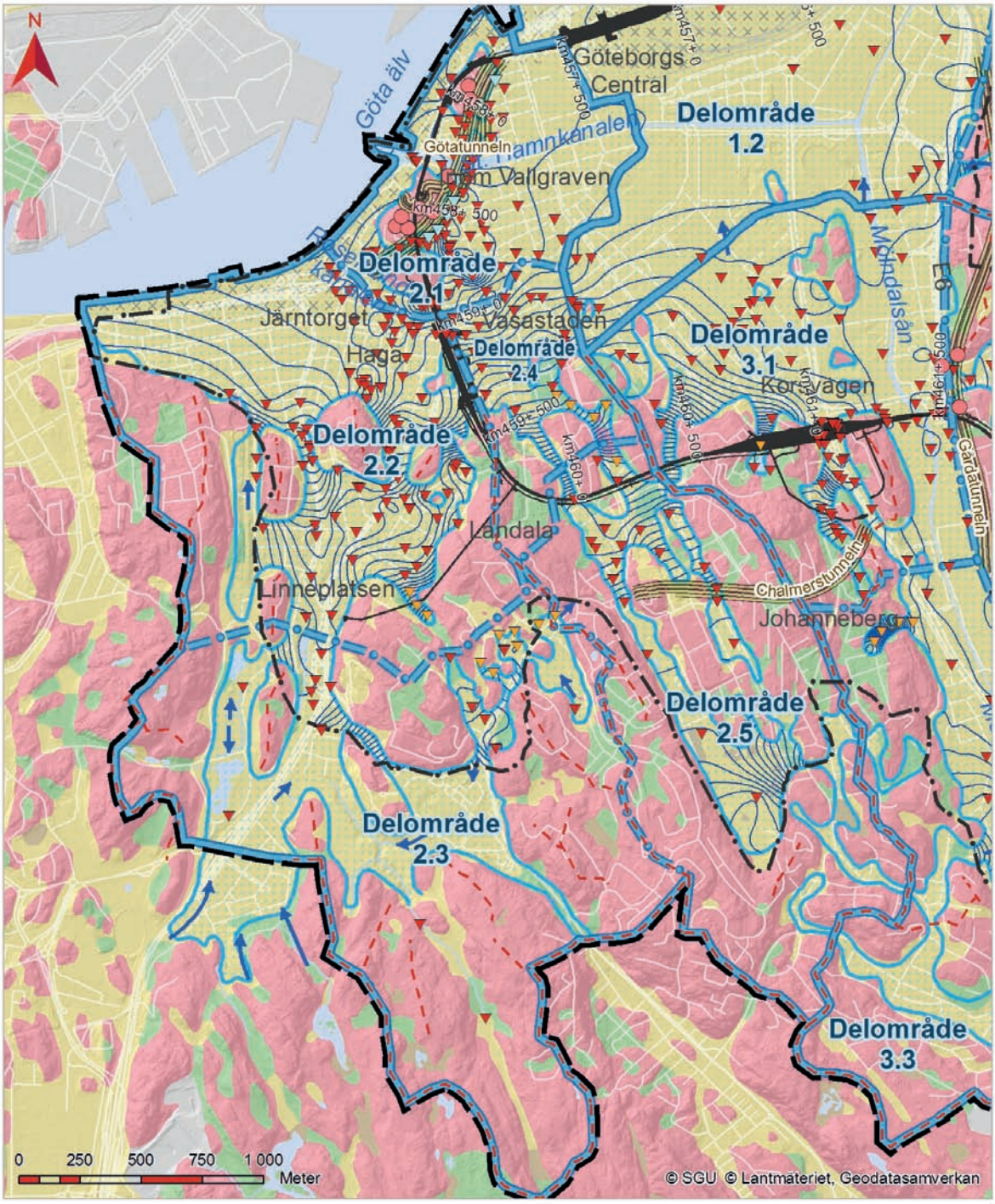
Uthålliga undre grundvattenmagasin i jord förekommer i huvudområdets nordliga del och i smala nord-sydligt orienterade dalgångar i söder. Grundvattenmagasinens tolkade utbredning visas på hydrogeologisk karta i figur 5.6. I figuren visas även vattendelare och huvudsakliga strömningsvägar. Grundvattenmagasinen bildar inom huvudområdet ett komplext mönster av ett flertal magasin i vilka grundvattenflödet följer marktopografin till lägre liggande markområden, för att slutligen mynna i Göta älvs dalsänka. Inom huvudområdet har 5 delområden och 9 grundvattenmagasin definierats (tabell 5.1). Grundvatten kan förekomma lokalt och temporärt även utanför markerade avgränsningar.

Längst i norr ligger delområde 2.1 vars yttre gräns i huvudsak utgörs av vattendrag med en vattenyta motsvarande Göta älvs vattenstånd. I delområdet finns två grundvattenmagasin i undre magasin i jord; magasin 2:1a Nordstaden och magasin 2:1b Inom Vallgraven. Magasinens utbredning beskrivs i kapitel 5.7.

Övriga delar av huvudområdet kan utifrån grundvattnets flödesmönster delas in i två stråk; ett västligt som innehåller delområdena 2.2 och 2.3 samt ett östligt som innehåller delområdena 2.4 och 2.5. De två stråken åtskiljs hydrauliskt från varandra av en vattendelare från södra Guldheden till Hagakyrkan.

Det västliga stråket innehåller grundvattenmagasin 2:3b Guldheden med avrinning mot Sahlgrenska och vidare ner till magasin 2:3a Änggården - Botaniska trädgården, där ett betydande tillskott av grundvatten fås från Botaniska trädgården och sänkan längs Dag Hammarskjöldsleden. Grundvattnet strömmar vidare i en smal passage mot norr till grundvattenmagasin 2:2b Olivedal - Annedal där magasinsområdet breder ut sig. Därefter strömmar grundvattnet förbi ett par bergpartier och når grundvattenmagasin 2:2a Masthugget - Haga i nivå med Skansberget. Det västliga stråket mynnar i norr mot Rosenlundskanalen och Göta älv. Magasinens utbredning beskrivs i kapitel 5.8 och 5.9.

Det östliga stråket innehåller grundvattenma-



Figur 5.6 *Hydrogeologisk karta med undre grundvattenmagasin i jord, vattendelare och grundvattnets flödesriktning. I figuren visas med röda trianglar observationspunkter som använts vid grundvattenytans modellering. För kartlegend hänvisas till figur 3.13. För bättre upplösning hänvisas till detaljkartor i följande kapitel.*

gasin 2:5b Chalmers - Mossen med avrinning ner mot grundvattenmagasin 2:5a Landala. Magasin 2:5b får tillskott av grundvatten från västra Johanneberg. Grundvattnet strömmar vidare i två smala passager mot norr och grundvattenmagasin 2:4a Vasastaden samt en passage mot Götaplatsen och delområde 3.1 i nordöst, varefter stråket ansluter till grundvattenmagasin 2:1b Inom Vallgraven och 1:2a Ullevi - Gullbergsvass. Magasinens utbredning beskrivs i kapitel 5.10 och 5.11.

De förhållandevis tunna jordlagren i områden

med höga bergnivåer saknar överlag stora och uthålliga grundvattenmagasin i jord. Övre grundvattenmagasin förekommer allmänt i områden där fyllningsjord har lagts ut på underliggande leror. Grundvattennivåerna fluktuerar vanligtvis stort över tid i dessa miljöer.

Grundvattennivåer

Grundvattennivåerna i magasinen inom huvudområdet är som högst i områdets södra delar, exempelvis cirka +50 vid Guldheden, cirka +43 vid Chalmers tekniska högskola, cirka +36 vid Landala torg, cirka +30 vid Sahlgrenska och cirka +13 vid Linnéplatsen. Vid Vasastaden ligger nivåerna betydligt lägre; cirka +4, för att ytterligare sjunka närmare de låglänta områdena vid Göta älv. Detaljerade beskrivningar redovisas i de kapitel som beskriver grundvattenmagasinen.

Hydrauliska egenskaper

Genom inventering av äldre hydrauliska undersökningar samt nya undersökningar inom ramen för Västlänken har jordlagrens hydrauliska egenskaper klarlagts. Resultaten från dessa tester visar att jordlagrens hydrauliska förmåga ligger inom 10^{-7} till 10^{-4} m/s. Lägre värden representerar förhållandevis täta jordar såsom siltjordar eller lerig-siltig morän, vilket överensstämmer med observationer gjorda på insamlat material från borrningar och tidigare schaktarbeten i området. Högre värden representerar exempelvis sandig morän eller friktionsjordar i hydraulisk kontakt med uppsprucket ytberg.

5.5.2 Grundvatten i berg

Historiska mätningar av grundvattennivåer i berg förekommer endast sporadiskt, men för bergets övre delar kan antas motsvarande grundvattennivåer och strömningsmönster som i det undre grundvattenmagasinet i jord. Lokala avvikelser finns i anslutning till dränerande berganläggningar. I en utredning av regionala hydrauliska förhållanden i berg utifrån SGUs brunnsarkiv har konstaterats att den effektiva (skaljusterade) hydrauliska konduktiviteten är lognormalt fördelad inom bergmassan. Ett representativt värde på konduktiviteten bedöms till cirka 4×10^{-8} - 2×10^{-7} m/s. Detta värde antas representera bergplintar mellan zoner samt på tunneldjup.

För berggrund längs svaghetszoner och ytligt berg uppskattas den hydrauliska konduktiviteten till cirka 2×10^{-7} - 5×10^{-6} m/s.

Erfarenheter från byggandet av Götatunneln och Chalmerstunneln visar att berggrunden har generellt låg hydraulisk konduktivitet men att zoner kan ha betydande vattengenomsläpplighet.

5.6 Påverkade grundvattenförhållanden

Dränerande undermarksanläggningar och infiltrationsanläggningar påverkar strömningsbild och grundvattennivåer i jord och berg i anslutning till dessa anläggningar. Anläggningar för skyddsinfiltration finns exempelvis i Haga och Vasastaden (övre grundvattenmagasin) samt vid Götatunneln (undre magasin), figur 5.7. Påverkade grundvattennivåer kan ses i delar av huvudområde Väst.

5.6.1 Dränerande byggnader och anläggningar

Påverkade grundvattenförhållanden (grundvattennivåer) har konstaterats i huvudsak i områdets norra och centrala delar, där byggande av infrastruktur och större byggnationer gett upphov till sänkta grundvattennivåer i jord och berg. Här följer en redogörelse av tillgänglig information beträffande dränerande byggnader och anläggningar som ligger inom huvudområdet; för lägen se figur 5.7. För detaljer hänvisas till kapitel 3.3 i [4].

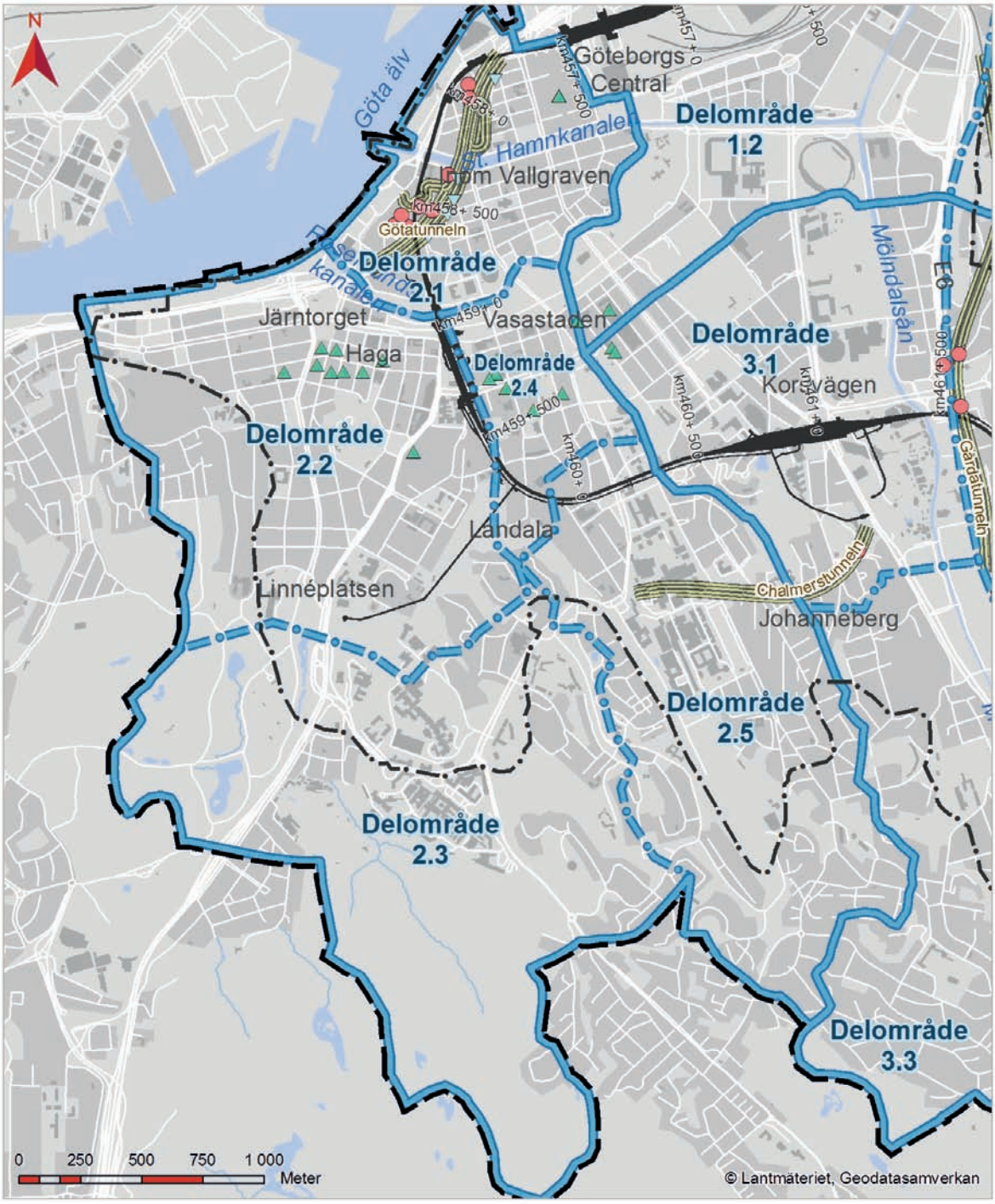
Det kan nämnas att det inom huvudområdet förekommer ett stort antal anläggningar vilka är hemliga eller för vilka råder sekretess, varför dessa inte kan redovisas. Projektet har dock kunskap om dessa anläggningar och påverkan från dessa har inarbetats i hydrogeologiska tolkningar.

Götatunneln

Götatunneln går i berg och jord mellan Järntorget och Lilla Bommen och passerar under Kungshöjd, Otterhällan och Kvarnberget. Inläckaget har uppmätts till totalt 14-26 l/min (cirka 1 kilometer bergtunnel och cirka 0,5 kilometer betongtråg/-tunnel). Vid Kungsgatan mellan Kungshöjd och Otterhällan korsas en konduktiv svaghetszon (kapitel 8, [4]). Skyddsinfiltration pågår lokalt för att säkerställa att inte skadlig grundvattenpåverkan uppkommer.

Chalmerstunneln

Spårvägstunnel Chalmerstunneln går i berg mellan Chalmers entré vid södra Landala och Mölndalsvägen mitt emot Liseberget. Inläckaget har uppmätts till totalt cirka 26 l/min för den



Figur 5.7 *Redovisning av större grundvattenpåverkande undermarksanläggningar samt anläggningar för skyddsinfiltration huvudområde Väst. Infiltrationsanläggningar visas med grön triangel (övre magasin) och ljusblå triangel (undre magasin). Röd ring representerar pumpbrunn för grundvatten. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

cirka 1,1 kilometer långa tunneln. Vid Gibraltargatan korsas en konduktiv svaghetszon. Ingen skyddsinfiltration pågår.

Bergrum

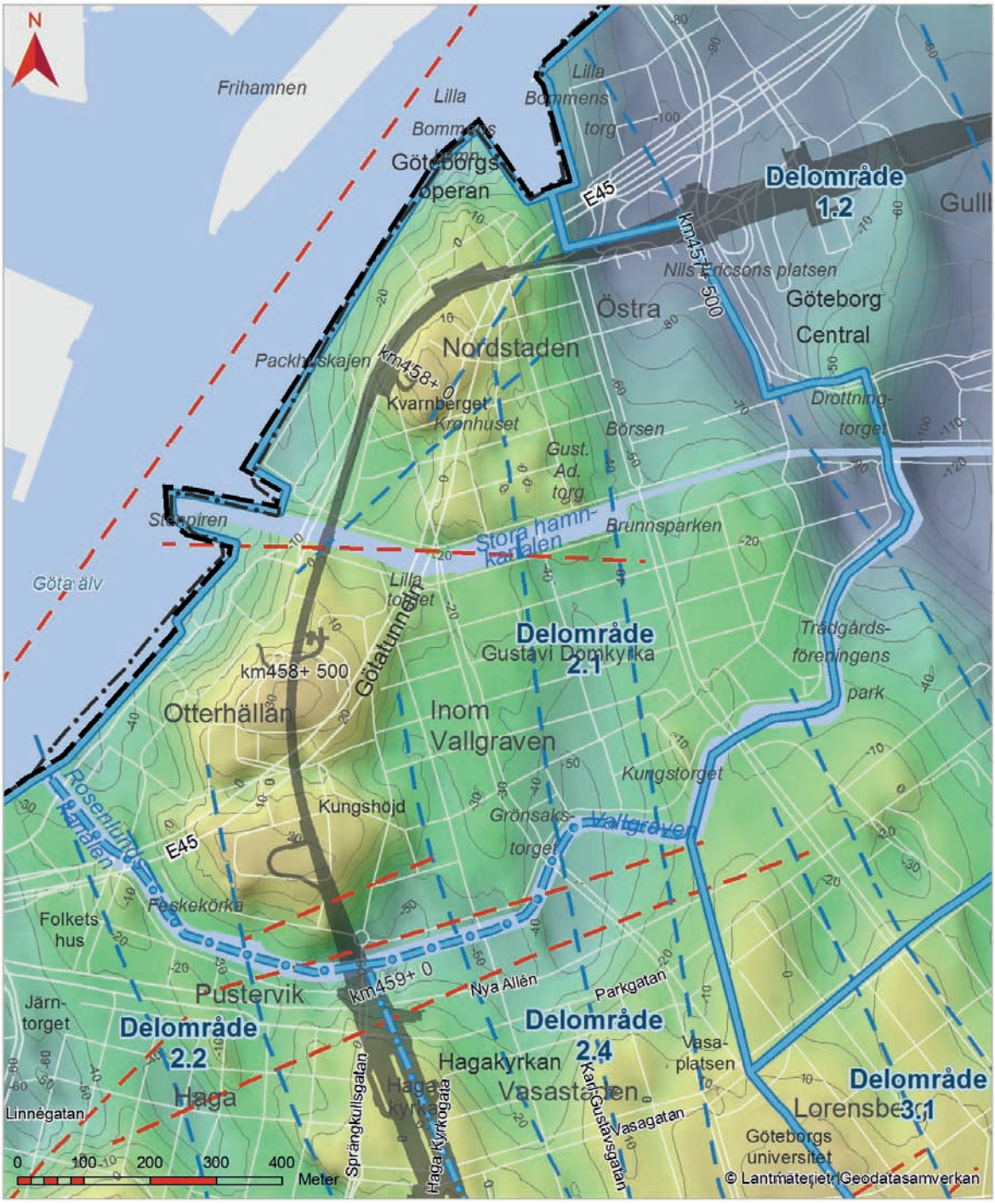
I huvudområdet finns fyra bergrum som används som skyddsrum, arkiv, parkeringsgarage och soprum. Dessa ligger inom Kvarnberget, Otterhällan och sydöst om Hagakyrkan (Nedre Fågelbergsgatan).

Figur 5.8 *Hydrogeologisk översiktskarta över delområde 2.1 Inom Vallgraven. Linje H2_5 är en geologisk sektion som sträcker sig från Otterhällan i riktning mot sydöst (visas i figur 5.28). För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

5.7 Delområde 2.1 Inom Vallgraven

Delområde 2.1 Inom Vallgraven omfattar gamla stadsdelen med samma namn samt stadsdelen Nordstaden, vilka skiljs åt av Stora Hamnkanalen. Området gränsar i nord och väst till Göta älv och i syd och öst till Rosenlundskanalen - Vallgraven. Området utgör centrala delar av Göteborg med omfattande bebyggelse och trafikleder; i nordöst gränsar Göteborgs Central. Större höjdområden är Kvarnberget, Otterhällan och Kungshöjd. I områdets norra del ligger Lilla Bommen.

Delområdets grundvattenförande friktions-



Figur 5.9 *Bergnivåmodell över delområde 2.1 Inom Vallgraven. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

jordlager på berg har delats in i två undre grundvattenmagasin i jord där Stora Hamnkanalen utgör gräns mellan de två (figur 5.8):

- Magasin 2:1a Nordstaden
- Magasin 2:1b Inom Vallgraven

Området har tidigare varit föremål för hydrogeologiska undersökningar: Götaleden, bergrum vid Otterhällan och byggnationer inom Nordstaden med flera.

Området är i huvudsak flackt och låglänt förutom vid de tre bergpartierna Kvarnberget, Otter-

Figur 5.10 *Grundvattenmagasin i jord, undre magasin. Tolkade grundvattennivåer och dominerande flödesriktningar samt vattendelare och observationspunkter (röda trianglar). För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

hällan och Kungshöjd. Stora Hamnkanalen skär genom området i väst-östlig riktning och utgör gräns mellan grundvattenmagasin 2:1a Nordstaden och 2:1b Inom Vallgraven. Omgivande vattendrag är sammanbundna och har samma vattenstånd Göta älv.

Tolkade bergnivåer och svaghetszoner i berg redovisas i figur 5.9. Höga bergnivåer på upp emot +20 och +30 förekommer i den västra delen, medan låga nivåer förekommer i öster. De lägsta noterade bergnivåerna förekommer i områdets nordöstra del i anslutning till Nils Ericsonsplatsen (cirka -100). Bergytans nivå varierar således stort inom området, minst 130 meter.

Kunskap om förekommande svaghetszoner i berg är delvis begränsad inom huvudområde Väst. Orsaken till detta är bergytans djupläge vilket medfört att mycket få undersökningar utförts av bergytans nivå samt av berggrundens uppbyggnad. I områdets västra del (där Västlänken byggs) finns dock ett flertal berganläggningar där undersökningar och byggnationer gett betydande kunskap om bergets uppbyggnad samt förekommande zoner.

5.7.1 Grundvattenmagasin 2:1a Nordstaden och 2:1b Inom Vallgraven

Undre grundvattenmagasin i jord utgör ett enhetligt friktionsjordlager inom delområdet, förutom inom de höga bergpartier där jordlager saknas, figur 5.10. Gränsen mellan de två magasinen (Stora Hamnkanalen) har hydraulisk signifikans endast för övre magasin.

Jorddjupen är delvis bristfälligt kända inom området. De kan dock generellt antas vara betydande i områdets nordöstra del, där djup på minst 100 meter har noterats. Jordarna karakteriseras av ett övre lager friktionsjord/fyllning (upp till 6-10 meter mäktigt), under vilket förekommer lerlager och därunder friktionsjord på berg [5]. Det konduktiva friktionsjordlagret närmast berg har några få meters mäktighet. Utvärderad kolvprovtagning i området visar att leran är sättningsbenägen vid grundvattensänkning (se kapitel 3.4 och [7]). En geologisk profil längs Västlänkens dragning visas i figur 5.5.

I områdets nordvästra del i anslutning till Göta älv är förekomsten av fyllningsjord betydande. I stort sett hela området, förutom de högre bergpartierna, har utfyllts under olika perioder i syfte att skapa byggbar mark.

Tolkade grundvattennivåer illustreras för undre grundvattenmagasin i jord i figur 5.10 och för övre grundvattenmagasin i figur 5.11. Tolkade nivåer ska ses som översiktliga.

Grundvatten i jord

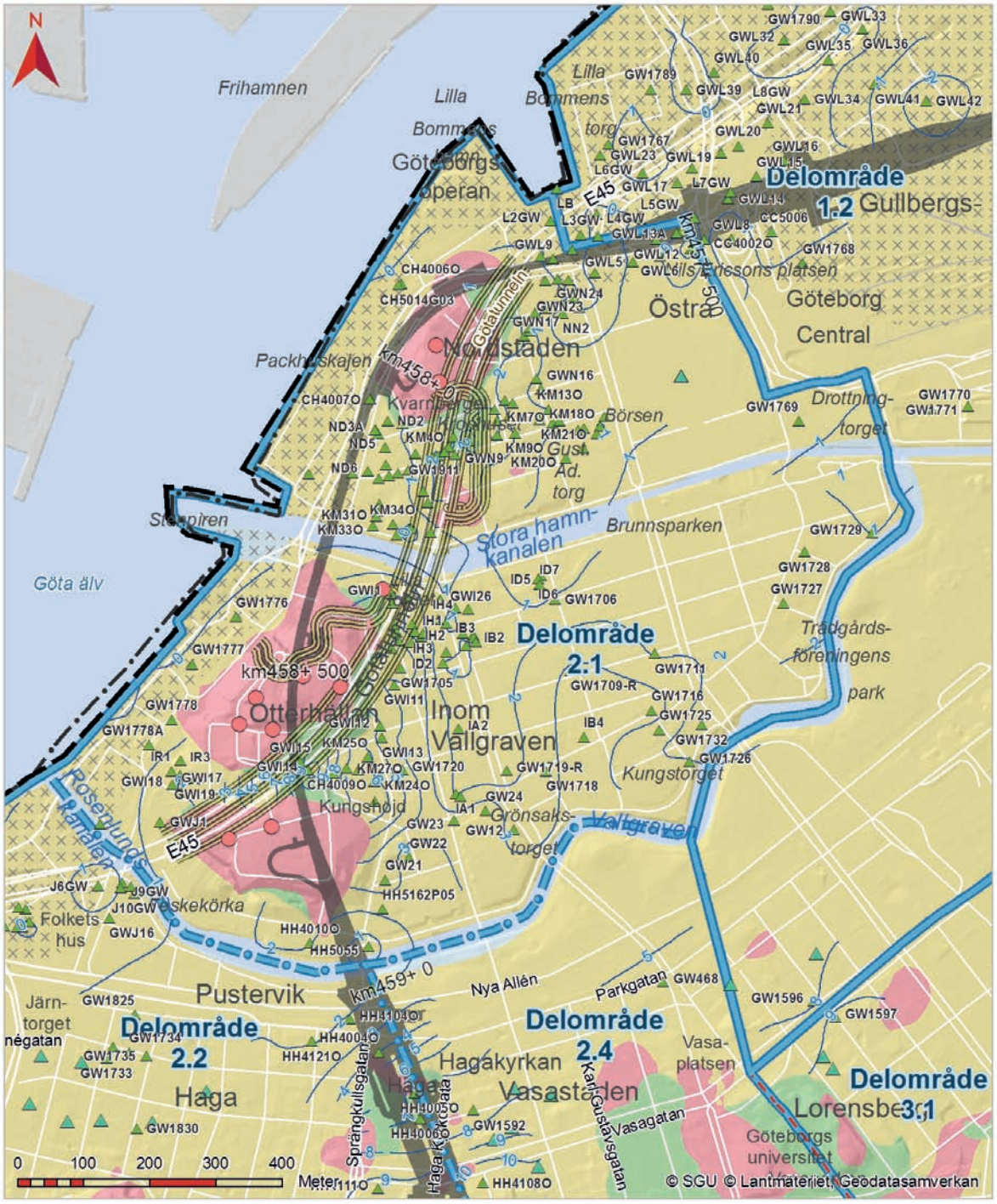
Inom större delen av området ligger grundvattennivån i undre magasin på nivåer marginellt över vattenståndet i Göta älv, figur 5.10. Något högre nivåer konstateras i anslutning till uppstickande bergpartier samt lokalt i anslutning till anläggningar för skyddsinfiltration, exempelvis öster om Kungshöjd. Lokalt lägre nivåer kan ses i områden längs Rosenlundskanalen vilket tolkas som påverkan från olika typer av dränerande anläggningar.

I friktionsjorden närmast bergytan förekommer i större delen av området ett undre slutet grundvattenmagasin. Grundvattnets flödesriktning i detta undre magasin sker från högre liggande områden i anslutning till bergpartiet i områdets västra del, till omgivande lägre liggande områden. Det innebär att strömning sker mot väst-nordväst mot Göta älv samt mot uthålliga magasin i öster. I den östra delen är nivåerna mycket flacka och ligger mellan havsnivån (Göta älv) och nivåer på drygt +1. Trots att en detaljerad nivåkarta inte har kunnat tas fram i områdets östra del (fåtal observationspunkter), är det givet att grundvattnet i huvudsak strömmar mot norr för att slutligen nå Göta älvs dalgång. Konduktiva zoner i berg kan påverka flödet lokalt, särskilt där dessa påverkas av dränage till befintliga berganläggningar i områdets västra del.

Olika undersökningar visar att jordlagren väster om Kvarnberget utgörs av sand (med hydraulisk konduktivitet 1-2 x 10^{-4} m/s), vid Stora Hamnkanalen 0,5-3 meter finsand-sand (1 x 10^{-4} m/s), längs Kungsgatan i höjd med Götatunneln sand (3 x 10^{-4} m/s) och söder om Kungshöjd friktionsjord med hydraulisk konduktivitet 2-4 x 10^{-6} m/s [5].

Vid tolkning av grundvattennivåer i övre grundvattenmagasin redovisas endast områden där det förekommer ett stort antal observationspunkter (eftersom övre grundvattenmagasin är heterogent uppbyggt), figur 5.11.

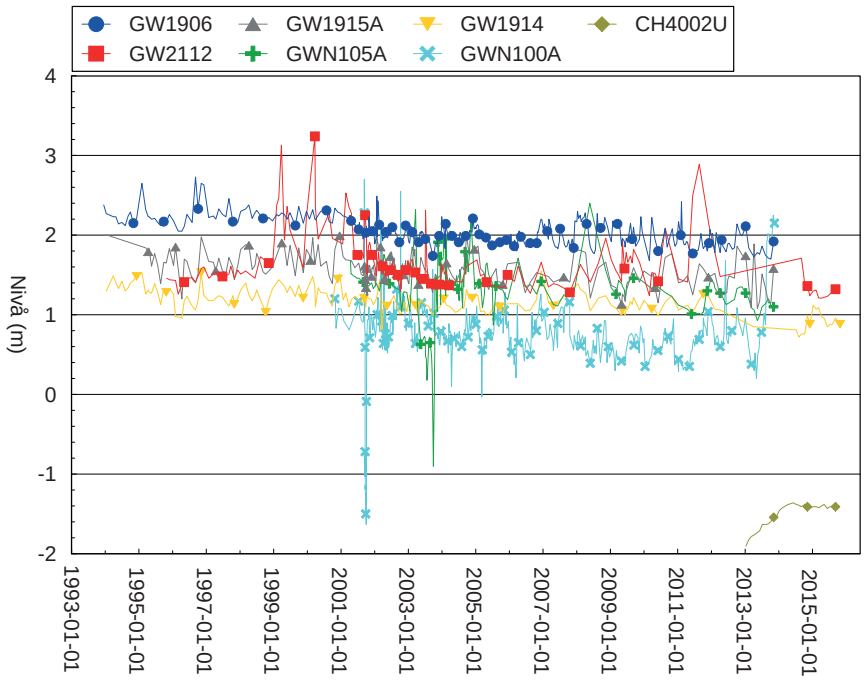
Grundvattennivåer i övre magasin i jord styrs i stor utsträckning av vattenståndet i älven och i kanaler, men även av fyllningsjordens uppbyggnad. Äldre och numera igenfyllda kanaler samt ledningar, ledningsgravar och olika typer av grundläggning kan påverka strömningsrikt-



Figur 5.11 *Grundvattenmagasin i jord, övre magasin. Tolkade grundvattennivåer och dominerande flödesriktning samt vattendelare och observationspunkter (gröna trianglar). För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

ningar och nivåer i det övre grundvattenmagasinet. Grundvattennivåerna i övre magasin är särskilt låga i områdets nordliga delar. I köpcentret Nordstan finns en infiltrationsanläggning i övre magasin.

Graf med grundvattennivåer i undre magasin i jord redovisas i figur 5.12. Mindre grundvattenpåverkan kan ses efter år 2000 i samband med byggande av Götatunneln.



Figur 5.12 *Uppmätta grundvattennivåer i undre magasin i jord inom magasin 2:1a och 2:1b. Observationspunkternas lägen redovisas i figur 5.10.*

Grundvatten i berg

Höga bergnivåer med berg i dagen förekommer i områdets västra del, figur 5.10. Området är hydrauliskt påverkat av flera dränerande anläggningar vilket resulterar i störda grundvattennivåer. Längs Västlänken varierar uppmätta grundvattennivåer i berg mellan cirka -20 och +10, vilka är tydligt påverkade av Götatunneln, Kungsgaraget och Otterhällans skyddsrum. I sänkan mellan Otterhällan och Kungshöjd ligger grundvattennivån i berg omkring +8. För detaljer hänvisas till kapitel 8 i [4].

Hydrauliska undersökningar i kärnborrhål i berg indikerar hydraulisk konduktivitet mellan 1 x 10^{-8} och 2 x 10^{-7} m/s i borrhålsskala.

Magasinens känslighet och riskobjekt

Grundvattenmagasinen bedöms vara känsliga för grundvattenpåverkan. Med skyddsinfiltration balanseras i princip befintliga tunnlars dränering, vilket är särskilt påtagligt i området öster om Otterhällan - Kungshöjd. Utförda inventeringar och analyser visar att det inom området finns riskobjekt vilka är grundvattenberoende och känsliga för grundvattennivåförändringar. Grundvattenberoende riskobjekt i området är:

- Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning, främst trägrundläggning och grundläggning på lera.
- Fornlämningar och kulturlämningar finns inom hela delområdet, främst trägrundläggning för numera i stort sett rivna befästningsverk samt organiskt material i mark.
- Naturvärden som huvudsakligen förekommer lokalt inom parker och alléer.

För detaljer om områdets riskobjekt hänvisas till kapitel 8.

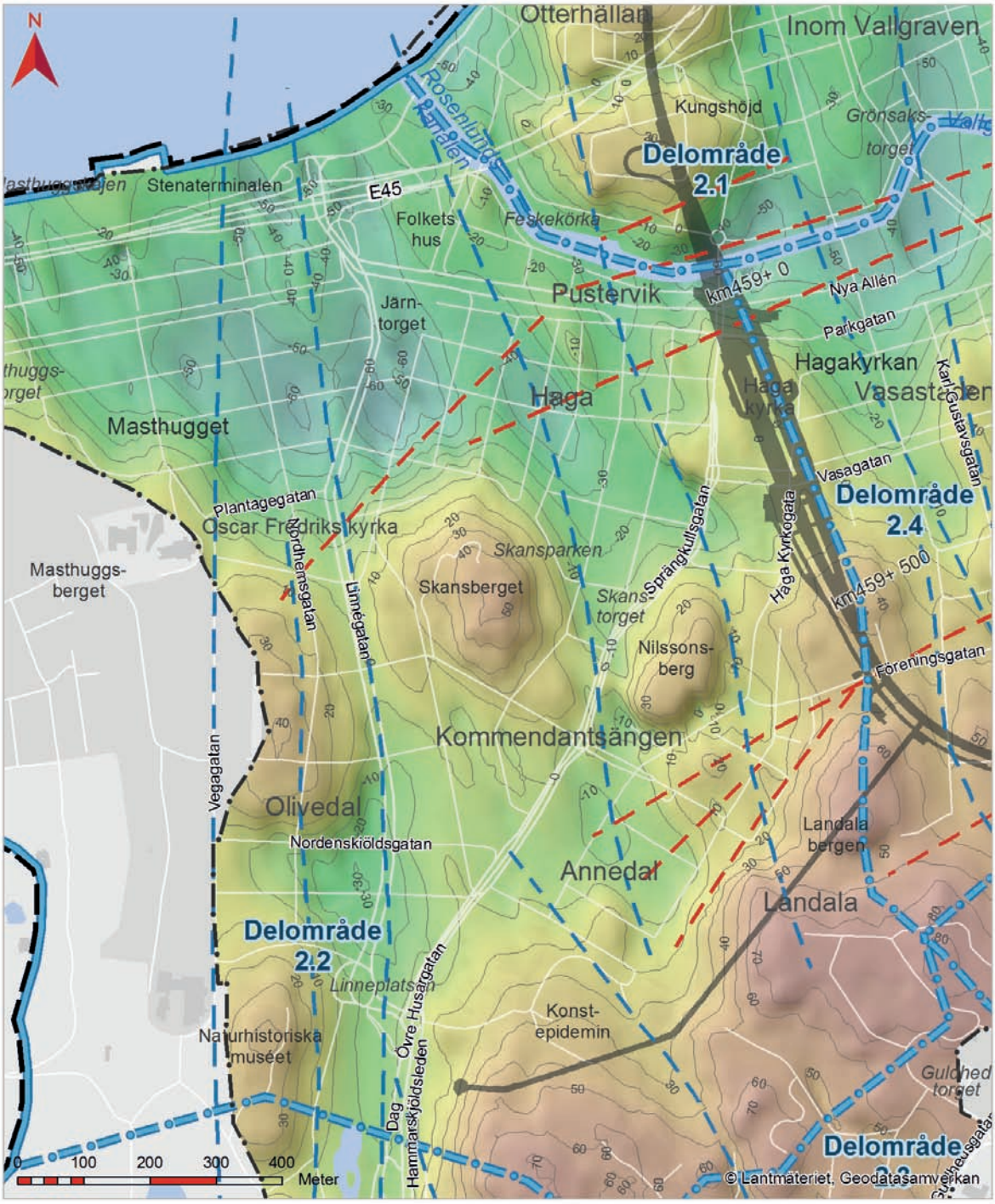
5.8 Delområde 2.2 Haga - Annedal

Delområde 2.2 Haga - Annedal sträcker sig från Linnéplatsen i söder till Göta älv – Rosenlundskanalen i norr. Området omfattar delar av Masthugget, Olivedal, Haga och Annedal. Området avgränsas av Masthuggsberget och Landalabergen som utgör markanta bergpartier i väster respektive i öster. Inom delområdet finns distinkta höjdpartier som Skansberget och Nilssonsberg samt höga bergnivåer vid Hagakyrkan samt mellan Vegagatan och Nordhemsgatan mot Naturhistoriska muséet. Området utgör centrala delar av Göteborg med omfattande bebyggelse och trafikleder.

Figur 5.13 *Hydrogeologisk översiktskarta över delområde 2.2 Annedal - Haga. Linjer H2_1-3 är geologiska sektioner i området. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

Området kan hydrogeologiskt delas in i en nordlig och en sydlig del. Den norra delen utgör ett område med mäktiga jordlager som begränsas av höga bergpartier i söder, i princip norr om en linje Plantagegatan - Skansberget - Skanstorget. Den södra delen utgör ett område som sträcker sig vidare söderut till Linnéplatsen.

Delområdets grundvattenförande friktionsjordlager har delats in i två undre grundvattenmagasin i jord med inbördes hydraulisk kontakt (figur 5.13):



Figur 5.14 *Bergnivåmodell över delområde 2.2 Haga – Annedal. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

- Magasin 2:2a Masthugget - Haga (nordligt magasin)
- Magasin 2:2b Olivedal - Annedal (sydligt magasin)

Det södra grundvattenmagasinet (2:2b) avrinner till det norra magasinet via huvudsakligen två sänkor. Dessa sänkor går längs Linnégatan och Övre Husargatan - Sprängkullsgatan. Mindre flöden sker till det nordliga magasinet via de två yttre sänkorna längs Vegagatan och Haga Kyrkogata.

Området har tidigare varit föremål för hydrogeologiska undersökningar vid Götaleden samt olika byggnationer.

Tolkade bergnivåer och tolkade zoner i berg redovisas i figur 5.14. Höga bergnivåer på upp emot cirka +40 och +60 förekommer inom höjdområden, medan de lägsta nivåerna -60 förekommer nordväst om Skansberget (inom Haga). Bergytans nivå varierar således stort inom området, minst 120 meter.

Kunskap om förekommande svaghetszoner i berg är relativt god inom delområdet. Orsaken är att det inom området finns ett stort antal berganläggningar där undersökningar och uppföljning under byggnation gett betydande och detaljerad kunskap om bergets uppbyggnad och förekommande zoner.

Gränsen mellan det nordliga och det sydliga magasinet utgör ett avsnitt med höga bergnivåer där bergnivån fungerar som dämme. Två geologiska sektioner H2_1 och H2_2 illustrerar detta i figur 5.15. och figur 5.16. En tredje sektion H2_3 visar geologiska förhållanden i väst-östlig riktning vid Annedal, se figur 5.17. För sektionernas läge, se figur 5.13.

5.8.1 Grundvattenmagasin 2:2a Masthugget - Haga

Undre grundvattenmagasin i jord utgör ett enhetligt friktionsjordlager i delområdets norra del. Magasinets utbredning bestäms av olika typer av hydrauliska gränser; exempelvis Göta älv i norr, låga grundvattennivåer längs Rosenlundskanalen, en gravitationsvattendelare mot magasin 2:4a i öster samt höga bergområden och smala dalsänkor i söder, figur 5.13.

Jorddjupen är väl kända i områdets centrala och östra delar medan de är delvis osäkra i områdets nordvästligaste del. I nordväst har djup på minst 60 meter noterats. I övrigt finns de större jorddjupen i anslutning till bergsänkor i området. Jordarna karakteriseras av ett övre lager friktionsjord/fyllning (upp till 5-10 meter mäktigt), under vilket förekommer lerlager och underst friktionsjord på berg. Friktionsjordlagret har några få meters mäktighet. Utvärderad kolvprovtagning i området visar att leran är sättningsbenägen vid grundvattensänkning (se kapitel 3.4 och [7]). Geologisk profil längs Västlänkens dragning visas i figur 5.5.

I områdets nordvästra del i anslutning till Göta älv är förekomsten av fyllningsjord betydande. I stort sett hela området, förutom de högre bergpartierna, har fyllts ut under olika perioder i syfte att skapa byggbar mark, figur 5.18. Högre liggande områden vid Hagakyrkan saknar i stor utsträckning övre grundvattenmagasin i jord.

Tolkade grundvattennivåer illustreras för undre grundvattenmagasin i figur 5.18 och för övre grundvattenmagasin i figur 5.19. Tolkade nivåer ska ses som översiktliga.

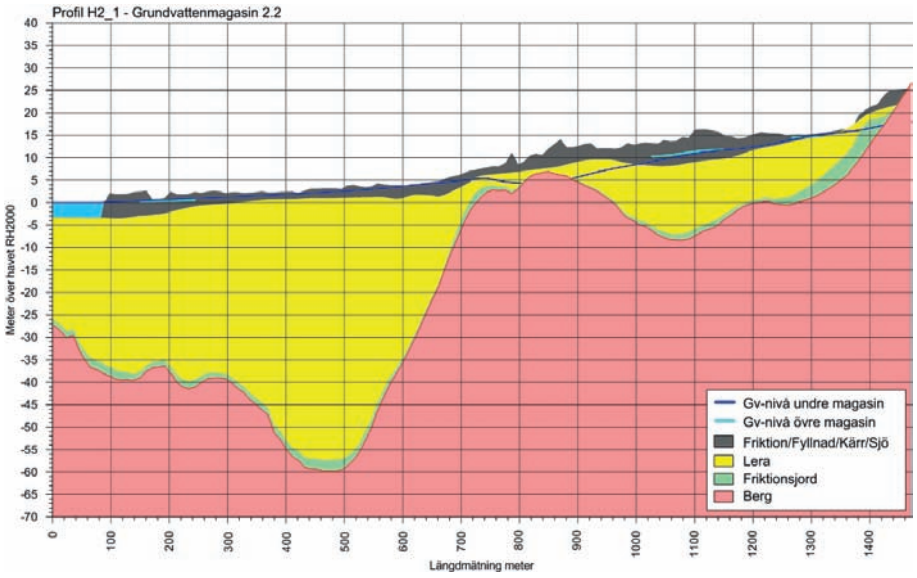
Grundvatten i jord

I friktionsjorden närmast bergytan förekommer i större delen av området ett undre slutet grundvattenmagasin. Grundvattnets flödesriktning i detta undre magasin är i huvudsak nordlig, från högre liggande områden i söder till lägre liggande områden vid Göta älv.

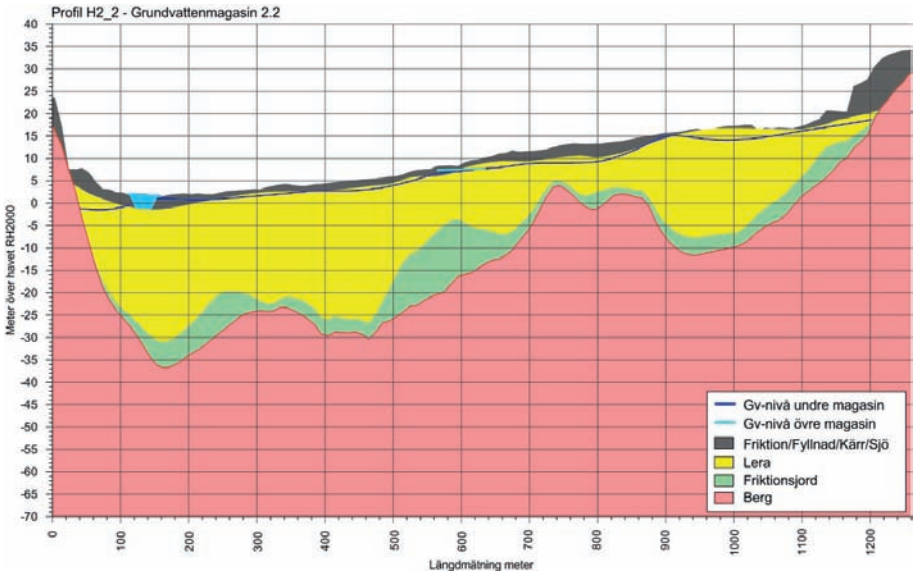
I norra delen i anslutning till Göta älv ligger grundvattennivåerna i undre magasin vid +1 eller något lägre, figur 5.18. Mot söder stiger marknivån och med den generellt grundvattennivåerna; vid magasinets södra gräns ligger nivåerna mellan +6 och +10. Påtagligt låga nivåer förekommer i anslutning till bergpartierna vid gränsen mot det sydliga grundvattenmagasinet 2:1b (vid Skansberget - Nilssonsberg och ner mot Rosenlundskanalen), vilket antas vara påverkan från olika typer av dränerande anläggningar. Något högre nivåer konstateras i anslutning till områden med betydande grundvattenflöden, exempelvis vid Oscar Fredriks kyrka där grundvattenmagasinet i sänkan längs Vegagatan mynnar. I magasinets östra del, vid gränsen mot Vasastaden, höjer sig bergnivån och med den grundvattennivån i jord (mellan +7 och +10). Typiska grundvattennivåer i undre magasin i jord visas i figur 5.20.

Undersökningar i samband med Västlänken visar att undre friktionsjordlager är cirka 1 meter mäktigt och har en hydraulisk konduktivitet mellan 10^{-6} och 10^{-4} m/s. Friktionsjordens uppbyggnad i centrala delen av Rosenlundskanalens dalgång är oklar men bedöms vara mäktig. Baserat på en provpumpning i Hagaparken (15 l/min i pumpbrunn HH4001B) har den vattenförande förmågan i undre friktionsjordlager (inklusive ytligt berg) beräknats till 10^{-5} - 10^{-4} m^2/s. Vid provpumpningen erhölls påverkan på drygt 150 meters avstånd från brunnen (se kapitel 3.7.2 och [5]).

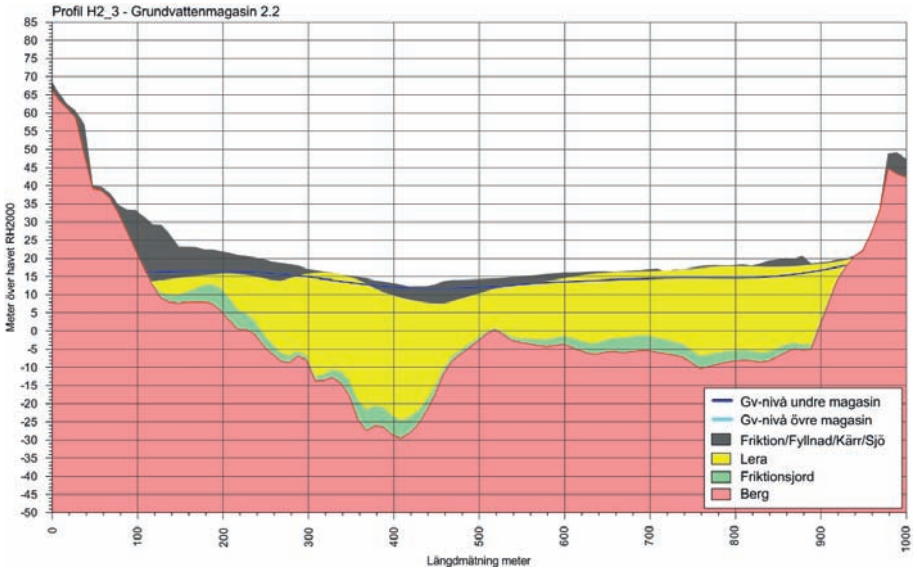
Vid tolkning av grundvattennivåer i övre magasin redovisas endast områden där det förekommer ett stort antal observationspunkter, figur 5.19. Tolkade nivåer vid Masthuggskajen – Järn-



Figur 5.15 *Översiktlig geologisk sektion H2_1 i ungefär sydlig riktning från Stenaterminalen via Folkets Hus längs Linnégatan till Konstepidemin. Sektionen visar låga bergnivåer i centrala Haga samt stigande bergnivåer i höjd med Skansberget.*



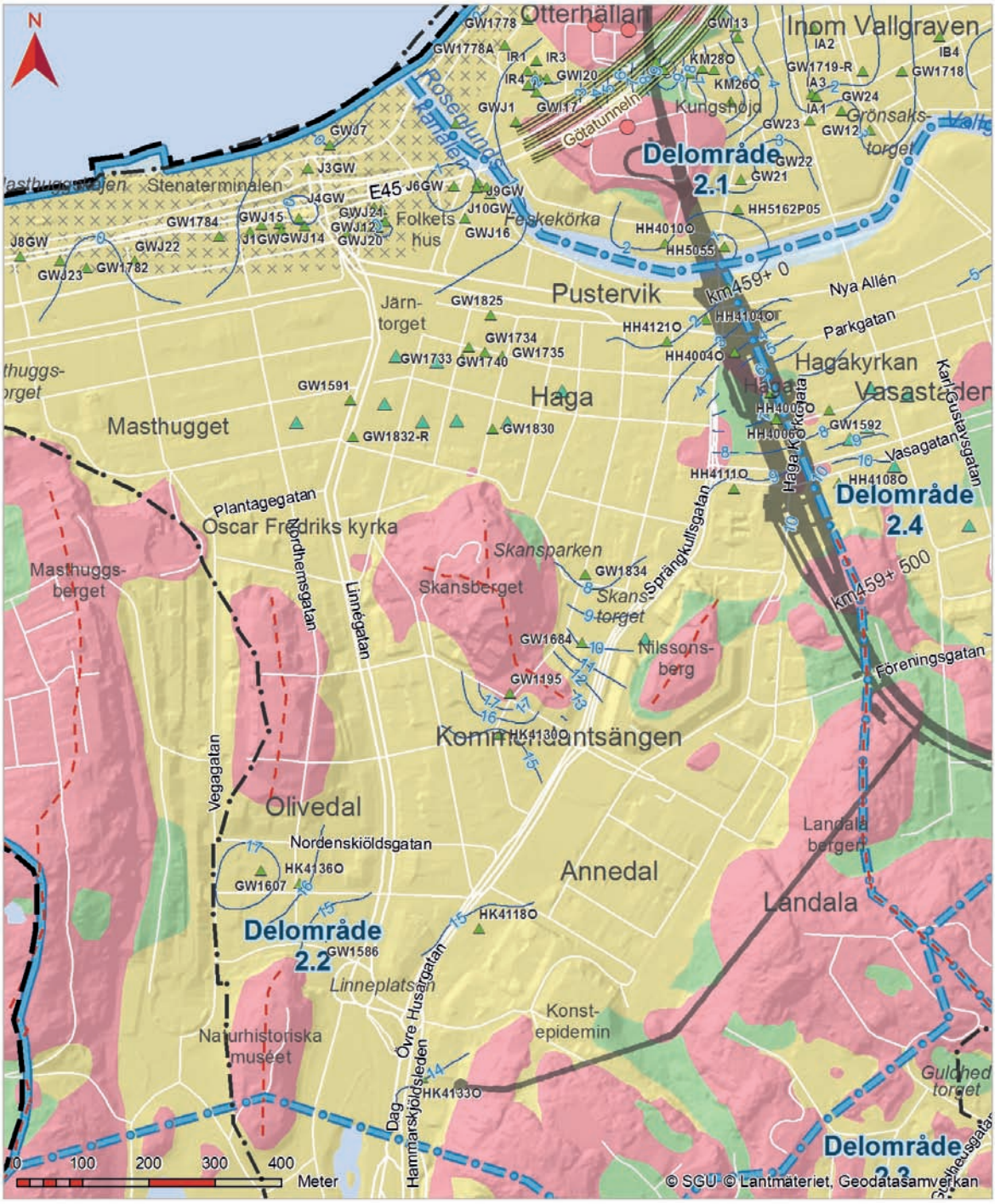
Figur 5.16 *Översiktlig geologisk sektion H2_2 i ungefär sydlig riktning från Kungshöjd via Skanstorget till Konstepidemin.*



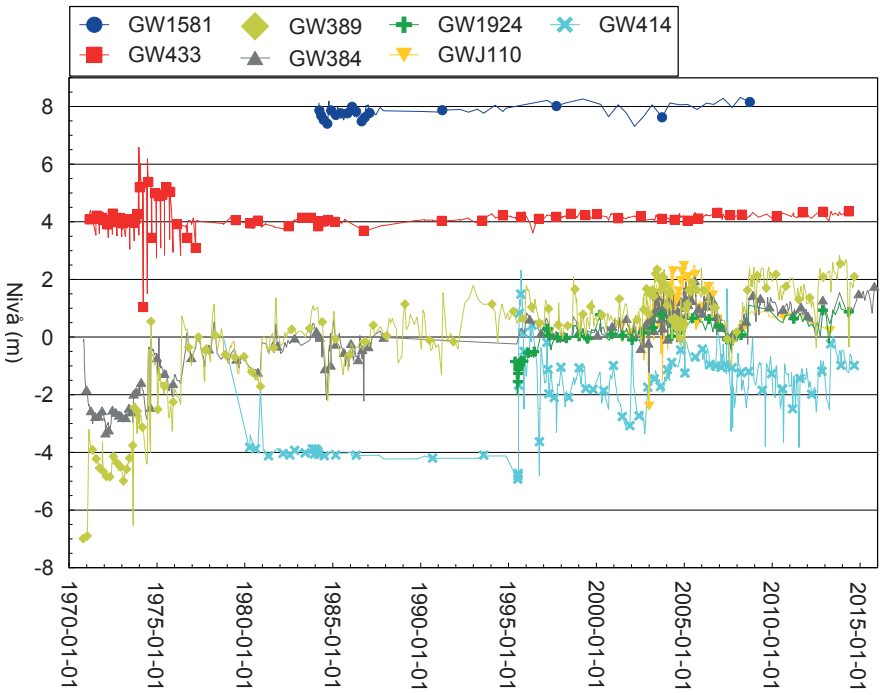
Figur 5.17 *Geologisk sektion H2_3, magasin 2:2b Olivedal-Annedal, längs Nordenskiöldsgatan mot Guldhedsberget. Sektionen visar bergtopografi och jordlager tvärs delområdet där Övre Husargatan ligger vid cirka 600 meter.*

Figur 5.18 *Grundvattenmagasin i jord, undre magasin. Tolkade grundvattennivåer och dominerande flödesriktning. Vattendelare och observationspunkter. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

torget ligger mellan +-0 och +1 medan nivåerna vid Hagakyrkan och vid läge för planerad Station Haga följer marktopografin och ligger mellan +1 och +10. Typiska grundvattennivåer visas i figur 5.19.



Figur 5.19 *Grundvattenmagasin i jord, övre magasin. Tolkade grundvattennivåer och dominerande flödesriktning samt vattendelare och observationspunkter. För kartlegend hänvisas till figur 3.13*



Figur 5.20 *Uppmätta grundvattennivåer i undre magasin i jord inom magasin 2:2a. Observationspunkternas lägen redovisas i figur 5.18.*

Grundvatten i berg

Låga bergnivåer förekommer allmänt i områdets norra del samt i sänkor i söder, figur 5.14. Området är hydrauliskt påverkat av flera dränerande berganläggningar vilket resulterat i störda grundvattennivåer. I området finns endast ett fåtal borrhål/brunnar i berg som möjliggör nivåobservationer i berg, vilka huvudsakligen är placerade i anslutning till Västlänken. Mätningar visar på grundvattennivåer mellan +15 och +21. För detaljer hänvisas till kapitel 8 i [4].

Hydrauliska undersökningar i kärnborrhål i berg indikerar hydraulisk konduktivitet mellan 2 x 10^{-9} och 1 x 10^{-7} m/s i borrhålsskala.

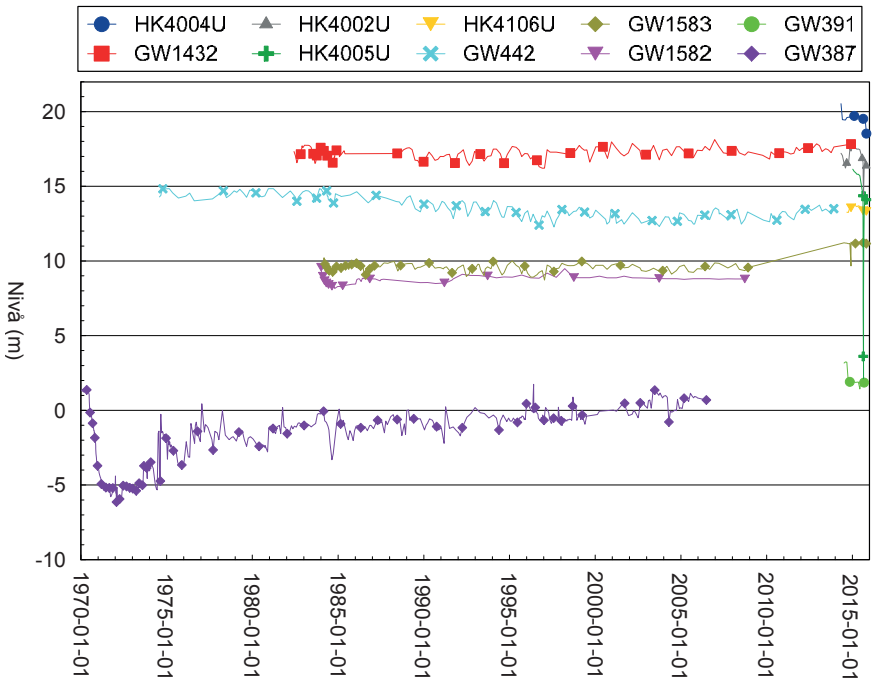
Utförda tektoniska tolkningar, huvudsakligen baserat på information från befintliga berganläggningar, indikerar förekomst av svaghetszoner vid Station Haga [4]. Dessutom visar tillgänglig information på förekomst av flera västligt stupande överskjutningszoner i området väster om Västlänken. Norr om Skansberget finns en väst-östligt orienterad zon. Konduktiva zoner i berg påverkar flödet i detalj särskilt där dessa påverkas av dränage till befintliga berganläggningar i områdets centrala del.

Magasinets känslighet och riskobjekt

Grundvattenmagasinet bedöms känsligt för grundvattenpåverkan. Befintliga berganläggningar påverkar magasinets grundvattennivåer, vilket är särskilt påtagligt vid Skansberget. I området finns ett flertal anläggningar för skyddsinfiltration. Utförda inventeringar och analyser visar att det inom området finns riskobjekt vilka är grundvattenberoende och känsliga för grundvattennivåförändringar:

- Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning, främst trägrundläggning och grundläggning på lera.
- Grundvattenberoende fornlämningar och kulturlämningar i områdets norra del, främst trägrundläggning för numera i stort sett rivna befästningsverk samt organiska material i mark.
- Naturvärden som huvudsakligen förekommer lokalt inom parker och alléer.

För detaljer om områdets riskobjekt hänvisas till kapitel 8.



Figur 5.21 *Uppmätta grundvattennivåer i undre magasin i jord inom magasin 2:2b. Observationspunkternas lägen redovisas i figur 5.19*

5.8.2 Grundvattenmagasin 2:2b Olivedal - Annedal

Undre grundvattenmagasin i jord utgör ett relativt enhetligt friktionsjordlager i delområdets södra del. Magasinet utbredning bestäms av olika typer av hydrauliska gränser, exempelvis höga bergnivåer i väster och öster samt smala jordfyllda dalsänkor i norr (mot magasin 2:2a) och i söder (mot magasin 2:3a).

Jorddjupen är väl kända i området förutom i sydväst där antalet observationspunkter är något begränsat. Större jorddjup förekommer i anslutning till bergsänkor i området, där exempelvis nivån -30 konstaterats vid Olivedal och nivån -10 vid Annedal. I geologisk sektion H2_3 (figur 5.17) visas bergnivåer och jordlagrens principiella uppbyggnad för områdets centrala del (sektionens läge visas i figur 5.13).

Jordlagren karakteriseras av ett övre lager friktionsjord/fyllning, under vilket förekommer lera och underst friktionsjord på berg. Den konduktiva friktionsjorden närmast berg har några få meters mäktighet. Utvärderad kolvprovtagning i området visar att leran är sättningsbenägen vid grundvattensänkning (se kapitel 3.4 och [7]).

Över i stort sett hela området, förutom i de högre bergpartierna, har under olika perioder utfyllnader gjorts i syfte att skapa byggbar mark. Exempel är längs Linnégatan i samband med kulvertering av Djupedalsbäcken.

Tolkade grundvattennivåer illustreras för undre grundvattenmagasin i figur 5.18 och för övre grundvattenmagasin i figur 5.19. Tolkade nivåer ska ses som översiktliga.

Grundvatten i jord

I friktionsjorden närmast bergytan förekommer i större delen av området ett undre slutet grundvattenmagasin. Grundvattnets flödesriktning i detta undre magasin är i huvudsak nordlig, från högre liggande områden i söder till lägre liggande områden vid gräns mot magasin 2:2a.

I grundvattenmagasinet 2:2b ligger grundvattennivån i det undre magasinet mellan +4 och drygt +20, figur 5.18. Påtagligt låga nivåer förekommer vid Skansberget - Olivedal och vid Annedal, vilket tolkas som påverkan från olika typer av dränerande anläggningar.

Typiska grundvattennivåer visas i figur 5.21. I områdets centrala delar har nivåerna varit stabila sedan 1980-talet. I rör GW387 kan man notera en långsamt stigande nivå efter en störning under 1970-talet.

Vid tolkning av grundvattennivåer i övre grundvattenmagasin redovisas endast områden där det förekommer ett stort antal observations-

punkter, figur 5.19. I dagsläget finns förhållandevis få uppgifter om nivåer i övre grundvattenmagasin.

Baserat på en provpumpning i Annedal (cirka 25 l/min i pumpbrunn HK4001B) har den vattengenomsläppligheten förmågan i undre friktionsjordlager (inklusive ytligt berg) beräknats till cirka 3 x 10^{-5} m^2/s. Vid provpumpningen erhölls påverkan på 200-300 meters avstånd från pumpbrunnen.

Grundvatten i berg

Bergnivåmodellen (figur 5.14) visar låga bergnivåer i magasinets centrala del och höga bergnivåer i väster och öster. Områdets svaghetszoner sammanfaller med stråk med låga bergnivåer. Zoner har främst lokaliserats genom kartering i befintliga berganläggningar. Området är hydrauliskt påverkat av dränerande anläggningar vilket resulterat i avsänkta grundvattennivåer.

Utförda tektoniska tolkningar av svaghetszoner indikerar flera västligt stupande samt brantstående svaghetszoner i riktning nordväst-nordnordväst [4]. Konduktiva zoner i berg påverkar flödet i detalj särskilt där dessa påverkas av dränage till befintliga berganläggningar i områdets centrala del.

I området finns endast ett fåtal borrhål/brunnar som möjliggör nivåobservationer i berg, vilka huvudsakligen är placerade i områdets östligaste del, i anslutning till planerad servicetunnel Haga. Mätningar visar på grundvattennivåer mellan +30 och +40 söder om Konstepidemin och cirka +20 i bergpartiet öster om Annedal.

Magasinets känslighet och riskobjekt

Grundvattenmagasinet bedöms delvis känsligt för grundvattenpåverkan. Befintliga berganläggningar påverkar magasinets grundvattennivåer och ingen betydande skyddsinfiltration pågår i området. Utförda inventeringar och analyser visar att det inom området finns riskobjekt vilka är grundvattenberoende och känsliga för grundvattennivåförändringar. Grundvattenberoende riskobjekt i området är:

- Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning, främst trägrundläggning och grundläggning på lera.
- Naturvärden som huvudsakligen förekommer lokalt inom parker och alléer i områdets östra del.

För detaljer om områdets riskobjekt hänvisas till kapitel 8.

5.9 Delområde 2.3 Sahlgrenska – Linné

Delområde 2.3 Sahlgrenska - Linné går i en sydlig båge från höjdområdet Guldheden via Sahlgrenska för att därefter vrida västerut via Änggården och därefter norrut mot Linnéplatsen. Området ligger huvudsakligen inom stadsdelarna Guldheden och Änggården. Området avgränsas av Slottsskogen och Guldheden som utgör markanta bergpartier i väster respektive i öster. Inom delområdet finns distinkta höjdpartier som exempelvis bergpartier vid Naturhistoriska muséet och Medicinareberget som bland annat inrymmer medicinsk och naturvetenskaplig forskning (GU).

Genom delområdet sträcker sig ett flertal större trafikleder och gator, bland andra Dag Hammarskjöldsleden, Per Dubbsgatan - Guldhedsgatan med anslutning till Chalmers tekniska högskola och Ehrenströmsgatan med anslutning till Tolltorpsdalen. Ett flertal spårvagnslinjer finns i området. Bebyggelsen domineras av flerfamiljshus samt byggnader med sjukhus- och undervisningsverksamhet.

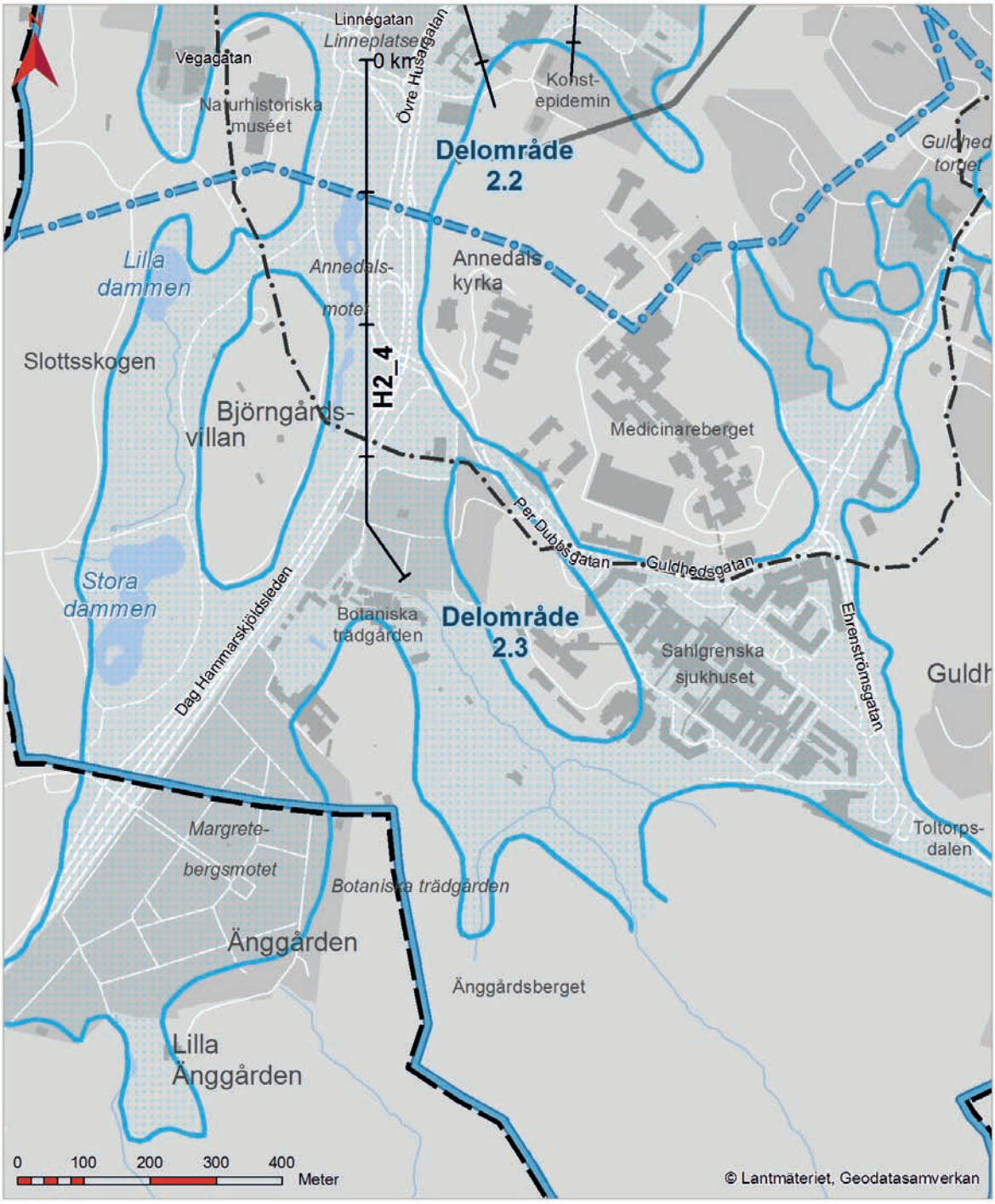
Området kan hydrogeologiskt delas in i en östlig och en västlig del. Den östliga delen ligger förhållandevis topografiskt högt varifrån avrinningen följer dalsänkan söderut längs Guldhedsgatan, ner mot lägre liggande område vid Sahlgrenska sjukhuset och vidare söderut till en djup jordfylld sänka i norra delen av Botaniska trädgården.

Den västliga delen utgör en större jordfylld sänka längs Dag Hammarskjöldsleden samt angränsande naturområden tillhörande Botaniska trädgården, trädgårdsstaden Änggården och Änggårdsbergen (naturreservat). Den större jordfyllda sänkan ansluter i norr till magasin 2:2b vid Linnéplatsen. Från söder sker stora tillflöden av yt- och grundvatten från Slottsskogen och Änggårdsbergens naturreservat.

Hela området kan indelas i två grundvattenmagasin:

- Magasin 2:3a Änggården - Botaniska trädgården (västlig del)
- Magasin 2:3b Guldheden (östlig del)

Gränsen mellan det östliga och det västliga magasinet utgör ett avsnitt med brant bergtopografi

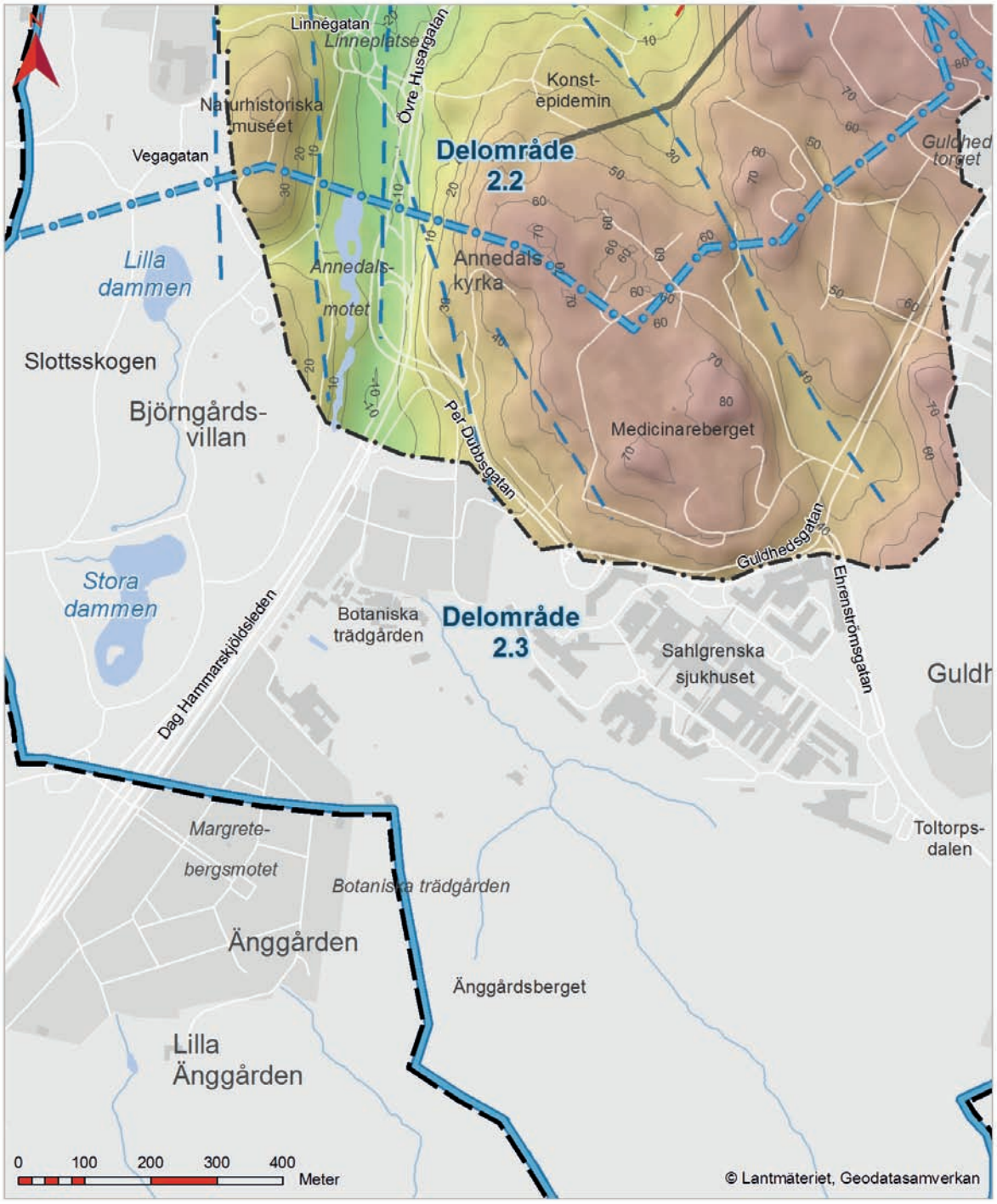


Figur 5.22 *Hydrogeologisk översiktskarta över delområde 2.3 Sahlgrenska - Linné. Linjen H2_4 är en geologisk sektion i området. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

sydväst om Medicinareberget. En geologisk sektion H2_4 visar bergnivåer och jordlagrens uppbyggnad i det västliga magasinet. Sektionens läge visas i figur 5.22 och sektionen i figur 5.24.

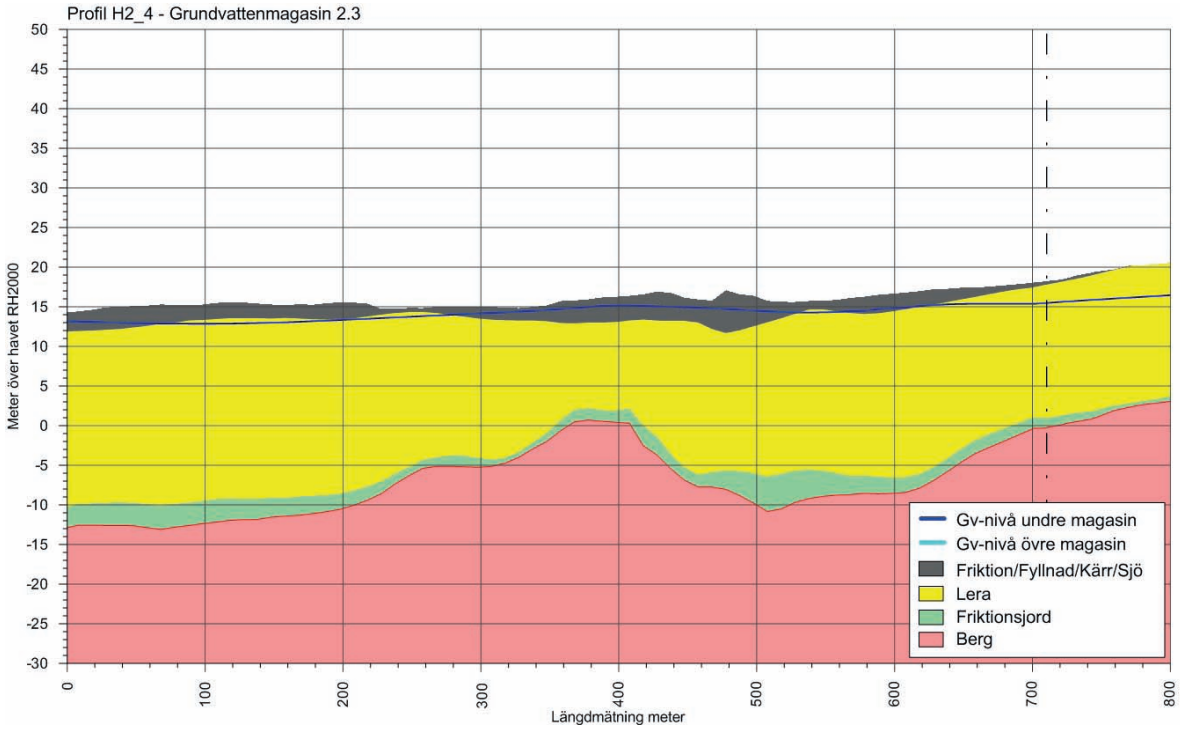
Tolkade bergnivåer och tolkade zoner i berg inom inre utredningsområde redovisas i figur 5.23. Höga bergnivåer på mellan +40 och +80 förekommer inom höjdområden, medan de lägsta nivåerna förekommer i områdets dalsänkor.

Delområdet ligger på relativt stort avstånd från Västlänken varför redogörelse över mark- och grundvattenförhållanden är översiktlig. Det



Figur 5.23 *Bergnivåmodell över delområde 2.3 Sahlgrenska – Linné inom inre utredningsområde. I områdets sydöstra del finns få borrpunkter vilket medför osäkerheter när det gäller modellerad bergnivå. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

kan dock förutsättas att svaghetszoner förekommer längs områdets dalsänkor och att det i de jordfyllda sänkorna förekommer lera och friktionsjord samt lokalt fyllningslager vid markytan. Den svaghetszon som sträcker sig i nordvästlig riktning öster om Medicinareberget kan karakteriseras som en breccia. Denna zon antas korrelerad med en zon öster om Järntorget som vid byggande av Götatunneln konstaterades vara hydraulisk lågkonduktiv men spröd och lättfragmenterad vid bearbetning.



Figur 5.24 *Geologisk sektion H2_4, delområde 2.3. Sahlgrenska – Linné. Punkt-streckad vertikal linje markerar brytningspunkt i sektionen. För sektionens läge, se figur 5.22. Sektionen visar bergtopografi och jordlager längs sänkan söder om Linnéplatsen.*

5.9.1 Grundvattenmagasin 2:3a Änggården – Botaniska trädgården

Undre grundvattenmagasin i jord utgör en jordfylld dalgång längs Dag Hammarskjöldsleden söder om Linnéplatsen samt en parallellt liggande dalgång i östra delen av Slottsskogen. I sydöst gränsar magasinet mot jordfyllda sänkor inom Änggården och Botaniska trädgården, figur 5.22. Området ligger på relativt stort avstånd från Västlänken och beskrivs översiktligt.

Grundvattenmagasinet avgränsas i huvudsak av topografiskt betingade vattendelare och berg i dagen eller tunna jordlager på berg. Tolkade grundvattennivåer i undre magasin i jord illustreras i figur 5.25. Tolkade nivåer ska ses som översiktliga.

Grundvattennivån i undre magasin vid Sahlgrenska sjukhuset ligger omkring +30 och faller av mot väster för att ligga omkring +19 vid Dag Hammarskjöldsleden och vid cirka +14 vid Linnéplatsen. Betydande tillflöde av grundvatten sker från Änggårdssänkan i söder och av vatten från höjdpartierna inom Änggårdsbergen/Botaniska trädgården. Tidigare rann en bäck (Djupedalsbäcken) förbi nuvarande Linnéplatsen längs Linnégatan för att mynna i Göta älv vid Järntorget. I slutet av 1870-talet kulverterades bäcken.

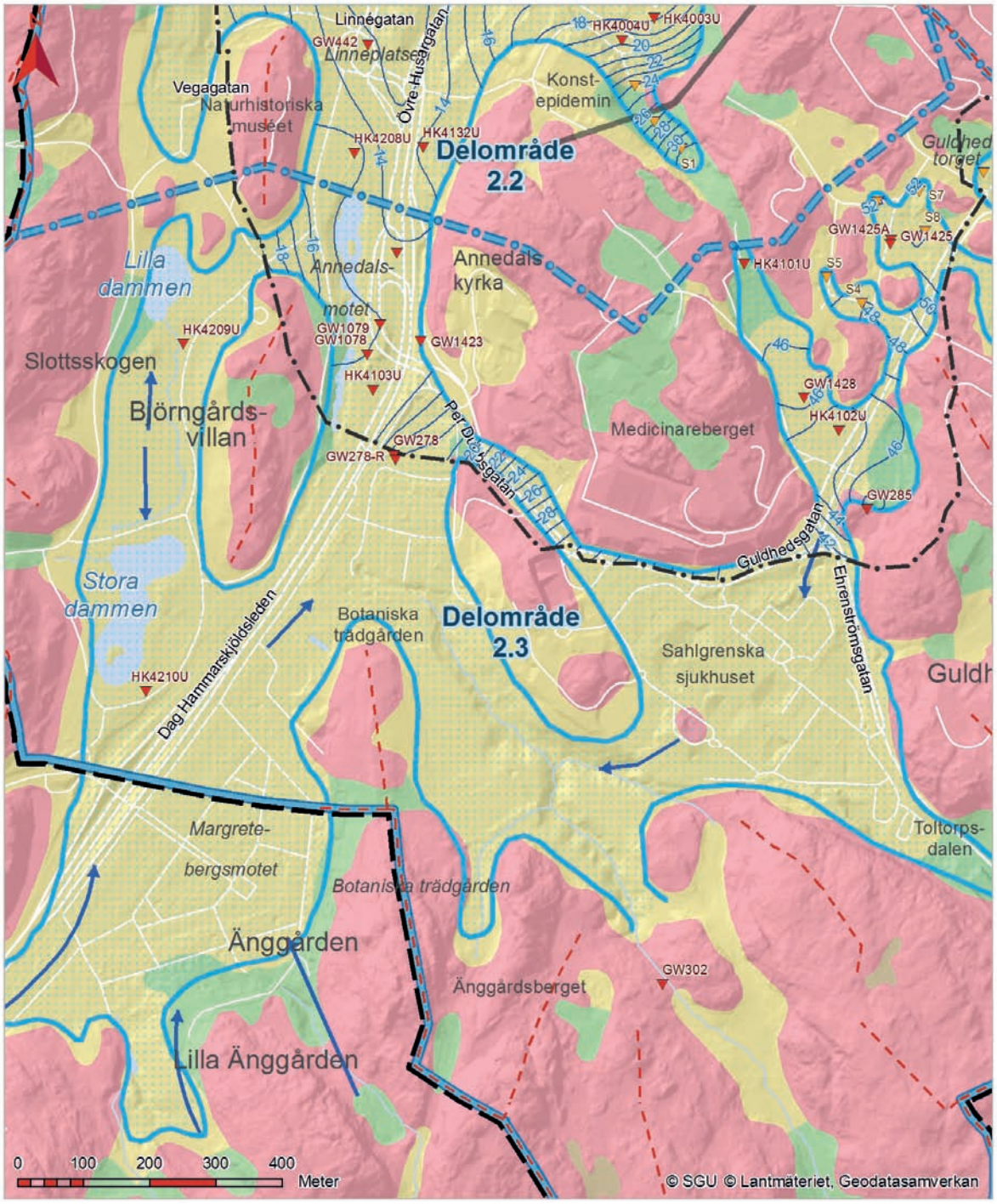
Data från övre magasin i jord finns endast för en punkt i anslutning till servicetunnelns bergpåslag där nivån är cirka +14.

5.9.2 Grundvattenmagasin 2:3b Guldheden

Undre grundvattenmagasin i jord utgör små jordfyllda dalgångar på norra Guldhedsberget samt angränsande större jordfylld sänka vid Sahlgrenska sjukhuset. Området ligger på stort avstånd från Västlänken och beskrivs översiktligt. Magasinsavsnitt på Guldhedsberget avgränsas av topografiskt betingade vattendelare samt av berg i dagen eller tunna jordlager på berg, figur 5.22.

Tolkade grundvattennivåer illustreras för undre grundvattenmagasin i figur 5.25. Tolkade nivåer ska ses som översiktliga. Grundvattennivån i magasinets övre del ligger omkring +50 och faller av mot sydväst för att ligga mellan +35 och +40 vid Sahlgrenska sjukhuset. Betydande tillflöde av grundvatten sker från angränsande höjdpartier.

Längs norra delen av magasinet vid Sahlgrenska sjukhuset sker ett mindre utflöde av grundvatten i sänkan, följande Per Dubbsgatan mot nordväst till grundvattenmagasin 2:3a. Huvuddelen av grundvattnet avrinner söderut mot norra delen av Botaniska trädgården.

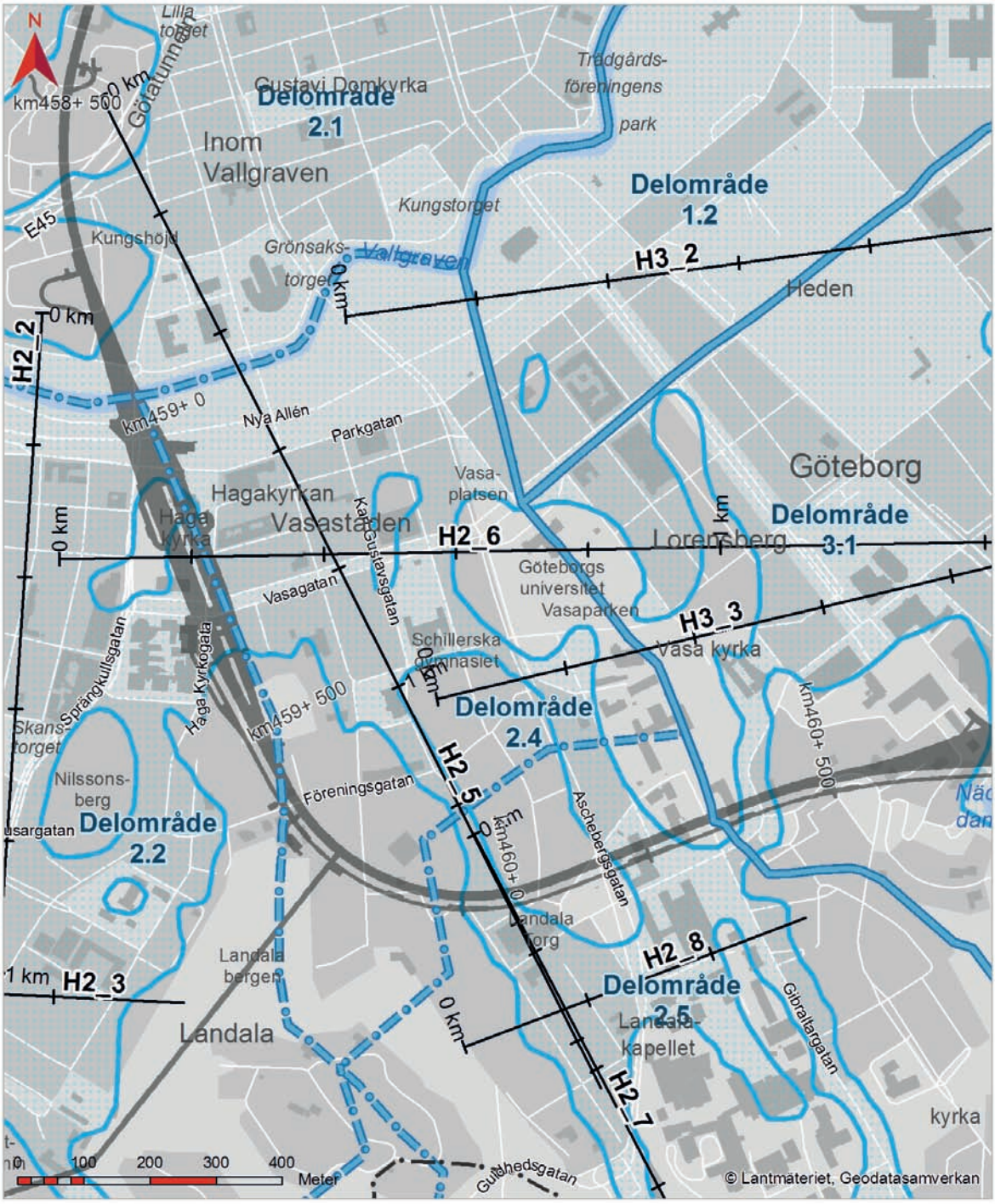


Figur 5.25 *Grundvattenmagasin i jord, undre magasin. Tolkade grundvattennivåer och dominerande flödesriktning samt vattendelare och observationspunkter. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

5.10 Delområde 2.4 Vasastaden

Delområde 2.4 Vasastaden gränsar i söder till Landala och avgränsas i norr av Vallgraven, figur 5.26. I väster går gränsen längs vattendelare vid Hagakyrkan och vidare söderut över Landala. I öster avgränsas delområdet mot huvudområden Nord och Öst. Delområde 2.4 Vasastaden omfattar i princip västra delen av stadsdelen Vasastaden.

Området kan hydrogeologiskt indelas i en nordlig del med flack marktopgrafi och mäktiga jorddjup samt en sydlig del med markanta bergryggar och mellanliggande jordfyllda dalgångar med nordnordvästlig orientering. Gränsen mellan dessa två delar ligger ungefär längs Vasagatan.

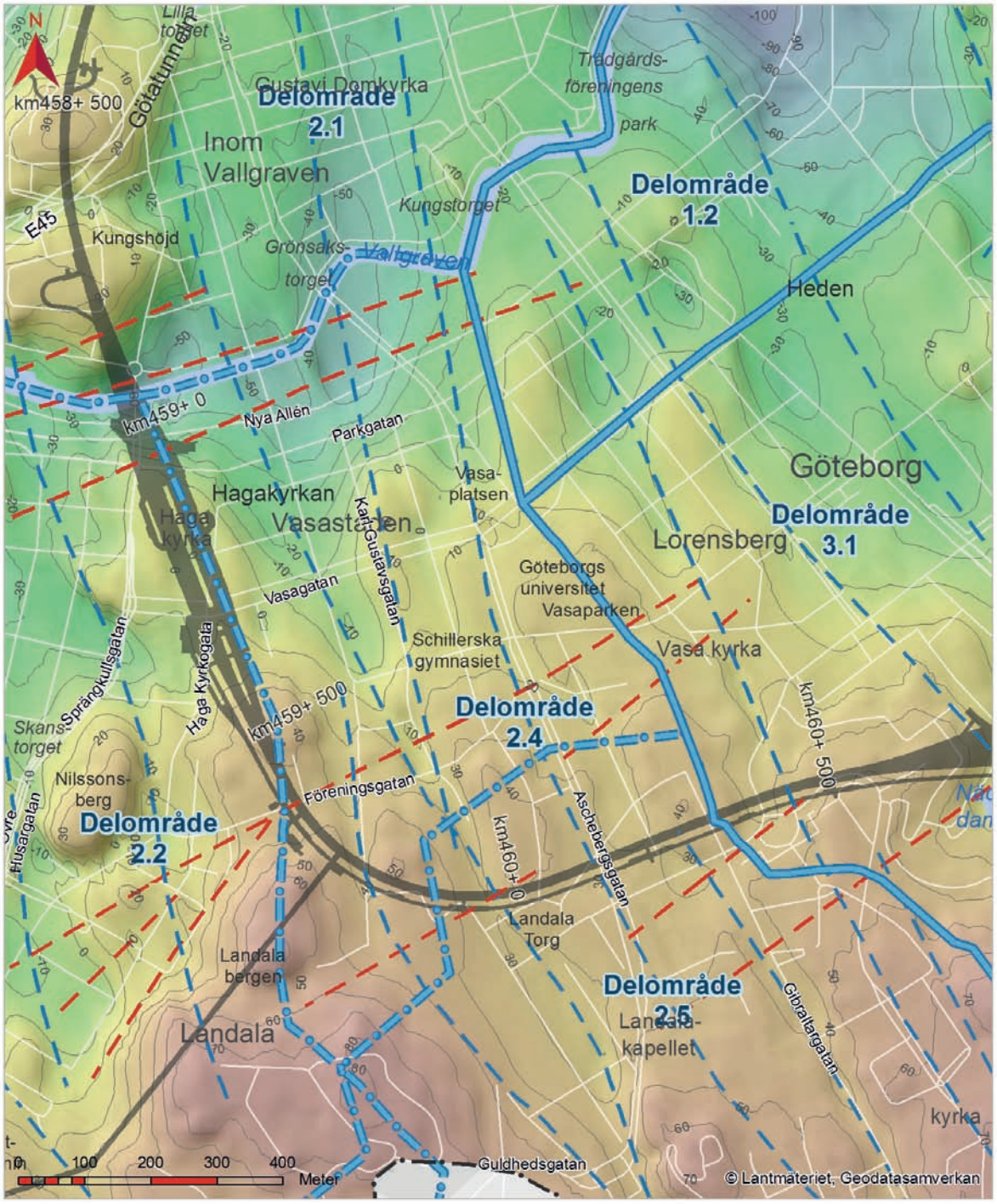


Figur 5.26 *Hydrogeologisk översiktskarta över delområde 2.4 Vasastaden. Linjerna H2_5-6 är geologiska sektioner i området. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

Partier med höga bergnivåer finns exempelvis vid Hagakyrkan, norr om Schillerska gymnasiet och vid Vasaplatsen/Vasaparken. Längre söderut höjer sig bergnivån med två jordfyllda bergsänkor längs Karl Gustavsgatan och Aschebergsgatan.

Genom delområdet sträcker sig ett flertal större trafikleder och gator, bland andra Nya Allén och Aschebergsgatan. Flera spårvagnslinjer finns i området. Bebyggelsen domineras av flerfamiljshus samt byggnader med undervisningsverksamhet.

Naturområden inom delområdet finns exempelvis längs Nya Allén, vid Hagaparken och Vasaparken.

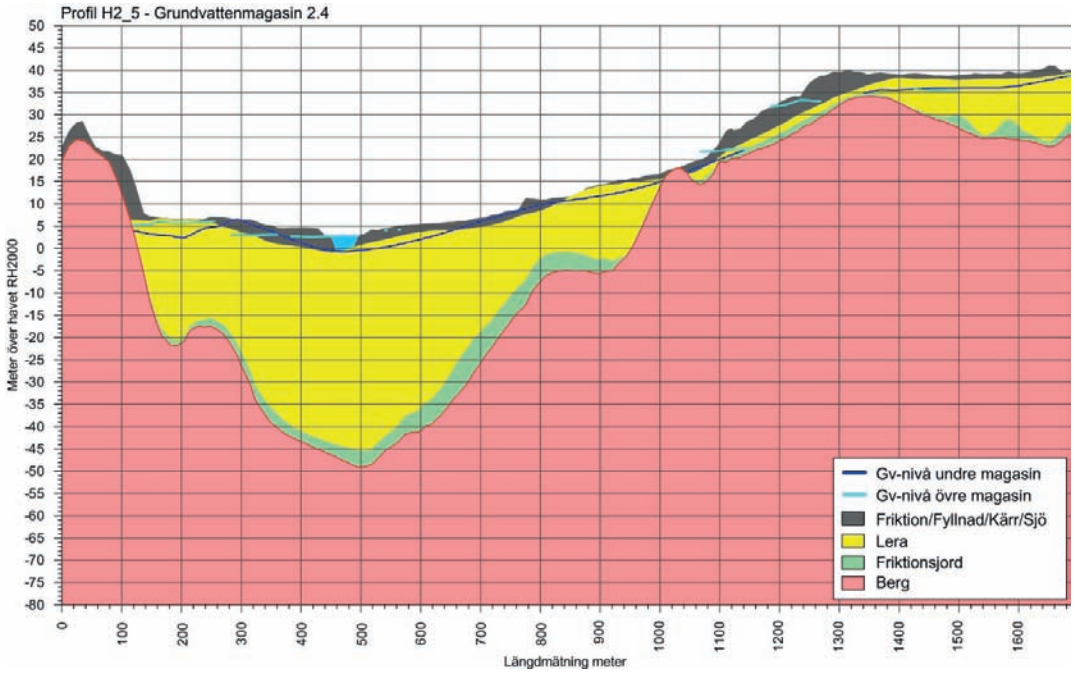


Figur 5.27 *Bergnivåmodell över delområde 2.4 Vasastaden. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

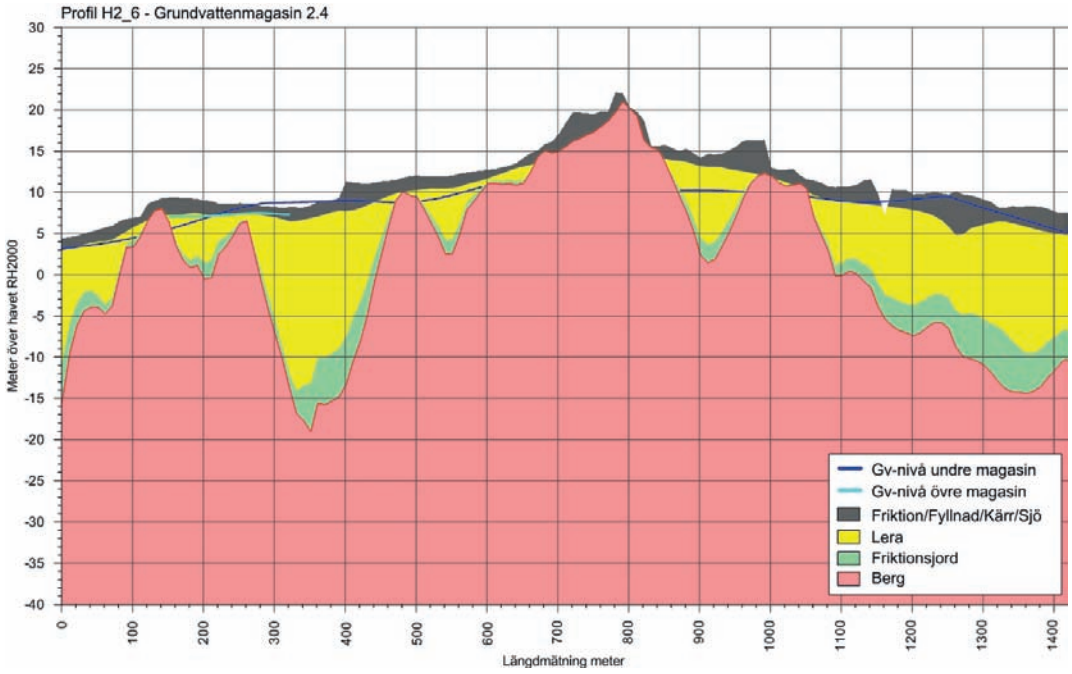
Hela området bildar ett grundvattenmagasin:

- Magasin 2:4a Vasastaden

Tolkade bergnivåer och tolkade zoner i berg redovisas i figur 5.27. Höga bergnivåer på upp emot +40 förekommer inom höjdområdena i söder, medan de lägsta nivåerna -50 förekommer i norr vid Vallgraven. Bergytans nivå varierar således stort inom området, cirka 90 meter. Berggrundens topografi och marklagrens mäktighet åskådliggörs i två geologiska sektioner; sektionernas lägen framgår av figur 5.26 och visas i figur 5.28 - 5.29.



Figur 5.28 *Geologisk sektion H2_5, delområde 2.4 Vasastaden. För sektionens läge, se figur 5.26. Sänkan vid 400-600 meter utgör lerfylld sänka vid Vallgraven – Nya Allén och sänkan vid 1500-1600 meter område vid Landala torg.*



Figur 5.29 *Geologisk sektion H2_6, delområde 2.4 Vasastaden. För sektionens läge, se figur 5.26. Sänkan vid 300-400 meter utgör lerfylld sänka öster om Hagakyrkan och höjdpartiet vid 800 meter bergparti vid Göteborgs universitet - Vasaparken.*

Kunskap om förekommande svaghetszoner i berg är relativt god inom delområdet. I områdets centrala del finns ett flertal berganläggningar där undersökningar och byggnationer bidragit till betydande kunskap om bergets uppbyggnad och förekommande zoner.

5.10.1 Grundvattenmagasin 2:4a Vasastaden

Undre grundvattenmagasin i jord utgör ett enhetligt friktionsjordlager med en utbredning som bestäms av olika typer av hydrauliska gränser, exempelvis en gravitationsvattendelare i väster (vid gräns mot magasin 2:2a) och ytliga bergni-

Figur 5.30 *Grundvattenmagasin i jord, undre magasin. Tolkade grundvattennivåer och dominerande flödesriktning samt vattendelare och observationspunkter. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

våer i söder, figur 5.30. Över den södra gränsen tillströmmar grundvatten från delområde 2.5 via två smala jordfyllda sänkor. Vid magasinets norra gräns utgör Vallgraven hydraulisk gräns för övre magasin i jord, medan det undre magasinet inte har någon entydig hydraulisk gräns mot magasin 2:1b.

Jorddjupen är väl kända i området förutom i dess nordöstligaste del där antalet sonderingsborrningar är få. I norr har djup på omkring 60 meter noterats, för att i södra delen av området vara relativt små. I geologisk sektion H2_5 (figur 5.28) visas översiktligt jorddjupen vid Vallgraven samt mindre djup i söder i samband med att bergytan höjer sig.

Figur 5.31 *Grundvattenmagasin i jord, övre magasin. Tolkade grundvattennivåer och dominerande flödesriktning samt vattendelare och observationspunkter. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

I geologisk sektion H2_6 (figur 5.29) visas en väst-östlig sektion från Hagakyrkan via Universitetet och vidare mot Lorensberg. Den höga berg-nivån vid cirka 800 meter representerar delområdets östra gräns och är tillika gräns mot huvudområde Öst.

Jordarna karakteriseras av ett övre lager med fyllningsjord, under vilket förekommer lera och underst friktionsjord på berg. Det konduktiva friktionsjordlagret på berg, som utgör det undre grundvattenmagasinet, har ungefär 1-5 meters mäktighet. Utvärderad kolvprovtagning i området visar att leran är sättningsbenägen vid grundvattensänkning (se kapitel 3.4 och [7]). Geologisk

profil längs Västlänkens visas i figur 5.5.

Tolkade grundvattennivåer illustreras för undre grundvattenmagasin i figur 5.30 och för övre grundvattenmagasin i figur 5.31. Tolkade nivåer ska ses som översiktliga.

Grundvatten i jord

I magasinets södra del sker tillflöde av grundvatten från angränsande magasin 2:5a samt utflöde av grundvatten till magasin 2:1b i norr. Grundvattenflödet i undre magasin sker huvudsakligen i två dalgångar norrut mot den del av magasinet som ansluter till Vallgraven. I dalgångarna i söder är grundvattengradienten brant och styrd av bergöverytan. I magasinets södra del ligger nivån på omkring +20, vid Nya Allén cirka +4 och vid Vallgraven cirka +1. Lokalt söder om Grönsakstorget är nivån i undre magasin påverkad av dränering och ligger lokalt omkring -1.

Undersökningar i samband med Västlänken visar att det undre friktionsjordlagret längs tunnellinjen i huvudsak utgörs av 1-2 meter sandig morän med inslag av silt. Vid en provpumpning strax väster om Landala torg (i hammarborrhål HK4001H och HK4215H) noterades vid ett pumpflöde på sammanlagt 25-30 l/min påverkan i undre magasin i jord på 200-300 meter i sydöstlig riktning. Från testet utvärderades friktionsjordens vattengenomsläpplighet till cirka 8 x 10^{-5} m^2/s (se kapitel 3.7.2 och [5]).

Vid tolkning av grundvattennivåer i övre grundvattenmagasin redovisas endast områden där det förekommer ett stort antal observationspunkter, figur 5.31. I västra delen av magasinet vid Hagakyrkan och Station Haga följer grundvattennivåerna i övre magasin marktopografin och ligger mellan +1 och +9. Vid Parkgatan har nivån +5 noterats.

Grundvatten i berg

Bergnivåmodellen (figur 5.27) visar att de bergsänkor som förekommer i områdets södra del (Landala och Lorensberg) fortsätter norrut samtidigt som de totala jorddjupen ökar markant.

I området finns endast ett fåtal borrhål/brunnar i berg som möjliggör nivåobservationer, vilka huvudsakligen är placerade i anslutning till Västlänken. Mätningar visar på grundvattennivåer mellan +30 och +35, vilket är liknande nivåer som i undre magasin i jord.

Utförda tektoniska tolkningar av svaghetszoner, huvudsakligen baserade på information från befintliga berganläggningar, indikerar flera svaghetszoner parallellt med Västlänken [4]. Dessutom visar tillgänglig information på förekomst av flera västligt stupande överskjutningszoner tvärs Västlänken.

Magasinets känslighet och riskobjekt

Grundvattenmagasinets nordliga del bedöms känsligt för grundvattenpåverkan eftersom det påverkas av befintliga dränerande berganläggningar. I grundvattenmagasinets södra del finns små isolerade magasin där relativt begränsad minskning av flödet kan ge påtagliga nivåförändringar lokalt. Ingen betydande skyddsinfiltration pågår i området. Utförda inventeringar och analyser visar att det inom området finns riskobjekt vilka är grundvattenberoende och känsliga för nivåförändringar. Grundvattenberoende riskobjekt i området är:

- Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning, främst trägrundläggning och grundläggning på lera.
- Naturvärden som huvudsakligen förekommer lokalt inom parker och alléer.

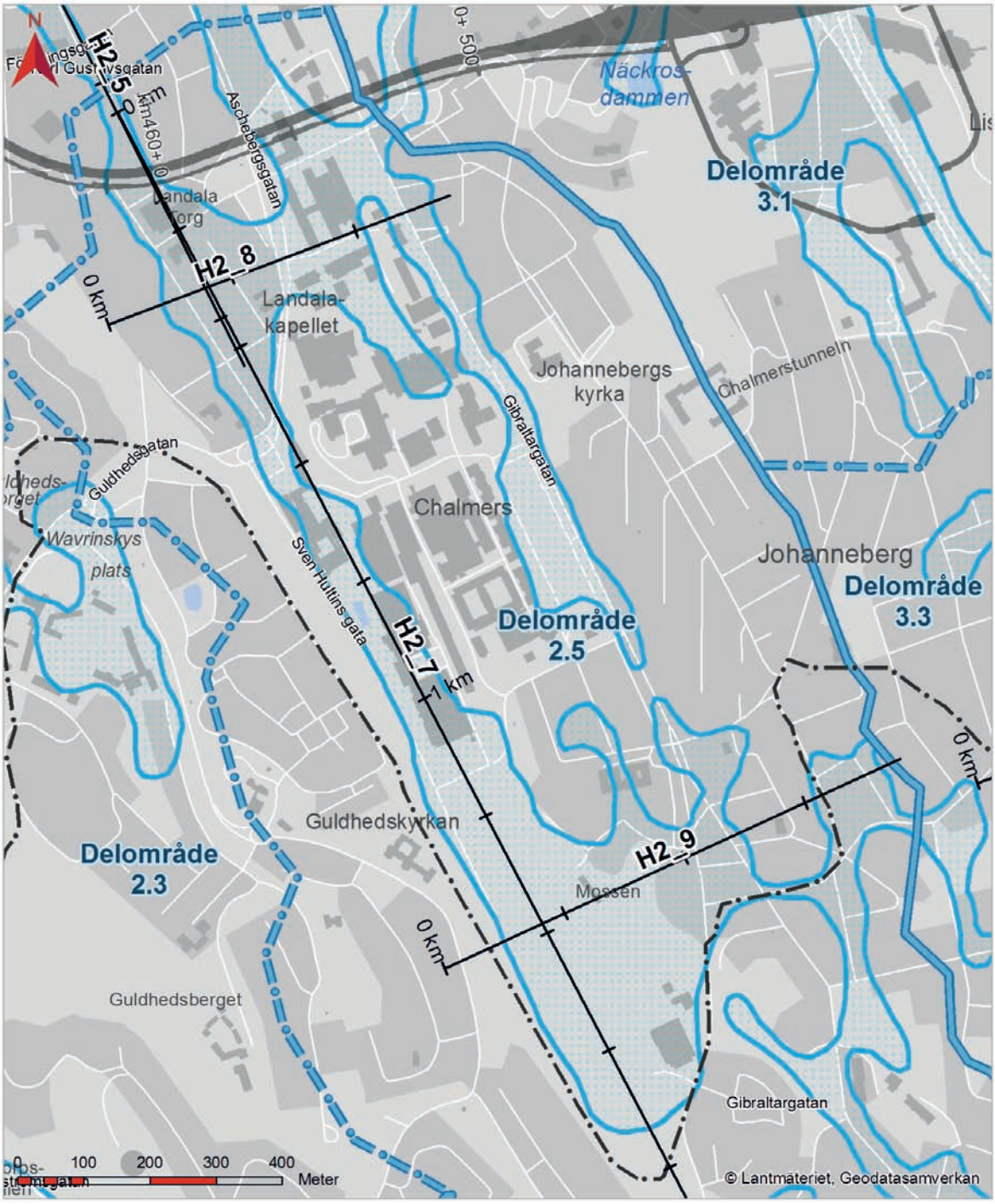
För detaljer om områdets riskobjekt hänvisas till kapitel 8.

5.11 Delområde 2.5 Johanneberg – Landala

Delområde 2.5 Johanneberg – Landala sträcker sig från Johanneberg i söder till Landala i norr, figur 5.32. Chalmers tekniska högskola upptar större delen av området som i väster och öster utgörs av höga bergpartier (Landala respektive Guldheden). I norr gränsar delområdet till delområde 2.4.

Genom delområdet sträcker sig ett flertal gator, bland andra Aschebergsgatan, Sven Hultins gata och Gibraltargatan. Spårväg passerar genom området från Sahlgrenska ner mot centrum, längs Aschebergsgatan och via spårvägstunnel Chalmerstunneln. Bebyggelsen domineras av flerfamiljshus, egnahemsbostäder samt ett flertal byggnader med undervisningsverksamhet.

Området kan förenklat beskrivas som en avgränsad dalsänka i vilken grundvatten avrinner mot angränsande magasin 2:4a i norr. Grundvatten tillrinner från omgivande höjdområden.
Delområdet har indelats i två grundvattenmagasin:



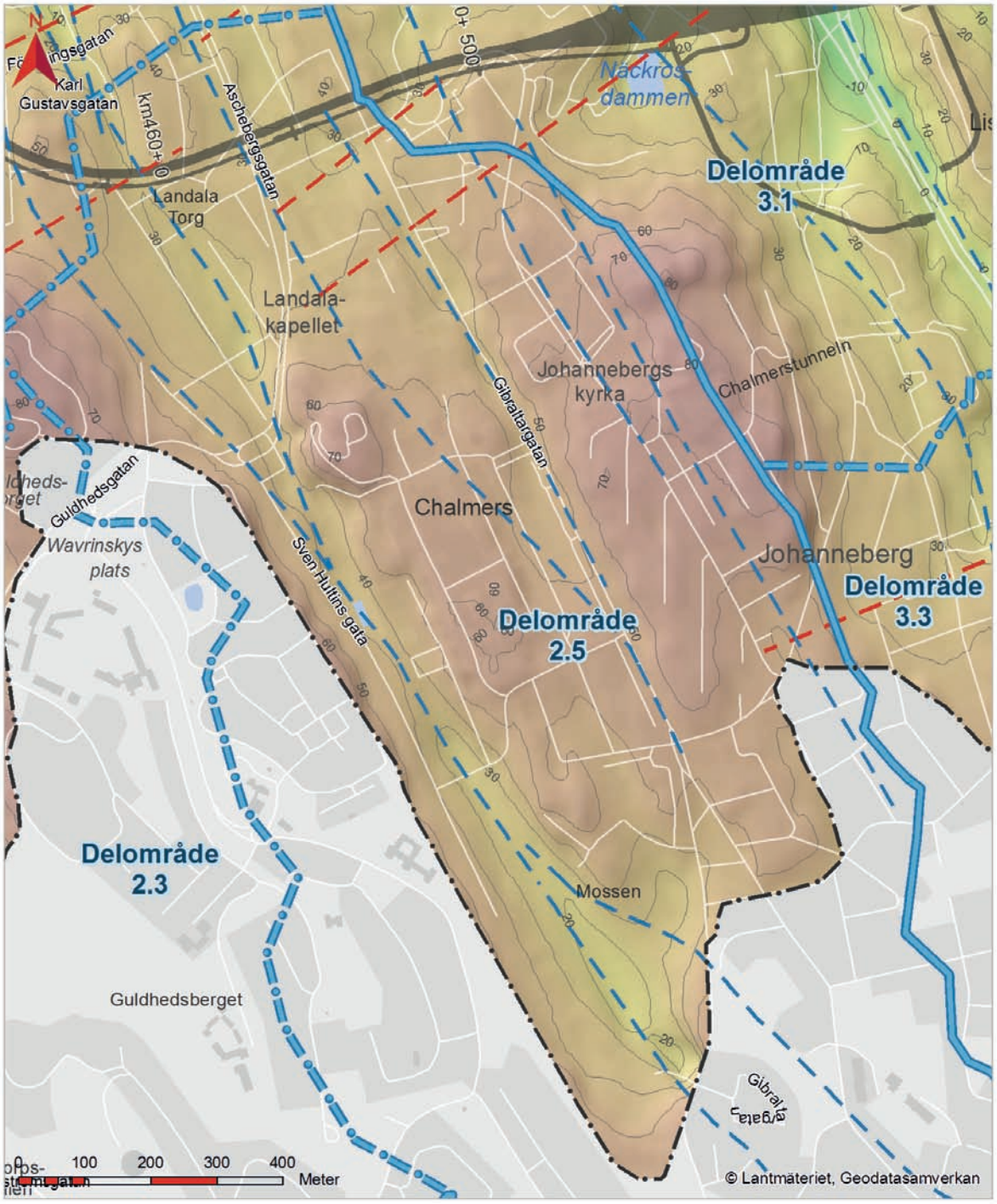
Figur 5.32 *Hydrogeologisk översiktskarta över delområde 2.5 Johanneberg - Landala. Linjerna H2_7-9 är geologiska sektioner i området. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

- Magasin 2:5a Landala (nordligt)
- Magasin 2:5b Chalmers – Mossen (sydligt)

Gränsen mellan det norra och södra magasinet utgör ett avsnitt med brant bergtopografi strax norr om Chalmers tekniska högskola. En geologisk sektion H2_7 (se läge i figur 5.32) illustrerar detta, figur 5.34 (vid längdmätning 600 meter).

Geologiska sektioner H2_8-9 illustrerar bergtopografi och jordlager tvärs delområdet, figur 5.35 till 5.36.

Tolkade bergnivåer och tolkade zoner i berg redo-

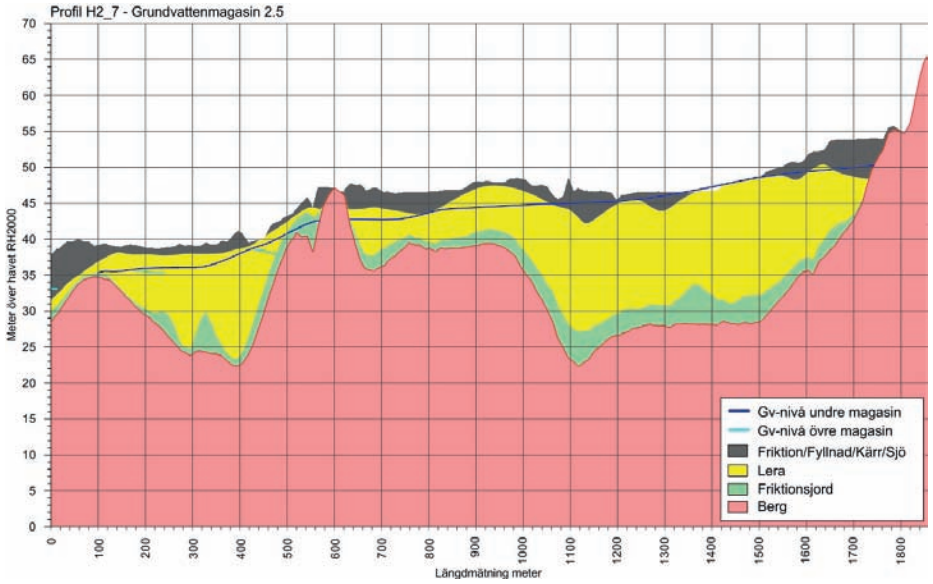


Figur 5.33 *Bergnivåmodell över delområde 2.5 Johanneberg – Landala inom Inre utredningsområde. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

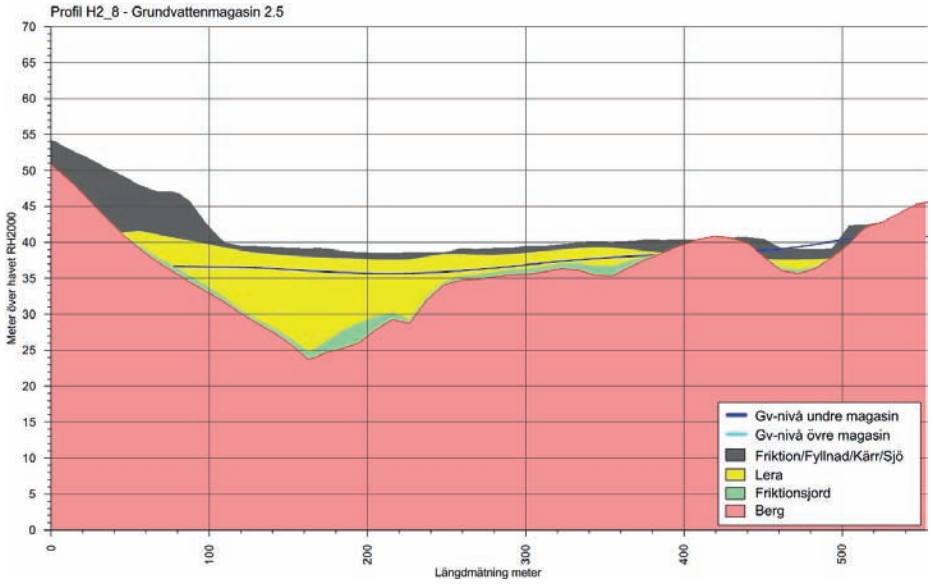
visas i figur 5.33. Höga bergnivåer på upp emot +70 till +80 förekommer inom höjdområden, medan de lägsta nivåerna cirka +25 förekommer inom Landala. Bergytans nivå varierar således med cirka 50 meter inom området.

5.11.1 Grundvattenmagasin 2:5a Landala och 2:5b Chalmers - Mossen

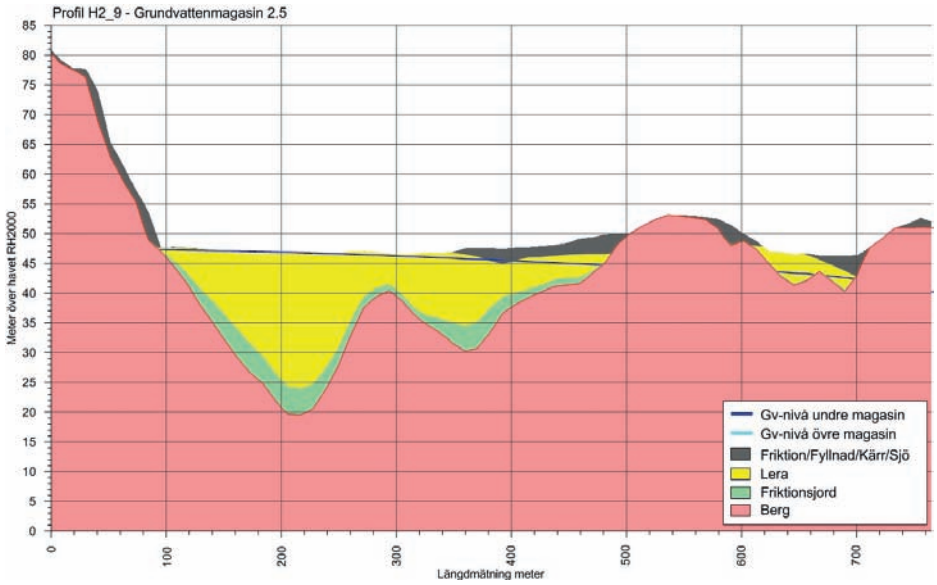
Undre grundvattenmagasin i jord utgör enhetliga friktionsjordlager i delområdets jordfyllda dalsänkor. De två magasinen kan delas in i en västlig och en östlig gren, där den västliga följer sänkan



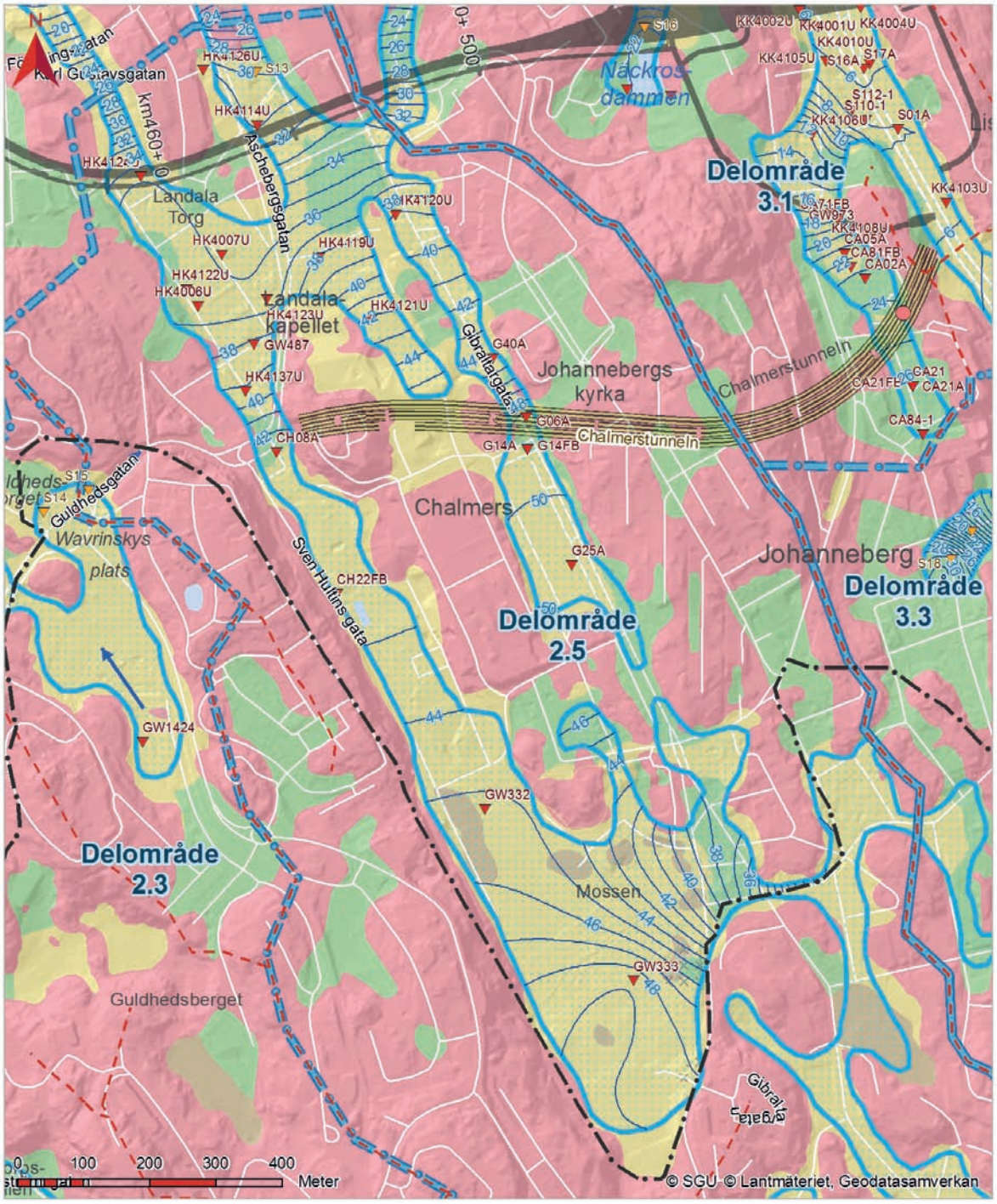
Figur 5.34 *Geologisk sektion H2_7, delområde 2.5 Johanneberg – Landala. Sänkan vid 100-500 meter utgör lerfylld sänka vid Landala, sänkan vid 650-1700 meter sänka längs Chalmers - Mossen. För sektionens läge, se figur 5.32.*



Figur 5.35 *Geologisk sektion H2_8, delområde 2.5 Johanneberg – Landala, väst-östlig sektion tvärs Landalaområdet. För sektionens läge, se figur 5.32. Sektionen visar bergtopografi och jordlager*



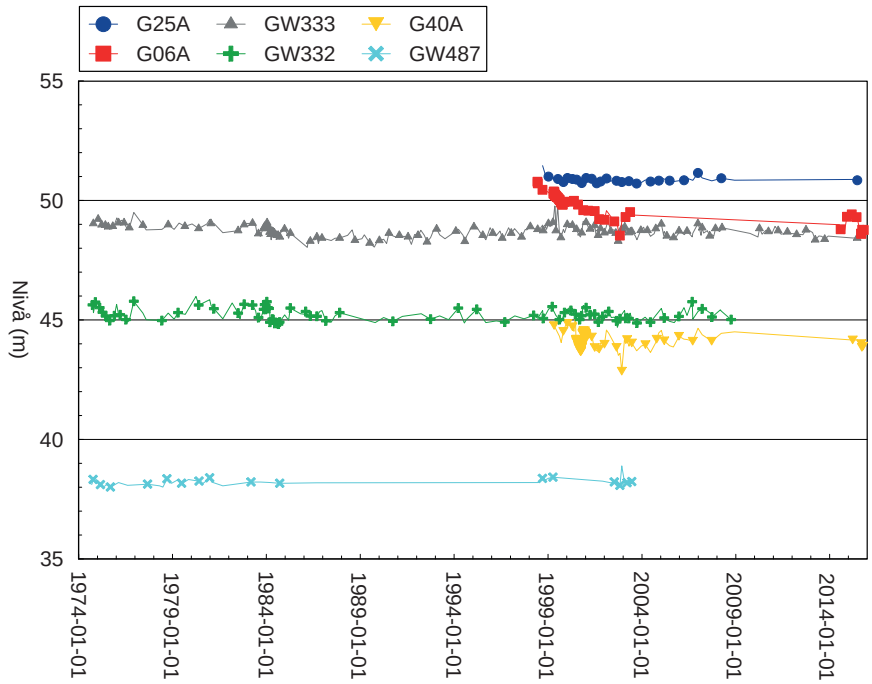
Figur 5.36 *Geologisk sektion H2_9, delområde 2.5 Johanneberg – Landala. För sektionens läge, se figur 5.32. Sektionen visar bergtopografi och jordlager tvärs sänkan vid Mossen. Befintliga lager med organisk jord i Mossen illustreras inte.*



Figur 5.37 *Grundvattenmagasin i jord, undre magasin. Tolkade grundvattennivåer och dominerande flödesriktning samt vattendelare och observationspunkter. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

längs Sven Hultins gata och vidare väster om Landala torg. Den östliga följer sänkan längs Gibraltargatan ner mot Landala torg (Kapellplatsen) varifrån grundvattnet strömmar dels norrut via en sänka längs Aschebergsgatan, dels mot nordöst via en sänka ner mot Götaplatsen, figur 5.37.
Jorddjupen är väl kända i området, där de största jordmäktigheterna i magasin 2:5a förekommer i anslutning till Landala torg (upp till cirka 15 meter) och i magasin 2:5b vid Mossen (drygt 25 meter).

Av den geologiska sektionen H2_8 (figur 5.35) framgår att det i magasin 2:5a Landala förekommer fyllningsjord över lera, varunder friktions-



Figur 5.38 *Uppmätta grundvattennivåer i undre magasin i jord inom magasin 2:5a och 2:5b. Observationspunkternas lägen redovisas i figur 5.37.*

jord är avsatt på berg. De mäktiga jordlagren på lera längs bergkanten i väster bedöms delvis vara svallmaterial.

Den geologiska sektionen H2_9 (figur 5.36) tvärs Mossen-området söder om Chalmers tekniska högskola visar att jordlagren utgörs av lera på friktionsjord. I sänkan förekommer även mäktiga lager med organisk jord.

De konduktiva friktionsjordlagren på berg, som utgör de undre grundvattenmagasinen, har ungefär 1-5 meters mäktighet. Utvärderad kolvprovtagning i området visar att leran delvis är sättningsbenägen vid grundvattensänkning. I området har utbildats mycket stora sättningar vilka dock till stor del bedöms bero på belastning från utfyllnader (se kapitel 3.4 och [7]). Geologisk profil längs Västlänkens dragning visas i figur 5.5.

Tolkade grundvattennivåer illustreras för undre grundvattenmagasin i jord i figur 5.37 och för övre grundvattenmagasin i figur 5.39. Tolkade nivåer ska ses som översiktliga.

Grundvatten i jord

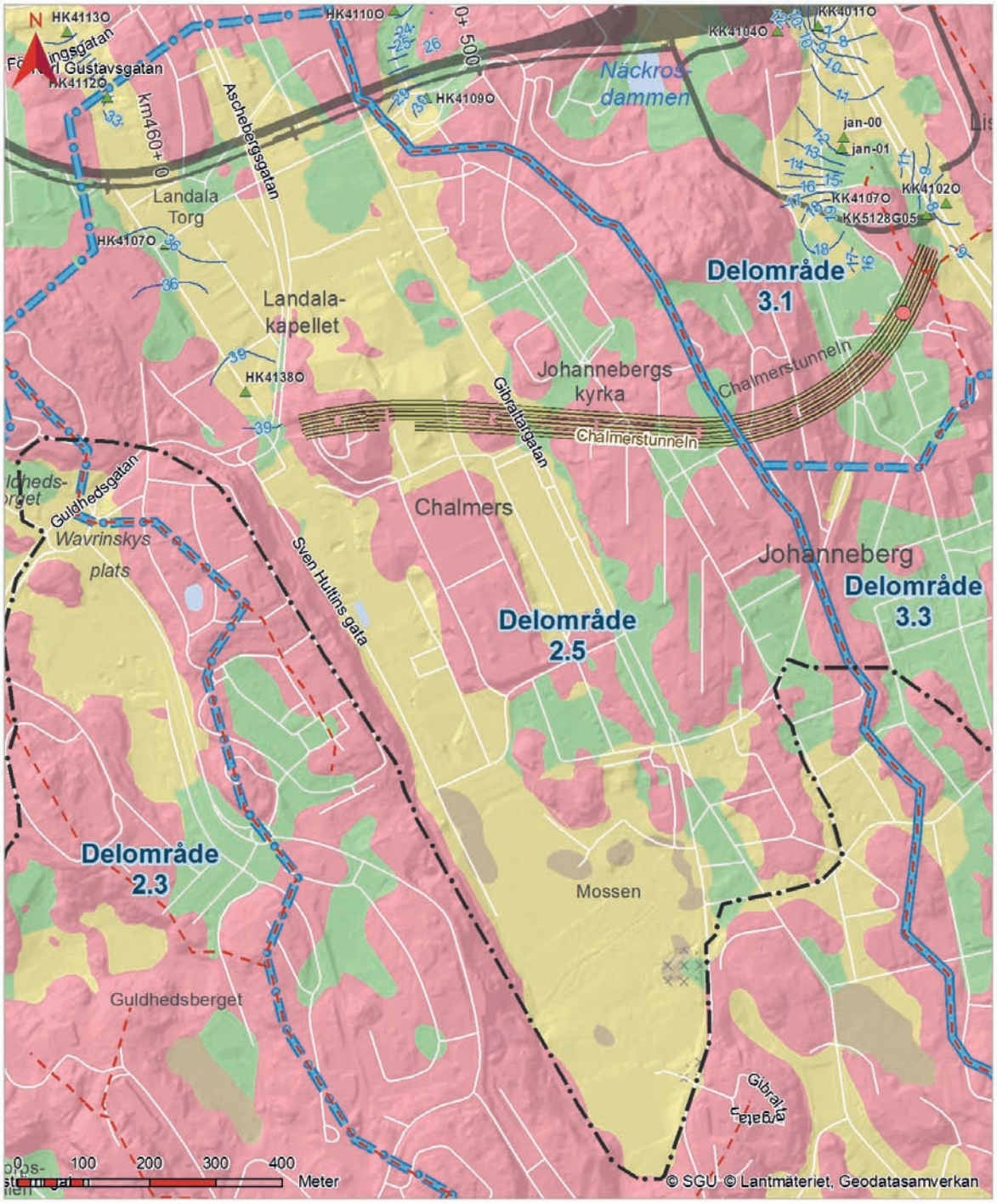
Grundvattnets flödesriktning i de undre magasinen är i huvudsak nordlig, från högre liggande områden i söder till lägre liggande områden i norr vid gräns till magasin 2:4a. I magasinets södra del ligger grundvattennivån på cirka +48 med en dominerande strömningsriktning mot den jordfyllda sänkan väster om Chalmers tekniska högskola (Sven Hultins gata). I höjd med Chalmers tekniska högskola är grundvattengradienten flack och grundvattennivån ligger på cirka +44. Vid Aschebergsgatan norr om Chalmers finns en dämmande bergtröskel (vid 600 meter i sektion H2_7, figur 5.34) och norr om densamma sjunker grundvattennivån snabbt ner till cirka +36 vid Landala torg. Bergtröskeln utgör gräns mellan grundvattenmagasin 2:5a och 2:5b.

Parallellt med den jordfyllda sänkan väster om Chalmers tekniska högskola finns i öster en smal jordfylld sänka längs Gibraltargatan. I denna magasinsdel strömmar grundvattnet norrut, från magasinets södra del där nivån ligger på cirka +50 (G25A) till östra delen av Landalaområdet, där grundvattennivån är cirka +35.

Från centrala delar av magasin 2:5a Landala lämnar grundvattnet området via tre dalgångar; mot Götaplatsen i nordöstlig riktning samt via två jordfyllda dalsänkor mot Vasastaden.

Chalmerstunneln passerar under Gibraltargatan öster om Chalmers tekniska högskola. I samband med byggande av tunneln uppkom lokal påverkan längs Gibraltargatan (punkt G06, se graf i figur 5.38).

Vid tolkning av grundvattennivåer i övre



Figur 5.39 *Grundvattenmagasin i jord, övre magasin. Endast ett fåtal observationspunkter finns i övre magasin och interpolerade nivåer begränsas till området vid Landala. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

magasin i jord redovisas endast områden där det förekommer ett antal observationspunkter som möjliggör nivåinterpolering. I anslutning till Landala torg ligger grundvattennivån i övre magasin i jord omkring +36.

Grundvatten i berg

Bergnivåmodellen (figur 5.33) visar att de bergsänkor som förekommer i områdets norra del (Landala och Lorensberg) fortsätter söderut in i Chalmersområdet.

I området finns endast ett fåtal borrhål/brunn-

nar i berg som möjliggör nivåobservationer, vilka huvudsakligen är placerade i anslutning till Västlänken [4]. Mätningar visar på grundvattennivåer mellan +30 och +35, vilket är liknande nivåer som i undre magasin i jord.

Utförda tektoniska tolkningar av svaghetszoner, huvudsakligen baserat på information från befintliga berganläggningar, indikerar flera västligt stupande överskjutningszoner [4].

Magasinens känslighet och riskobjekt

Grundvattenmagasinens nordliga delar bedöms känsliga för grundvattenpåverkan, där befintliga berganläggningar fortlöpande påverkar grundvattenförhållandena. Utförda inventeringar och analyser visar att det inom området finns riskobjekt vilka är grundvattenberoende och känsliga för nivåförändringar. Grundvattenberoende riskobjekt i området är:

- Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning, främst trägrundläggning och grundläggning på lera.
- Naturvärden som huvudsakligen förekommer lokalt inom parker och alléer.

För detaljer om områdets riskobjekt hänvisas till kapitel 8.

6. Huvudområde Öst

Huvudområde Öst sträcker sig från Almedal i söder till Ullevi i norr och inkluderar Liseberg, Korsvägen, Örgryte och Heden, figur 6.1. I norr gränsar området till huvudområde Nords flacka markområden och i väster till huvudområde Västs höga bergpartier vid Krokslätt och östra Johanneberg. I öster gränsar området till det topografiskt högt liggande Delsjöområdet. Huvudområdets gränser utgör längs långa sträckor entydiga hydrauliska gränser (ytvattendelare).

Som framgår av figur 6.1 kan området delas in i en centralt liggande dalgång (Mölndalsåns dalgång) med angränsande höjdpartier i väster och öster. I norr vidgar sig dalgången och bildar ett större område vilket domineras av flacka markytor (Heden - Ullevi). Förutom höjdpartier vid huvudområdets västra och östra gränser finns en bergrygg från Liseberg och norrut där berg i dagen förekommer lokalt.

Mölndalsåns dalgång sträcker sig i nordsydlig riktning rakt genom området och har en bredd på 250-500 meter. I dalgången finns mäktiga glacifluviala sedimentlager (sand) vilka överlagras av lera och fyllningsjord. I dalgångarna i området i övrigt förekommer lerlager ovanpå fasta friktionsjordlager bestående av huvudsakligen morän. I områdets norra flacka del samt längs Mölndalsåns dalgång förekommer mäktiga jordlager som jämnat ut underliggande berggrunds topografi. Genom omfattande utfyllningar har markytan höjts lokalt.

Inom huvudområdet ligger bergnivåerna som lägst längs Mölndalsåns dalgång (nivåer mellan -50 och -60) och längs Delsjöbäckens sänka mot nordöst (nivåer kring -10). I omgivande områden i väster och öster ligger bergnivåerna på upp till cirka +70 respektive +40. Bergytan varierar således upp till cirka 130 meter inom huvudområdet.

Området har utgående från avrinningsmönster indelats i tre delområden, figur 6.1. Dessa delområden innehåller totalt sex definierade grundvattenmagasin, där de topografiskt högre liggande magasinen i öster (Delsjöområdet) tillför grundvatten till främst Mölndalsåns dalgång.

Större vägstråk är E6, E45, Mölndalsvägen och Göteborgsvägen. Flera spårvägs- och järnvägslinjer finns i området.

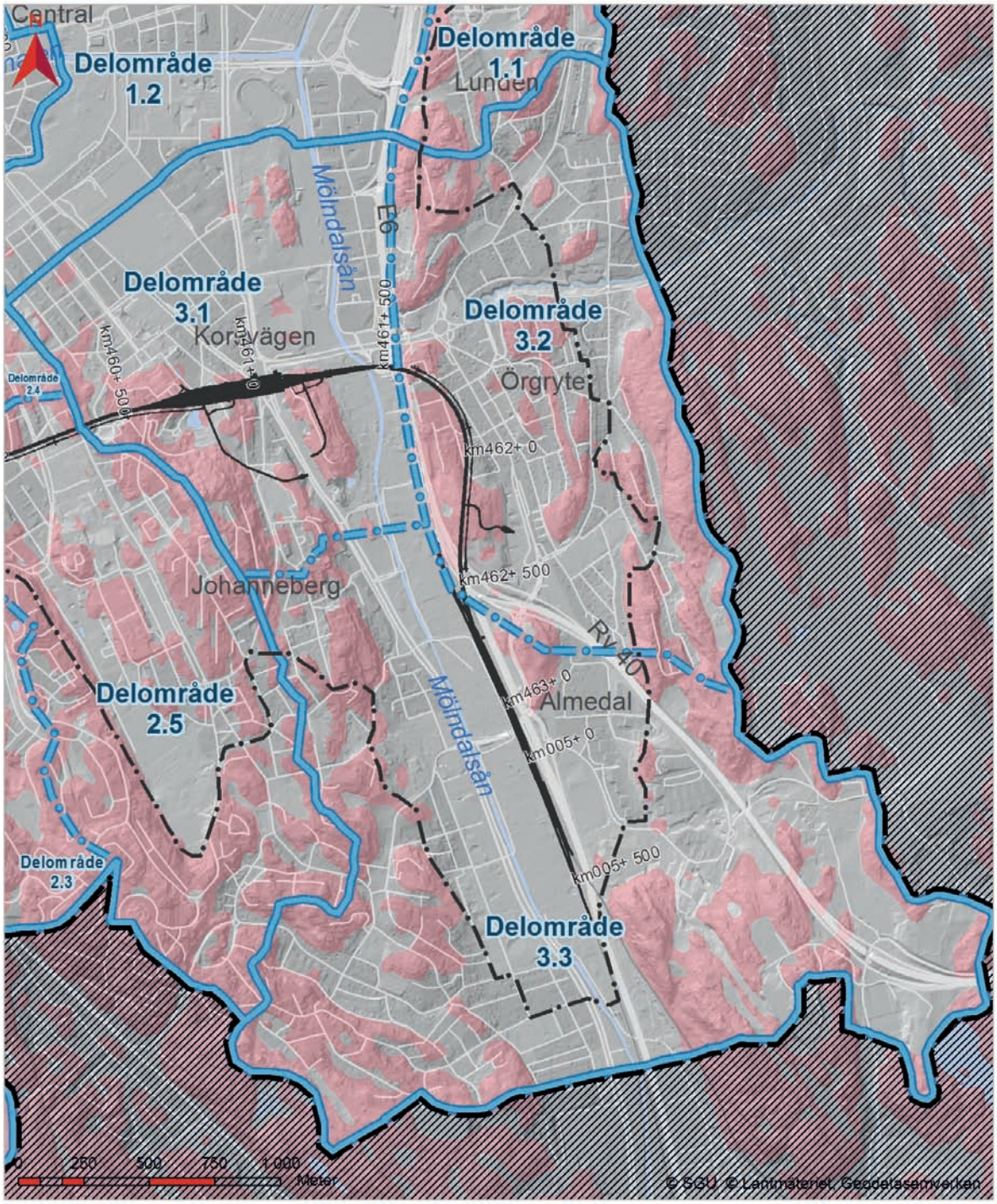
Området är bebyggt med huvudsakligen bostäder samt administrativa och kommersiella byggnader. Längs trafikleder och Mölndalsån finns industri- och affärsfastigheter. Enfamiljshus förekommer främst i områdets yttre delar, naturmark främst inom Delsjöområdet.

6.1 Avgränsning

Huvudområdet är utifrån hydrogeologisk grund indelat i tre delområden, se figur 6.1 och tabell 6.1. Delområde 3.1 i norr är ett flackt område med mäktiga jordlager förutom i dess sydvästliga del (norra Johanneberg) där höga bergområden med begränsade jordmäktigheter förekommer. Delområde 3.2 i öster utgör ett topografiskt varierande område med lokalt större jordmäktigheter i dalsänkor. Delområde 3.3 domineras av Mölndalsåns dalgång med mäktiga jordlager och omfattar angränsande avrinningsområden i väster och öster. Mölndalsåns dalgång är indelat i två avsnitt: Mölndalsåns dalgång/Korsvägen i

Tabell 6.1 *Indelning av delområden och grundvattenmagasin i jord inom huvudområde Öst.*

Kapitel	Delområde	Grundvattenmagasin i jord	
6.8	3.1 Korsvägen	3:1a 3:1b	Heden Mölndalsåns dalgång/Korsvägen
6.9	3.2 Örgryte - Skår	3:2a 3:2b	Bö Skår
6.10	3.3 Almedal	3:3a 3:3b	Mölndalsåns dalgång/Almedal Kallebäck



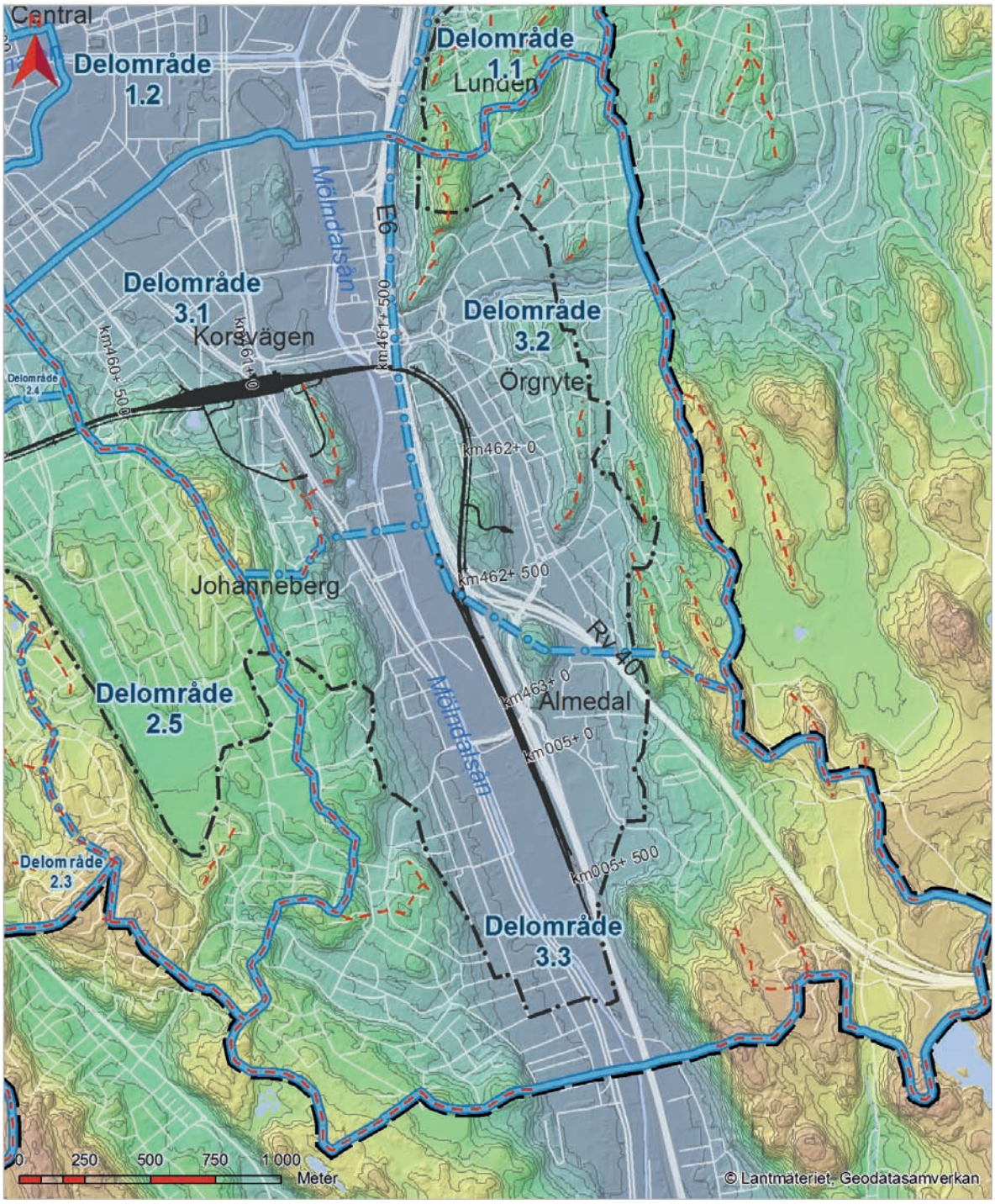
Figur 6.1 *Översiktskarta över huvudområde Öst med delområden. För kartlegend hänvisas till figur 3.13. Gränsen mellan delområdena visas i figuren med blå punkt-streckad linje*

norr och Mölndalsåns dalgång/Almedal i söder.

Delområdenas topografi, geologi och hydrogeologi beskrivs i kapitel 6.8 till 6.10. Inom varje delområde finns två grundvattenmagasin. Uppdelningen av grundvattenmagasinen per delområde presenteras i tabell 6.1.

6.2 Topografi och ytavrinning

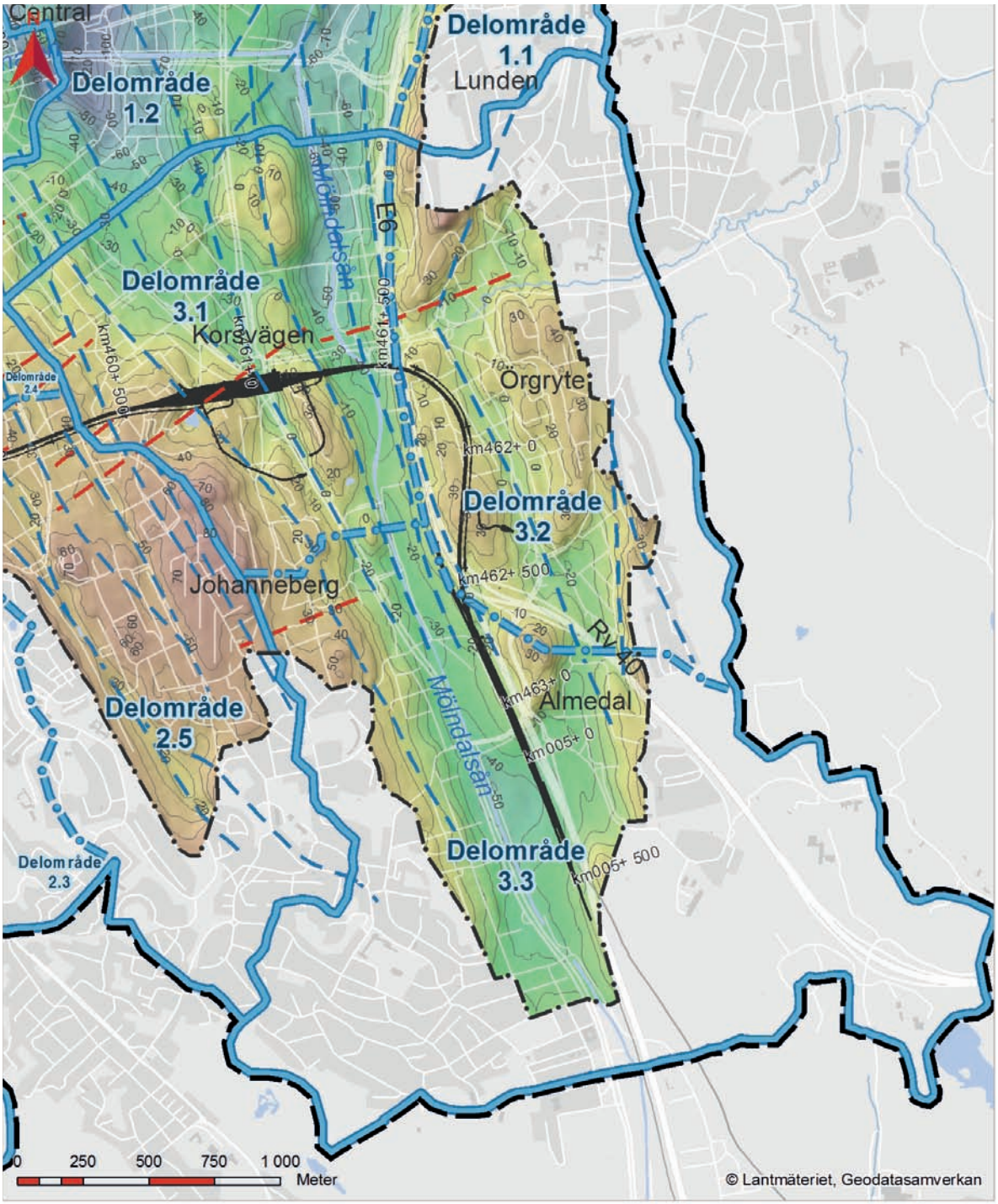
Huvudområde Öst består av en topografiskt flack central del vilken utgörs av Mölndalsåns dalgång samt angränsande höjdområden i väst och öst. Huvudsaklig ytavrinning sker mot dalsänkans centrala del och vidare norrut via Mölndalsån till



Figur 6.2 *Marktopografi med ytvattendelare och ytvattendrag. För kartlegend hänvisas till figur 3.13. Ytvattendelare markeras med röd streckad linje och ytvattendrag med ljusblå färg, se även figur 6.3.*

Göta älv. Området har relativt storskalig topografi varför de enskilda avrinningsområdena omfattar stora arealer. Lokalt kan ledningsnät samt väg- och gatudränering påverka strömningsmönstret. Huvudområdet är indelat i följande tre delområden:

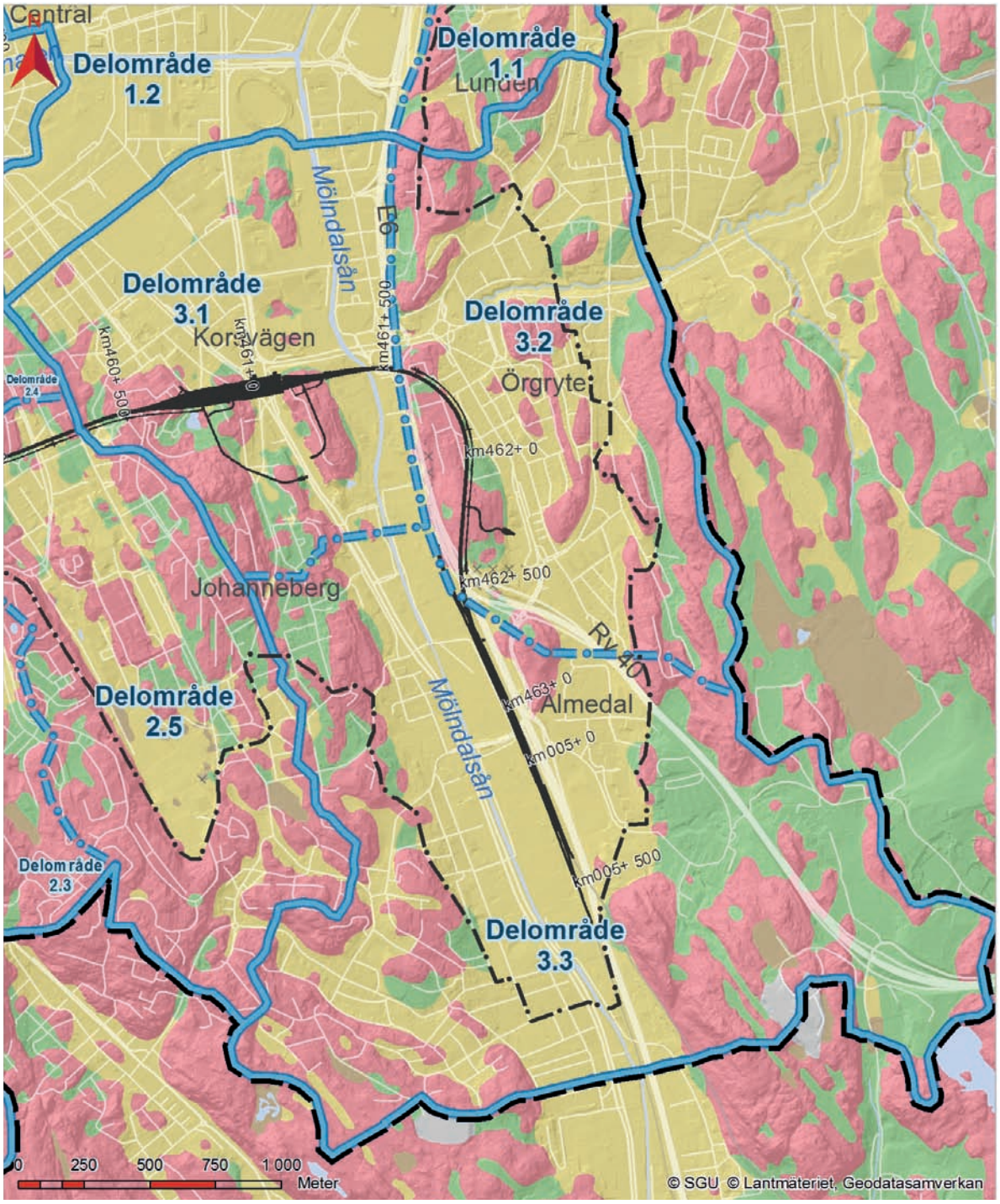
Delområde 3.1 Korsvägen i norr har i huvudsak flack topografi. Områdets sydvästra del karakteriseras av höga bergnivåer i östra Johanneberg. I norr gränsar området till huvudområde Nord och i öster till delområde 3.2 Örgryte - Skår. Området kan hydrauliskt delas in i en västlig och östlig del



Figur 6.3 *Översiktskarta över modellerad bergnivå samt svaghetszoner i berg inom inre utredningsområde i huvudområde Öst. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

(grundvattenmagasin 3:1a Heden respektive 3:1b Mölndalsåns dalgång/Korsvägen), där en utsträckt nordligt orienterad höjdrygg utgör hydraulisk gräns mellan de två magasinen. Området är kraftigt urbaniserat och ytvattenavrinningen omhändertas av olika ledningssystem i betydande omfattning, varvid dagvatten delvis avbördas direkt till omgivande vattendrag och Mölndalsån.

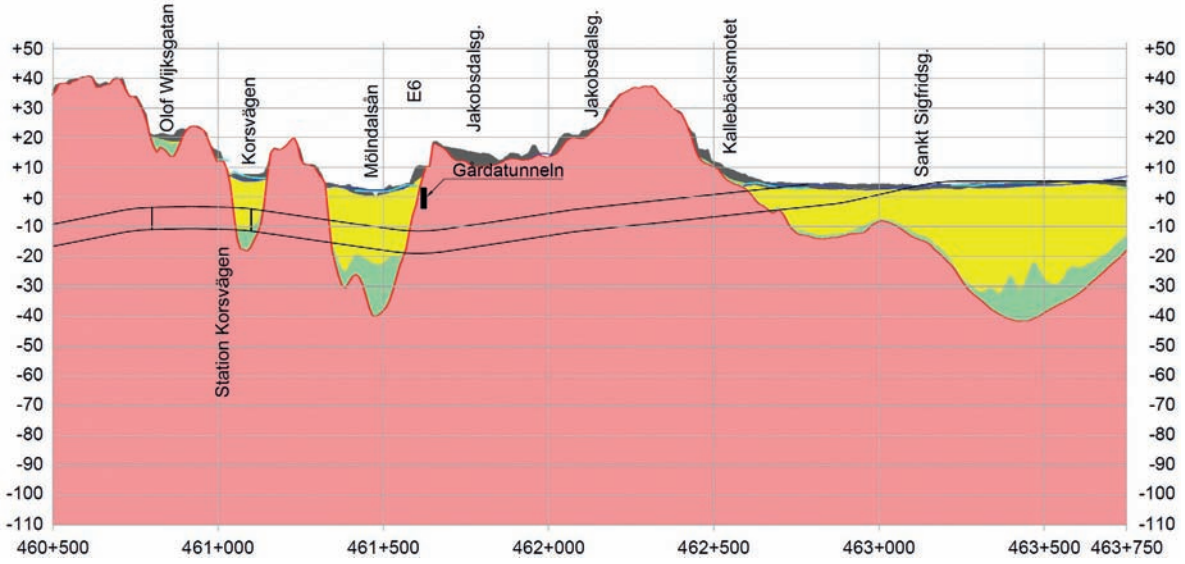
Inom delområde 3.2 Örgryte - Skår sker ytvattenavrinning från angränsande höjdområden till de



Figur 6.4 *Kvartärgeologisk karta över huvudområde Öst. Gula områden visar förekomst av lera, gröna områden friktionsjord och röda områden berg i dagen eller berg med tunt jordtäcke. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

jordfyllda sänkorna och vidare västerut till delområdena 3.1 och 3.3. Betydande avrinning kommer från bergområden vid Skår och Överås i öster.

Delområde 3.3 Almedal utgör huvudområdets sydligaste del och omfattar Almedal samt angränsande delar av Krokslätt i väster och Kallebäck i öster. I området finns enfamiljshus och hyreshusbebyggelse samt affärs- och industriverksamhet längs Mölndalsvägen.



Figur 6.5 *Schematisk geologisk profil längs Västlänken inom huvudområde Öst. För profilens läge hänvisas till figur 6.4.*

6.3 Berggrund

Berggrunden inom huvudområde Öst inklusive tolkade svaghetszoner redovisas i kapitel 3.2.

Tolkad nivå för bergöverytan visas i figur 6.3 inklusive dominerade svaghetszoner. Bergytan som i Mölndalsåns dalgång är täckt med mäktiga jordlager, utgör en tydlig sänka med låg bergtopografi. Norr om Korsvägen vidgar sig sänkan.

Zoner markerade med blå streckad linje utgör 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 zoners bergutgående (zonens läge vid bergytan) kan bergöverytan förväntas vara särskilt uppkrossad, vilket kan ge hög vattenförande förmåga i gränsen mellan jord och berg.

6.4 Jordlager

Jordlagren inom huvudområde Öst uppbyggs huvudsakligen av friktionsjord vilken i dalgångarna överlagras av lera, figur 6.4. Inom höjdområden är jordlagermäktigheten begränsad och ställvis saknas jordlager helt (berg i dagen). I flacka områden där ytvatten finns eller har funnits, förekommer organiska jordar ovan leror (ibland ovan friktionsjord). I anslutning till höjdområden kan utsvallade jordlager förekomma. Fyllningsjord återfinns inom stora delar av området, företrädesvis i anslutning till de låglänta områdena i norr och särskilt i anslutning till Mölndalsån samt låglänta bebyggda områden.

Generellt består undre friktionsjordlager av av morän som vilar direkt på berg. I vissa områden förekommer silt, sand och i något fall grus på moränen. Jorddjupen inom huvudområdet varierar stort; de största konstaterade jorddjupen förekommer i Mölndalsåns dalgång (drygt 50 meter). Längs Västlänken påträffas större jorddjup vid passage av två sänkor vid Korsvägen (figur 6.5) samt vid anslutning till befintlig järnväg vid Almedal.

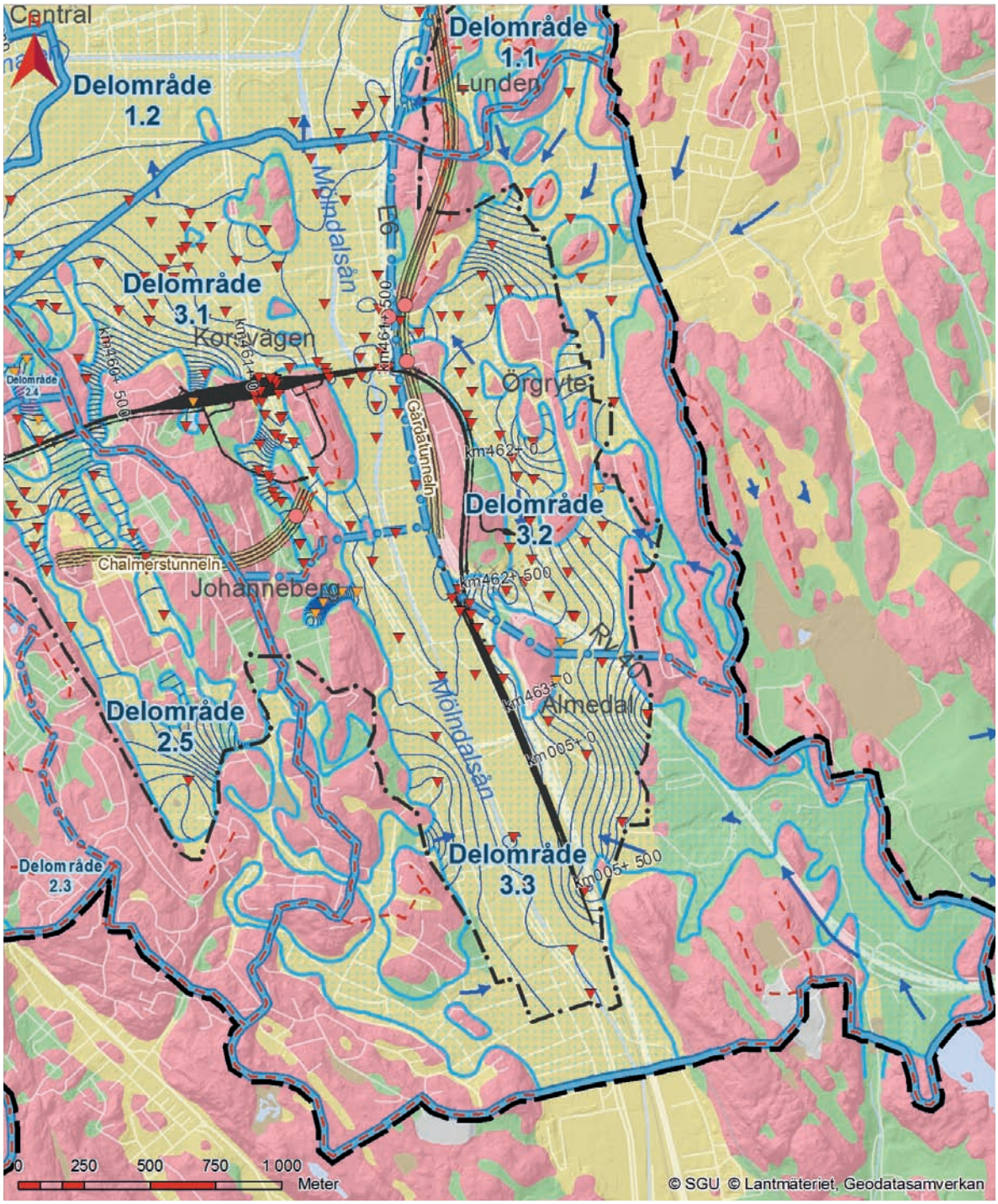
I öster gränsar området till den så kallade Göteborgsmoränen, vilken är en israndbildning som byggs upp av omväxlande morän och isälvsmaterial. Inom Delsjöområdet finns mäktiga vattenförande jordlager som tillhör denna israndbildning. I Mölndalsåns dalgång förekommer mäktiga sandiga sedimentlager, vilka sannolikt har sitt ursprung i Göteborgsmoränens jordar. Dessa sandlager överlagras av lera.

6.5 Grundvattenförhållanden

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

6.5.1 Grundvatten i jord

Uthålliga undre grundvattenmagasin i jord före-



Figur 6.6 *Hydrogeologisk karta med undre grundvattenmagasin i jord, vattendelare och grundvattnets flödesriktning. I figuren visas med röda trianglar observationspunkter som använts vid grundvattenytans modellering. För kartlegend hänvisas till figur 3.13. För bättre upplösning hänvisas till detaljkartor i följande kapitel.*

kommer i områden där berggrunden täcks av jordlager. Grundvattenmagasinens tolkade utbredning visas på hydrogeologisk karta i figur 6.6.

Grundvattenmagasinen bildar inom huvudområde Öst ett komplext mönster av ett flertal magasin i vilka grundvattenflödet följer marktopografin till lägre liggande markområden i Mölndalsåns dalgång. Inom huvudområdet har tre delområden och sex grundvattenmagasin definierats (se tabell 6.1). Grundvatten kan även förekomma lokalt och temporärt utanför markerade avgränsningar. I figur 6.6 visas tolkade grundvat-

tennivåer och huvudsakliga strömningsriktningar.

Huvudområde Öst kan hydrauliskt delas in i två grundvattenmiljöer; en västlig del som innehåller Mölndalsåns dalgång inklusive angränsande grundvattenbildningsnivåer i väster och en östlig del som innehåller högre liggande magasin från vilka grundvatten avrinner mot Mölndalsåns dalgång. Den västliga delen utgörs av två delområden (3.1 Korsvägen och 3.3 Almedal) medan den östliga delen utgör ett delområde (3.2 Örgryte - Skår).

De förhållandevis tunna jordlagren i områden med höga bergnivåer saknar överlag stora och uthålliga grundvattenmagasin i jord. Övre grundvattenmagasin förekommer allmänt i områden där fyllningsjord har lagts ut på underliggande leror. Grundvattennivåerna fluktuerar vanligtvis stort över tid i dessa miljöer.

Grundvattennivåer undre magasin

Grundvattennivåerna är som högst i områdets västliga och östliga delar vilka karakteriseras av höga marknivåer och begränsade magasin i jord; mellan +20 och +30 i östra Johanneberg, cirka +15 vid gränsen mot Krokslätt och mellan +10 och +20 vid Kallebäck i öster. Inom centrala delar av Mölndalsåns dalgång ligger nivån på cirka +3 i höjd med Almedal och cirka +2 vid Korsvägen.

I den sydöstra delen av delområde 3.3 Almedal finns stora grundvattenmagasin samt sjösystemet Delsjöarna. Sjöarna avrinner delvis via Delsjöbäcken i norr, men ytvattenmagasinet balanseras främst genom tillförsel och uttag av vatten via Göteborgs dricksvattennät. I israndbildningens centrala del finns betydande grundvattenmängder som utnyttjas/utnyttjats via flertal brunnar belägna inom två vattenskyddsområden. I sluttningen ner mot Kallebäck finns ett källsprång (Gustafs källa) där grundvatten tränger upp.

För ytterligare beskrivning av områdets grundvattenmagasin hänvisas till kapitel 6.8 till 6.10.

Hydrauliska egenskaper

Genom inventering av äldre hydrauliska undersökningar och nya undersökningar inom ramen för Västlänken har jordlagrens hydrauliska egenskaper klarlagts [5]. Resultaten från dessa undersökningar visar att jordlagrens hydrauliska konduktivitet ligger inom 10^{-7} till 10^{-4} m/s. Lägre värden representerar förhållandevis täta jordar såsom siltjordar eller lerig - siltig morän, vilket överensstämmer med observationer gjorda på insamlat material från borrningar och tidigare schaktarbeten. Högre värden representerar exempelvis sandig morän eller friktionsjordar i hydraulisk kontakt med uppsprucket ytberg. Undersökningar visar att de sandiga sedimenten i Mölndalsåns dalgång vid Korsvägen har en hydraulisk konduktivitet på cirka 10^{-4} m/s.

6.5.2 Grundvatten i berg

Historiska mätningar av grundvattennivåer i berg förekommer sparsamt inom huvudområdet, men det kan generellt antas att grundvattennivåerna i övre delar av berget och i ovanliggande jordlager sammanfaller. Lokala avvikelser finns i anslutning till dränerande berganläggningar. I en utredning av regionala hydrauliska förhållanden i berg utifrån SGUs brunnsarkiv har konstaterats att den effektiva (skaljusterade) hydrauliska konduktiviteten är lognormalt fördelad inom bergmassan [4]. Ett representativt värde på konduktiviteten väster om Mölndalsåns dalgång uppskattas till cirka 4×10^{-8} - 2×10^{-7} m/s. Detta värde antas representera bergplintar mellan zoner samt på tunneldjup. För berggrund utanför bergplintar samt i bergpartiet vid Almedal antas den hydrauliska konduktiviteten till mellan 5×10^{-6} m/s.

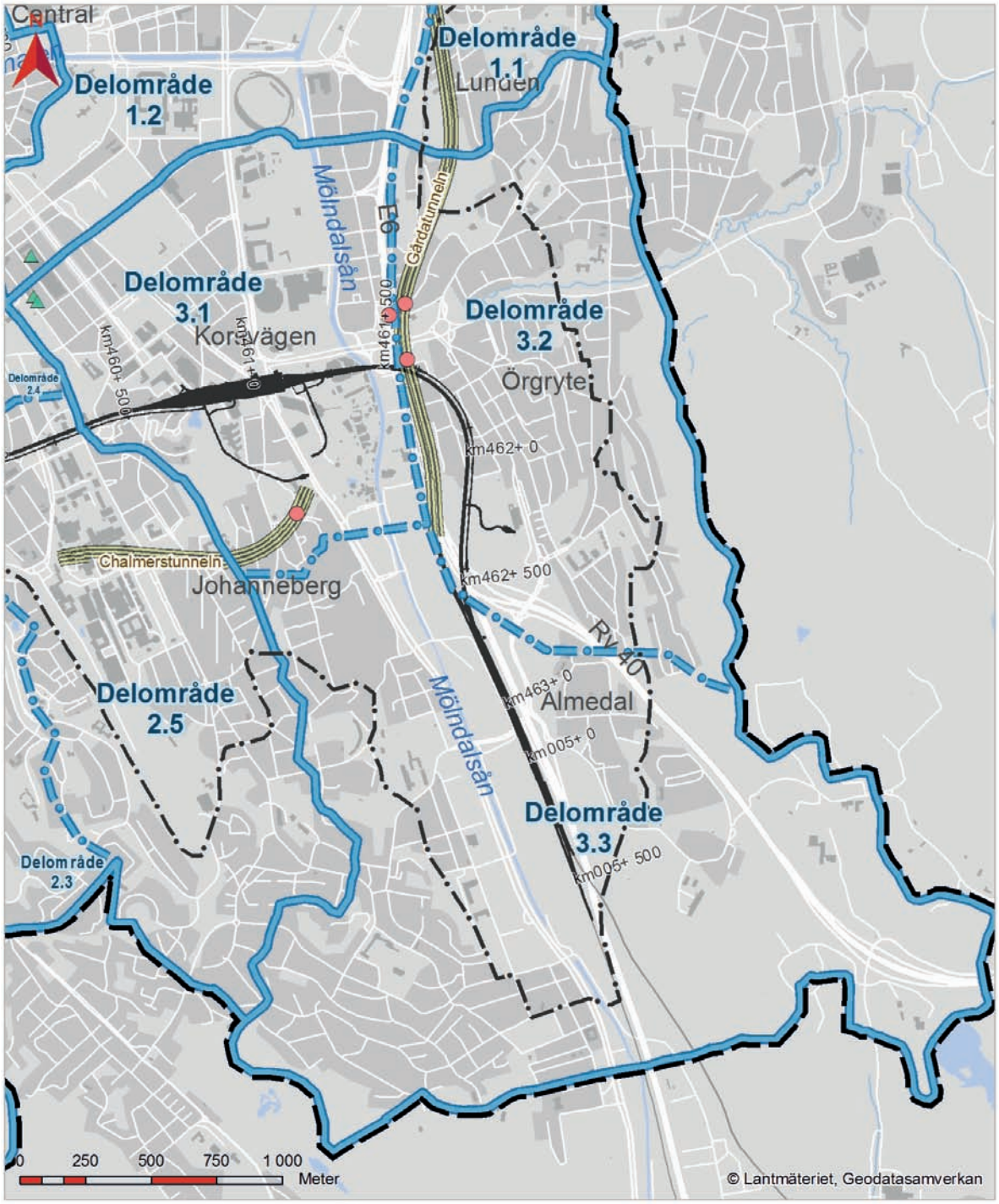
6.6 Påverkade grundvattenförhållanden

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

6.6.1 Dränerande byggnader och anläggningar

Påverkade grundvattennivåer har konstaterats i huvudsak i huvudområdets norra och centrala delar, där byggande av infrastruktur och andra större byggnationer gett upphov till sänkta grundvattennivåer i jord och berg. Här följer en redogörelse av tillgänglig information beträffande de dränerande byggnader och anläggningar som ligger inom området, figur 6.7.

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.



Figur 6.7 *Större grundvattenpåverkande undermarksanläggningar samt anläggningar för skyddsinfiltration i huvudområde Öst. Infiltrationsanläggningar visas med ljusblå triangel (undre magasin). Röd ring representerar pumpbrunn för grundvatten. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

Gårdatunneln

Gårdatunneln är en dubbelspårig bergtunnel för tågtrafik mellan Gubbero i norr och Almedal i söder, figur 6.7. 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 därefter ansluta till marknivån vid Örgrytemotet. Bergtunneln byggdes utan tätinjektering och grundvattennivåmätningar visar att läckaget till tunneln lokalt påverkar grundvattenförhållandena med avsänkta nivåer som följd.

Chalmerstunneln

Spårvägstunnel Chalmerstunneln går i berg mellan Chalmers entré vid södra Landala och Mölndalsvägen mitt emot Liseberg. Inläckaget i den cirka 1,1 kilometer långa tunneln uppgår till cirka 26 l/min. Tunneln passerar under Gibraltargatans och Eklandabackens jordfyllda dalsänkor där mycket begränsad grundvattenpåverkan kan noteras.

Riksväg 40

Vid Kallebäcksmotet har trafikplatsen utformats med permanent dränering av grundvattenmagasin i jord vilket lokalt påverkar grundvattennivåerna vid trafikplatsen och närmast Mölndalsåns dalgång i väster.

6.7 Delområde 3.1 Korsvägen

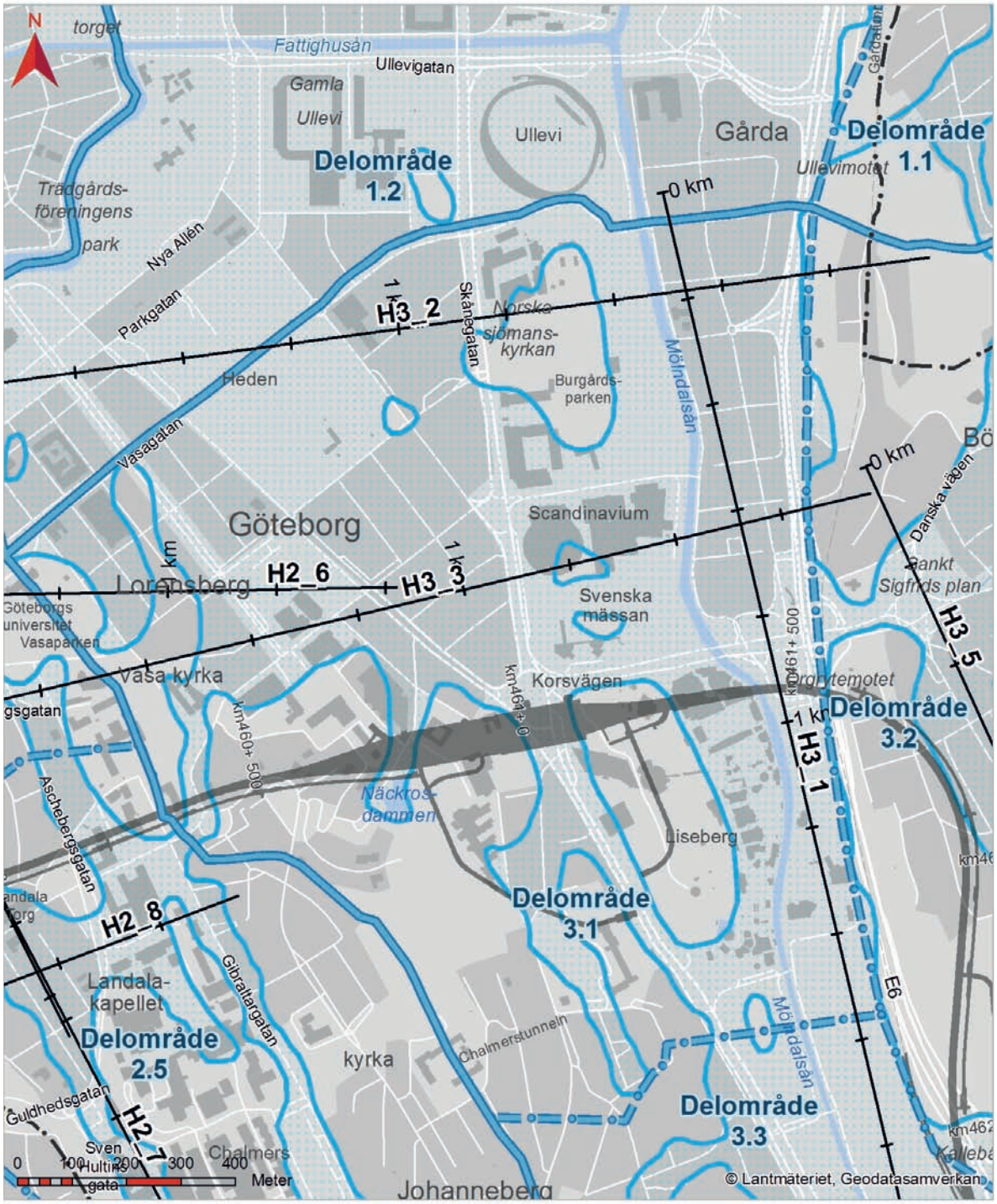
Delområde 3.1 Korsvägen utgör huvudområdets nordvästra del och omfattar områden såsom Heden, Mässan, södra Gårda och Liseberg. Områdets norra del har flack markyta medan det i söder förekommer ett flertal bergryggar och jordfyllda dalsänkor i nordnordvästlig riktning, figur 6.8. Mölndalsån rinner genom områdets östra del. I delområdet finns omfattande bebyggelse, trafikleder, Lisebergs nöjespark, Carlanderska sjukhuset med mera.

I delområdet finns två grundvattenmagasin:

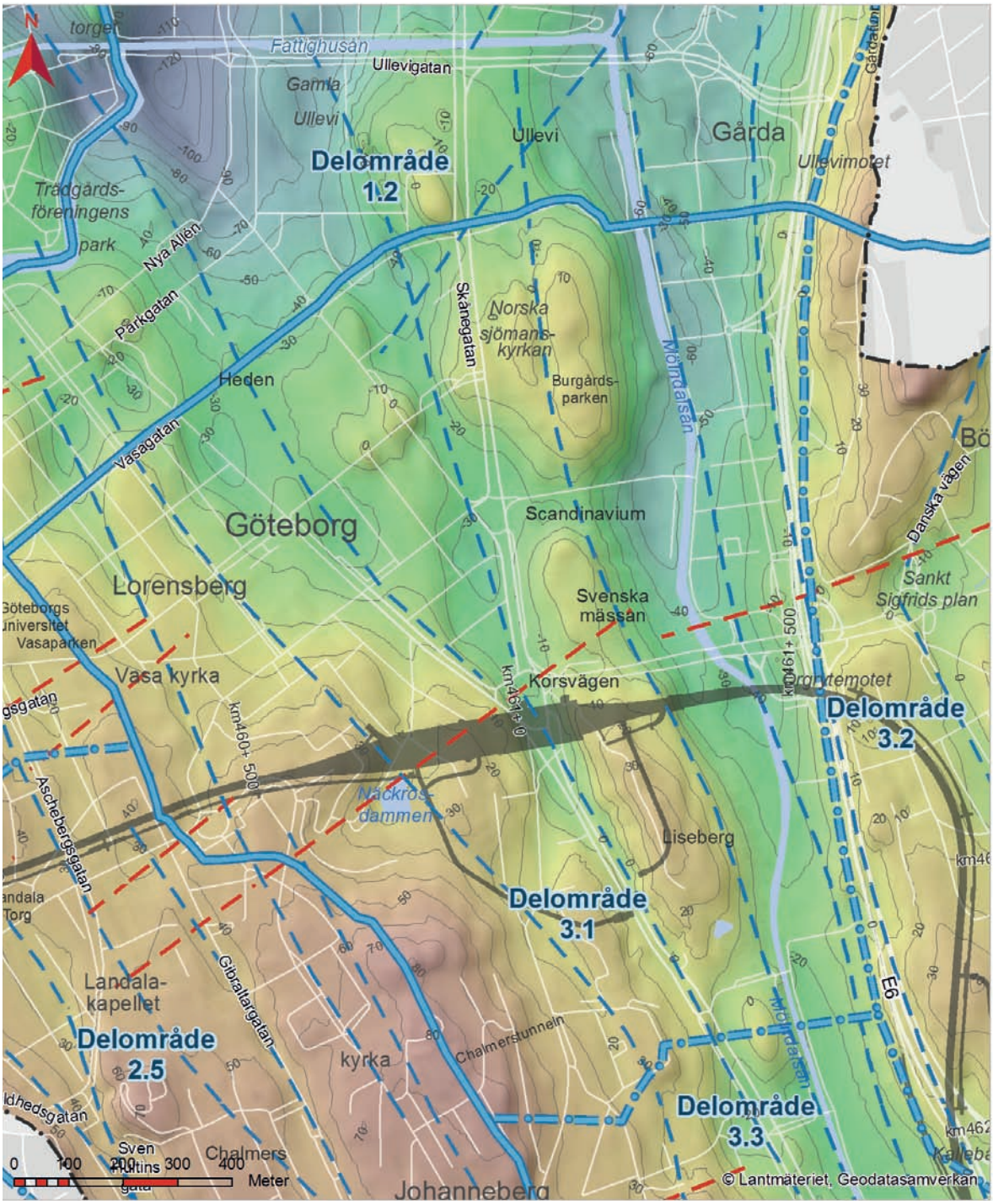
- Magasin 3:1a Heden
- Magasin 3:1b Mölndalsåns dalgång/Korsvägen

Grundvattenmagasin 3:1a i väster sträcker sig från Heden i sydöstlig riktning mot Korsvägen och vidare söderut väster om Liseberget. Grundvattenmagasin 3:1b utgör Mölndalsåns dalgång/Korsvägen i öster.

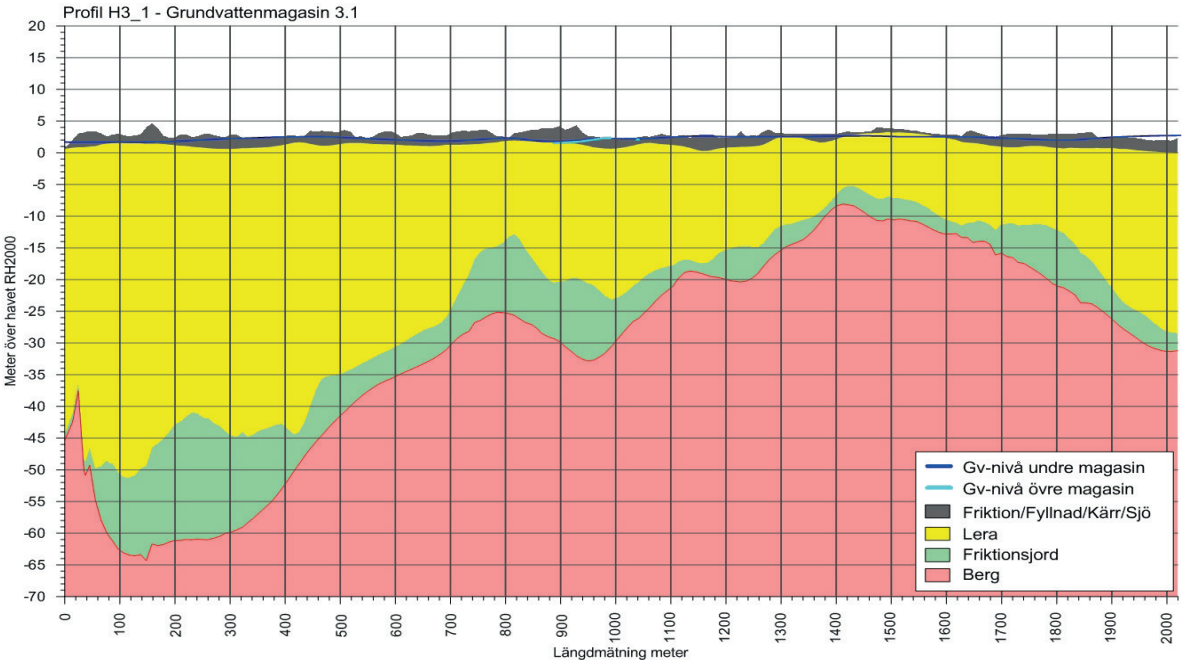
Området har tidigare varit föremål för hydrogeologiska undersökningar: Chalmerstunneln, Världskulturmuseet, Universeum, Delsjöbäcken, Kallebäcks lide med flera.



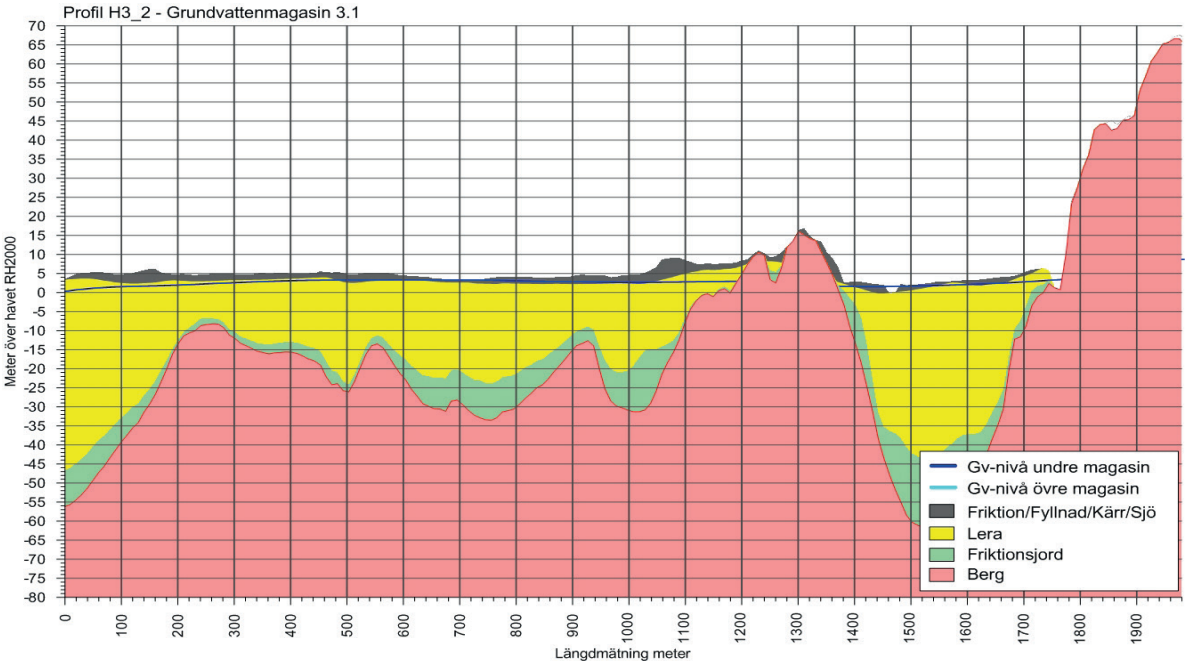
Figur 6.8 *Hydrogeologisk översiktskarta över delområde 3.1 Korsvägen. Linjer H3_1-3 är geologiska sektioner i området. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*



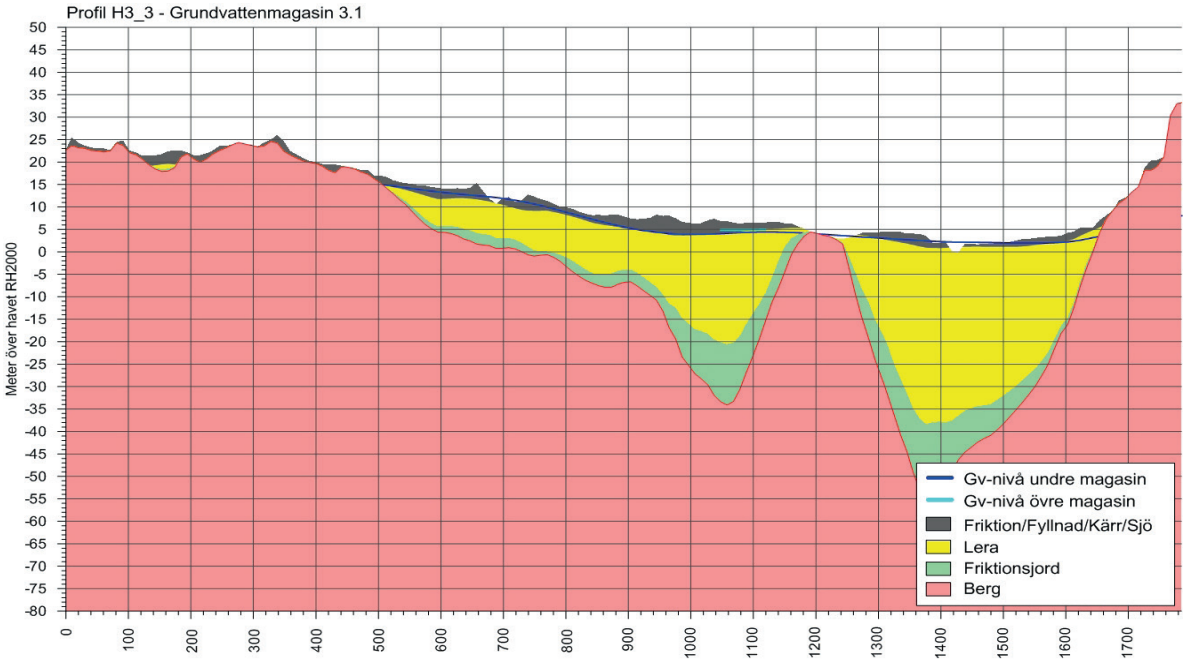
Figur 6.9 *Bergnivåmodell över delområde 3.1 Korsvägen inom inre utredningsområde. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*



Figur 6.10 *Översiktlig geologisk sektion H3_1 längs Mölndalsåns dalgång. För sektionens läge i plan se figur 6.8. Sektionen visar låga bergnivåer och mäktiga jorddjup vid delområdets norra gräns samt successivt stigande nivåer och minskande jorddjup till delområdets södra gräns.*



Figur 6.11 *Översiktlig geologisk sektion H3_2. För sektionens läge i plan se figur 6.8. Sektionens vänstra (västra) del visar bergtopografi och jordlager vid Heden (500-900 meter), höga bergnivåer vid Norska Sjömanskyrkan (1200 meter) och djupa bergnivåer och mäktiga jordlager i Mölndalsåns dalgång. Längst till höger visas de höga bergpartierna i östra Gårda.*



Figur 6.12 *Översiktlig geologisk sektion H3_3. För sektionens läge i plan se figur 6.8. Sektionens vänstra (västra) del visar bergtopografi och jordlager vid Lorensberg, successivt sjunkande bergnivå österut med en djup sänka norr om Korsvägen. Höjdpartiet (vid 1200 meter) utgör del av samma höjdrygg som visas i figur 6.11 (1200-1300 meter). Längst i öster återfinns Mölndalsåns dalgång och angränsande höga bergpartier.*

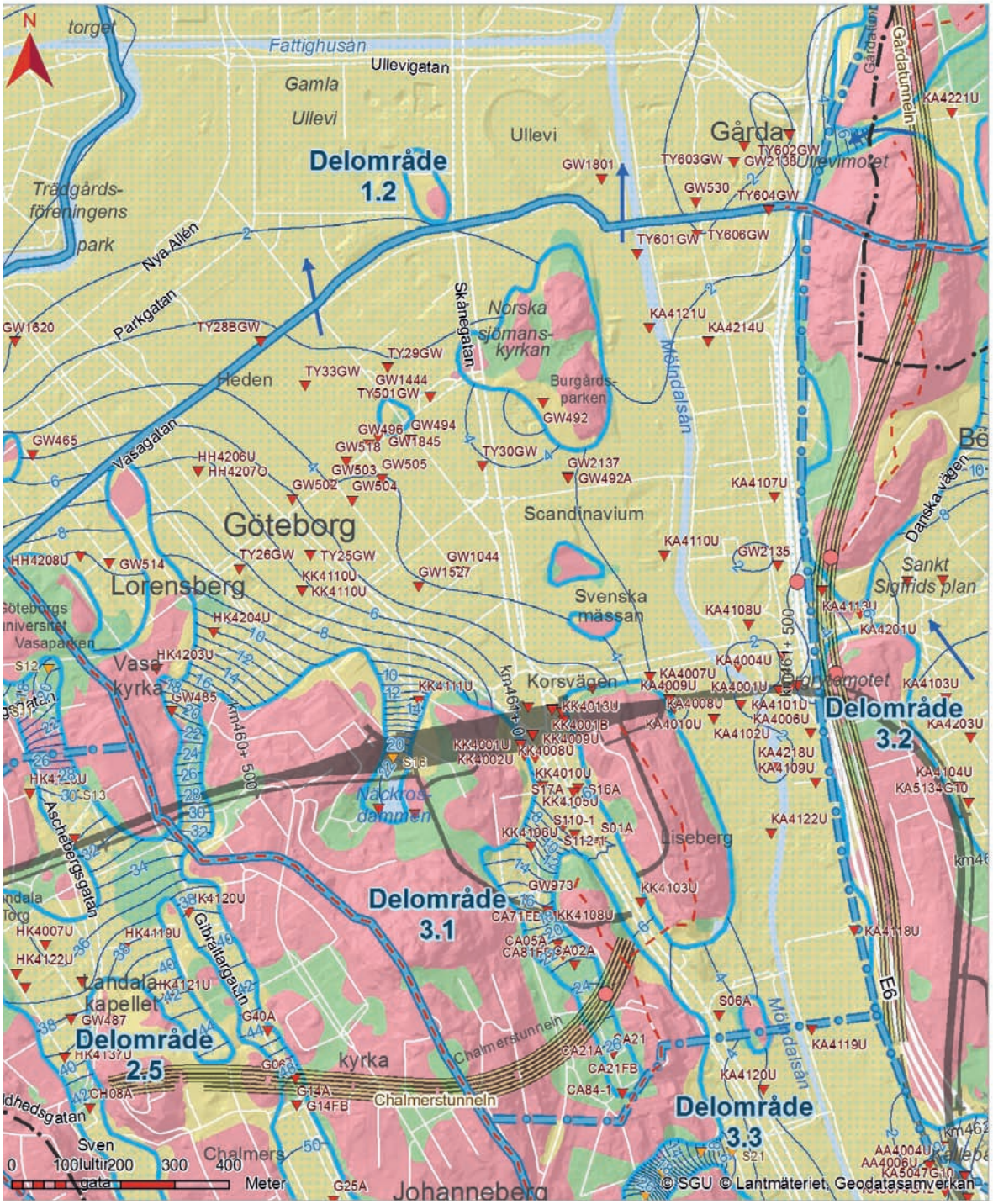
Området har varierande topografi med höga nivåer mot Johanneberg och vid Liseberg, medan området i övrigt är förhållandevis flackt. En höjdrygg, som delvis är synbar ovan mark, sträcker sig ungefär i nordlig riktning från Liseberget över Mässområdet till ett område med berg i dagen vid Norska sjömanskyrkan i norr. Tolkade bergnivåer och zoner i berg redovisas i figur 6.9. Höga bergnivåer på upp emot +70 förekommer inom höjdområdena i den västra delen, medan låga nivåer under -60 förekommer i öster inom Mölndalsåns dalgång. Bergytans nivå varierar således stort inom området, minst 120 meter.

Kunskap om bergets uppbyggnad och förekommande svaghetszoner har erhållits i samband med undersökningar och uppföljning av flera byggnationer i berg. Från dessa arbeten kan konstateras att zonerna karakteriseras av uppsprucket berg men att den vattenförande förmågan endast är måttligt högre än det berg som inte genomkorsas av zoner. Zonerna längs Mölndalsåns dalgång är del av det regionala zonstråk som går längs Göta älvs dalgång vidare norrut och kan antas vara kraftigt uppspruckna och sannolikt ha hög vattenförande förmåga.

För att illustrera bergnivåer och jordlager i området visas tre geologiska sektioner i figur 6.10 till 6.12. Sektionernas läge i plan visas i figur 6.8.

En geologisk sektion H3_1 längs Mölndalsåns dalgång (figur 6.10) visar djupa bergnivåer (cirka -65) och mäktiga jordlager i Gårda sydöst om Ullevi. Mot söder stiger bergnivån för att åter sjunka efter delområdets södra gräns (cirka 1500 meter i sektionen). Vid delområdets södra gräns ligger bergnivån kring +8.

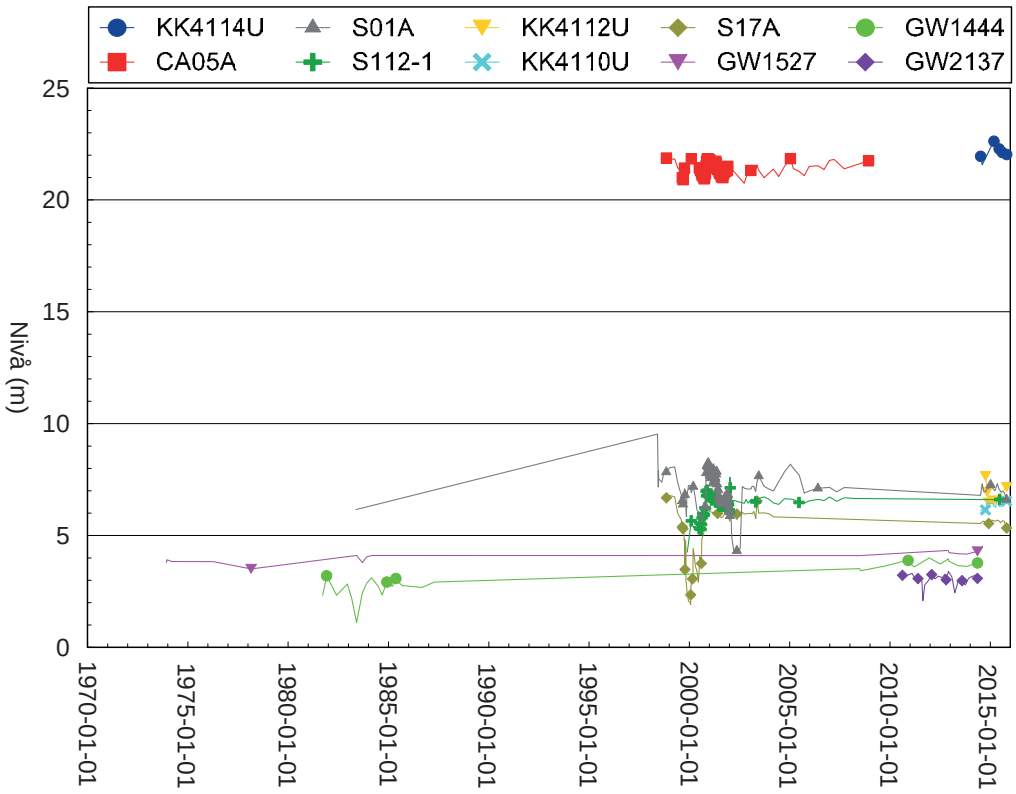
Två väst-östliga geologiska sektioner H3_2 och H3_3 (figur 6.11 och 6.12) visar bergnivåer och jordlager norr om Korsvägen. Av sektionerna framgår exempelvis stora jorddjup vid Heden samt den nord-sydliga höjdrygg (1200-1300 meter) som delvis avgränsar Mölndalsåns dalgångs grundvattenmagasin mot grundvattenmagasinet vid Heden.



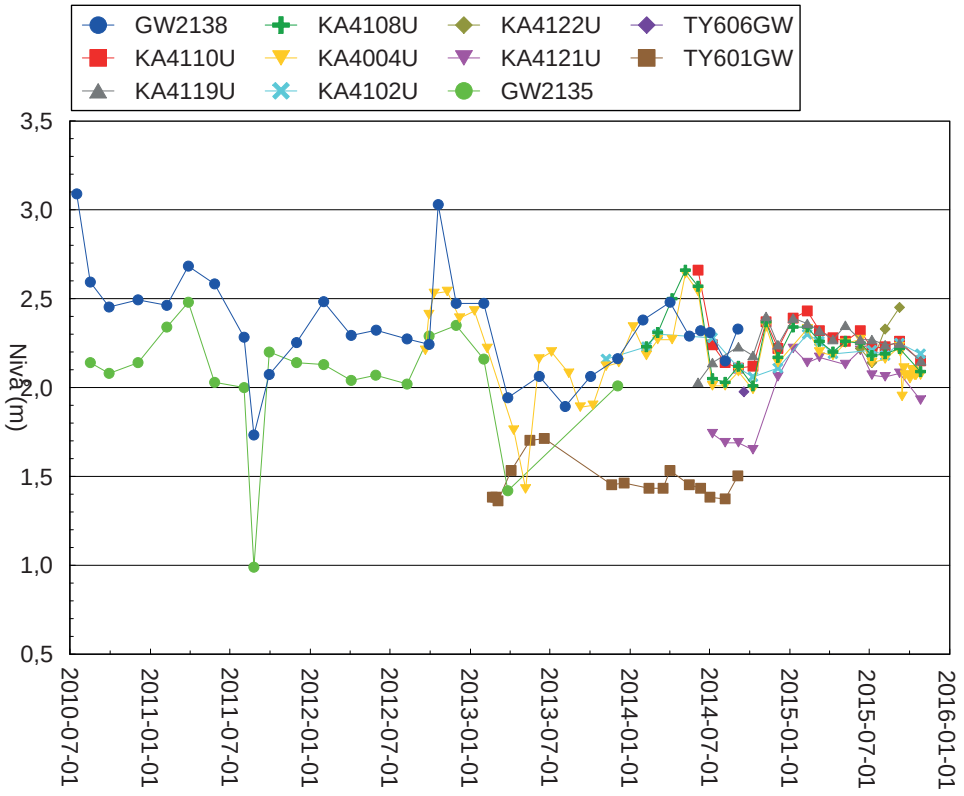
Figur 6.13 *Grundvattenmagasin i jord, undre magasin. Tolkade grundvattennivåer och dominerande flödesriktning samt vattendelare och observationspunkter (röda trianglar). För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

6.7.1 Grundvattenmagasin 3:1a Heden och 3:1b Mölndalsåns dalgång/Korsvägen

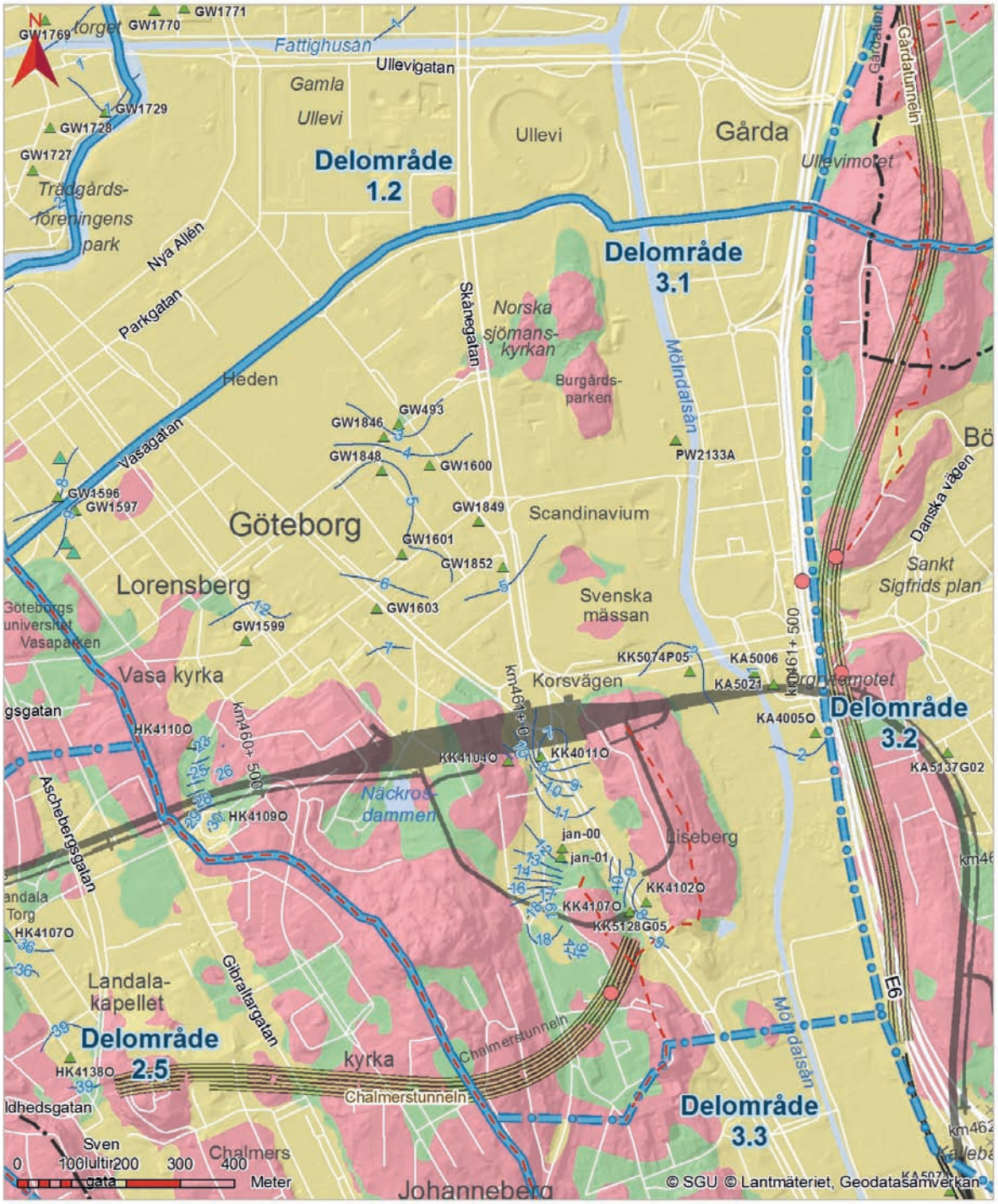
De undre grundvattenmagasinen i jord utgör mer eller mindre enhetliga friktionsjordlager inom delområde Korsvägen. Undantag är lokala mindre höjdpartier där jordlager saknas, figur 6.8 och 6.13. De två magasinen har entydiga hydrauliska gränser längs de höga bergpartierna i väster och öster, medan den inbördes gränsen mellan de två magasinen utgörs av en rygg med förhöjda bergnivåer som bara delvis når över markytan (Liseberget, Burgårdsparken och vid Norska sjömans-



Figur 6.14 *Uppmätta grundvattennivåer i undre magasin i jord inom magasin 3:1a Heden.*



Figur 6.15 *Uppmätta grundvattennivåer i undre magasin i jord inom magasin 3:1b Mölndalsåns dalgång/Korsvägen*



Figur 6.16 *Grundvattenmagasin i jord, övre magasin. Tolkade grundvattennivåer och dominerande flödesriktning samt vattendelare och observationspunkter (gröna trianglar). För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

kyrkan). Det finns inget hydrauliskt hinder för grundvatten att strömma över denna inre gräns. Det generella grundvattenflödet sker mot norr och angränsande magasin i delområde 1.2.

Jorddjupen är betydande i nordvästra delen av magasin 3:1a (Heden), där djup på upp till cirka 40 meter har noterats, samt längs centrala delen av magasin 3:1b där jorddjupen typiskt varierar mellan cirka 25 och 65 meter. Jordlagren karakteriseras av ett övre lager friktionsjord/fyllning (upp till 6-10 meter mäktigt), under vilket förekommer lerlager och underst friktionsjord på

berg. Utvärderad kolvprovtagning i området visar att leran är sättningsbenägen vid grundvattensänkning (se kapitel 3.4 och [7]). En geologisk profil längs Västlänkens visas i figur 6.5.

Grundvatten i jord

Tolkade grundvattennivåer illustreras för undre grundvattenmagasin i jord i figur 6.13 och för övre grundvattenmagasin i figur 6.16. Tolkade nivåer ska ses som översiktliga.

I områdets nordvästra del (magasin 3:1a) i anslutning till Heden, ligger typiska grundvattennivåer i undre magasin mellan +3 och +5 med huvudsakligen nordlig gradient. I söder stiger grundvattennivåerna upp mot allt högre bergnivåer vid Lorensberg och norra Johanneberg. I de smala jordfyllda sänkorna mot Landala torg och Näckrosdammen ligger nivåerna mellan +25 och +30. I sänkan väster om Liseberg ligger grundvattennivåerna flackt kring +6 och +7, för att mot sydväst stiga kraftigt upp längs sänkan mot Carlanderska sjukhuset. Väster om Liseberg ligger en grundvattendelare från vilken flödet sker norrut mot Korsvägen och söderut mot delområde 3.3. Grundvattendata visas i grundvattengraf i figur 6.14.

I Mölndalsåns dalgång ligger grundvattennivån i undre magasin (magasin 3:1b) mellan +1,5 och +2,5 se grundvattengraf i figur 6.15. Lokalt och under vissa tidpunkter har både högre och lägre grundvattennivåer uppmätts.

Ett stort antal hydrogeologiska undersökningar har utförts i samband med Västlänken längs Station Korsvägen samt där spårtunneln tvärar Mölndalsåns dalgång [5]. Vid provpumpning i brunn KA4001H med drygt 2 l/s uppkom påverkan inom 200-700 meters avstånd, huvudsakligen norrut längs dalgången. Från testet utvärderades friktionsjordens vattenförande egenskaper till 4-7 x 10^{-4} m^2/s (se kapitel 3.7.2 och [5]).

Undersökningarna av jordlagren i Mölndalsåns dalgång visar att det undre friktionsjordlagret i huvudsak utgörs av sand-grus-morän med en total mäktighet på 5-10 meter. Friktionsjordlagrets vattenförande förmåga uppgår till cirka 10^{-4} m/s, lokalt mindre och lokalt högre. Över friktionsjorden har lera avsatts och jordlagrens totala mäktighet vid Västlänkens planerade passage av Mölndalsåns dalgång uppgår till cirka 40 meter (figur 6.5).

Grundvattendata för övre grundvattenmagasin finns söder om Heden, vid Korsvägen och väster om Liseberg, figur 6.16. Nivåerna ligger i de flesta fall något över nivåerna i undre grundvattenmagasin i jord.

Grundvatten i berg

Bergnivåmodellen (figur 6.9) visar att de bergsänkor och höjdryggar som förekommer i delområdets södra del (Korsvägen och Liseberg) fortsätter norrut samtidigt som de totala jorddjupen ökar markant. Områdets jordfyllda sänkor i söder avskiljs av parallellt liggande bergpartier.

I området finns endast ett fåtal borrhål/brunnar i berg som möjliggör nivåobservationer, vilka huvudsakligen är placerade i anslutning till Västlänken. Mätningar visar på grundvattennivåer fallande från +6 i väster till +2 i öster, vilket är liknande nivåer som i undre magasin i jord. Berggrundens karakteristiska vattenförande förmåga inom delområdet bedöms till cirka 5 x 10^{-8} m/s [4].

Utförda tektoniska tolkningar av svaghetszoner, huvudsakligen baserat på information från befintliga berganläggningar, visar på förekomst av flera västligt stupande svaghetszoner [4].

Magasinens känslighet och riskobjekt

Grundvattenmagasinen bedöms lokalt vara känsliga för grundvattenpåverkan, speciellt i magasinens nordliga delar där befintliga berganläggningar påverkar grundvattenförhållandena. I södra delen av magasin 3:1a finns små isolerade magasin där relativt begränsad minskning av flödet kan ge påtagliga nivåförändringar lokalt. Ingen betydande skyddsinfiltration pågår i området. Utförda inventeringar och analyser visar att det inom området finns riskobjekt som är grundvattenberoende och känsliga för nivåförändringar. Grundvattenberoende riskobjekt i området är:

- Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning, främst trägrundläggning och grundläggning på lera.
- Naturvärden som huvudsakligen förekommer lokalt inom parker och alléer.

För detaljer om områdets riskobjekt hänvisas till kapitel 8.

6.8 Delområde 3.2 Örgryte – Skår

Delområde 3.2 Örgryte - Skår utgör huvudområdets nordöstliga del och omfattar delar av Gårda, Bö och Skår figur 6.18. Delområdet ligger öster om Mölndalsåns dalgång och är i huvudsak ett topografiskt högre liggande område med en i princip västlig avrinning. I en mindre del av området avrinner grundvattnet till angränsande delområde 3.3 i söder. I delområdet finns omfattande bebyggelse och naturområden. I områdets västliga del ligger Gårdatunneln, vilken är en bergtunnel för tågtrafik.

I delområdet finns två grundvattenmagasin:

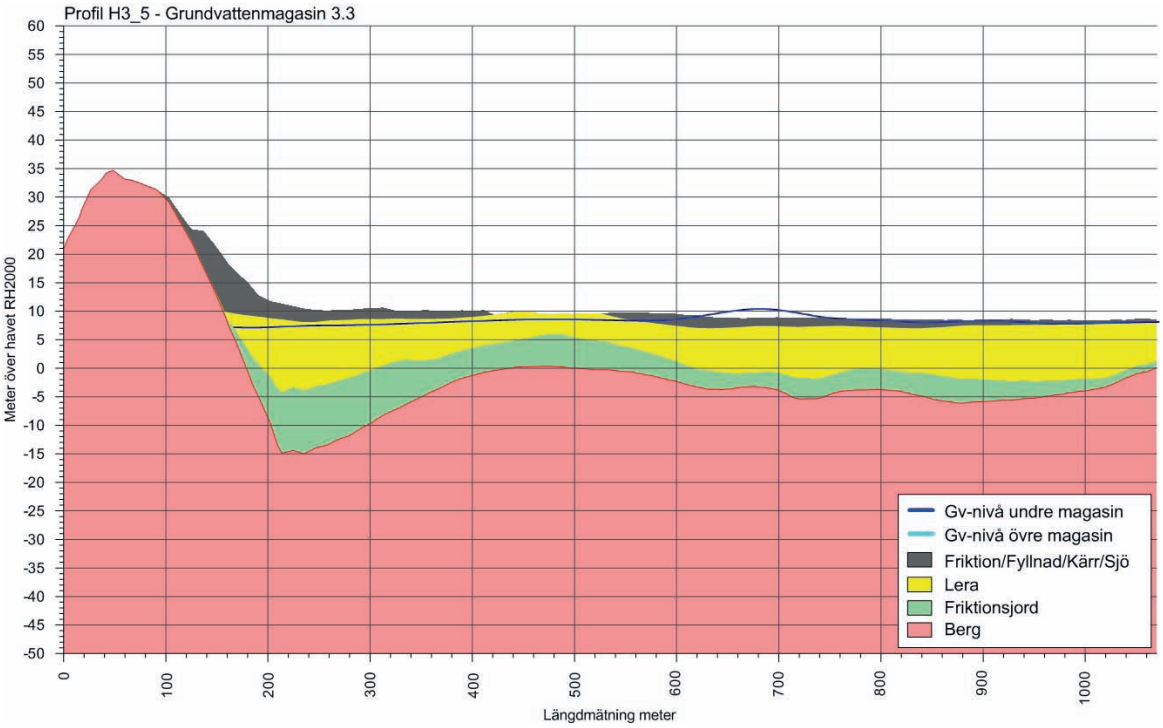
- Magasin 3:2a Bö (nordlig del)
- Magasin 3:2b Skår (sydlig del)

Grundvattenmagasin 3:2a ligger i delområdets nordliga del och grundvattenmagasin 3:2b i dess sydliga del. Delsjöbäcken och dess väst-östliga sänka utgör gräns mellan dessa två magasin. Området har en varierande topografi med dalsänkor och mellanliggande bergryggar i riktning nord-syd.

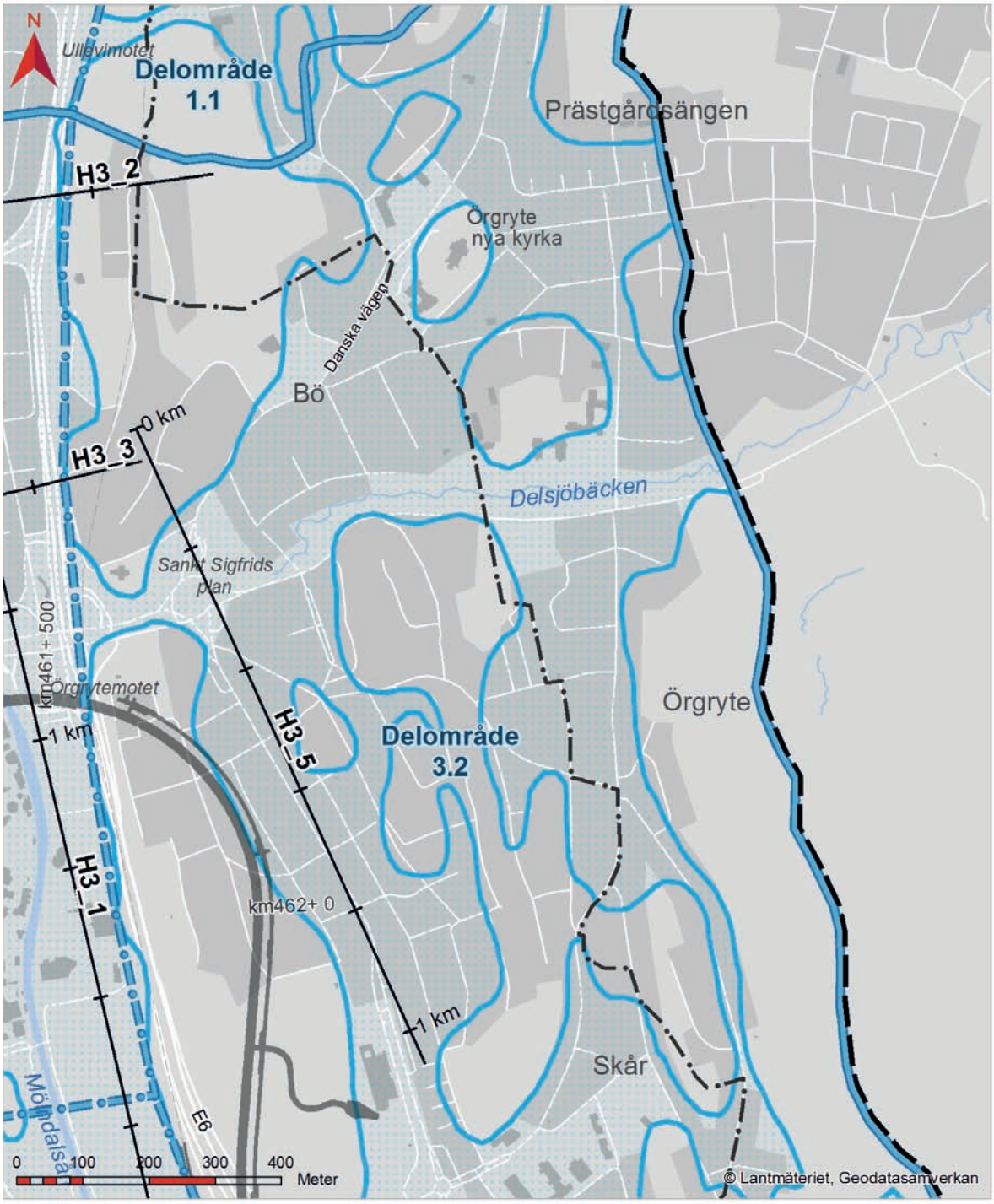
Området har tidigare varit föremål för hydrogeologiska undersökningar; bland annat för Gårdatunneln och Delsjöbäckens dalsänka. I området finns ett mycket stort antal energibrunnar från vilka betydande kunskap inhämtats om berggrundens vattenförande förmåga.

Tolkade bergnivåer och zoner i berg redovisas i figur 6.19. Höga bergnivåer på upp emot +60 förekommer inom höjdområdena i den nordliga delen, medan låga nivåer lägre än -10 förekommer vid exempelvis Sankt Sigfrids plan. Bergytans nivå varierar således upp till cirka 70 meter inom området. Bergsänkan som sträcker sig söderut från Sankt Sigfrids plan bedöms associerad till en västligt lutande överskjutningszon.

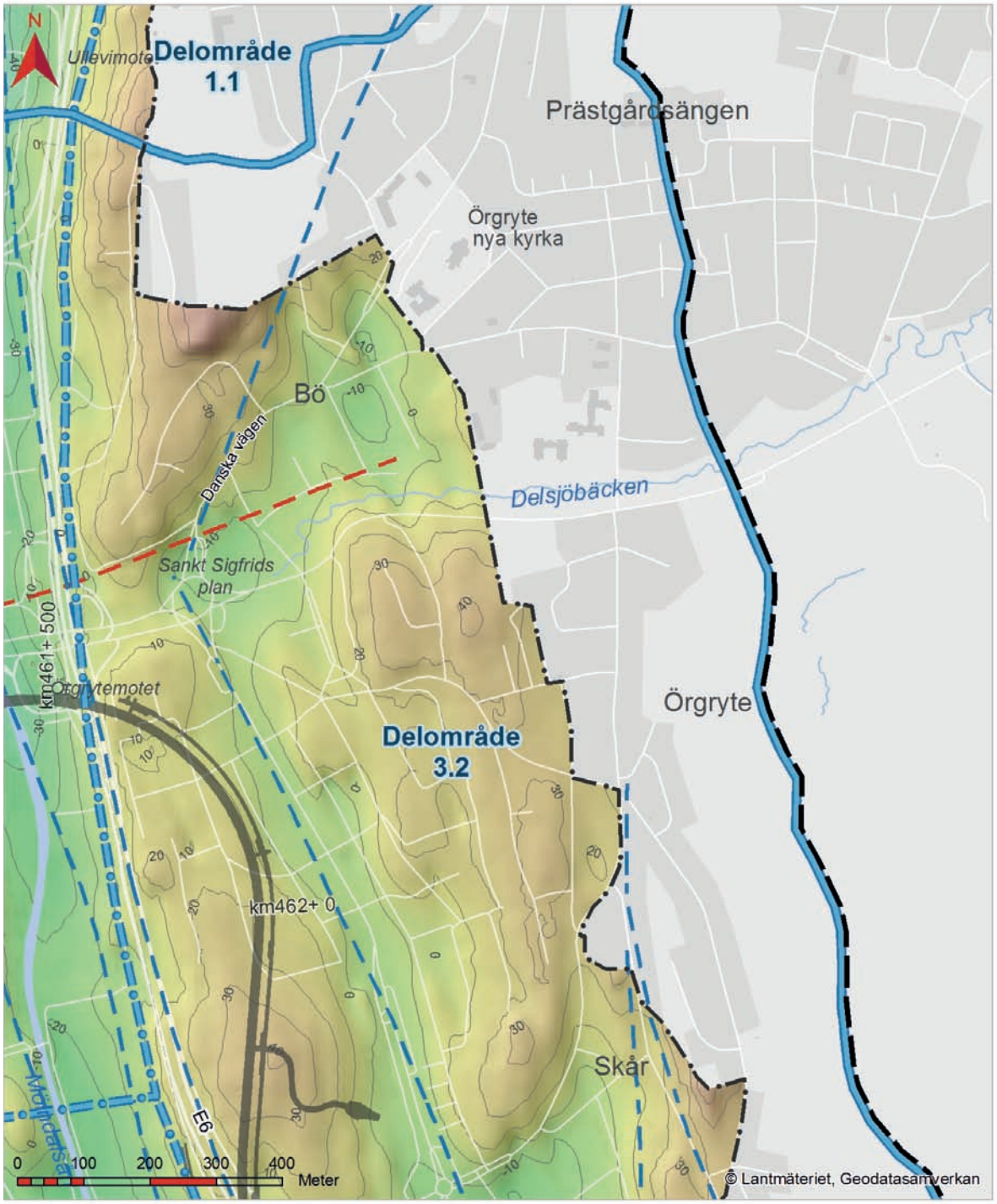
För att illustrera bergnivåer och jordlager i området visas en geologisk sektion H3_5 i figur 6.17. Sektionens läge i plan visas i figur 6.18.



Figur 6.17 *Översiktlig geologisk sektion H3_5 över Sankt Sigfrids plan och längs Sankt Sigfridsgatan. För sektionens läge i plan se figur 6.18.*



Figur 6.18 *Hydrogeologisk översiktskarta över delområde 3.2 Örgryte-Skår. Observera att den södra delen av delområdet visas i figur 6.22. Linjen H3_5 är en geologisk sektion i området. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*



Figur 6.19 *Bergnivåmodell över delområde 3.2 Örgryte - Skår inom inre utredningsområde. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*

6.8.1 Grundvattenmagasin 3:2a Bö och 3:2b Skår

De undre grundvattenmagasinen i jord utgör mer eller mindre enhetliga friktionsjordlager inom delområdet. Undantag är ett stort antal bergpartier där jordlager saknas, figur 6.18 och 6.20.

Jorddjupen uppgår som mest till 20-25 meter i dalsänkornas centrala delar och tunnas ut mot angränsande höga bergnivåer. Jordlagren karakteriseras av ett övre lager av friktionsjord/fyllning (upp till 2-5 meter mäktigt), under vilket förekommer lerlager och underst friktionsjord på berg. Utvärderad kolvprovtagning i området visar att leran är sättningsbenägen vid grundvattensänkning (se kapitel 3.4 och [7]).

Grundvatten i jord

Tolkade grundvattennivåer illustreras för undre grundvattenmagasin i jord i figur 6.20. Tolkade nivåer ska ses som översiktliga. Det finns endast ett fåtal grundvattenrör i övre magasin varför inga interpolerade nivåer visas.

I magasin 3:2a Bö dominerar ett sydvästligt grundvattenflöde från södra delen av Prästgårdsängen mot lägre liggande marknivåer i anslutning till Delsjöbäcken. Delsjöbäcken ligger i en kraftigt nederoderad fåra där grundvattennivåerna ligger förhållandevis lågt och har en västlig gradient med ett resulterande flöde ner till Mölndalsåns dalgång genom en jordfylld sänka i berget.

I magasin 3:2b Skår utgörs det undre magasinet i jord av en långsmal jordfylld sänka omgiven av höga bergpartier i väster och öster. En grundvattendelare finns cirka 400-500 meter söder om Sankt Sigfrids plan varifrån flödet sker dels mot norr och dels mot söder. I den norra delen av magasinet är grundvattenflödet nordligt och strömmar mot Sankt Sigfrids plan där flödet vrider av mot väster och Mölndalsåns dalgång. I södra delen av magasinet är grundvattenflödet sydligt och strömmar mot Kallebäck och delområde 3.3 (se figur 6.25).

Vid en provpumpning som genomfördes i brunnarna AA4005H och KA4001B med 1-1,2 l/s, konstaterades påverkan inom 400-600 meter huvudsakligen i nord-sydlig riktning [5]. Från testet utvärderas en vattenförande förmåga till mellan 4 x 10^{-6} och 3 x 10^{-5} m^2/s för det undre friktionsjordlagret (se kapitel 3.7.2 och [5]).

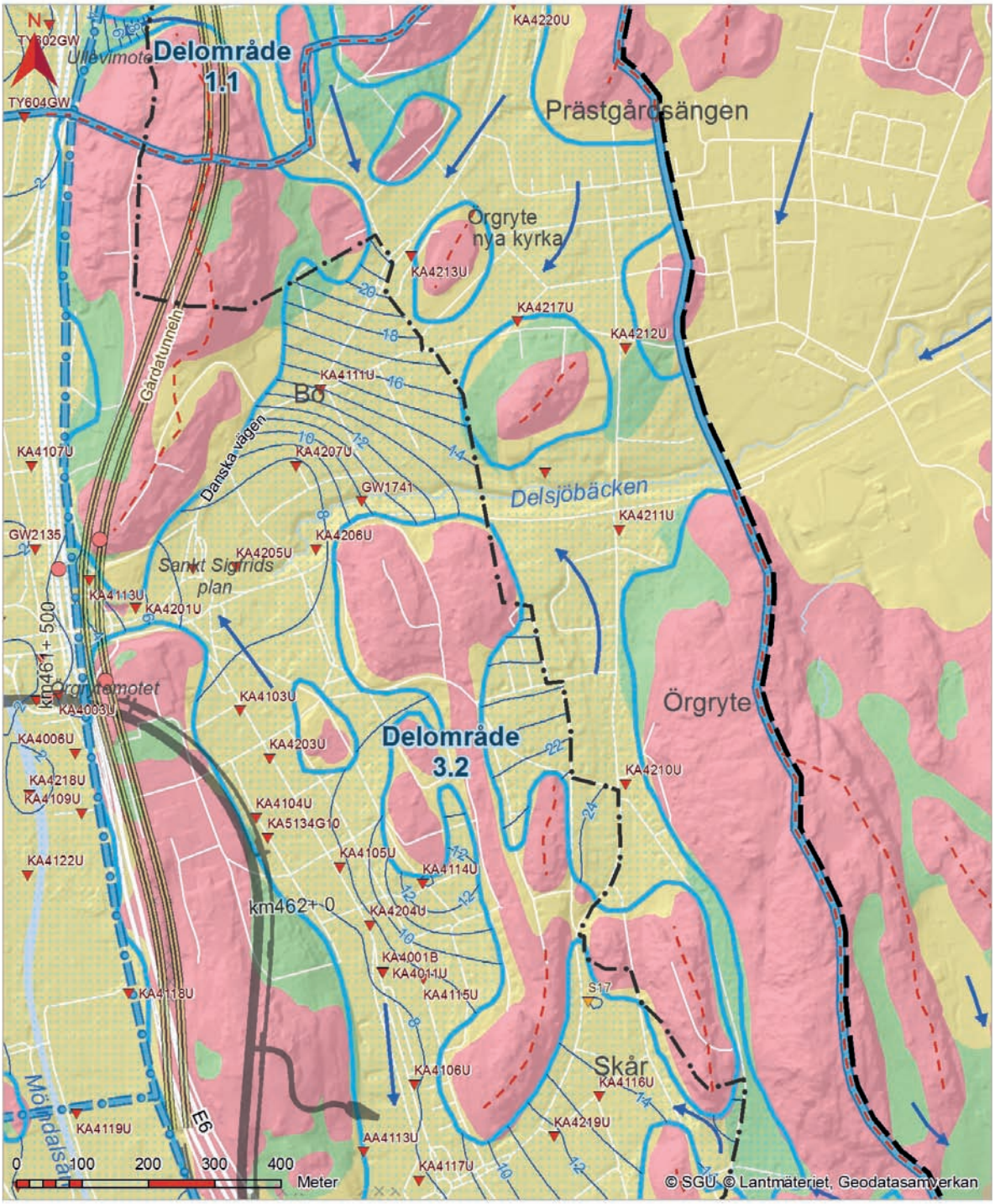
Registrerade grundvattennivåer i undre magasin visas i graf i figur 6.21. För rör GW1741 i Delsjöbäckens dalsänka finns mätvärden sedan 1986 vilket visar stabil nivå kring +9,4 fram till 2011 då nivån steg till cirka +10,2. Grundvattenrör etablerade 2014-2015 för Västlänken visar låga nivåer längs Delsjöbäckens dalgång samt hög nivå i rör KA4105U vid tolkad grundvattendelare i söder (cirka +9,0).

Grundvatten i berg

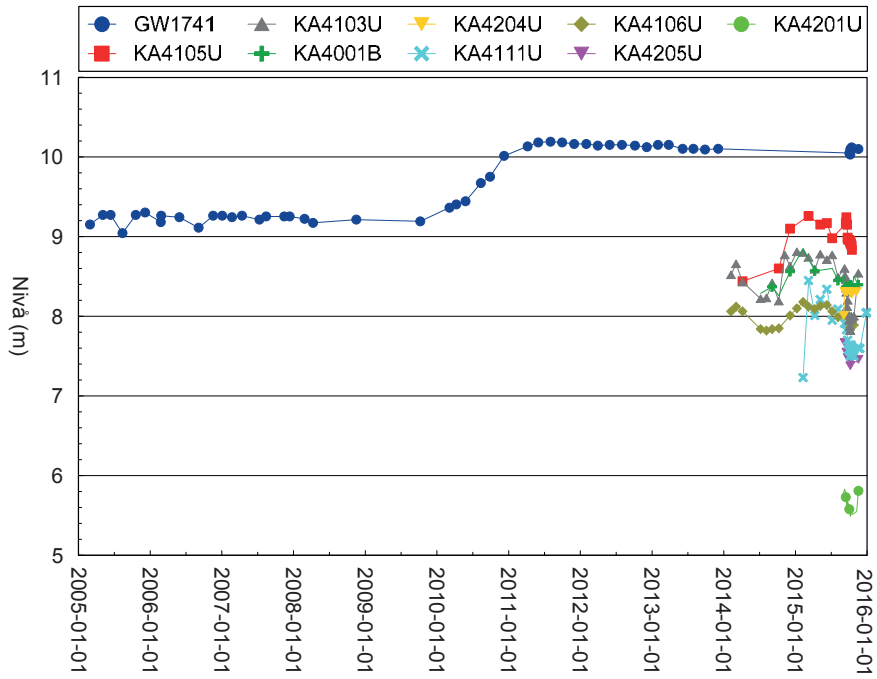
Bergnivåmodellen (figur 6.19) visar att låga bergnivåer förekommer längs Delsjöbäckens dalgång, vid Sankt Sigfridsplan och vidare söderut längs dalgången ner mot Skår-Kallebäcksmotet. Tolkade bergnivåer ytterligare söderut visas i figur 6.23.

I området finns ett stort antal energibrunnar i berg från vilka kapacitetsuppgifter redovisas i SGUs brunnsarkiv. För bergpartiet norr om Sankt Sigfrids plan har berggrundens hydrauliska konduktivitet beräknats till cirka 10^{-6} m/s, medan det för bergpartiet mellan Sankt Sigfrids plan och Kallebäcksmotet har beräknats till ett lägre värde på cirka 1-2 x 10^{-7} m/s.

Utförda tektoniska tolkningar, huvudsakligen baserat på information från befintliga berganläggningar och ytkartering, visar på förekomst av västligt stupande svaghetszoner [4].



Figur 6.20 *Grundvattenmagasin i jord, undre magasin. Tolkade grundvattennivåer och dominerande flödesriktning samt vattendelare och observationspunkter (röda trianglar). För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*



Figur 6.21 *Uppmätta grundvattennivåer i undre magasin i jord inom magasin 3:2a och 3:2b inom delområde 3.2 Örgryte-Skår.*

Magasinens känslighet och riskobjekt

Grundvattenmagasinen bedöms lokalt vara känsliga för grundvattennivåsänkningar, speciellt i anslutning till Sankt Sigfrids plan samt dalsänkan längs Sankt Sigfridsgatan. Gårdatunneln i bergpartiet i delområdets västliga del kan antas påverka grundvattenförhållandena i områdets västra delar. Ingen betydande skyddsinfiltration pågår i området. Utförda inventeringar och analyser visar att det inom området finns riskobjekt vilka är grundvattenberoende och känsliga för nivåförändringar. Grundvattenberoende riskobjekt i området är främst:

- Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning, främst trägrundläggning och grundläggning på lera
- Energianläggningar

För detaljer om områdets riskobjekt hänvisas till kapitel 8.

6.9 Delområde 3.3 Almedal

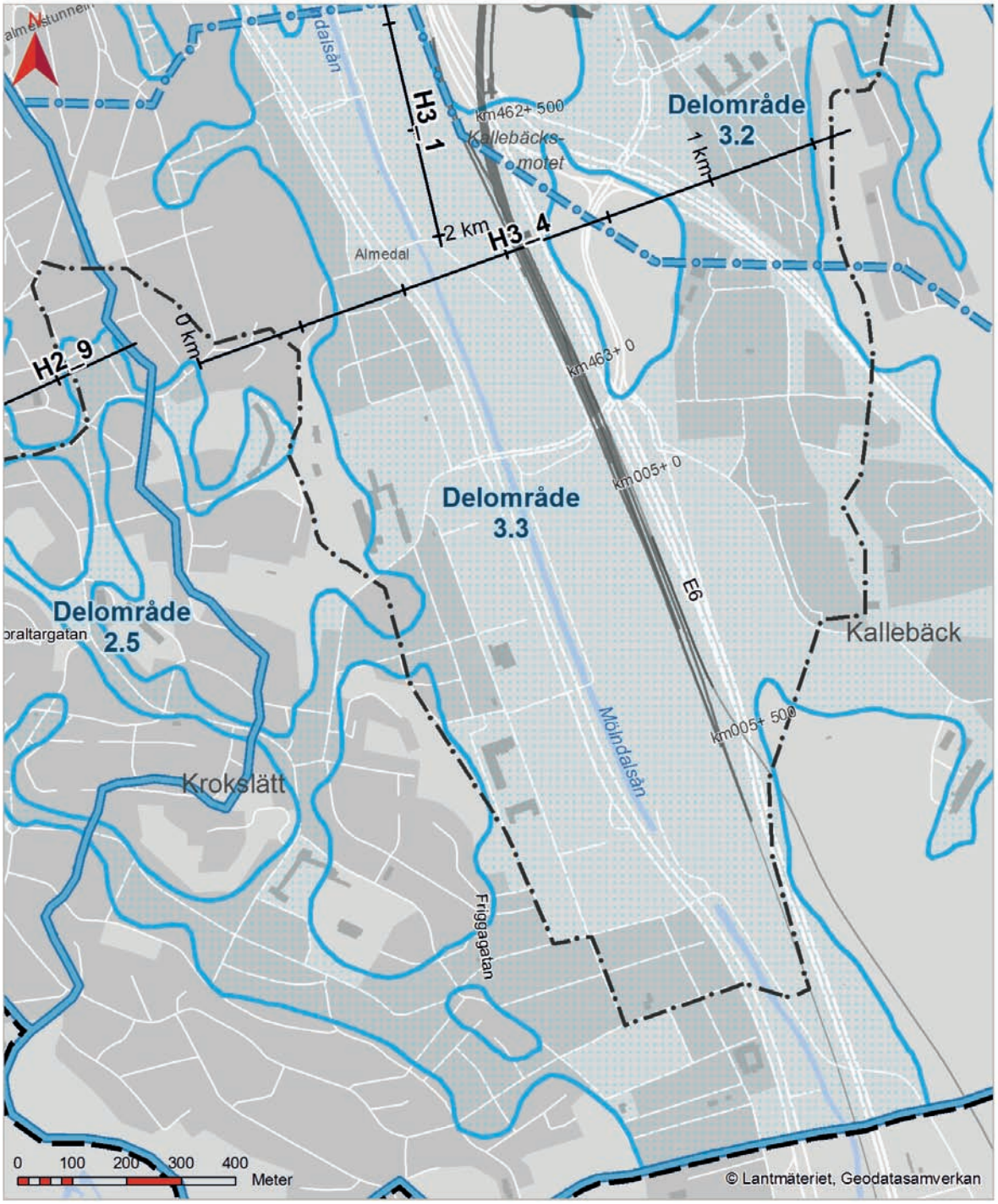
Delområde 3.3 Almedal utgör huvudområdets sydligaste del och omfattar områden såsom Almedal och angränsande delar av Krokslätt i väster och Kallebäck i öster, se figur 6.22. Mölndalsåns dalgång går rakt igenom området i nord-sydlig riktning, till vilken avrinner yt- och grundvatten från högre liggande områden i väster och öster. I Mölndalsåns dalgång är grundvattenflödet i princip nordligt, men det förekommer verksamheter som lokalt påverkar grundvattennivåerna i dalgången varför strömningsriktningar och gradienter varierar lokalt. I området finns omfattande bebyggelse, större trafikleder, naturområden med mera. I sydöst gränsar Delsjöområdet som delvis utgör ett naturreservat.

Delområdet kan indelas i två grundvattenmagasin:

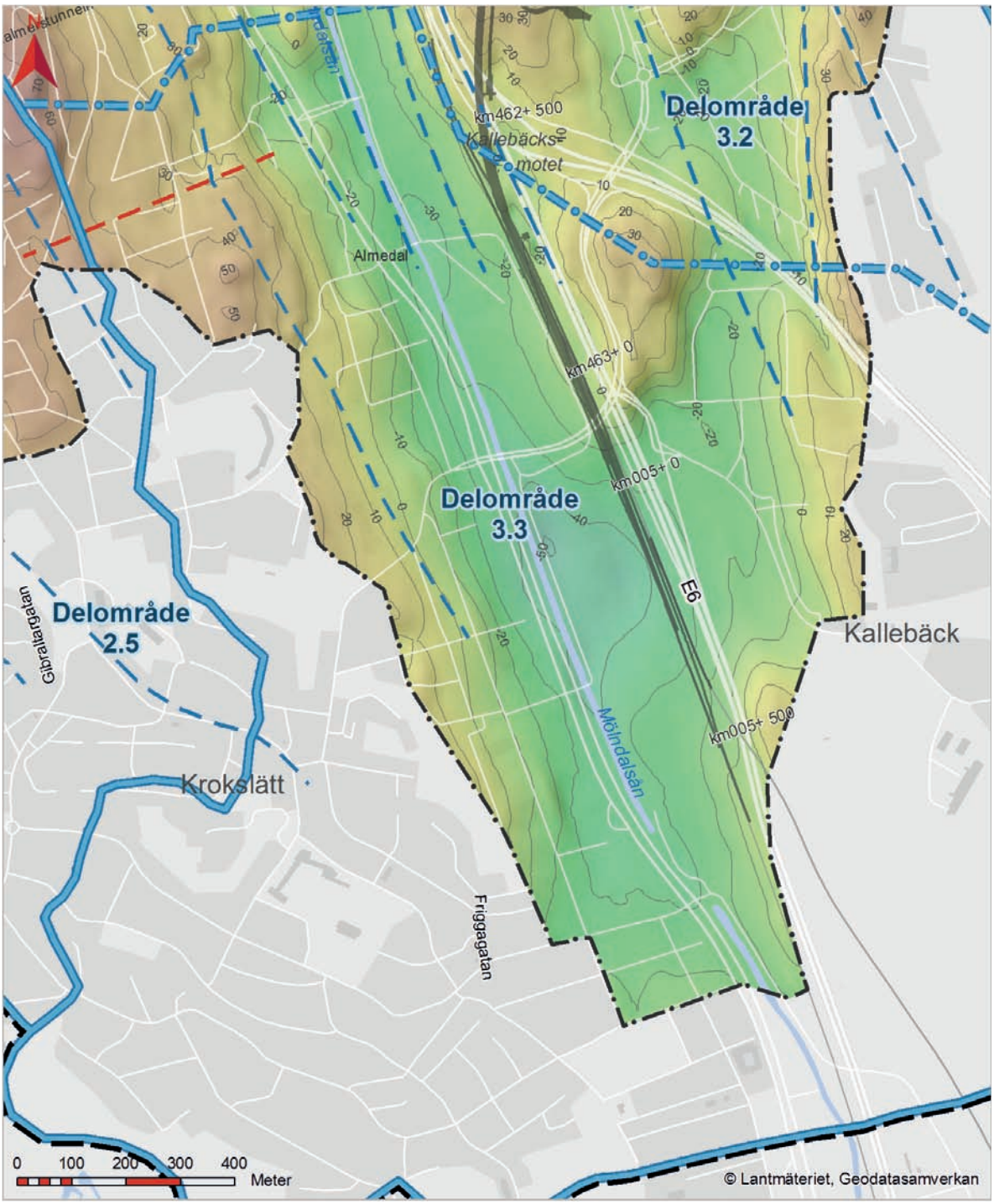
- Magasin 3:3a Mölndalsåns dalgång/Almedal
- Magasin 3:3b Kallebäck

Grundvattenmagasin 3:3a ligger i områdets centrala del och utgör del av Mölndalsåns dalgång. Grundvattenmagasin 3:3b är ett till ytan begränsat magasin i områdets sydöstra del. Gränsen mellan dessa två magasin antas ligga längs E6.

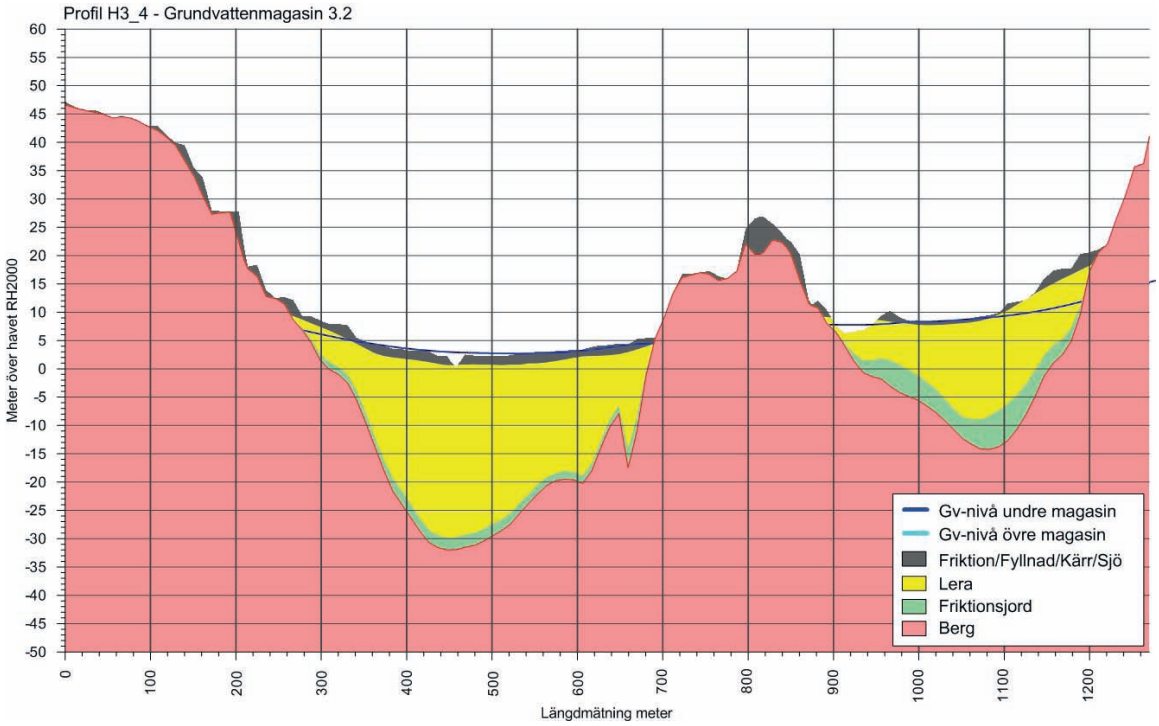
Delområdet har tidigare varit föremål för ett fåtal hydrogeologiska undersökningar i samband med bland annat byggande av Väg 40 vid Kallebäcksmotet. I områdets sydvästliga och nordöstliga delar finns ett mycket stort antal energibrunnar från vilka betydande kunskap inhämtats om



Figur 6.22 *Hydrogeologisk översiktskarta över delområde 3.3 Almedal. Linjen H3_4 är en geologisk sektion i området. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*



Figur 6.23 *Bergnivåmodell över delområde 3.3 Almedal. För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*



Figur 6.24 *Översiktlig geologisk sektion H3_4 tvärs Almedal och Mölndalsåns dalgång. Sektionens visar låga bergnivåer och mäktiga jordlager vid Mölndalsåns dalgång (300-700 meter), i väster gränsande till höga bergnivåer vid Krokslätt och i öster till bergparti (700-900 meter) söder om Kallebäcksmotet. Ytterligare till höger (österut) finns en till Mölndalsåns dalgång parallell jordfylld sänka som sträcker sig norrut till Sankt Sigfrids plan. Längst till höger ligger Delsjöområdets höga bergpartier. För sektionens läge i plan se figur 6.22.*

berggrundens vattenförande förmåga.

Tolkade bergnivåer och zoner i berg redovisas i figur 6.23. Höga bergnivåer på upp emot +50 förekommer inom höjdområden, medan nivåer på under -50 förekommer i Mölndalsåns dalgång. Bergytans nivå varierar således upp till cirka 100 meter inom delområdet. Betydligt högre nivåer förekommer i öster inom Delsjöområdet. Flera svaghetszoner sträcker sig i nordnordvästlig riktning parallellt med Mölndalsåns dalgång.

För att illustrera bergnivåer och jordlager i området visas en geologisk sektion H3_4 i figur 6.24. Sektionens läge i plan visas i figur 6.22.

6.9.1 Grundvattenmagasin 3:3a Mölndalsåns dalgång/Almedal och 3:3b Kallebäck

De undre grundvattenmagasinen i jord utgör mer eller mindre enhetliga friktionsjordlager inom delområdet. Undantag är bergpartier där jordlager saknas exempelvis bergpartiet sydöst om Kallebäcksmotet, figur 6.22 och 6.25.

Grundvattenmagasin 3:3a dominerar området och utgör ett topografiskt lågt område till vilket det sker tillrinning av grundvatten via jordfyllda dalsänkor i omgivningen. Grundvattenmagasin 3:3b karakteriseras av förhållandevis brant topografi upp mot Delsjöområdet.

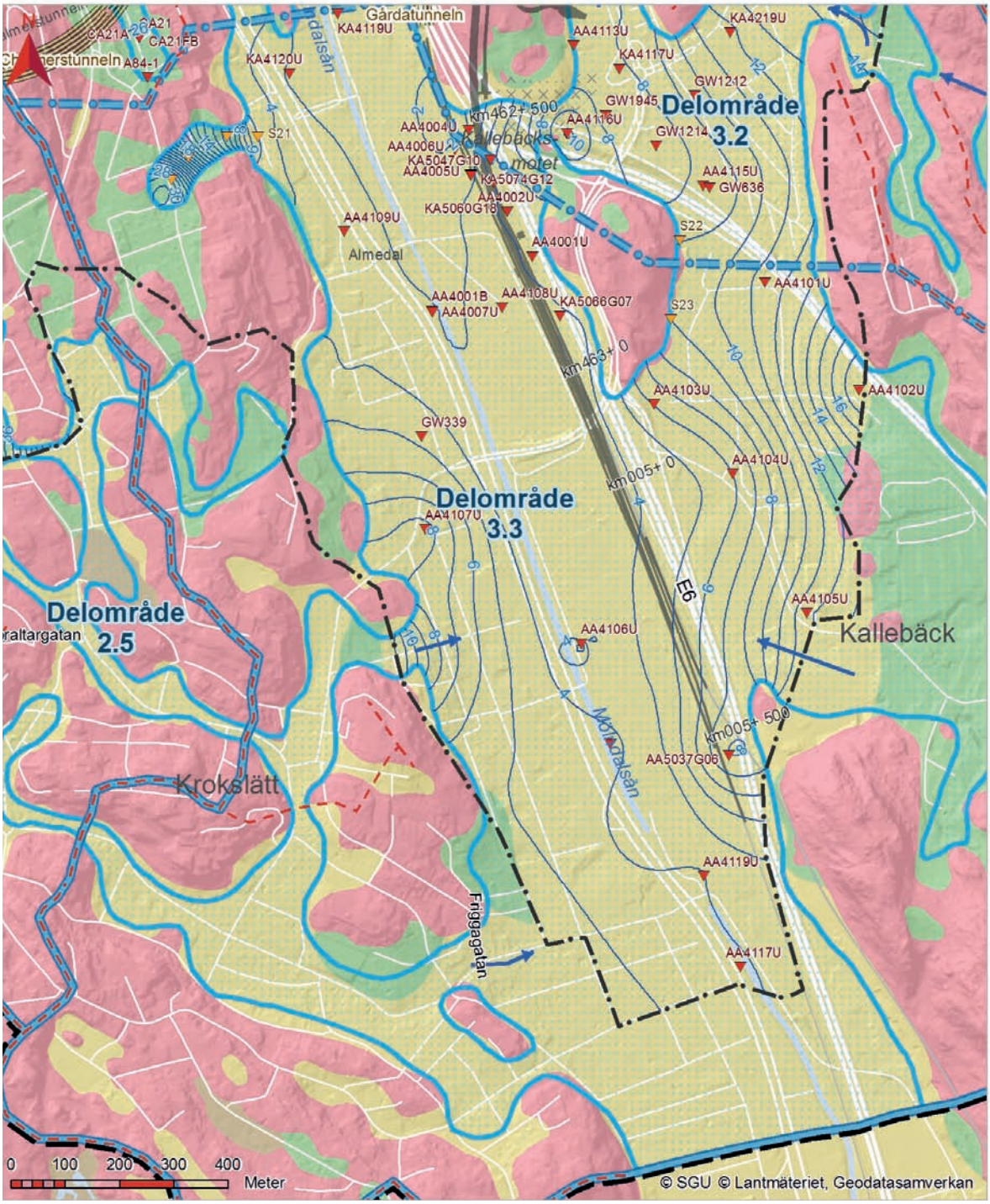
Jorddjupen uppgår som mest till 20-60 meter i dalsänkornas centrala delar och tunnas ut mot angränsande höga bergnivåer. Jordlagren karakteriseras av överst ett lager friktionsjord/fyllning (upp till 2-4 meter mäktigt), under vilket förekommer lerlager och underst friktionsjord på berg. Utvärderad kolvprovtagning i området visar att leran är sättningsbenägen vid grundvattensänkning (se kapitel 3.4 och [7]).

Grundvatten i jord

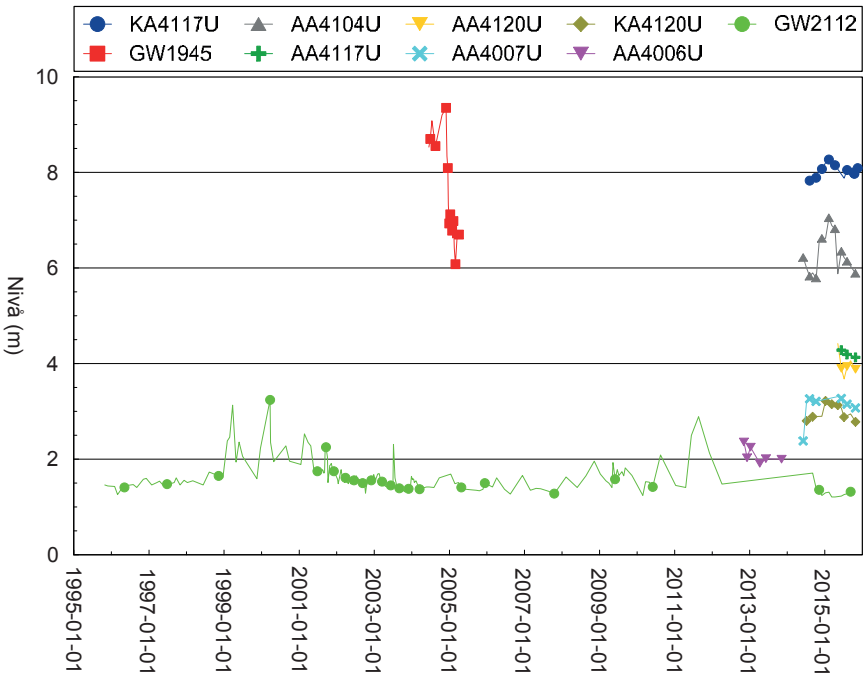
Tolkade grundvattennivåer illustreras för undre grundvattenmagasin i jord i figur 6.25. Tolkade nivåer ska ses som översiktliga. Grundvattennivåerna följer marknivåer i områdets dalsänkor, med undantag för högre nivåer längs med förekommande bergpartier samt lokalt lägre nivåer i anslutning till väg- och gatudräneringar. Artesiska trycknivåer förekommer lokalt inom Mölndalsåns dalgång och dess randområden.

Det finns endast ett fåtal grundvattenrör i övre magasin varför inga interpolerade nivåer visas.

I magasin 3:3a dominerar i undre friktionsjord-



Figur 6.25 *Grundvattenmagasin i jord, undre magasin. Tolkade grundvattennivåer och dominerande flödesriktning samt vattendelare och observationspunkter (röda trianglar). För kartlegend hänvisas till figur 3.13.*



Figur 6.26 *Uppmätta grundvattennivåer i undre magasin i jord inom magasin 3:3a och 3:3b inom delområde 3.3 Almedal.*

lager ett nordligt grundvattenflöde med förhållandevis låga nivåer och små gradienter. Direkt i anslutning till Kallebäcksmotets västra del ligger grundvattennivåer i undre magasin som som lägst cirka +2 (se graf i figur 6.26), sannolikt påverkade av dränerande väganläggningar. Ytterligare västerut i dalgångens centrala del stiger nivåerna svagt till till mellan +2 och +3, för att längre söderut i dalgången stiga något ytterligare till mellan +3 och +4.

I magasin 3:3b Kallebäck i sydöst är en förhållandevis brant jordfylld dalsänka längs Kallebäcks lide (upp mot Delsjöområdet). Grundvattennivåerna är starkt påverkade av de höga bergnivåerna i denna sänka vilket resulterar i branta grundvattengradienter; på en sträcka av 400-500 meter stiger grundvattennivån från cirka +3 till cirka +15, figur 6.25. Registrerade grundvattennivåer visas i graf i figur 6.26.

Vid en provpumpning som genomfördes i brunnarna AA4004H och AA4001B med totalt 1,5 l/s, konstaterades påverkan inom 600-1000 meter huvudsakligen i nord-sydlig riktning. Från testet utvärderas en vattenförande förmåga mellan 6 x 10^{-5} och 4 x 10^{-4} m^2/s för det undre friktionsjordlagret (se kapitel 3.7.2 och [5]).

Grundvatten i berg

Bergnivåmodellen (figur 6.23) visar två bergsänkor vilka åtskiljs av en centralt liggande bergrygg. Det antas att det centralt i dalgångarna förekommer svaghetszoner med förhöjd sprickighet och högre vattenförande förmåga jämfört med områdets bergplintar.

Utförda tektoniska tolkningar, huvudsakligen baserat på information från tektonisk analys, visar på förekomst av flera västligt stupande svaghetszoner [4].

Magasinens känslighet och riskobjekt

Grundvattenmagasinen bedöms lokalt vara något känsliga för grundvattenpåverkan, speciellt i magasinens nordliga delar där befintliga anläggningar påverkar grundvattenförhållandena. Ingen betydande skyddsinfiltration pågår i området. Utförda inventeringar och analyser visar att det inom området finns riskobjekt vilka är grundvattenberoende och känsliga för nivåförändringar. Grundvattenberoende riskobjekt i området är främst:

- Byggnader och anläggningar med grundvattenberoende grundläggning, främst trägrundläggning och grundläggning på lera.
- Naturvärden som huvudsakligen förekommer lokalt inom parker och alléer.

För detaljer om områdets riskobjekt hänvisas till kapitel 8.

7. Påverkan

7.1 Allmänt

Västlänken utgörs av anläggningsdelar som huvudsakligen byggs under grundvattennivån såsom tunnlar i berg och betongkonstruktioner i jord. Betongkonstruktioner byggs inom tät- och stödkonstruktioner i syfte att begränsa grundvattenpåverkan under anläggningsskedet, medan bergtunnlarna byggs efter att berget tätats med förinjektering. Efter anläggandet kan betongkonstruktioner anses som täta medan det i bergkonstruktioner fortlöpande kommer att tränga in grundvatten. Viss grundvattenpåverkan från betongkonstruktioner kan dock uppkomma genom att olika grundvattenmagasin får kontakt med varandra.

För att kunna analysera påverkan från Västlänken har ett flertal hydrauliska beräkningar utförts. Utgående från dessa beräkningar har för efter anläggningsskedet följande bedömningar gjorts:

- Inläckage av grundvatten
- Grundvattennivåsänkning inom influensområdet
- Influensområdets utbredning

De anläggningsdelar som ingår i Västlänken illustreras översiktligt i figur 7.1.

7.2 Inläckage av grundvatten till Västlänken efter anläggningsskede

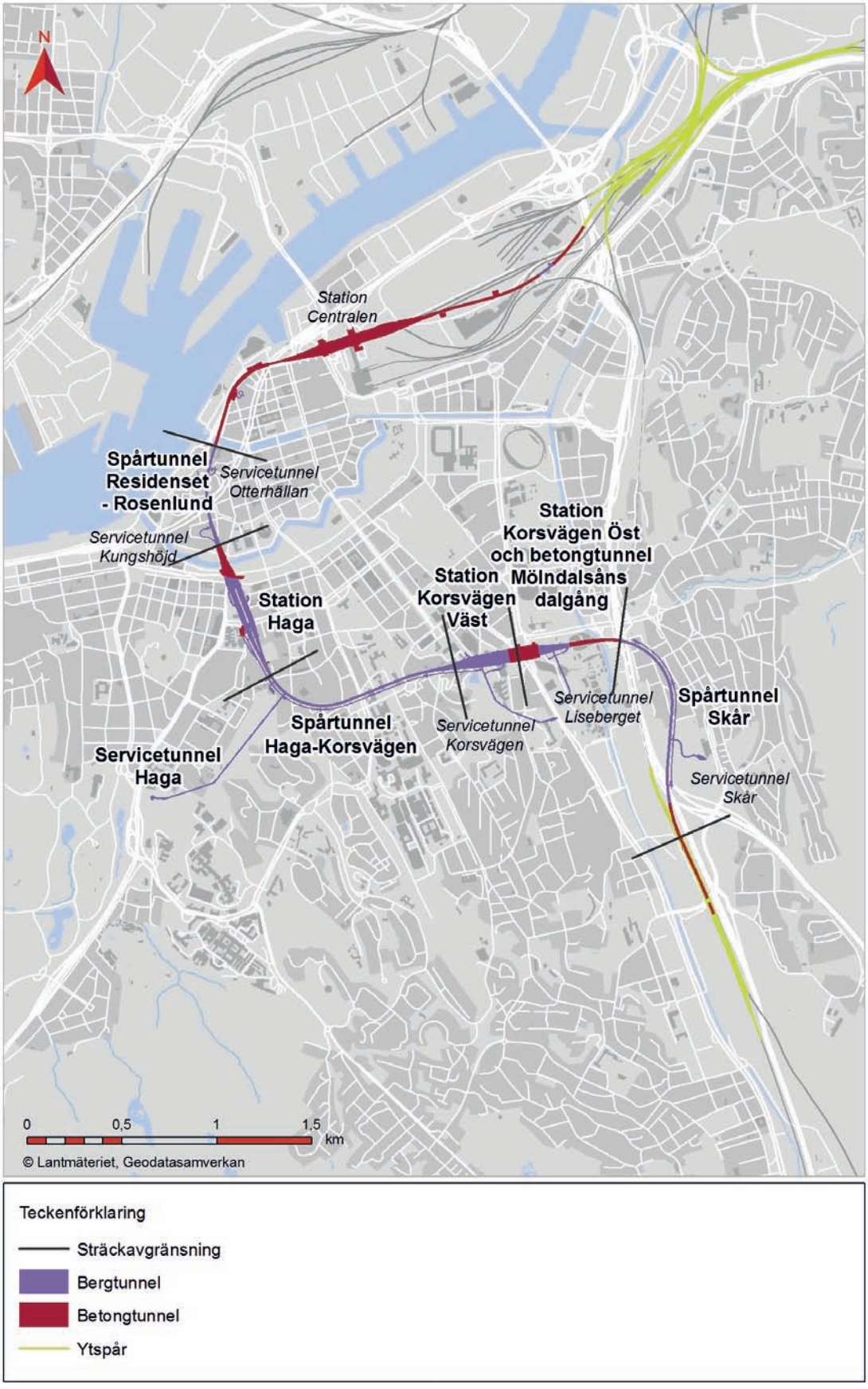
I detta kapitel redogörs för beräkningar och bedömningar av inläckage av grundvatten till Västlänken efter anläggningsskede. I anläggningen ingår bland annat spårtunnlar, stationer, servicetunnel som går parallellt med spårtunnlar, serviceschakt, servicetunnlar, tryckutjämningsschakt, brandgasventilationsschakt, teknikrum och uppgångar. Anläggningens olika delar beskrivs översiktligt i Teknisk Beskrivning.

En bärande princip är att redovisade inläckage ska vara konservativa för att inte underskatta den påverkan som uppkommer, det vill säga att den faktiska påverkan i någon mening skulle bli större än prognosticerad påverkan. Utförda beräkningar redovisas i underlagsdokument [9] PM Hydrogeologiska beräkningar.

Den mest tillämpade ansatsen är att med prediktiva modellberäkningar analysera Västlänkens platsspecifika påverkan på grundvattenmiljön. I vissa fall har det inte varit möjligt eller ens önskvärt att tillämpa platsspecifika modelluppställningar. I dessa fall har generella hydrauliska data använts för att studera grundvattenmagasinens hydrauliska dynamik, till exempel för att analysera vilka parametrar som styr de hydrauliska utfallen och hur hydrauliska gränser styr grundvattenpåverkan.

I föreliggande kapitel redovisas beräkningsresultat och bedömningar gällande inläckage av grundvatten till Västlänken efter anläggandet. Vid bedömning av inläckage har även praktiska erfarenheter från andra berganläggningar vägts in. Dataunderlag, antaganden och beräkningsmetoder har valts för att sammantaget ge konservativa resultat. För information om beräkningsmetoder och beräkningsförutsättningar hänvisas till kapitel 3.

Bedömt inläckage till Västlänken för efter anläggningsskede redovisas för ett antal delsträckor, tabell 7.1. Dessa sträckor har avgränsats utifrån hydrogeologiska förutsättningar och Västlänkens utformning. Möjligheterna att utföra robusta mätningar av inläckande vatten har beaktats vid val av dessa delsträckor.



Figur 7.1 *Illustration av planerade berg- och betongtunnlar samt anslutning till ytspår*

Tabell 7.1 Sammanställning av bedömt inläckage av grundvatten efter anläggningsskede inom angiven anläggningsdel (inkluderar parallell servicetunnel, tvärtunnlar, teknikutrymmen, teknikschakt etc) för sträckan 458+320 till 462+740 inklusive Servicetunnel Haga.

Geografisk position	Längdmätning	Längd	Efter anläggningsskede
		meter	Inläckage (l/min)
Residenset - Rosenlund	458+320 - 458+860	540	80
Station Haga	458+860 – 459+600	740	155
Spårtunnel Station Haga till Station Korsvägen	459+600 – 460+660	1 060	90
Station Korsvägen Väst	460+660 – 461+000	340	100
Station Korsvägen Öst och betongtunnel Mölndalsåns dalgång	461+000 – 461+550	550	105
Spårtunnel Skår	461+550 - 462+740	1190	110
Servicetunnel Haga		920	75
	Totalt	5 340	715

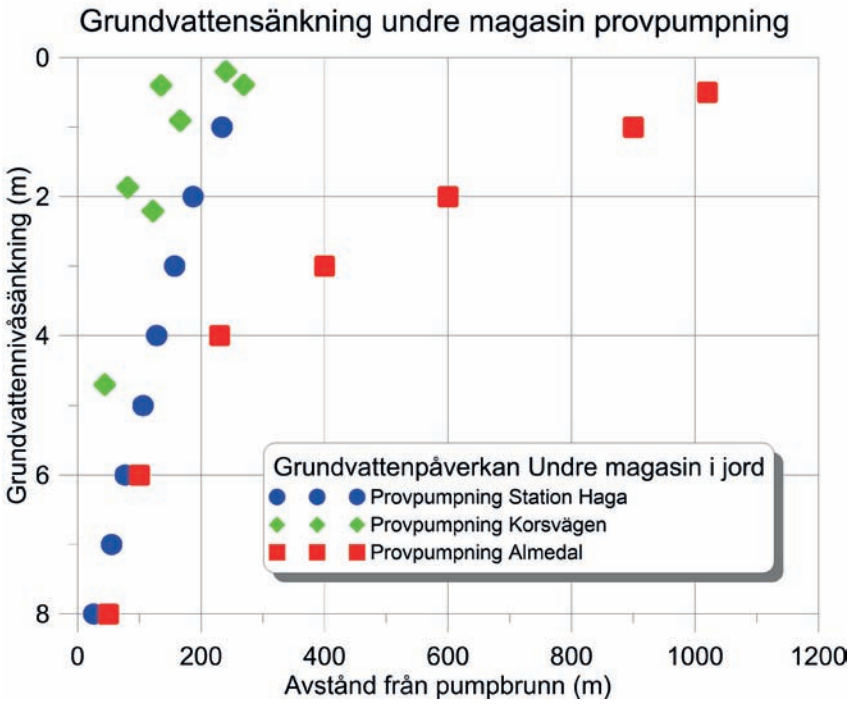
7.3 Grundvattennivåsänkning längs Västlänken

Prognoser av grundvattennivåpåverkan redovisas för grundvattenmagasin i jord och i berg.

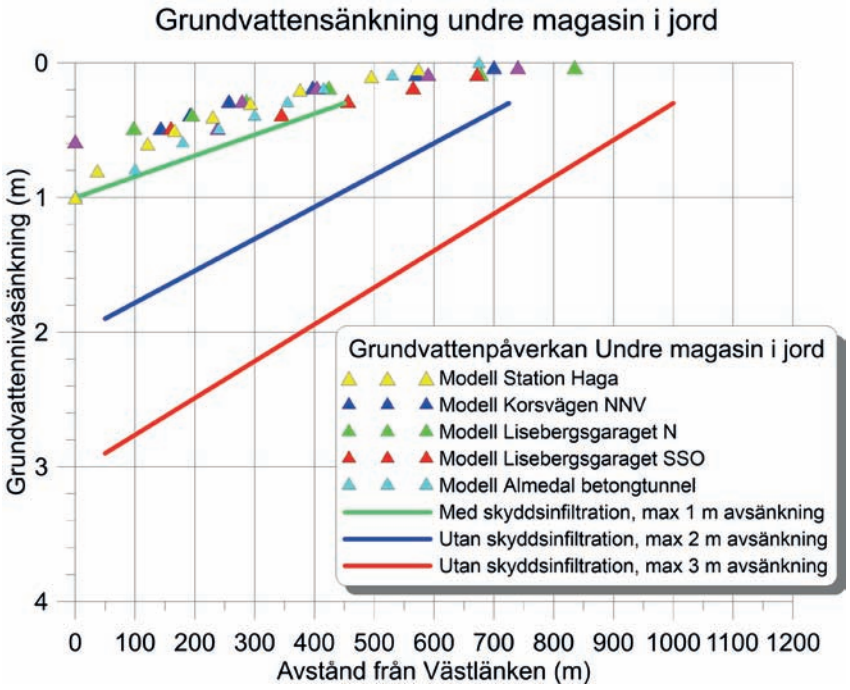
7.3.1 Grundvattennivåsänkningar i jord

Grundvattennivåsänkningar för undre magasin i jord har bedömts/beräknats både med respektive utan skyddsinfiltration:

- Bedömning av grundvattennivåsänkning utan skyddsinfiltration baseras på erfarenheter från liknande projekt samt med utgångspunkt från områdets hydrogeologiska förhållanden. Som stöd för denna redovisning har använts resultat från provpumpningar längs Västlänken.
- Bedömning av grundvattennivåsänkning med skyddsinfiltration baseras på grundvattenmodelleringar där (hypotetiska) grundvattennivåer i anslutning till anläggningen antas som beräkningsförutsättningar. Dessa nivåer antas vara stabila över tid och uppnås genom tekniska lösningar och vid behov skyddsinfiltration.



Figur 7.2 Graf över grundvattenpåverkan vid provpumpningar i Station Haga, Station Korsvägen och Almedal [4].



Figur 7.3 *Illustration av grundvattensänkning i undre magasin i jord ut från Västlänken, baserat på numerisk modellering samt bedömd påverkan med och utan stödinfiltration.*

I figur 7.2 sammanfattas grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord från utförda provpumpningar. Dessa pumpningar utfördes med förhållandevis stora flöden och stora avsänkningar vid brunnarna, där den största konstaterade påverkan erhölls vid provpumpning i Almedal. Övriga två pumpningar resulterade i stora avsänkningar men begränsad utbredning.

Grundvattennivåpåverkan har även studerats genom numerisk modellering vid Station Haga, Station Korsvägen och vid betongtunnel- och tråg vid Almedal. Vid dessa modelleringar, som antas representera en situation då tekniska lösningar säkerställer en mycket begränsad påverkan, har en största grundvattensänkning (direkt i anslutning till anläggningen) antagits till 0,6-1,0 meter. Beräkningsresultat redovisas i figur 7.3. Den gröna linjen i figuren antas representera maximal grundvattennivåpåverkan i omgivningen då avsänkningen närmast anläggningen uppgår till 1 meter. Genom skyddsinfiltration i omgivningen kan grundvattennivån höjas så att skadlig grundvattensänkning undviks.

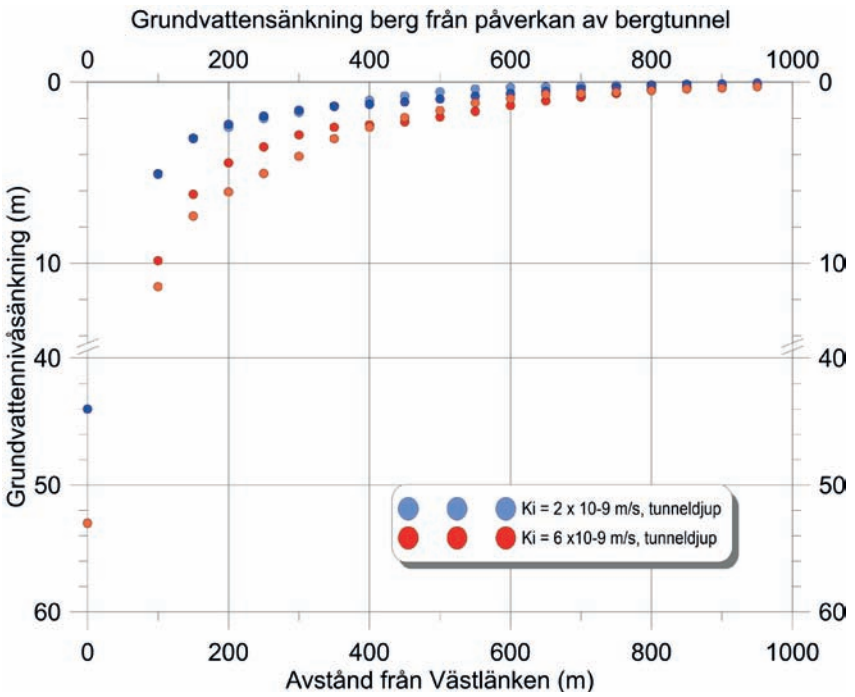
Blå och röd linje visar bedömd påverkan om eftersträvad täthet inte får full effektivitet. Den röda linjen kan tolkas som ”worst case” och skulle kunna uppkomma under kortare tid tills förbättringsåtgärder har fått avsedd verkan.

7.3.2 Grundvattennivåsänkningar i berg

De största grundvattennivåsänkningarna i berg uppkommer i anslutning till tunneln (på tunnelnivå). Ut från tunneln i samtliga riktningar (radiellt) minskar nivåsänkningen; nedåt reduceras sänkningen till följd av bergets ofta minskande vattenförande förmåga på djupet och uppåt genom tillflöde av grundvatten vid ökad grundvattenbildning i berg och jord.

Avsänkning inom influensområdet sker i olika omfattning beroende på de geologiska materialens hydrauliska egenskaper och områdets grundvattentillgångar. Avsänkningen påverkas även av befintliga dränerande anläggningar. Generellt, men inte utan undantag, blir avsänkningen större nära tunnelanläggningen och mindre med ökat avstånd från tunneln. Längs zoner i berg uppkommer till följd av högre vattenförande förmåga både större och mindre grundvattensänkningar jämfört med i bergpartier utanför zoner (homogent berg).

För att studera grundvattennivåsänkning i berg har en modellering (tvärsnittsmodell Gibraltargatan) gjorts där tunnelns täthet valts till 2 x 10^{-9} m/s alternativt 6 x 10^{-9} m/s (Ki). Ingen skyddsinfiltration har utförts, dock har ökad grundvattenbildning vid avsänkta nivåer beaktats. Beräkningsresultat för grundvattennivåsänkning i berg



Figur 7.4 *Schematisk visualisering av grundvattennivåsänkning i berg på tunneldjup i berg (55 meter) för två olika tunneltätningar; 2 x 10^{-9} m/s alternativt 6 x 10^{-9} m/s [9]. Observera att y-axeln klippts för att få bättre upplösning för små avsänkningsbelopp.*

på tunneldjup visas i figur 7.4.

Av figur 7.4 framgår att grundvattensänkning i berg (på tunneldjup) kan förväntas vara mindre än 1 meter på ett avstånd överstigande 400-500 meter vid en tunneltätning på 2 x 10^{-9} m/s, medan motsvarande avstånd uppgår till 600-700 meter vid en tunneltätning på 6 x 10^{-9} m/s. Vidare kan man se att avsänkningen (i berg på tunnelnivå) inom 100 meter teoretiskt överstiger 5-12 meter beroende på tunneltätning.

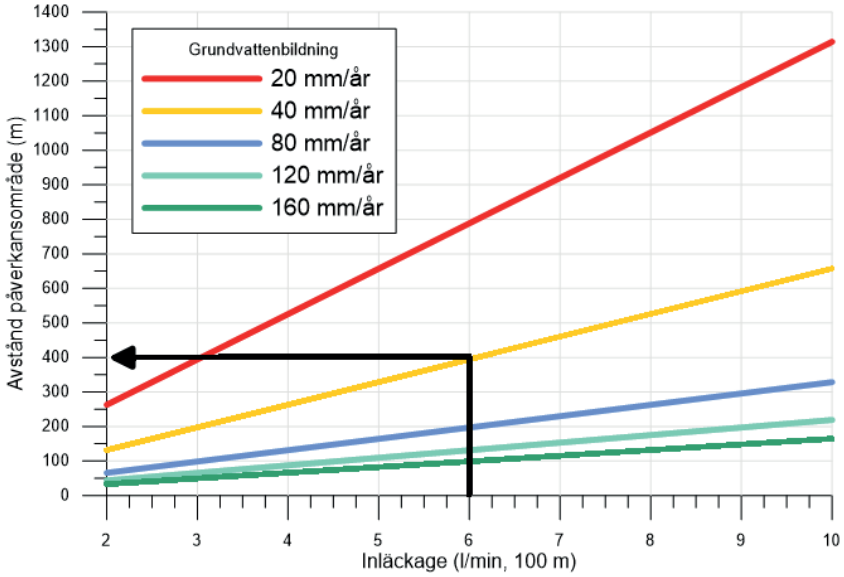
7.4 Influensområde

Influensområdet definieras som det område utanför vilket någon grundvattennivåpåverkan inte förväntas. Området är väl tilltaget (konservativt) och vid bedömning av områdets utbredning har hänsyn tagits till planerade skyddsåtgärder såsom tätning av anläggningen, dock inte skyddsinfiltration i anläggningens omgivning.

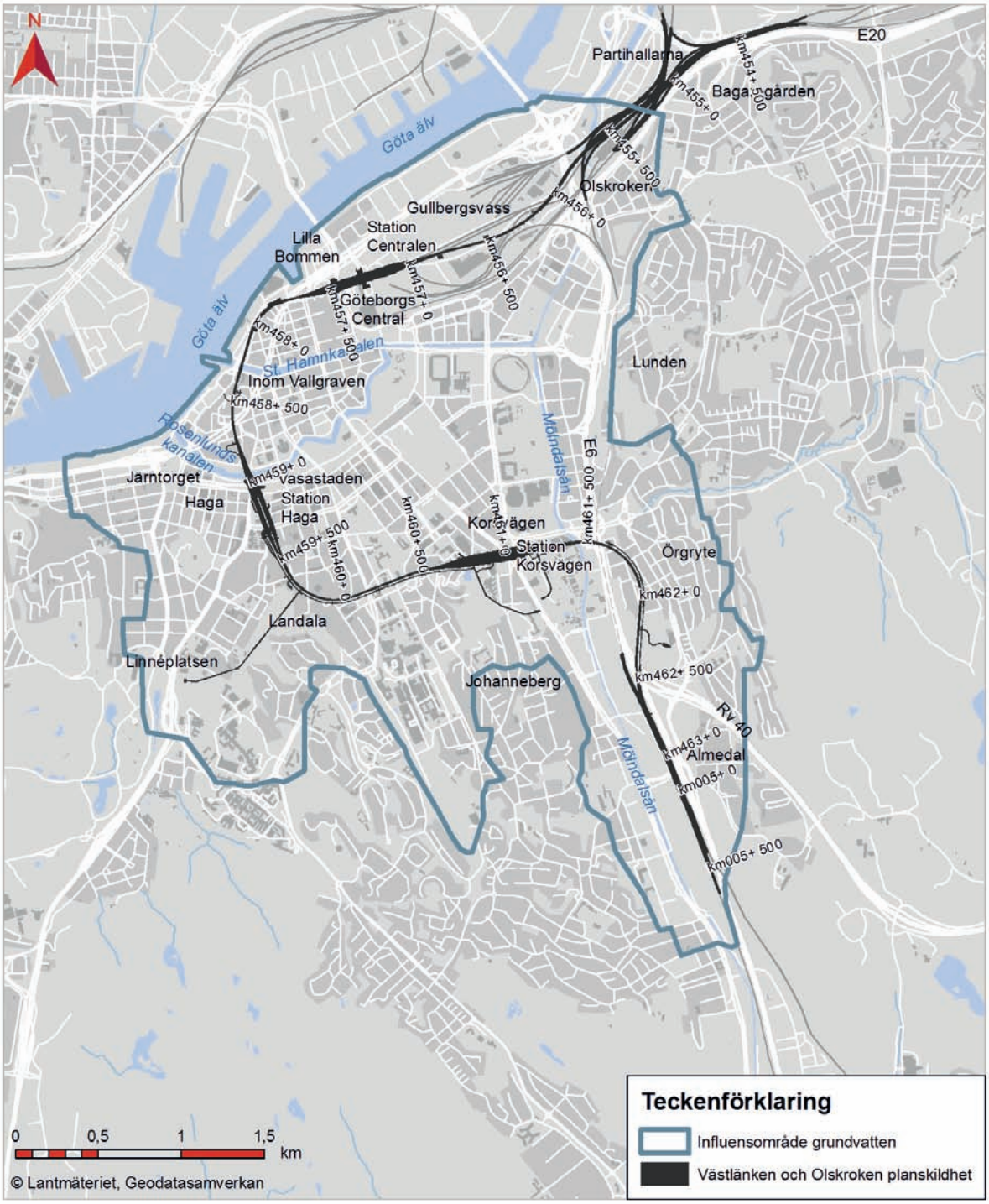
Vid utförda beräkningar har den yttre gränsen för influensområdet definierats av en grundvattensänkning på 0,3 meter i jord respektive 1,0 meter i berg (beroende på vilket som ger störst utbredning). Baserat på erfarenheter från ett flertal tunnelbyggnadsprojekt är det rimligt att anta att denna definition av influensområde med marginal klarar att innehålla all mätbar faktisk påverkan.

Bedömning av influensområdets utbredning kan även göras genom att studera vattenbalansen längs tunnelanläggningen (se kapitel 2.8.2). Det teoretiska angreppsättet bygger på att influensområdet motsvarar den area som krävs för att balansera inläckaget till anläggningen. Vid bedömning av influensområdets utbredning för Västlänken har utgåtts från ett inläckage på 6-10 l/min, 100 meter och en grundvattenbildning på 50-150 mm/år. Utifrån vattenbalanskalkyl ligger influensområdets yttre gräns mellan 100 och 600 meter ut från tunneln beroende av faktisk inläckage och grundvattenbildning.

Influensområdets utbredning längs hela tunnelanläggningen har konservativt bedömts till 400-1000 meter från tunnellinjen. Influensområdets utbredning visas i figur 7.6.



Figur 7.5 *Influensområde i berg baserat på balans mellan inläckage (bortledning av vatten) och grundvattenbildning till berg. Markerat är influensområdets utsträckning vid 6 l/min, 100 meter vid 40 mm/år grundvattenbildning. I figuren exemplifieras att influensområdet sträcker sig 400 m ut från Västlänken vid ett inläckage på 6 l/min, 100 meter vid en grundvattenbildning på 40 mm/år.*



Figur 7.6 *Influensområdets utbredning*

8. Effekter

8.1 Allmänt

Inom Västlänkens utredningsområde har grundvattenberoende objekt inventerats. Inventerade objekt redovisas i separata handlingar (enligt referenser i nedanstående punktlista).

I detta kapitel redovisas känsliga objekt inom influensområdet vilka skulle kunna skadas vid sänkta grundvattennivåer eller annan grundvattenpåverkan. Skyddsåtgärder, huvudsakligen tätningsåtgärder, skyddsinfiltration samt bevattning, kommer att vidtas vid behov inom Västlänken för att undvika skador (se vidare TB, kapitel 9 i PM Hydrogeologi samt i Kontrollprogram Grundvatten). För detaljer om varje enskilt grundvattenberoende riskobjekt hänvisas till nedan redovisade handlingar och MKB.

Inom tunnelanläggningens influensområde förekommer följande kategorier av grundvattenberoende riskobjekt:

- Grundvattenberoende grundläggning; byggnader och anläggningar som är grundlagda på sättningsbenägen mark samt trägrundläggning som är beroende av att ligga under grundvattenyta. Sänkta grundvattennivåer kan orsaka skador på grundläggning [1].
- Grundvattenberoende energianläggningar och borrhål; energibrunnar i berg där energiutbyte bygger på att bergets värme/kyla överförs via vatten i brunnar till kollektorslangar. Sänkt vattenyta minskar möjligt energiutbyte, samt för borrhål reduceras möjlig uttagskapacitet av vatten [2].
- Grundvattenberoende naturvärden; kulturmiljöer, terrestra naturvärden och rekreativa miljöer. Exempel är skyddsvärda träd, biotoper och parkmiljöer. Förändrad grundvattennivå, minskat växttillgängligt vatten eller ändrad strömningsriktning kan ge upphov till skador på kort och lång sikt.
- Förorenade områden; verksamheter som hanterar eller har hanterat bland annat kemikalier och skadliga produkter som kan ha bidragit till förekomst av föroreningar, vilka riskerar att mobiliseras samt spridas till följd av grundvattenpåverkan inklusive ändrade vattenkemiska och vattenfysikaliska förhållanden [3].
- Grundvattenberoende fornlämningar; fornlämningar med höga kulturhistoriska värden som är värdebärande för riksintresset för kulturmiljövård. Inom influensområdet förekommer befästningsverk och stadslager i mark.

I följande kapitel redovisas en bedömning av vilka grundvattenberoende riskobjekt som förekommer inom influensområdet.

8.2 Grundvattenberoende grundläggning

Inom influensområdet förekommer jordlager där grundvattensänkning kan ge upphov till konsolideringssättningar i lera till följd av sänkta portryck. Vid gjorda analyser har antagits att sättningar primärt uppstår till följd av grundvattensänkning i undre magasin i jord. Förekomst av sättningsbenägna lerlager inom influensområdet har analyserats genom att i hydromodellen sammanställa och tolka data från olika typer av sonderingar. Lerans sättningsegenskaper har undersökts genom analys av borrningar samt laboratorieförsök [7].

Inom influensområdet förekommer även ett stort antal äldre byggnader som har trägrundläggning och som därför är känsliga för grundvattennivåsänkningar i övre magasin i jord. Dessa byggnader bedöms vara känsliga för påverkan i både övre och undre grundvattenmagasin.

Ett stort antal byggnader med grundvattenberoende grundläggning finns inom influensområdet. För detaljer när det gäller grundläggning hänvisas till underlagsdokument [1]. Vissa byggnader inom influensområdet har konstaterats vara fast grundlagda och därmed inte grundvattenberoende. Grundläggningar har inventerats och klassificerats enligt de kategorier som visas nedan. Inventering av konstbyggnader och andra anläggningar har gjorts genom eftersökningar i BatMan, Trafikverkets IDA och andra databaser.

Dessa anläggningar redovisas i [1].

Grundläggning har delats in i följande tre kategorier:

1. Grundläggning ej grundvattenberoende; omfattar exempelvis byggnader på berg/fast botten samt byggnader med spetsbärande betong- eller stålpålar.
2. Grundvattenberoende grundläggning undre magasin; omfattar exempelvis byggnader grundlagda med platta/murar/plintar på lera samt med kohesionspålar.
3. Grundvattenberoende grundläggning övre och undre magasin; omfattar exempelvis byggnader enligt punkt 2) samt byggnader med trägrundläggning.

I de grundläggningskartor som visas i detta kapitel förekommer även byggnader med okänd grundläggning, med vilket avses grundläggning som inte har stått att finna, alternativt grundläggning som ännu inte inventerats (saknas uppgifter). Byggnader och anläggningar med okänd grundläggning har i detta utredningsskede klassats som grundvattenberoende. Målsättningen är att med kompletterande inventering i största möjliga utsträckning begränsa antalet byggnader och anläggningar med okänd eller oklar grundläggning. Ändringar i grundläggning, till exempel grundförstärkning, medför att grundläggningsförhållanden fortlöpande uppdateras. Vissa typer av grundförstärkning betraktas i detta utredningsskede som eventuell grundvattenberoende.

I tabell 8.1 redovisas inventerade grundläggningstyper samt klassning beroende på känslighet med avseende på grundvattenmagasin (övre respektive undre magasin i jord). Av tabell 8.1 framgår vilka färgkoder som använts för de tre kategorierna;

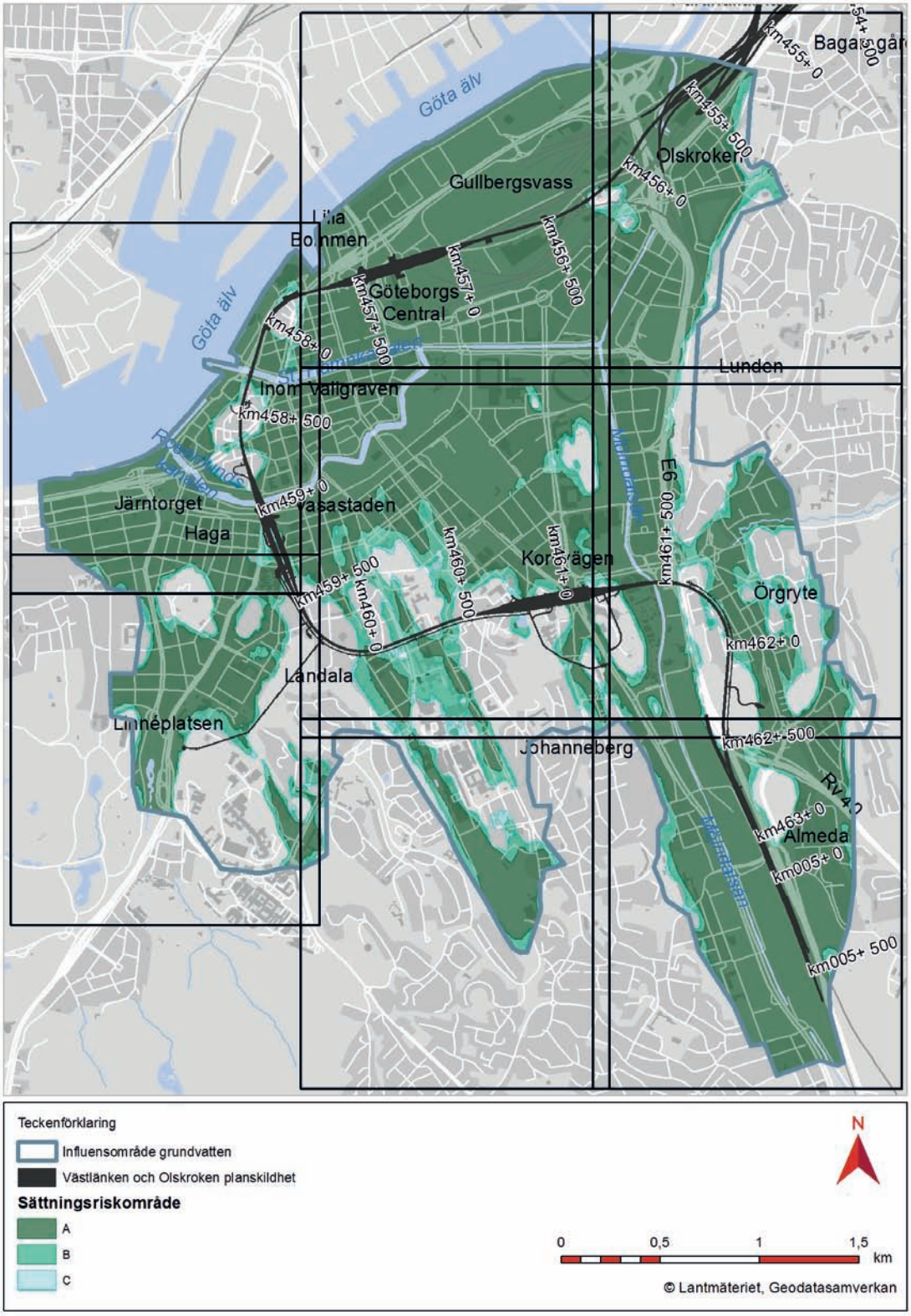
- GRÖN: Grundläggning ej känslig för grundvattennivåsänkning.
- ORANGE: Grundläggning känslig för grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord.
- RÖD: Grundläggning känslig för grundvattennivåsänkning i både övre och undre grundvattenmagasin i jord.

Marksättningar till följd av grundvattensänkning utbildas inte omedelbart i lera utan är en process som tar olika lång tid beroende på portrycksutjämningens förlopp (konsolidering). Om det förekommer dränerande lager i leran går konsolideringsförloppen generellt fortare än i områden med mäktiga homogena leror. De tidsbundna sättningsförloppen har studerats genom geotekniska beräkningar [7].

Utöver att leran konsolideras vid portrycksminskning kan deformation ske under konstant last även efter det att full portrycksutjämning har skett (krypning). Denna process, liksom påverkan från byggnaders laster, pågående sättningar med

Tabell 8.1 *Sättningskänslighet baserat på grundläggning [1]*

Grundläggning	Sättningskänslig pga grundvattenavsänkning i övre magasin	Sättningskänslig pga grundvattenavsänkning i undre magasin
Murar och/eller plintar till fast botten	Nej	Nej
Murar och/eller plintar på berg	Nej	Nej
Träpålar med/utan rustbädd	Ja	Ja
Murar och/eller plintar på lera	Nej	Ja
Murar och/eller plintar med rustbädd på lera	Ja	Ja
Rustbädd	Ja	Ja
Platta på mark	Nej	Ja
Kohesions/friktionspålar av betong och/eller stål eller betongpåle med underpåle av trä	Nej	Ja
Spetsbärande pålar av betong och/eller stål	Nej	Nej
Grundförstärkning med stål- eller betongpålar	Nej	Nej
Grundförstärkning genom pågjutning med betong på träpålar	Nej	Ja
Grundförstärkning annan	Eventuellt	Eventuellt
Saknas uppgifter	Ja	Ja



Figur 8.1 *Riskområden för sättningsbenägen lera inom influensområdet. För detaljer hänvisas till de detaljerade kartutsnitten, vilka redovisas i figur 8.2 till figur 8.9. Sättningsriskområde A till C visar förekomst av sättningsbenägen lera, där område A är den mest sannolika, medan B och C har större marginaler och därför större utbredning än A. Sannolikheten att det förekommer sättningsbenägen lera utanför område C bedöms som mycket låg.*

mera, studeras vid platsspecifika geotekniska beräkningar. Pågående sättningar är i de flesta fall orsakade av belastningsökningar från utfyllnad, äldre bebyggelse samt av grundvattenpåverkan.

En översiktlig sammanställning av beräknade sättningsförlopp för olika tider och lermäktigheter samt antagna (hypotetiska) grundvattensänkningar redovisas i kapitel 3.4.

Sammanfattningsvis konstateras för de flesta beräkningspunkterna att leran är påtagligt sättningsbenägen för grundvattensänkning vid underkant lera på cirka 2 meter och mer, medan lerans sättningsbenägenhet till följd av grundvattenpåverkan mindre än cirka 2 meter är liten - måttlig. Beaktas även krypsättningar och pågående sättningar, berörs fler beräkningspunkter och beräknade sättningsbelopp blir större. Beräkningar visar att marksättningar generellt uppkommer där det finns stora lermäktigheter och där grundvattennivån i det undre magasinet ligger nära markytan.

I figur 8.1 och efterföljande detaljerade figurer 8.2 till 8.9, redovisas modellberäknad utbredning av sättningsbenägen lera. Redovisade sättningsriskområden (område A till C) anger med vilken säkerhet lera förekommer under grundvattenytan, där A representerar område som visar den mest troliga utbredningen av >1 meter sättningsbenägen lera. B och C representerar områden som konservativt tar hänsyn till osäkerheter i jordlagrens geologiska uppbyggnad samt till lokala karakteristiska grundvattennivåer. Område C sträcker sig längst ut och är således mer konservativt än B och A. Utanför markerat område (C) är sannolikheten för att det förekommer sättningsbenägen lera >1 meter mycket låg.

I följande kapitel 8.2.1 till 8.2.8 redovisas tolkad utbredning av sättningsbenägen lera samt byggnaders grundläggning (enligt den färgkodning som visas i tabell 8.1). Vidare redovisas bedömda sättningsbelopp i lera med och utan skyddsinfiltration samt områden där permanent skyddsinfiltration kan bli aktuell. Med skyddsinfiltration avses den infiltration som syftar till att undvika skadlig grundvattensänkning i Västlänkens omgivningar. I direkt anslutning till olika anläggningsdelar kan det bli aktuellt att utföra infiltration om tätkonstruktioner tillfälligt eller permanent inte har erforderlig täthet.

8.2.1 Effekter

Grundvattennivåsänkning i undre och övre magasin kan ge oönskade effekter som på sikt utgör risker för byggnaders och anläggningars grundläggning. Något förenklat kan påverkan i undre magasin antas kunna ge marksättningar medan påverkan i övre magasin kan orsaka förhöjda syrehalter och röta i trägrundläggning. För detaljer avseende byggnaders och anläggningars grundläggning hänvisas till kartor i figur 8.2 till 8.9 samt till underlagsdokument [1].

Den grundvattennivåpåverkan (hypotetisk) som redovisas i kapitel 8.2 till 8.9 utgör beräkningsförutsättningar för bedömning av marksättningar. Grundvattennivåpåverkan och marksättningar redovisas för scenarion med respektive utan skyddsinfiltration för anläggningsskede och därefter.

8.2.2 Olskroken

Västlänken berör, i området, sträckan mellan gränsen till Projekt Olskroken planskildhet och Gullberg, figur 8.2.

I nordöstra delen av influensområdet vid Olskroken och norra Gårda finns sättningsbenägen lera inom betydande arealer (figur 8.2), undantaget inom enstaka förekommande höga bergnivåer (exempelvis Gullberg). Grundvattenberoende byggnader finns inom stora delar av området. Bebyggelsen består i huvudsak av flerfamiljshus och kontorshus, varav ett flertal har trägrundläggning. Ledningar i mark, trafikleder, gator och järnvägsanläggningar förekommer i området.

Byggnader med grundvattenberoende grundläggning i både övre och undre magasin (röd färg) förekommer huvudsakligen vid Gubberoparken, norra Gårda och inom järnvägsområdet eller i anslutning till detsamma. Resterande byggnader bedöms kunna vara känsliga för grundvattensänkning i undre magasin (orange färg). Endast ett fåtal byggnader bedöms vara grundvattenoberoende (grön färg). Ett fåtal byggnader har oklar grundläggning.

Den huvudsakliga grundvattenpåverkan i det område som visas i figur 8.2 bedöms uppkomma i anslutning till Gullberg i samband med anläggande av bergtunnel genom Gullberg samt betongtunnel- och tråg öster om berget (för detaljer hänvisas till TB). Anläggande av bergtunnel och förskärning i öster tar ca ett år och byggande av betongkonstruktioner två år.

Figur 8.2 *Sättningsbenägen mark samt grundläggning av byggnader vid Olskroken. Inom rastrerat (blått) område kan permanent skyddsinfiltration bli aktuell.*

Bedömd grundvattenpåverkan i anslutning till Gullberg redovisas i tabell 8.2. Redovisade marksättningar kan jämföras med pågående sättningar i området vilka bedöms till cirka 12 mm/år [7].

Tabell 8.2 *Bedömd (hypotetisk) grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord samt marksättningar*

Olskroken (undre magasin i jord)

	Anläggningsskede (3 år)		Efter anläggningsskede	
	Utan infiltration	Med infiltration	Utan infiltration	Med infiltration
Grundvatten-nivåpåverkan	1-2 m	<1m	<0,5 m	0 m
Marksättningar	1-2 cm	<1 cm	<1 cm	0 cm

Pågående marksättning: 12 mm/år

Grundvattennivåpåverkan i övre magasin bedöms för anläggningsskedet som mest sträcka sig cirka 200 meter ut från anläggningen. Avsänkningen i övre magasin bedöms kunna uppgå till 1-2 meter närmast Västlänken och avta på större avstånd. Riskobjekt med trägrundläggning bör skyddas mot skadlig grundvattenpåverkan exempelvis genom skyddsinfiltration.

Efter anläggandet görs bedömningen att ingen skadlig grundvattennivåpåverkan uppkommer, i figur 8.2 redovisas dock ett begränsat område inom vilket permanent skyddsinfiltration kan bli aktuell.

8.2.3 Gullbergsvass - Nordstaden

Västlänken berör området mellan Gullberg (Skansen Lejonet) och Västra Nordstaden och domineras av Station Centralen, figur 8.3.

I Gullbergsvass och i området Nordstaden - Stampen finns sättningsbenägen lera inom betydande arealer (figur 8.3), undantaget inom och i anslutning till enstaka förekommande höga bergnivåer. Grundvattenberoende grundläggning finns inom stora delar av området med ungefär jämn fördelning mellan objekt känsliga för grundvattenpåverkan i både övre och undre magasin (röd färg) respektive endast i undre magasin (orange färg). Bebyggelsen består i huvudsak av affärs- och kontorshus, varav ett flertal har trägrundläggning. Ett fåtal byggnader har oklar grundläggning. Ledningar i mark, trafikleder, gator och järnvägsanläggningar förekommer i området.

På större delen av sträckan mellan Gullberg och Östra Nordstaden byggs Västlänken i ett område med mäktiga jordlager där endast övre grundvattenmagasin bedöms kunna påverkas. Påverkan i övre magasin kan uppkomma lokalt i samband med anläggande av bergtunnel genom Gullberg samt anslutande betongtunnel väster om berget. Övre magasin kan även påverkas lokalt i samband med schakt för Station Centralen samt uppgångar.

Den huvudsakliga påverkan i undre grundvattenmagasin i det område som visas i figur 8.3 bedöms uppkomma närmast väster om Gullberg samt vid Västra Nordstaden och Kvarnberget. Västlänken byggs som betongtunnel över Götatunneln och därefter som betongtunnel i schakt på västra sidan av Kvarnberget (för detaljer hänvisas till TB). Tidsåtgången för arbetet med tråg och betongtunnel mellan Gullberg och Station Centralen uppgår till 3-4 år samt för Station Centralen 7-9 år.

Bedömd grundvattenpåverkan i anslutning till Gullberg och Västra och Östra Nordstaden redovisas i tabell 8.3. Redovisade marksättningar kan jämföras med pågående sättningar i området vilka bedöms till cirka 1-6 mm/år [7].

Tabell 8.3 *Bedömd (hypotetisk) grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord samt marksättningar*

Gullbergsvass (undre magasin i jord)

	Anläggningsskede (7-9 år)		Efter anläggningsskede	
	Utan infiltration	Med infiltration	Utan infiltration	Med infiltration
Grundvatten-nivåpåverkan (Gullberg)	2-3 m	1 m	<0,5 m	0 m
Grundvatten-nivåpåverkan (Västra/Östra Nordstaden)	1-3 m	1 m	<1 m	<0,5 m
Marksättningar	2-3 cm	1 cm	1 cm	<1 cm

Pågående marksättning: 1-6 mm/år

Grundvattennivåpåverkan i övre magasin bedöms för anläggningsskedet som mest sträcka sig 200-300 meter ut från anläggningen. Avsänkningen i övre magasin bedöms kunna uppgå lokalt till 2-3 meter närmast Västlänken och avta på större avstånd. I anslutning till Västlänken förekommer

Figur 8.3 *Sättningsbenägen mark samt grundläggning av byggnader vid Gullbergsvass, Nordstaden och Stampen. Inom rastrerat område (blått) kan permanent skyddsinfiltration bli aktuell.*

flera byggnader med grundvattenberoende grundläggning där grundvattennivån i övre magasin inte bör avsänkas, vilket kan åstadkommas med i huvudsak skyddsinfiltration i undre magasin.

Bedömningen görs att det efter anläggandet kan kvarstå grundvattennivåpåverkan inom och i anslutning till Östra och Västra Nordstaden. Uppkommer skadliga nivåer bör de motverkas med skyddsinfiltration. I figur 8.3 redovisas område inom vilket permanent skyddsinfiltration kan bli aktuell. Utöver byggnader med trägrundläggning har köpcentret Nordstan en grundläggning som kan vara beroende av skyddsinfiltration för att säkerställa en lägsta grundvattennivå i övre magasin.

8.2.4 Kvarnberget – Haga

Västlänken berör bergpartierna Kvarnberget, Otterhällan och Kungshöjd samt inkluderar området vid Station Haga, figur 8.4.

I området Otterhällan - Haga finns sättningsbenägen lera inom betydande arealer, undantaget områden med höga bergnivåer, figur 8.4. Ett stort antal dränerande anläggningar förekommer i området vilka påverkar områdets grundvattennivåer. Genom skyddsinfiltration kan denna påverkan begränsas.

Grundvattenberoende byggnader finns inom stora delar av området, med övervikt på objekt känsliga för grundvattenpåverkan i både övre och undre magasin (röd färg) och ett fåtal byggnader som endast är känsliga för påverkan i undre magasin (orange färg). Ett flertal byggnader i området är grundförstärkta och bedöms inte vara grundvattenberoende. Bebyggelsen utgörs av affärs- och kontorshus samt flerfamiljshus varav ett stort flertal har trägrundläggning. Ett fåtal byggnader har oklar grundläggning. Ledningar i mark, trafikleder, gator och spårvägssanläggningar förekommer i området.

På sträckan mellan Station Centralen och Stora Hamnkanalen byggs Västlänken i betongtunnel i berg- och jordschakt samt på sträckan vidare söderut mot Station Haga i bergtunnel (för detaljer hänvisas till Teknisk beskrivning). Station Haga byggs som betongtunnel vid passage av Rosenlundskanalen/Nya Allén och som bergtunnel under Hagaparken.

För delen Kvarnberget - Haga antas avsänkningar i jord i första hand uppkomma i anslutning till jordschakt samt i anslutning till områden med stora och komplicerade bergarbeten som exempelvis vid passagen av Götatunneln (figur 8.4). Redovisade marksättningar kan jämföras med pågående sättningar i området vilka bedöms till cirka 1-6 mm/år [7].

Grundvattennivåpåverkan och marksättningar på delsträckan mellan Nordstaden och Stora Hamnkanalen redovisas i tabell 8.4. Planerade anläggningsarbeten beräknas pågå under 3-5 år. Områden som särskilt kan nämnas när det gäller risken för marksättning är Västra Nordstaden, Packhusplatsen och längs Stora Hamnkanalen samt leromården i anslutning till Kvarnberget.

Tabell 8.4 *Bedömd (hypotetisk) grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord samt marksättningar*

Nordstaden / Kvarnberget (undre magasin i jord)

	Anläggningsskede (3-5 år)		Efter anläggningsskede	
	Utan infiltration	Med infiltration	Utan infiltration	Med infiltration
Grundvatten-nivåpåverkan	1-3 m	1-2 m	1 m	<0,5 m
Marksättningar	1-8 cm	1 cm	1 cm	<1 cm

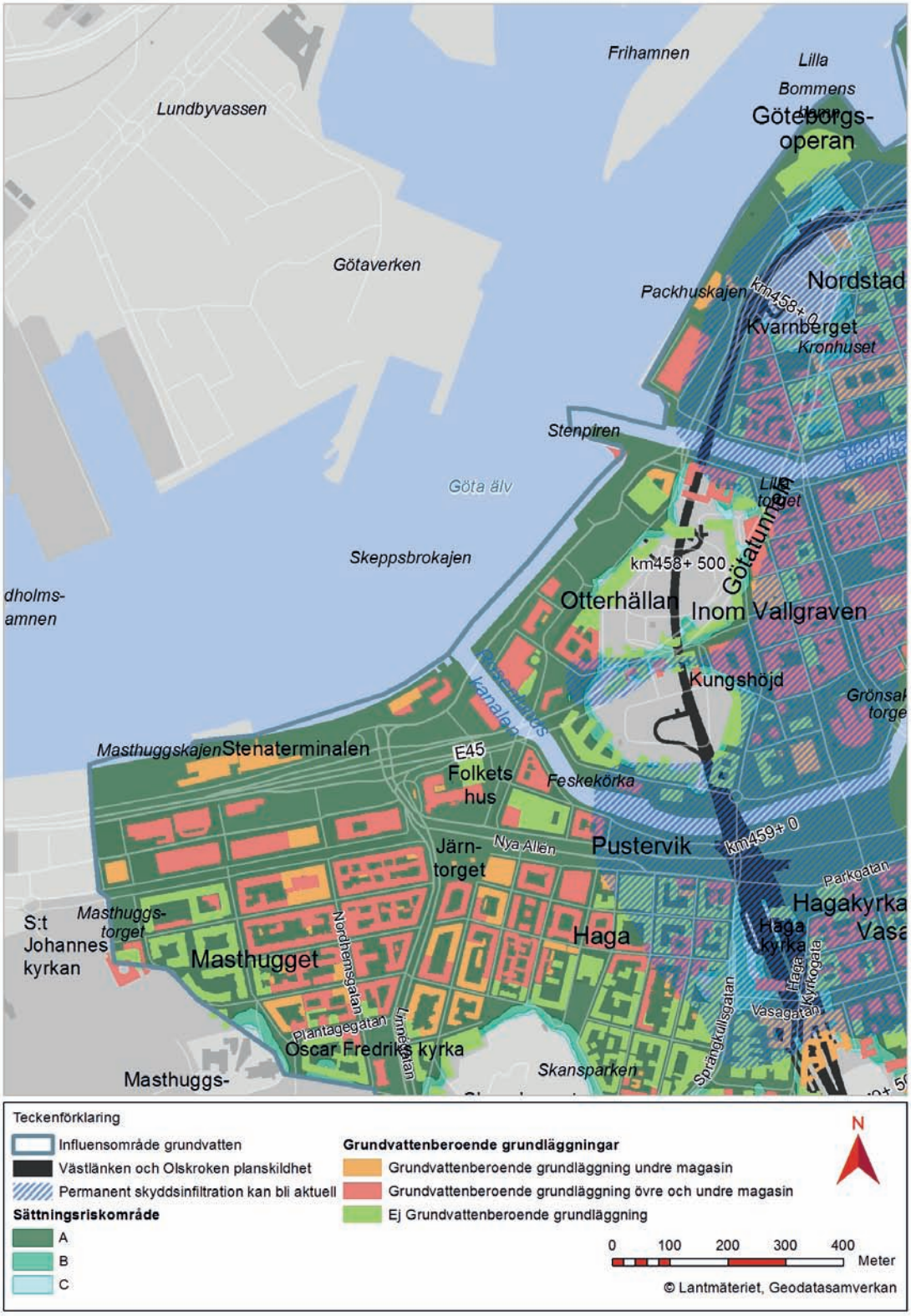
Pågående marksättning: 1-6 mm/år

Grundvattennivåpåverkan och marksättningar på delsträckan mellan Residenset och Station Haga redovisas i tabell 8.5. Det är främst i anslutning till Kungsgatan samt områden närmast öster om Otterhällan och Kungshöjd som bedöms kunna påverkas av grundvattennivåsänkningar.

Tabell 8.5 *Bedömd (hypotetisk) grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord samt marksättningar*

Otterhällan / Kungshöjd (undre magasin i jord)

	Anläggningsskede		Efter anläggningsskede	
	Utan infiltration	Med infiltration	Utan infiltration	Med infiltration
Grundvatten-nivåpåverkan	2-4 m	1-2 m	1 m	<0,5 m
Marksättningar	2-5 cm	1-2 cm	1-2 cm	1 cm



Figur 8.4 *Sättningsbenägen mark samt grundläggning av byggnader på sträckan Kvarnberget - Haga. Inom rastrerat område kan permanent skyddsinfiltration bli aktuell.*

Grundvattennivåpåverkan och marksättningar vid Station Haga redovisas i tabell 8.6. Det är främst i anslutning till Rosenlundskanalen samt östra Haga och västra Vasastaden som bedöms kunna påverkas av grundvattennivåsänkningar. Anläggningsarbetena antas pågå under cirka 10 år.

Tabell 8.6 *Bedömd (hypotetisk) grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord samt marksättningar*

Station Haga (undre magasin i jord)

	Anläggningsskede (10 år)		Efter anläggningsskede	
	Utan infiltration	Med infiltration	Utan infiltration	Med infiltration
Grundvatten-nivåpåverkan	1-3 m	1-2 m	<1 m	<0,5 m
Marksättningar	4-8 cm	2-3 cm	1 cm	<1 cm

Pågående marksättning söder om Rosenlundskanalen: 5-6 mm/år

Grundvattennivåpåverkan i övre magasin bedöms för anläggningsskedet som mest sträcka sig 300-400 meter ut från anläggningen. Avsänkningar i övre magasin bedöms kunna uppgå lokalt till 2-3 meter närmast Västlänken och minska ut från anläggningen. I anslutning till Västlänken förekommer flera byggnader med grundvattenberoende grundläggning där grundvattennivån i övre magasin inte bör avsänkas, vilket kan åstadkommas med i huvudsak skyddsinfiltration i undre magasin.
För perioden efter anläggandet görs bedömningen att det kan kvarstå grundvattennivåpåverkan huvudsakligen vid Packhusplatsen, längs Kungsgatan och öster om Otterhällan och Kungshöjd samt vid Station Haga. Uppkommer potentiellt skadliga nivåer bör dessa motverkas med skyddsinfiltration. I figur 8.4 redovisas områden inom vilka permanent skyddsinfiltration kan bli aktuell. Längs hela den aktuella sträckan förekommer byggnader med grundläggning som kan vara beroende av skyddsinfiltration för att säkerställa en lägsta grundvattennivå i både övre och undre magasin.

8.2.5 Linné

Västlänken berör främst områdets i nordöstra med del av Station Hagas samt Servicetunnel Haga, figur 8.5.
I Linné finns sättningsbenägna lerlager i lägre liggande jordfyllda dalsänkor, figur 8.5. Inom området finns ett stort antal bergpartier där sättningsbenägen lera saknas. I området förekommer dränerande anläggningar vilka påverkar områdets grundvattennivåer.

Grundvattenberoende grundläggning finns inom stora delar av området, med övervikt på objekt känsliga för grundvattenpåverkan i både övre och undre magasin (röd färg) och bara ett fåtal objekt som endast är känsliga för påverkan i undre magasin (orange färg). Ett flertal byggnader i området är grundförstärkta och bedöms eventuellt vara grundvattenberoende. Bebyggelsen utgörs av affärs- och kontorshus samt flerfamiljshus varav ett stort flertal har trägrundläggning. Ett fåtal byggnader har oklar grundläggning. Ledningar i mark, trafikleder, gator och spårvägsanläggningar förekommer i området.

För området antas avsänkning i undre grundvattenmagasin i jord i första hand i anslutning till Station Hagas södra del och i östra delen av Annedal (figur 8.5). Station Haga byggs som berganläggning med en stationsuppgång vid Vasagatan. Servicetunnel Haga byggs som bergtunnel med tunnelpåslag sydöst om Linnéplatsen.

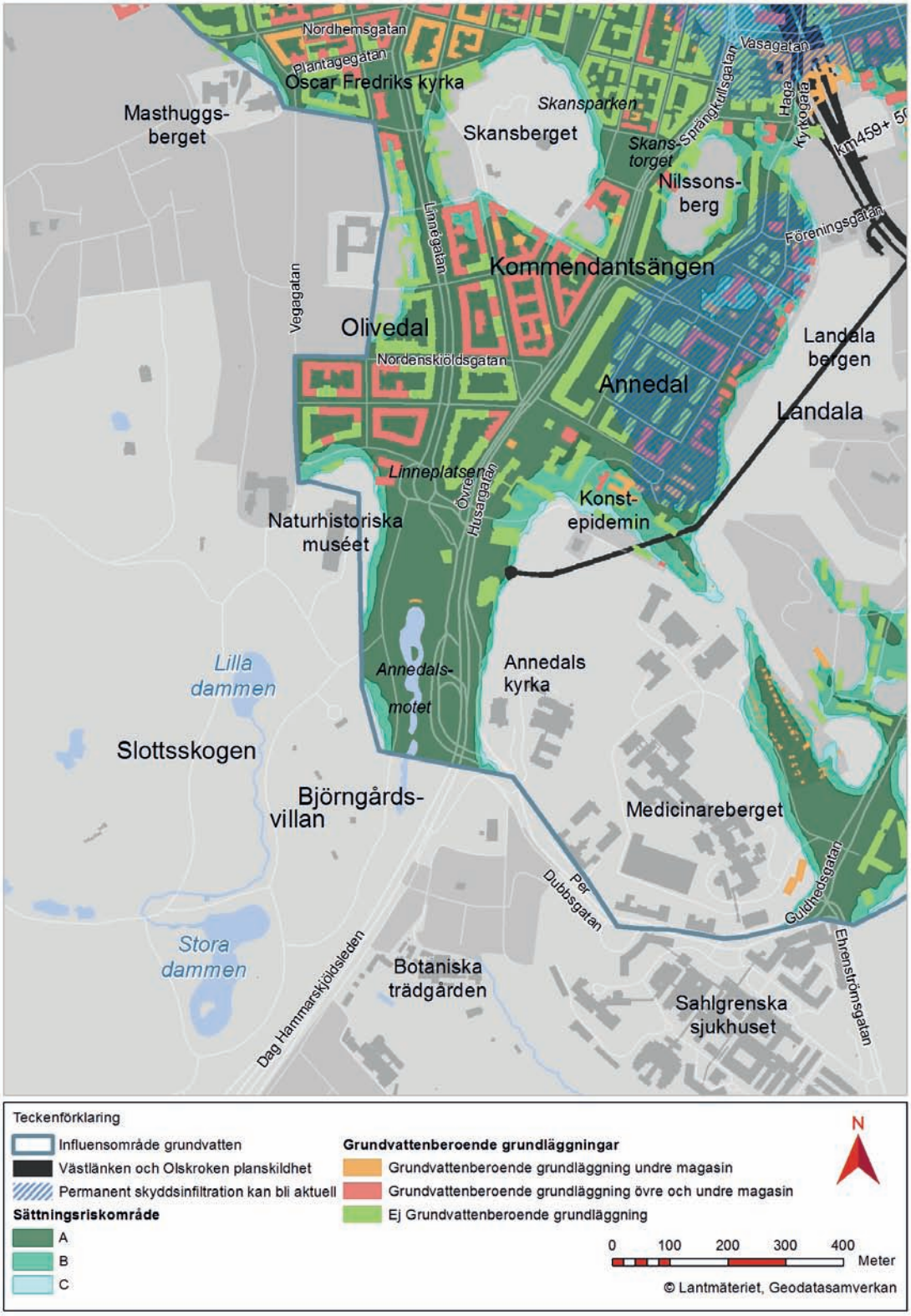
Rakt över Station Haga kan grundvattenpåverkan lokalt bli betydande (3-4 meter) om inte skyddsinfiltration vidtas. Avsaknad av mäktiga lager sättningsbenägen lera medför dock i huvudsak små marksättningsbelopp. Grundvattenpåverkan antas snabbt minska ut från Västlänken, varför nivåpåverkan i angränsande områden med mäktiga lager sättningsbenägen lera (Haga och Vasastaden) bedöms som måttliga även utan skyddsinfiltration, tabell 8.7.

Tabell 8.7 *Bedömd (hypotetisk) grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord samt marksättningar*

Station Haga omgivning (undre magasin i jord)

	Anläggningsskede (4-5 år)		Efter anläggningsskede	
	Utan infiltration	Med infiltration	Utan infiltration	Med infiltration
Grundvatten-nivåpåverkan	1-2 m	1 m	<1 m	0 cm
Marksättningar	1-7 cm	1 cm	1 cm	<1 cm

Pågående marksättning söder om Rosenlundskanalen: 5-6 mm/år



Figur 8.5 *Sättningsbenägen mark samt grundläggning av byggnader vid Linné. Inom rastrerat område kan permanent skyddsinfiltration bli aktuell.*

Servicetunnel Haga går under Landalabergen som i väster gränsar till en jordfylld sänka i Annedal. Grundvattennivåpåverkan och marksättningar vid Annedal redovisas i tabell 8.8. Det är främst i området öster om Västergatan som bedöms kunna påverkas av grundvattennivåsänkningar. Anläggningsarbetena antas pågå under cirka 2 år.

I Annedals östliga delar förekommer flera byggnader med trägrundläggning som är grundvattenberoende avseende övre magasin. För att undvika skador bör grundvattennivån i övre magasin inte avsänkas, vilket kan åstadkommas med i huvudsak skyddsinfiltration i undre magasin.

Tabell 8.8 *Bedömd (hypotetisk) grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord samt marksättningar*

Annedal (undre magasin i jord)

	Anläggningsskede (2 år)		Efter anläggningsskede	
	Utan infiltration	Med infiltration	Utan infiltration	Med infiltration
Grundvatten-nivåpåverkan	2-3 m	0 m	1-2 m	0 m
Marksättningar	3-7 cm	1 cm	2 cm	1 cm

Permanent skyddsinfiltration kan bli aktuell inom Station Haga samt i Annedal, figur 8.5.

8.2.6 Vasastaden – Korsvägen

Västlänken berör ett område med förhållandevis höga bergnivåer mellan Station Haga och Korsvägen, figur 8.6. Norr om Västlänken ökar jorddjupen och mäktiga lager med sättningsbenägen lera förekommer närmast söder om Vallgraven. Ett antal dränerande anläggningar förekommer i området vilka påverkar områdets grundvattennivåer, företrädesvis i områdets nordöstliga delar.

Grundvattenberoende byggnader förekommer huvudsakligen i de mer låglänta områdena med stora lerdjup i Vasastaden, Lorensberg, vid Heden samt norr om Korsvägen. Ett fåtal byggnader i dessa områden har grundläggning som är känslig för grundvattenpåverkan i undre magasin (orange färg), medan byggnader känsliga för grundvattenpåverkan i både övre och undre magasin (röd färg) förekommer i stor omfattning, exempelvis norr om Korsvägen. I direkt anslutning till Västlänken finns ett fåtal byggnader med grundvattenberoende grundläggning, främst vid Landala torg och Station Korsvägen. Bebyggelsen utgörs av affärs- och kontorshus samt flerfamiljshus varav ett flertal har trägrundläggning. Ett fåtal byggnader har oklar grundläggning. Ledningar i mark, trafikleder, gator och spårvägsanläggningar förekommer i området.

På huvuddelen av sträckan förläggs Västlänken i bergtunnel. Station Korsvägen anläggs både i berg och i jord (betonganläggning), för detaljer hänvisas till TB. Servicetunnel Korsvägen byggs som bergtunnel och passerar under Eklandagatan och parken framför Carlanderska sjukhuset.

Längs sträckan Station Haga till Station Korsvägen är det främst områden vid Landala torg och vid Station Korsvägen som bedöms kunna påverkas av grundvattennivåsänkningar. I tabell 8.9 redovisas grundvattennivåpåverkan och marksättningar, vilka gäller för Landala torg samt Station Korsvägen.

Tabell 8.9 *Bedömd (hypotetisk) grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord samt marksättningar*

Landala (undre magasin i jord)

	Anläggningsskede (1 år)		Efter anläggningsskede	
	Utan infiltration	Med infiltration	Utan infiltration	Med infiltration
Grundvatten-nivåpåverkan	2-3 m	1-2 m	1 m	0 m
Marksättningar	2-5 cm	1-2 cm	1-2 cm	0 cm

Station Korsvägen(undre magasin i jord)

	Anläggningsskede (1-9 år)		Efter anläggningsskede	
	Utan infiltration	Med infiltration	Utan infiltration	Med infiltration
Grundvatten-nivåpåverkan	2-3 m	1-2 m	1 m	0 m
Marksättningar	2-5 cm	1-2 cm	1-2 cm	0 cm

Pågående marksättning: 0-2 mm/år

Figur 8.6 *Sättningsbenägen mark samt grundläggning av byggnader vid Vasastaden – Korsvägen. Inom rastrerat område kan permanent skyddsinfiltration bli aktuell.*

För de avsnitt av Västlänken som byggs som bergtunnelkonstruktioner (bergpartiet mellan Station Haga och Station Korsvägen) bedöms grundvattennivåpåverkan (lokalt och tillfälligt) i undre magasin i jord till cirka 2-3 meter rakt ovanför anläggningen. Denna påverkan avtar snabbt med ökat avstånd från anläggningen och bedöms understiga 0,5 meter i centrala delar av Vasastaden. I områden med tunna lerlager (randzonsområden) kan påverkan även uppkomma lokalt i övre magasin i jord.

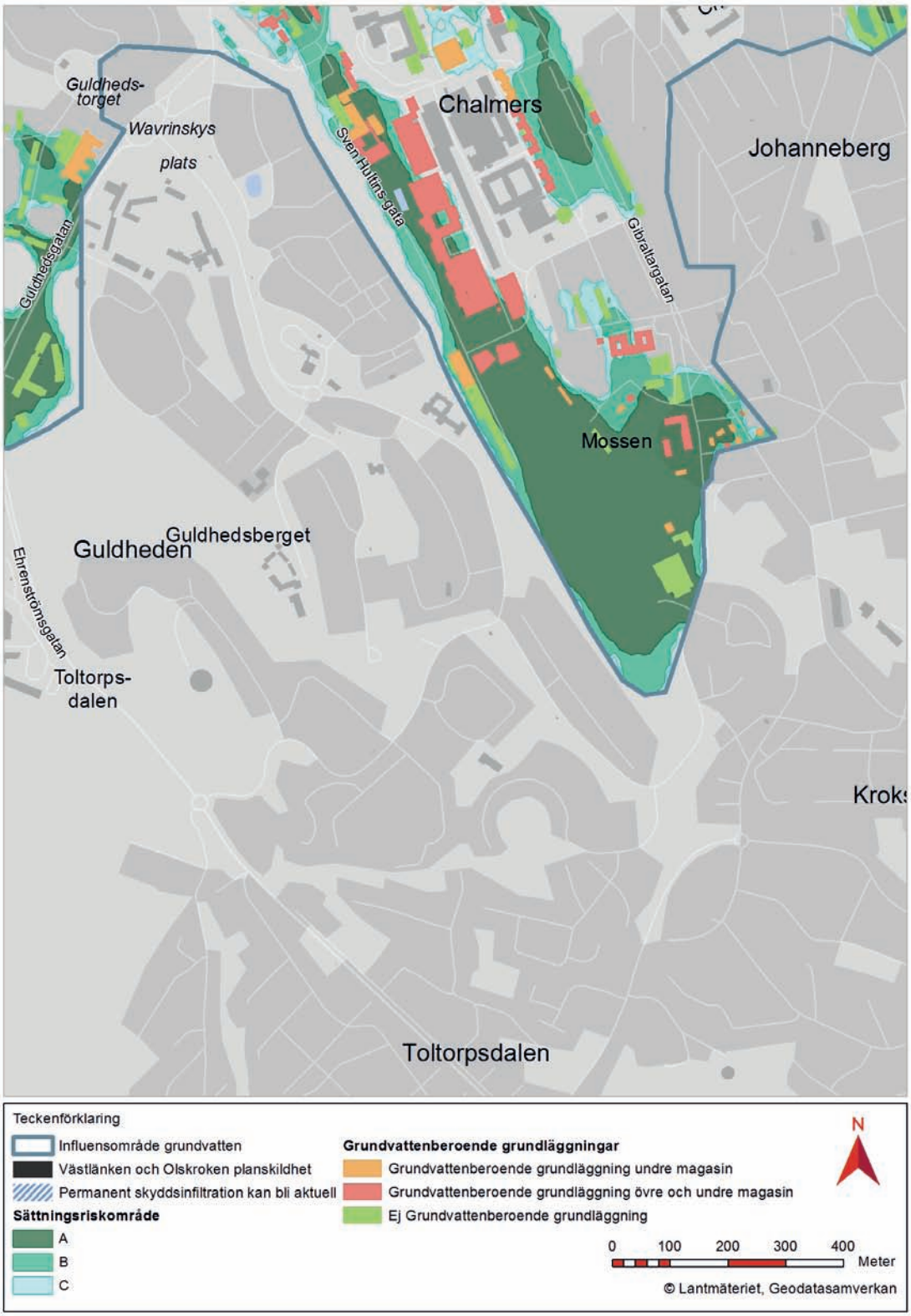
Det finns ett mindre antal jordfyllda sänkor i nära anslutning till Västlänken där grundvattenpåverkan kring 1-2 meter bedöms kunna uppkomma under anläggningsskedet, till exempel södra Landala, Gibraltargatan, vid Näckrosdammen och Eklandagatan (väster om Carlanderska sjukhuset). En sådan påverkan bedöms kunna ge upp till 1-3 cm marksättning i de fall sättningsbenägen lera förekommer.

Permanent skyddsinfiltration kan bli aktuell inom Station Haga, Landala, Näckrosdammen och sänkan norrut samt Station Korsvägen, figur 8.6.

8.2.7 Johanneberg

I Johanneberg finns sättningsbenägen lera i dalsänkan inom vilken Chalmers tekniska högskola är förlagd. För övrigt domineras området av höga bergnivåer och avsaknad av sättningsbenägen lera, se sättningsriskområden figur 8.7. Inom Mossen idrottsplats med omgivning pågår marksättning till följd av nedbrytning av organisk jord.

Ingen skadlig grundvattennivåpåverkan bedöms uppkomma i jordlager inom området.

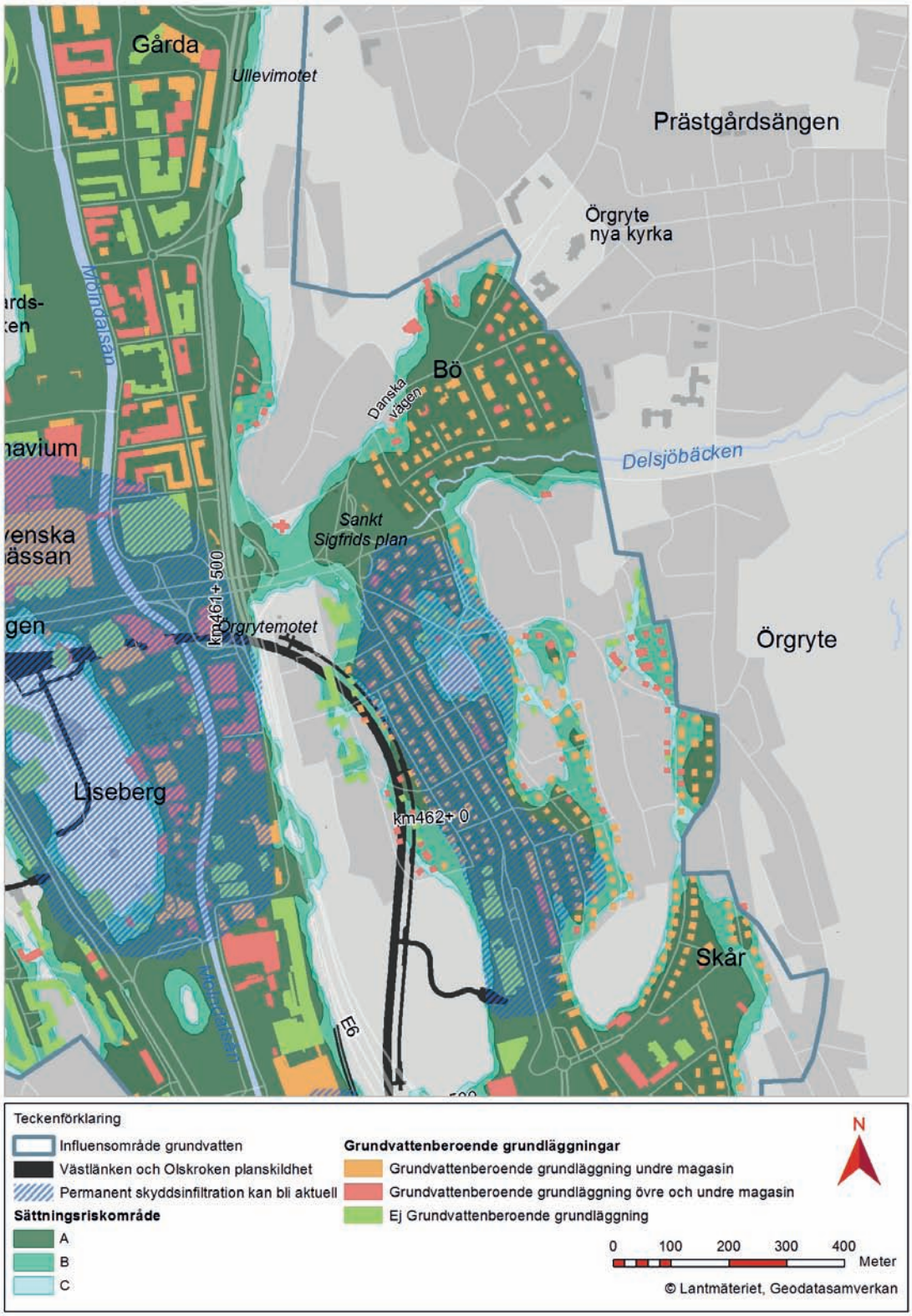


Figur 8.7 Sättningsbenägen mark samt grundläggning av byggnader vid Johanneberg.

8.2.8 Gårda - Örgryte

Inom området finns sättningsbenägen lera längs Mölndalsåns dalgång, i en jordfylld sänka upp förbi Örgryte kyrka österut mot Bö samt i en med Mölndalsån parallell jordfylld sänka söder om Sankt Sigfrids plan, se figur 8.8. Ett antal dränerande anläggningar förekommer i området vilka endast ger begränsad grundvattenpåverkan.

Grundvattenberoende byggnader finns inom stor del av området, i öster med övervikt på objekt



Figur 8.8 *Sättningsbenägen mark samt grundläggning av byggnader vid Gårda – Örgryte.*

känsliga för grundvattenpåverkan i undre magasin (orange färg) medan det i väster även förekommer stor andel byggnader känsliga för påverkan både i övre och undre magasin (röd färg). Ett antal byggnader i området är grundförstärkta och bedöms inte som grundvattenberoende. Ledningar i mark, trafikleder, gator och järnvägsanläggningar förekommer i området. Avseende förekomst av grundvattenberoende byggnader kan särskilt områdena Bö - Skår i öster nämnas.

Sträckan öster om Station Korsvägen byggs som betongtunnel vid passage av Mölndalsåns dalgång. I dalgången förekommer mäktiga lager av sättningsbenägen lera. I tabell 8.10 redovisas grundvattennivåpåverkan och marksättningar. Redan vid måttlig grundvattennivåsänkning i undre magasin kan betydande sättningar utbildas. I området sker pågående marksättning med cirka 5 mm/år.

Tabell 8.10 *Bedömd (hypotetisk) grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord samt marksättningar*

Mölndalsåns dalgång (undre magasin i jord)

	Anläggningsskede (4-5 år)		Efter anläggningsskede	
	Utan infiltration	Med infiltration	Utan infiltration	Med infiltration
Grundvatten-nivåpåverkan	1 m	0 m	1 m	0 m
Marksättningar	8-10 cm	0 cm	1-15 cm	0 cm

Pågående marksättning: 5 mm/år

För bergtunneln som berör Almedalsberget söder om Sankt Sigfrids plan bedöms grundvattennivåpåverkan i angränsande dalsänka i öster till 1-3 meter (undre magasin). Grundvattenpåverkan avtar snabbt med ökat avstånd från anläggningen och bedöms understiga 1,0 meter i anslutning till Sankt Sigfridsgatan. Den förhållandevis måttliga påverkan uppnås genom höga täthetskrav i bergtunnelanläggningen.

Tabell 8.11 *Bedömd (hypotetisk) grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord samt marksättningar*

Skår (undre magasin i jord)

	Anläggningsskede (1-2 år)		Efter anläggningsskede	
	Utan infiltration	Med infiltration	Utan infiltration	Med infiltration
Grundvatten-nivåpåverkan	1-2 m	<0,5 m	<1 m	0 m
Marksättningar	1-2 cm	1 cm	1-2 cm	0 cm

Permanent skyddsinfiltration kan bli aktuell inom Mölndalsåns dalgång öster om Liseberg samt i Skår, figur 8.8.

8.2.9 Almedal

Sättningsbenägen lera finns längs Mölndalsåns dalgång, figur 8.9. Grundvattenberoende byggnader finns inom stora delar av området; affärs- och kontorshus i Mölndalsåns dalgång och enfamiljshus och hyreshus i Skår - Kallebäck. Ledningar i mark, trafikleder, gator och järnvägsanläggningar förekommer i området.

Grundvattenberoende byggnader förekommer relativt jämnt fördelat mellan byggnader som är känsliga för grundvattenpåverkan i undre magasin (orange färg) och byggnader som är känsliga för påverkan i både undre och övre magasin (röd färg). Flera byggnader i området är grundförstärkta och bedöms ej vara grundvattenberoende.

För området antas avsänkning i jord i första hand i anslutning väster om planerat schakt i jord och berg i vilket tät betongkonstruktion ska uppföras. I tabell 8.12 redovisas grundvattennivåpåverkan och marksättningar. Redan vid en måttlig grundvattennivåsänkning i undre magasin kan betydande sättningar utbildas i de mäktiga lerlagren i Mölndalsåns dalgång.

Permanent skyddsinfiltration kan bli aktuell inom Mölndalsåns dalgång vid Almedal väster om anläggningen, figur 8.9.

Tabell 8.12 *Bedömd (hypotetisk) grundvattennivåsänkning i undre magasin i jord samt marksättningar*

Almedal (undre magasin i jord)

	Anläggningsskede (4-5 år)		Efter anläggningsskede	
	Utan infiltration	Med infiltration	Utan infiltration	Med infiltration
Grundvatten-nivåpåverkan	1-2 m	1 m	<0,5 m	0 m
Marksättningar	3-8 cm	3 cm	5 cm	0 cm

Pågående marksättning: 5-10 mm/år

Figur 8.9 *Sättningsbenägen mark samt grundläggning av byggnader vid Almedal.*

8.3 Grundvattenberoende energianläggningar och brunnar

Totalt omfattar genomförd inventering 464 brunnar som borrats för i huvudsak energiändamål. I några fåtal fall uppges brunnarna (SGU) ha annat eller oklart användningsområde. Inventeringen är utförd inom influensområdet och bygger på uppgifter från SGUs brunnsarkiv och Göteborgs stads miljöförvaltning. Inventerade brunnar visas i figur 8.10. Ett litet antal borrhål med annan användning finns inom influensområdet, exempelvis uttagsbrunn för vatten.

Tabell 8.13 *Antal identifierade energianläggningar och energibrunnar inom influensområde (dec 2014).*

Huvudområde	Antal energianläggningar	Antal energibrunnar
Huvudområde Nord	3	7
Huvudområde Väst	30	83
Huvudområdet Öst	247	369
Totalt	280	459

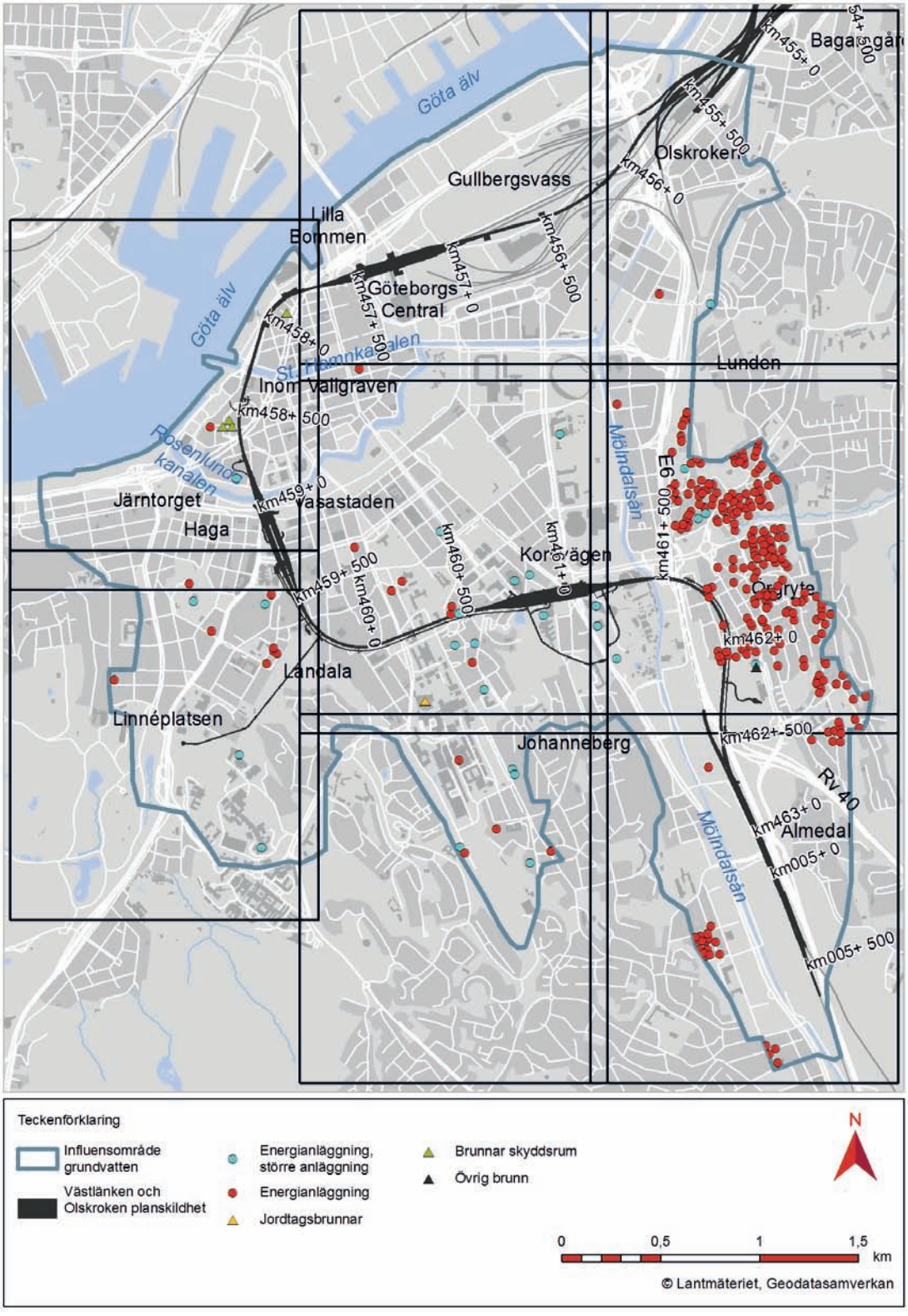
Kompletterande inventering planeras för brunnar borrade efter december 2014.

Energianläggningar och borrhål i olika områden längs Västlänken redovisas i figur 8.11 till figur 8.18.

8.3.1 Effekter

Grundvattensänkning kan ge upphov till negativa effekter i form av sänkta vattennivåer i energibrunnar och därmed minskad möjlighet till energiutbyte. För varje meter som vattennivån sjunker, minskar effektutbytet med omgivande berggrund, cirka 30-40 W per meter avsänkning. Huruvida en förändrad grundvattennivå ger upphov till negativa effekter beror på hur anläggningen dimensionerats med hänsyn till energibehovet. Inom influensområdet finns ett mindre antal stora anläggningar med ett flertal (fler än 10) energibrunnar.

I Västlänkens omedelbara närhet finns i dagsläget ett 10-tal energianläggningar där negativa effekter riskeras och där konkreta åtgärder kan behöva göras för att säkerställa anläggningarnas funktion. På större avstånd kan uppkomma sänkta vattennivåer i brunnar som påverkar möjligt effektutbyte, men som inte äventyrar anläggningens huvudsakliga funktion.



Figur 8.10 *Energibrunnar inom influensområdet.*

8.3.2 Olskroken

I Olskroken förekommer inom influensområdet ett mycket begränsat antal energianläggningar, se figur 8.11. Anläggningarna ligger långt ifrån Västlänken och ingen påverkan bedöms uppkomma.

Figur 8.11 *Energianläggningar, Olskroken.*

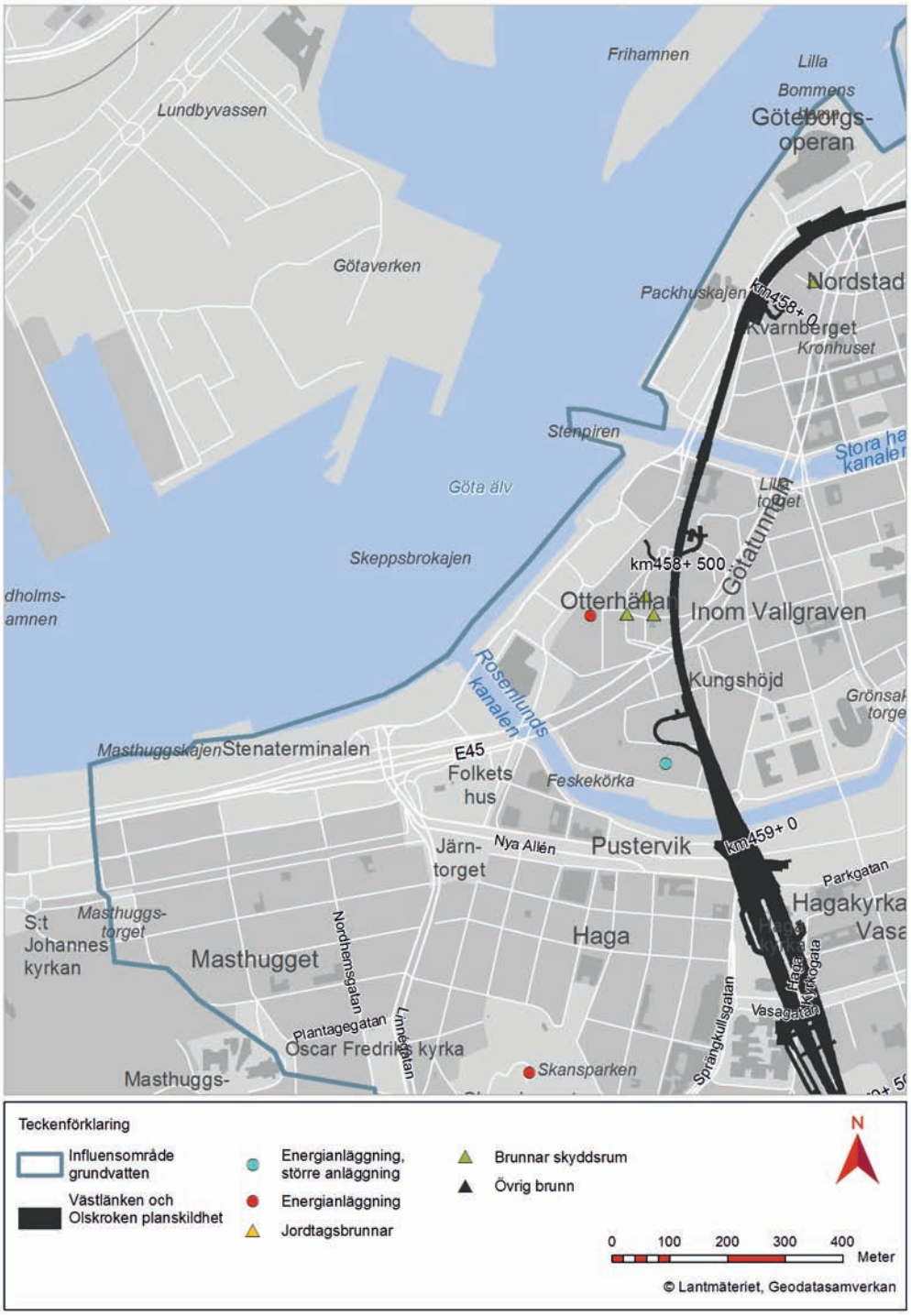
8.3.3 Gullbergsvass - Nordstaden

Inom området har endast en anläggning inventerats (vid Brunnsparken), se figur 8.12. Anläggningen ligger såpass långt ifrån Västlänken att ingen påverkan bedöms uppkomma i berg.

Figur 8.12 *Energianläggningar, Gullbergsvass - Nordstaden.*

8.3.4 Kvarnberget - Haga

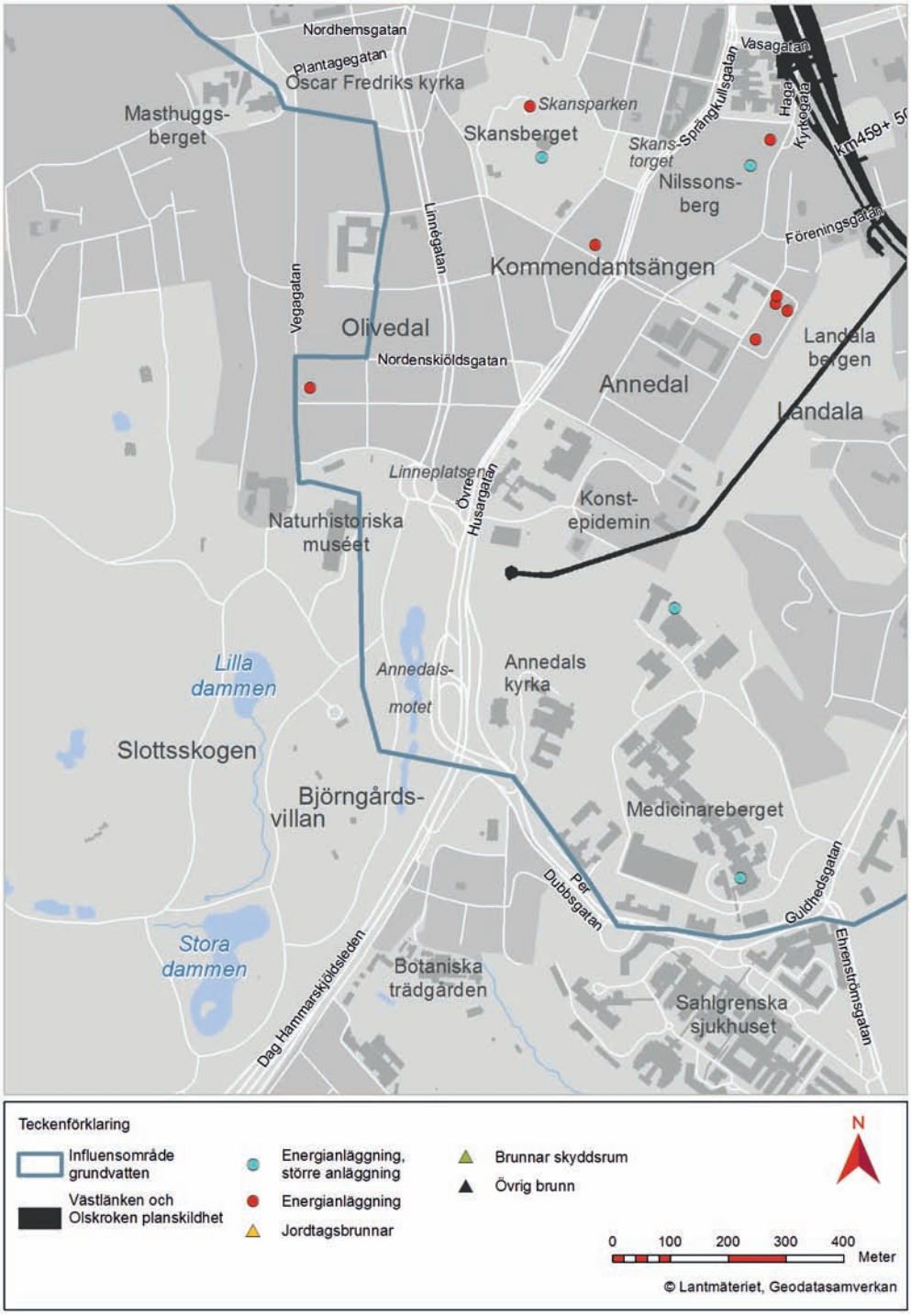
Vid Kvarnberget - Haga förekommer inom influensområdet tre energianläggningar i berg samt fyra brunnar i skyddsrum, figur 8.13. Två av energianläggningarna (vid Kungshöjd och Rosenlundskanalen) ligger nära Västlänken och riskerar påverkan som kan ge negativa effekter, vilket även gäller för de fyra skyddsrumsbrunnarna. Övriga anläggningar ligger på stort avstånd och inga negativa effekter bedöms uppkomma.



Figur 8.13 *Energianläggningar, Kvarnberget - Haga.*

8.3.5 Linné

I Linné förekommer drygt 10 anläggningar inom influensområdet, varav fyra anläggningar är klassade som stora, se figur 8.14. Ett fåtal anläggningar ligger relativt nära Västlänken där negativa effekter inte kan uteslutas, vilket i första hand gäller anläggningar i östra delen av Annedal samt anläggningar nordöst om Nilssonsberg. Mindre påverkan kan inte uteslutas i den större anläggningen sydöst om Konstepidemin.

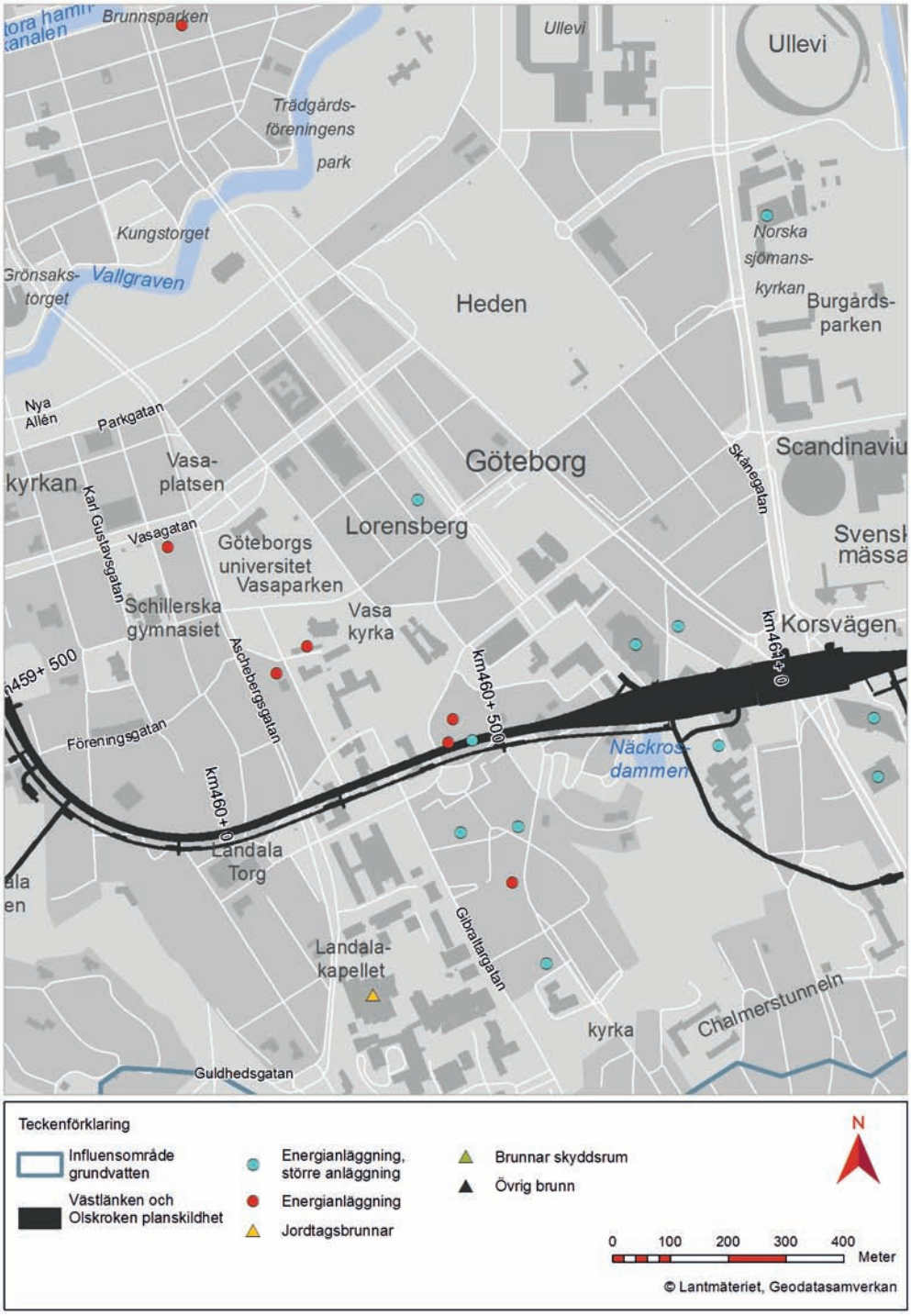


Figur 8.14 *Energianläggningar, Linné.*

8.3.6 Vasastaden – Korsvägen

I Vasastaden - Korsvägen förekommer ett drygt 10-tal energianläggningar inom influensområdet vara 7 är stora anläggningar, figur 8.15. Fyra anläggningar (varav två stora) ligger så pass nära Västlänken att negativa effekter kan förväntas. Övriga anläggningar ligger på betydande avstånd eller på en topografisk nivå som innebär liten sannolikhet för negativa effekter.

På Chalmers tekniska högskola finns ett flertal så kallade jordtagsbrunnar (endast en brunn visas i figur 8.15). Dessa brunnar används för att jorda närliggande byggnad och får ej dräneras. Jordtagsbrunnarna ligger på förhållandevis stort

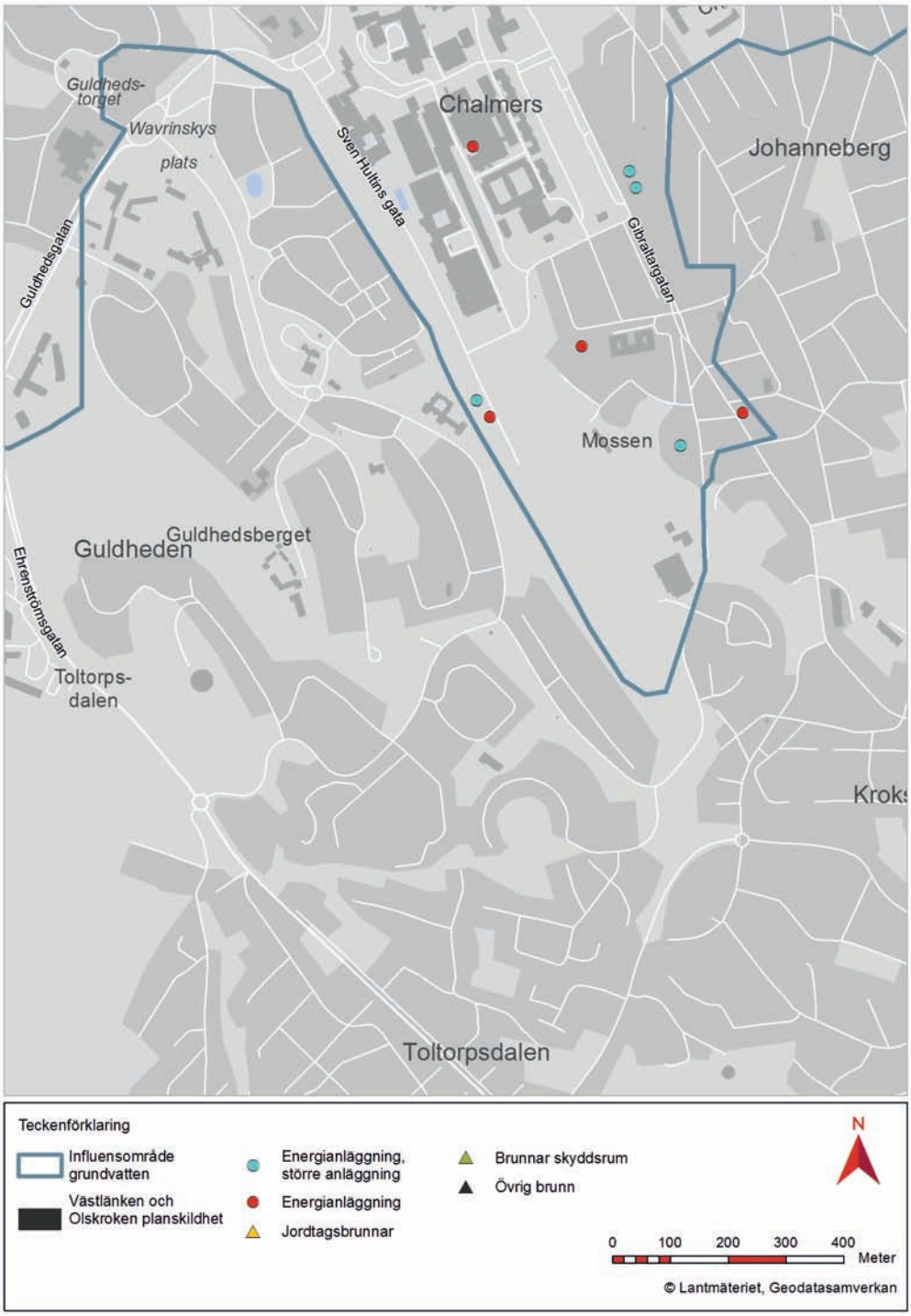


Figur 8.15 *Energianläggningar och jordtagsbrunnar, Vasastaden - Korsvägen*

avstånd från Västlänken och inga negativa effekter bedöms uppkomma.

8.3.7 Johanneberg

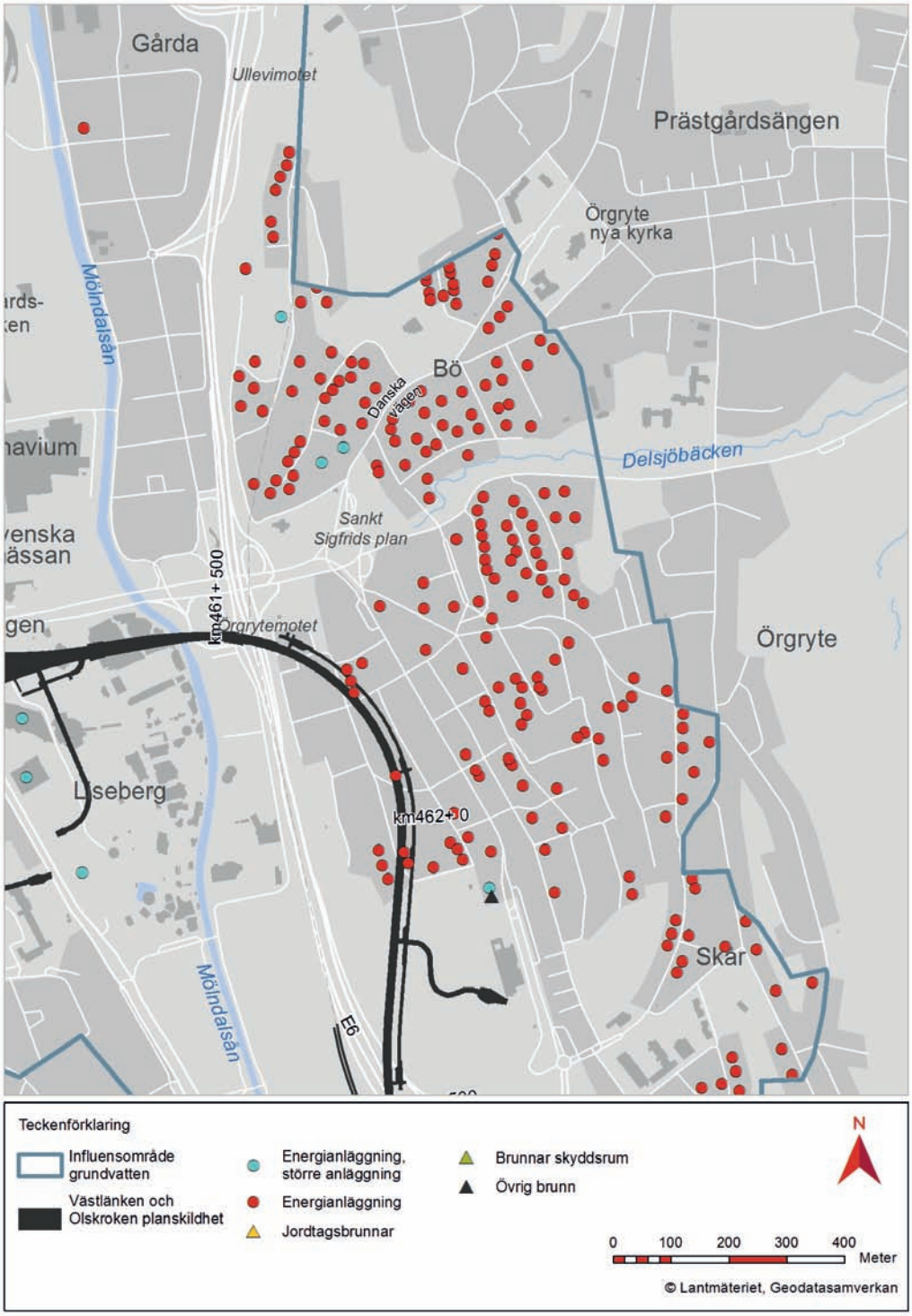
I Johanneberg förekommer inom influensområdet cirka 8 energianläggningar varav hälften utgöra storaanläggningar, figur 8.16. Samtliga anläggningar ligger på stort avstånd från Västlänken, varför inga negativa effekter bedöms uppkomma i området.



Figur 8.16 *Energianläggningar, Johanneberg.*

8.3.8 Gårda - Örgryte

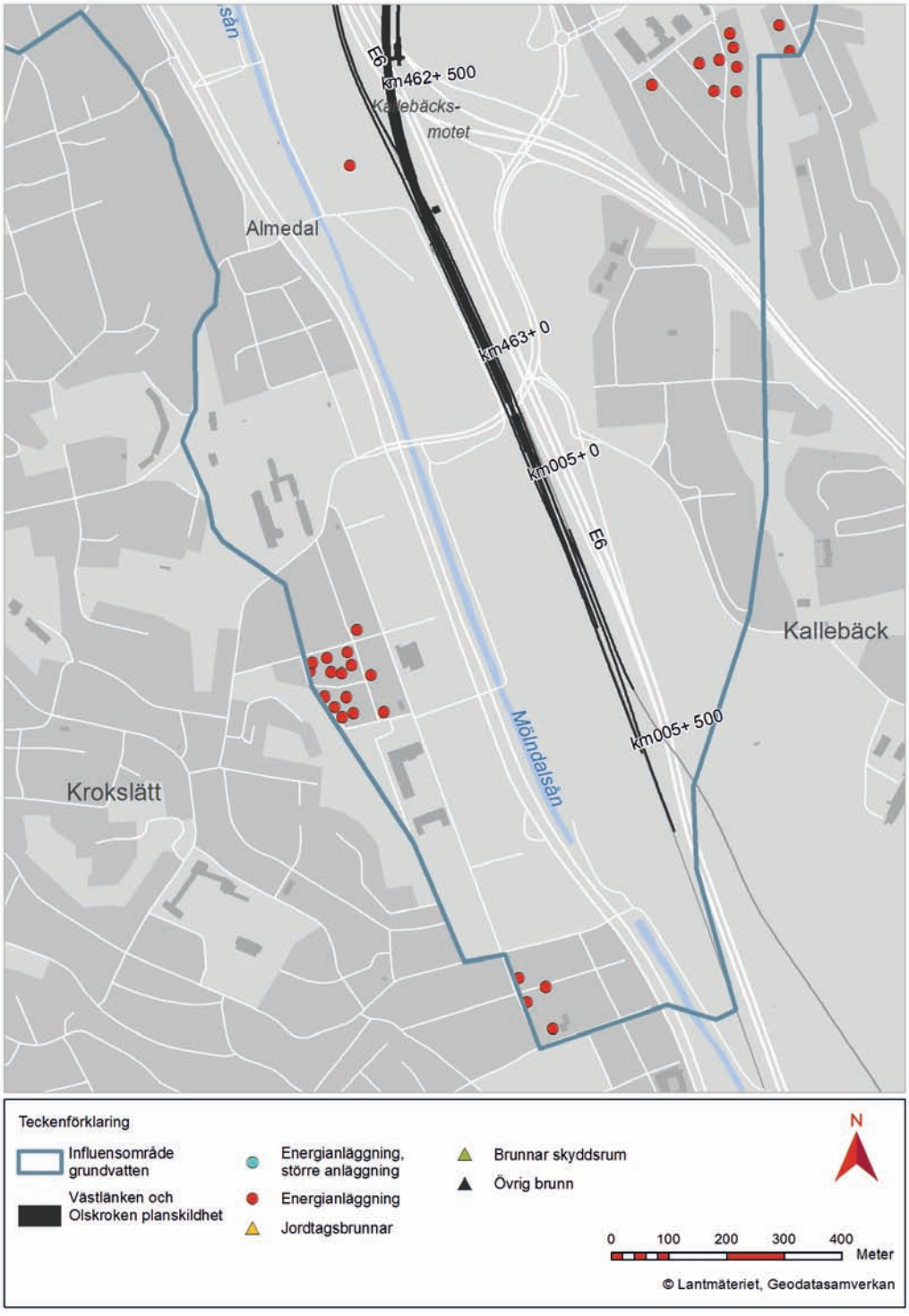
I Gårda - Örgryte förekommer inom influensområdet cirka 200 energianläggningar, varav ett fåtal utgör större anläggningar, figur 8.17. Störst risk för skadliga effekter gäller för de 15-tal anläggningar som ligger inom 100 meters avstånd från Västlänken (inom Almedalsberget, väster om Sankt Sigfridsgatan). För övriga energianläggningar bedöms risken för negativa effekter som liten.



Figur 8.17 *Energianläggningar och övrig brunn, Gårda - Örgryte.*

8.3.9 Almedal

I Almedal förekommer inom influensområdet ett drygt 30-tal energianläggningar, figur 8.18. Denna del av Västlänken bedöms inte påverka grundvattennivåer i berg i områden där det finns energibrunnar, varför inga skadliga effekter bedöms uppkomma.



Figur 8.18 *Energianläggningar, Almedal.*

8.4 Grundvattenberoende naturmiljöer

Inventering av naturmiljöer inom Västlänkens influensområde (definition i kapitel 1.6) har utförts med avseende på kulturmiljöer, terrestra naturmiljöer och rekreativa miljöer. Naturmiljöer som bedöms kunna påverkas och som särskilt utpekas i detta kapitel konsekvensbeskrivs i MKB.

Med kulturmiljöer avses kulturhistoriskt värdefulla parker och grönområden medan de terrestra miljöerna omfattar naturvärdesklassade objekt, biotopsskyddade alléer, rödlistade och fridlysta arter samt värdefull skog. Identifierade kulturmiljöer och terrestra naturmiljöer inom influensområdet visas i figur 8.19. Aktuella naturmiljöer förekommer längs Västlänken med huvudsaklig koncentration till områden vid Station Haga och Station Korsvägen.

Rekreativa miljöer utgör ett antal värdefulla platser där stadens invånare kan återhämta sig genom olika typer av aktiviteter och upplevelser. De områden som utgör sådana miljöer är parker och grönytor, torg och platser, alléer och trädbevuxna områden samt vattendrag. Inventerade rekreativa miljöer inom influensområdet visas i figur 8.20. Aktuella rekreativa miljöer förekommer längs Västlänken med huvudsaklig koncentration till de mer topografiskt varierande områdena i södra delen av influensområdet.

8.4.1 Effekter

Påverkan från Västlänken kan utgöra sänkta grundvattennivåer och därmed risk för minskad tillgång till växttillgängligt vatten (effekt), som i sin tur kan ge negativa konsekvenser på grundvattenberoende naturmiljöer. Inom influensområdet finns ett stort antal värdefulla naturmiljöer varav ett begränsat antal bedöms utgöra riskobjekt. Naturmiljöer inom en så kallad randzon (se definition kapitel 2.6.4) vid gränsen mellan höga bergnivåer och leromården, bedöms vara mest utsatta vid sänkta grundvattennivåer. Risk för skada på naturmiljöer föreligger även i nära anslutning till ytnära schakt.

Miljöer där det växttillgängliga vattnet inte bedöms påverkas är huvudsakligen områden med höga bergnivåer och tunna jordar, områden med betydande ytavrinning och områden med mäktiga lerlager.

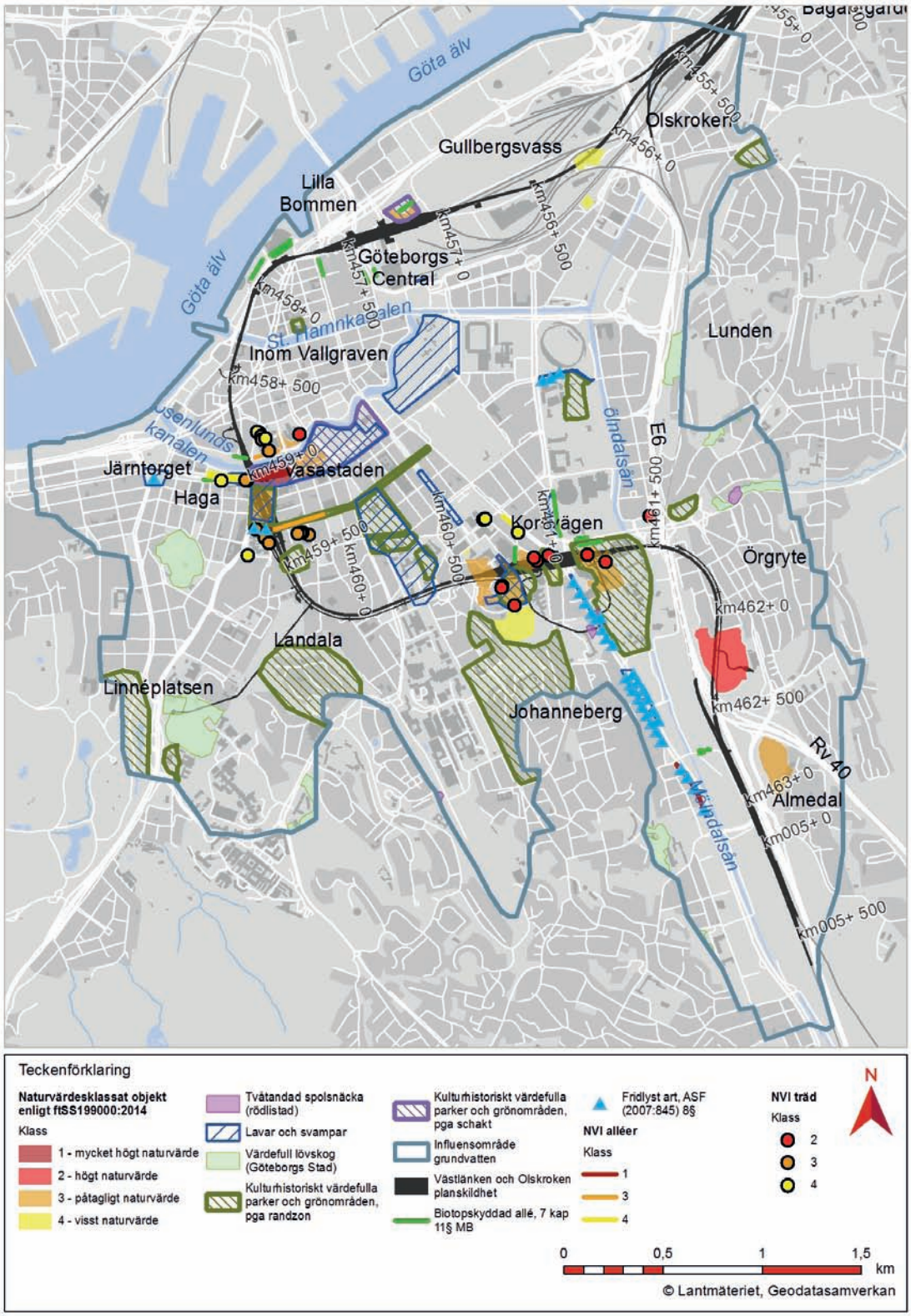
Bedömning av påverkan på det växttillgängliga vattnet sammanfattas i tabeller 8.14 till 8.16. De faktiska effekter som uppkommer på det växttillgängliga vattnet beror på de lokala hydrogeologiska förhållandena samt på vilken påverkan som uppkommer i jord och berg. Redovisade effekter förutsätter att skyddsåtgärder, såsom exempelvis bevattning, inte vidtas. För beskrivning av konsekvenser hänvisas till MKB.

Kulturmiljöer

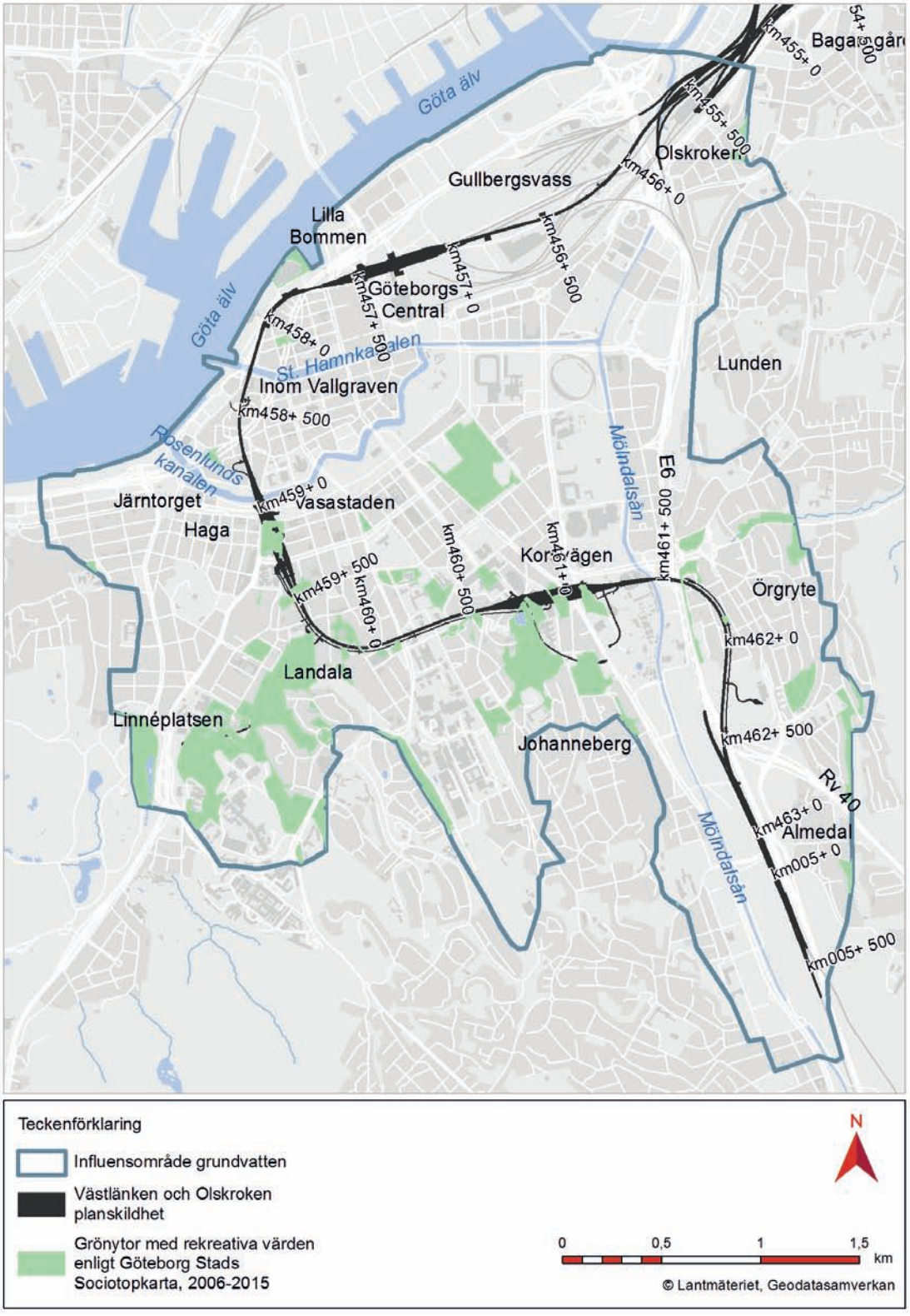
Identifierade kulturmiljöer är sammanställda i tabell 8.14. De riskobjekt där det växttillgängliga vattnet bedöms kunna reduceras visas med rosa markering, de som inte bedöms påverkas visas med grön markering. Flertalet rosamarkerade objekt är till ytan stora områden (parker) vilka endast bedöms påverkas i mycket begränsade delar, exempelvis objekt nummer 4, 7 och 13. Nästan samtliga riskobjekt ligger i direkt anslutning till Västlänken och bedöms påverkas av lokal och delvis kraftig grundvattennivåpåverkan,

Tabell 8.14 *Kulturmiljöer där objekt som kan påverkas genom reduktion av det växttillgängliga vattnet markeras med rosa, och de som inte bedöms påverkas markeras med grön färg.*

Nr	Objekt	Nr	Objekt
1	S:t Pauli kyrka	11	Örgryte gamla kyrka
2	Bergslagsbanans stationspark	12	Fogelbergsparken
3	Chrsitinae kyrka/Tyska kyrkan	13	Hvitfeldtsparken/Himlabacken
4	Kungsparken och Nya Allén	14	Renströmsparken
5	Stora Katrinelund	15	Johannebergs landeri
6	Haga kyrkoplan	16	Liseberg
7	Vasagatans allé	17	Slottsskogen
8	Vasaparken	18	Annedalskyrkan
9	Molinsparken	19	Norra Guldheden
10	Vasakyrkan	20	Övre Johanneberg



Figur 8.19 *Kulturhistoriska värdefulla parker och grönområden samt terrestra naturvärden inom Västlänkens influensområde.*



Figur 8.20 *Rekreativa miljöer inom Västlänkens influensområde.*

exempelvis objekt nummer 4, 6 och 7 som delvis kommer att påverkas av Station Haga samt objekt 12-16 som berörs av Station Korsvägen.

Terrestra naturvärden

Identifierade terrestra miljöer är sammanställda i tabell 8.15. De objekt där det växttillgängliga vattnet bedöms kunna reduceras visas med rosa markering, de som inte bedöms påverkas visas med grön markering. Flertalet rosamarkerade riskobjekt ligger inom eller nära ovan redovisade kulturmiljöer, exempelvis merparten av objekt nummer 11-27 samt objekt nummer 34-35, vilka finns i det område som mer eller mindre berörs av Station Haga.

Rekreativa miljöer

Identifierade rekreativa miljöer är sammanställda i tabell 8.16. De objekt där det växttillgängliga vattnet bedöms kunna reduceras visas med rosa markering, de som inte bedöms påverkas visas med grön markering. Flertalet rosamarkerade

Tabell 8.15 *Terrestra naturmiljöer där objekt som kan påverkas genom reduktion av det växttillgängliga vattnet markeras med rosa färg, och de som inte bedöms påverkas med grön färg. Siffra i anslutning till träd avser objektets (träd) diameter.*

Nr	Objekt	Beskrivning	Nr	Objekt	Beskrivning
1	Skansen Lejonet	Område med träd	47	Alm 11 dm	Träd
2	Kyrkogård S om Skansen Lejonet	Område med träd	48	Två tättstående almar 10dm	Träd
3	Grönområde vid Centralstationen	Grönområde	49	Lövskog S om Renströmsparken	Skog
4	Allé Bergslagsgatan	Allé	50	Trädgårdar Ö om Renströmsparken	Trädgårdar
5	Allé Ö om Nordstan	Allé	51	Almdunge Ekmansgatan	Träddunge
6	Allé V om Centralstationen	Allé	52	Tre hamlade lindar bakom Stadsteatern	Träd
7	Allé V om Nordstan	Allé	53	Träddunge N om Johannebergs landeri	Träddunge
8	Allé Packhuskajen, N	Allé	54	Grönområde V om landeriet	Grönområde
9	Allé Packhuskajen, S	Allé	55	Ask 7dm	Träd
10	Allé Packhuskajen, V	Allé	56	Ask 10dm	Träd
11	Kungsparken NV	Område med naturvärden	57	Träddunge SO om landeriet	Träddunge
12	Kungsparken SV	Område med naturvärden	58	Tunnelmynning Södra Vägen, V	Skogsdunge
13	Nya Allén	Flera träd med höga naturvärden	59	Tunnelmynning Södra Vägen, Ö	Skogsdunge
14	Allé Vasagatan, V	Allé	60	Allé Södra Vägen	Allé
15	Kungsparken, NO	Park	61	Allé Olof Wijksgatan	Allé
16	Kungsparken, SO	Park	62	Allé Skånegatan	Allé
17	Haga kyrkoplan	Flera äldre ädellövsträd	63	Allé Svenska Mässan	Allé
18	Allé Vasagatan, Ö	Allé	64	Allé Örgrytevägen, V	Allé
19	Allé S och N Allégatan	Allé	65	Allé Örgrytevägen, Ö	Allé
20	Allé Sahlgrensgatan	Allé	66	Alm 4dm	Träd
21	Allé V om Magasingatan	Allé	67	Alm 4dm	Träd
22	S om Pedagogen	Park	68	Lind 7dm	Träd
23	Allé Rosenlundsgatan	Allé	69	Ask 16dm	Träd
24	Allé S Allégatan, V	Allé	70	Bok 10dm	Träd
25	Kastanj 7dm	Träd	71	Liseberg	Park
26	Alm 4,5dm	Träd	72	Alm 10dm	Träd
27	Bok 9dm	Träd	73	Ek 12dm	Träd
28	Kastanj 7dm	Träd	74	Skogsområde Almedal, N (Skår)	Skog
29	Lind 7dm	Träd	75	Skogsområde Almedal, S (Kallebäck)	Skog
30	Alm 7dm	Träd	76	Allé Mölndalsvägen, N	Allé
31	Alm 7dm	Träd	77	Allé Mölndalsvägen, S	Allé
32	Alm 10dm	Träd	78	Allér Skårs Led	Allé
33	Alm 6dm	Träd	79	Skansparken	Park
34	Alm 10dm	Träd	80	Framnäs	Skog
35	Alm 8dm	Träd	81	Södergrensgatan i Krokslätt	Skog
36	Ek 10 dm	Träd	82	Överåsparken	Skog
37	Lind 8dm	Träd	83	S/V Gullheden	Skog
38	Ask 7dm	Träd	84	Orangerigatan	Skog
39	Lind 7dm	Träd	85	Kungsparken (hela)	Park
40	Lind 6,5dm	Träd	86	Vasaparken	Park
41	Lind 6dm	Träd	87	Trädgårdsföreningen	Park
42	Lind 6dm	Träd	88	Lavar - Levgrensvägen	Träd med lavar
43	Medicinarebergets V:a och N:a bran	Skog	89	Lavar - Södra Vägen	Träd med lavar
44	Ädellövskog	Skog	90	Lavar - Mölndalsvägen	Träd med lavar
45	Renströmsparken	Park	91	Lavar - Jämtorget	Träd med lavar
46	Lind 13 dm	Träd			

objekt ligger i anslutning till Västlänken mellan Station Haga och Station Korsvägen med koncentration till områden nära de två stationerna.

För objekt nummer 26, 38, 48, 49 och 52 görs bedömningen att det växttillgängliga vattnet skulle kunna påverkas endast i en mindre del av området, medan för objekt nummer 16, 19, 46, 50 och 51 en större del skulle kunna påverkas.

Tabell 8.16 *Rekreativa miljöer där objekt som kan påverkas genom reduktion av det växttillgängliga vattnet markeras med rosa färg, och de som inte bedöms påverkas med grön färg.*

Nr	Objekt	Nr	Objekt
1	Redbergsparken	38	Seminariegatan
4	Operaparken	39	Änggårdskolonin
6	Kronhusparken	40	Källsprånget
9	Sydöstra Heden	41	Landalaberget väst
10	Kungshöjd	42	Kattedamm
16	Haga kyrkoplan	43	Guldhedsberget/Olssons trädgårdar
17	Nilssons berg	44	Viktoriaparken
18	Rhododendrontrappan	45	Landala torg
19	Fogelberget	46	Kapellplatsen
20	Vasaplatsen	47	Viktor Rydbergs terrass
21	Guldhedsdalen nord	48	Näckrosdammen/Renströmsparken
22	Fjäderborgen	49	Johanneberg
23	Malmstensgatan	50	Humanistparken
24	Molinsparken	51	Landeriet
25	Vasakyrkan	52	Offentliga miljöer Universeum/
26	Hvidtfeldtsparken		Världskulturmuseet
27	Delsjöbäckravinen	53	Carlanderska parken
28	Örgryte gamla kyrka	54	Wiikandersparken
29	Stora Gårda	55	Johannebergsparken
30	Kronhjortsgatan	56	Brant vid Kolonigatan
31	Kardfeldtsgatan	58	Rusthållarplatsen
32	Oscar Fredriks lekplats	59	Laboratoriegatans lekplats
33	Slottsskogen	60	Ekorrdungen
34	Medicinarberget	61	Grönstedtsparken
35	Konstepidemin	62	Hackspettsgatan
36	Brunnsgatan/Annedalsskolan	64	Guldhedsdalen mitt
37	Engelska parken	65	Kallebäckparken

8.5 Förorenade områden

Inventering av potentiellt förorenade områden har omfattat hela utredningsområdet. Utredningen har utförts stegvis omfattande 1) identifiering av potentiellt förorenade områden följt av 2) översiktligt urval baserat på typ av verksamhet. Riskklassificering har gjorts med hänsyn till aktuella verksamheter och spridningsförutsättningar. För detaljer hänvisas till underlagsdokument [3] Inventering förorenade områden.

Följande underlag har använts vid inventeringen:

- Göteborgs Stads och Mölndal Stads verksamhetsregister över miljöfarlig verksamhet
- Länsstyrelsens verksamhetsregister
- Tillståndspliktig miljöfarlig verksamhet (Länsstyrelsen). Länsstyrelsens EBH-register
- Övriga källor

Vid klassningen av de olika verksamheterna har Naturvårdsverkets branschkartläggning (BKL) använts. I BKL tilldelas ett 60-tal branscher riskklass i skalan 1-4, där branscher i riskklass 1 medför störst risk för människa, natur och miljö samt att verksamheten sannolikt bidragit till uppkomst av förorening.

Genomgång av samtliga verksamheter inom influensområdet har lett fram till ett urval av totalt 34 objekt varav 26 klassats i riskklass 2-4 och som haft verksamheter som bedömts utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar. Denna riskbedömning baseras bland annat på kemikaliernas och föroreningarnas egenskaper och mängden ämnen som hanterats i verksamheten. Vidare har förutsatts att risk för spridning föreligger där det finns hydraulisk kontakt mellan undre och övre grundvattenmagasin, det vill säga där eventuell förorening i övre magasin kan spridas till undre i samband med grundvattenpåverkan från Västlänken. Dessa områden utgör de så kallade randzoner som finns vid gräns mellan lerfyllda dalgångar och höga bergnivåer. Det är i dessa områden den huvudsakliga grundvattenbildningen till undre magasin sker.

I tabell 8.17 och 8.18 redovisas de verksamheter med förhöjd risk inom eller i anslutning till influensområdets randzoner. I tabellerna redovisas även objekt där verksamheter inom randzon inte bedömts utgöra förhöjd risk (exempelvis sanerade områden).

En sammanställning av inventerade objekt (inom randzon) visas i figur 8.21. I följande kapitel 8.5.2 till 8.5.10 redovisas de objekt som identifierats samt åskådliggörs vilka hydrogeologiska miljöer dessa förekommer.

Påverkan och redovisade effekter på förorenade områden i föreliggande kapitel förutsätter att inga skyddsåtgärder vidtas, för beskrivning av konsekvenser hänvisas till MKB.

8.5.1 Effekter

Inom influensområdet finns olika förutsättningar för föroreningsspridning, i huvudsak beroende på berggrundens och jordlagrens geologiska uppbyggnad samt grundvattenförhållanden där verksamheten varit lokaliserad eller är belägen. Även kemikalieanvändningens omfattning, typ och mängd samt kemikaliernas och föroreningarnas mobilitet i vatten påverkar. Influensområde är delvis kraftigt exploaterat och utsatt för ett hårt föroreningstryck. Grundvattnet används inte som dricksvatten och kan i princip inom hela influensområdet förutsättas vara förorenat.

Inom influensområdets tätbebyggda delar sker en betydande dränering av grundvatten till ledningar, ledningsgravar och dränerade undermarksdelar (källare och liknande), särskilt i de övre marklagren (fyllning). I områden där bergytan ligger ytligt finns grunda bergschakt via vilka grundvatten insamlas och avleds. Utöver dessa ytliga dränerande anläggningar finns på djupet ett stort antal dränerande anläggningar (tunnlar och bergrum) till vilka djupare liggande grundvatten i jord och berg strömmar. Det grundvatten som insamlas på detta sätt avleds via dagvattennät och avloppsnät till olika recipienter (Göta älv, Mölndalsån, Vallgraven med flera). Det grundvatten som inte insamlas av dessa dränerande system strömmar i olika grundvattenmagasin till samma recipienter som nämndes ovan. I områden med mäktiga lerlager utgör dessa för de flesta föroreningstyper någon form av barriär, där avrinning i ovanliggande mark (ofta fyllning) sker till ledningar, ledningsgravar och ytliga dräneringar (källare).

Identifierade verksamheter kan ha bidragit till förekomst av föroreningar i fast eller fri fas i mark, ofta över grundvattennivån. Föroreningar i mark har dock konstaterats för endast ett fåtal verksamheter. Nederbördsvatten som tränger ner i marken lakar ut och löser föroreningar och grundvattnet kan därmed få förhöjda förore-

Tabell 8.17 *Antal verksamheter som bedöms utgöra risk vid spridning av eventuella föroreningar. Ingen verksamhet finns under riskklass 1.*

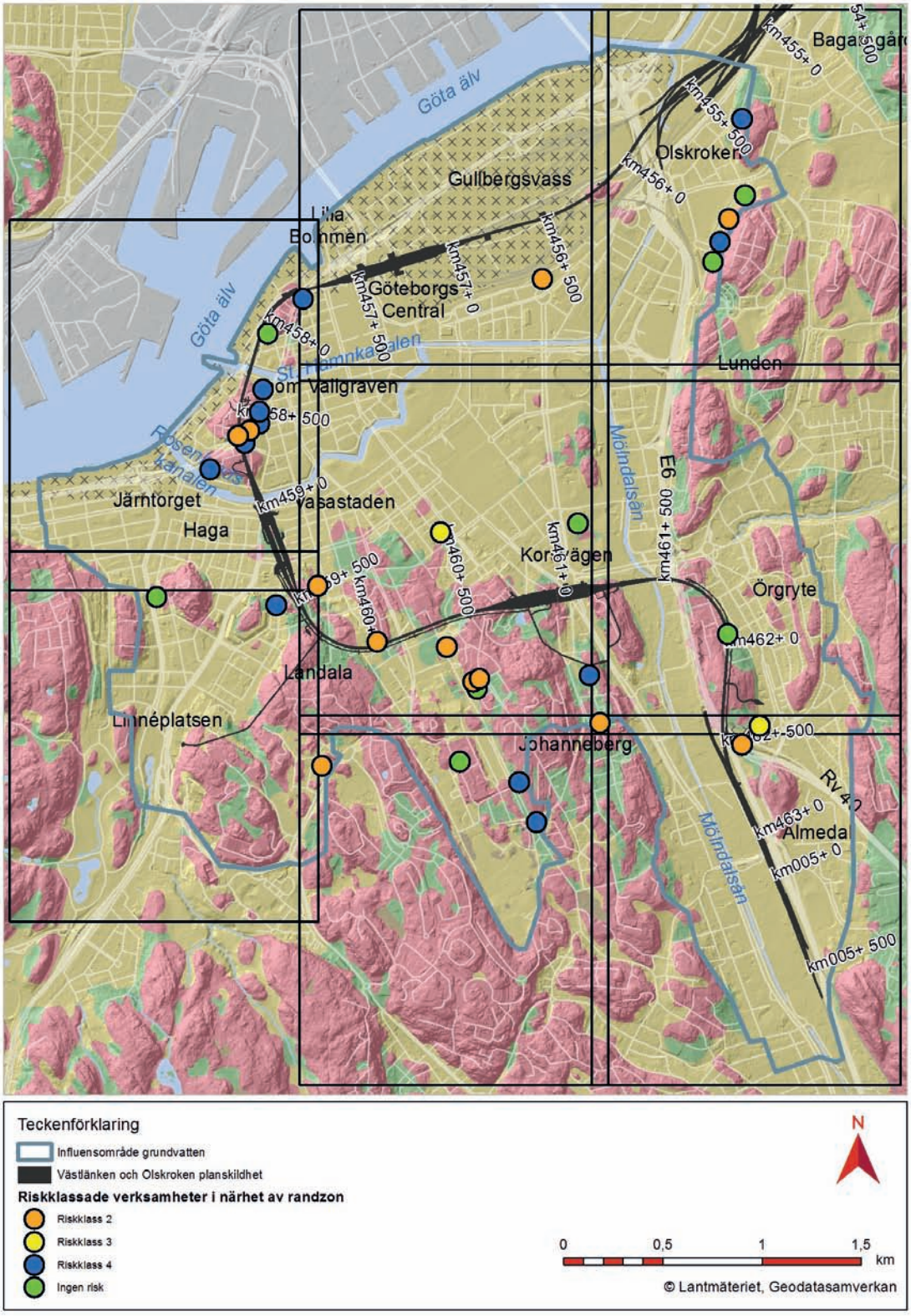
Huvudområde	Antal verksamheter med förhöjd risk			
	Riskklass 2	Riskklass 3	Riskklass 4	Ingen risk
Nord	2	0	2	2
Väst	8	1	9	4
Öst	2	1	2	2
Totalt	12	2	12	8

ningshalter. Vidare spridning av föroreningar sker exempelvis som lösning i vatten, i fri fas eller partikulärt i vatten.

Befintlig föroreningsspridning via grundvatten till olika recipienter kommer att kvarstå även under anläggande och drift av Västlänken. Eventuellt sänkta grundvattennivåer till följd av anläggningen kommer inte på avgörande sätt påverka befintliga spridningsförutsättningar, varför halter och spridningsvägar till olika recipienter i stort kommer att förbli desamma.

Tabell 8.18 *Sammanställning av verksamheter med risk för spridning av eventuella föroreningar. Ingen risk (i kolumn Riskklass) innebär att verksamheten har borttagits, exempelvis området har sanerats.*

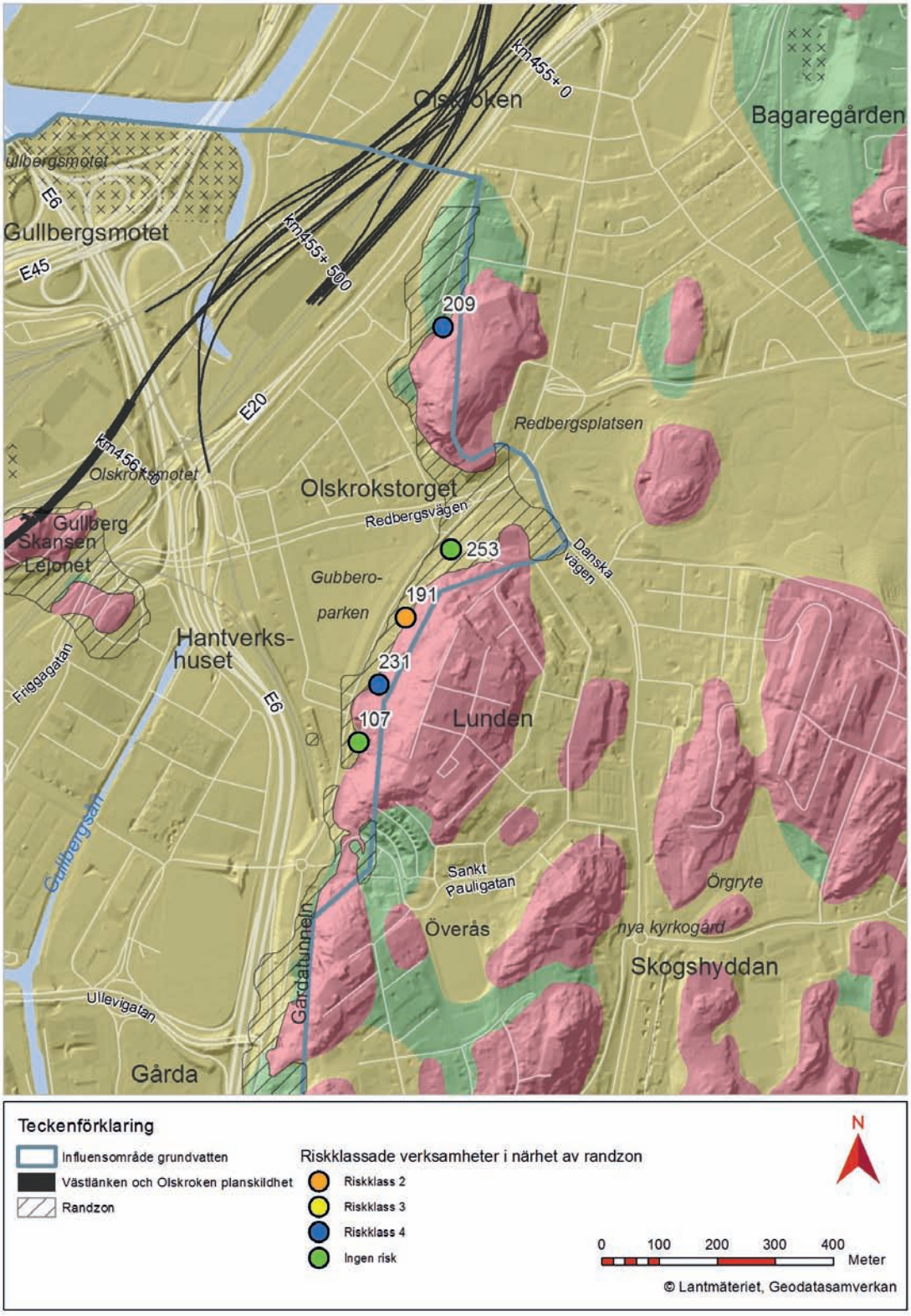
Nr	Fastighet	Riskklass	Objektbeskrivning
8	SKÅR 751:1	Riskklass 2	Övrigt BKL 2
8	SKÅR 751:1	Riskklass 2	Plast
22	JOHANNEBERG 14:36	Riskklass 4	Kemikalier
22	JOHANNEBERG 14:36	Riskklass 4	Sjukhus
40	HEDEN 34:17	Ingen risk	SPIMFAB
56	INOM VALLGRAVEN 40:14	Riskklass 4	Energianläggning
56	INOM VALLGRAVEN 40:14	Riskklass 4	Fordon
107	GÅRDA 57:2	Ingen risk	Fordon
107	GÅRDA 57:2	Ingen risk	Kemikalier
117	LORENSBERG 57:8	Riskklass 3	Kemtvätt - med lösningsmedel
134	GULLBERGSVASS 13:16	Riskklass 2	SJ:s verkstäder
138	INOM VALLGRAVEN 61:11	Riskklass 2	Ytbehandling av metaller elektrolytiska/kemiska processer
158	VASASTADEN 22:23	Riskklass 2	Kemtvätt - med lösningsmedel
174	INOM VALLGRAVEN 60:10	Riskklass 4	Ytbehandling av metaller mekaniska/fysikaliska processer
185	VASASTADEN 12:9	Riskklass 2	Kemtvätt - med lösningsmedel
191	GÅRDA 67:7	Riskklass 2	Kemtvätt - med lösningsmedel
191	GÅRDA 67:7	Riskklass 2	Tvätteri
199	NORDSTADEN 32:2	Riskklass 4	Färgindustri
200	INOM VALLGRAVEN 60:9	Riskklass 4	SPIMFAB
202	ANNEDAL 2:1	Riskklass 4	Ytbehandling av metaller elektrolytiska/kemiska processer
207	NORDSTADEN 21:1	Ingen risk	Sågverk utan doppning/impregnering
209	OLSKROKEN 23:12	Riskklass 4	Kemtvätt - med lösningsmedel
210	KOMMENDANTSÄNGEN 1:12	Ingen risk	Detaljhandel
222	JOHANNEBERG 2:5	Riskklass 2	Kemtvätt - med lösningsmedel
231	GÅRDA 67:2	Riskklass 4	Kemtvätt - med lösningsmedel
240	INOM VALLGRAVEN 61:12	Riskklass 2	Kemtvätt - med lösningsmedel
242	KROKSLÄTT 102:9	Riskklass 4	Drivmedelshantering
253	GÅRDA 67:12	Ingen risk	Bilvårdsanläggning, bilverkstad samt åkerier
258	JOHANNEBERG 4:11	Riskklass 2	Kemtvätt - med lösningsmedel
264	JOHANNEBERG 47:17	Riskklass 4	Kemtvätt - med lösningsmedel
265	INOM VALLGRAVEN 42:4	Riskklass 4	Övrigt BKL 4
267	INOM VALLGRAVEN 53:15	Riskklass 4	Ytbehandling av metaller mekaniska/fysikaliska processer
277	BÖ 36:5	Ingen risk	Energianläggning
280	JOHANNEBERG 7:3	Ingen risk	Tvätteri
292	JOHANNEBERG 4:9	Riskklass 2	Kemtvätt - med lösningsmedel
300	KROKSLÄTT 85:17	Riskklass 2	Kemtvätt - med lösningsmedel
316	JOHANNEBERG 31:9	Ingen risk	Energianläggning
325	SKÅR 751:93	Riskklass 3	Fordon
325	SKÅR 751:93	Riskklass 3	Övrig miljöstörande verksamhet
334	GULDHEDEN 8:11	Riskklass 2	Drivmedelshantering



Figur 8.21 *Förekomst av verksamheter inom randzon med riskklass 2-4 samt objekt som inte bedöms som risk.*

8.5.2 Olskroken

I Olskroken är verksamheter som bedöms kunna utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar lokaliserade till randzon i anslutning till bergpartiet i öster, se figur 8.22. Västlänken bedöms inte förändra rådande spridningsförhållanden och därmed inte orsaka förhöjd risk vid eventuell spridning.



Figur 8.22 *Förekomst av verksamheter som bedöms utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar.*

8.5.3 Gullbergsvass - Nordstaden

Inom området förekommer två verksamheter som bedöms kunna utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar. Dessa är lokaliserade till norr om Odinsplatsen och till randzon väster om Station Centralen, se figur 8.23. Västlänken bedöms inte förändra rådande spridningsförhållanden vid Odinsplatsen, vilket dock inte kan uteslutas vid objekt 199 (färgindustri) i samband med anläggningsskedet.

Figur 8.23 Förekomst av verksamheter som bedöms utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar.

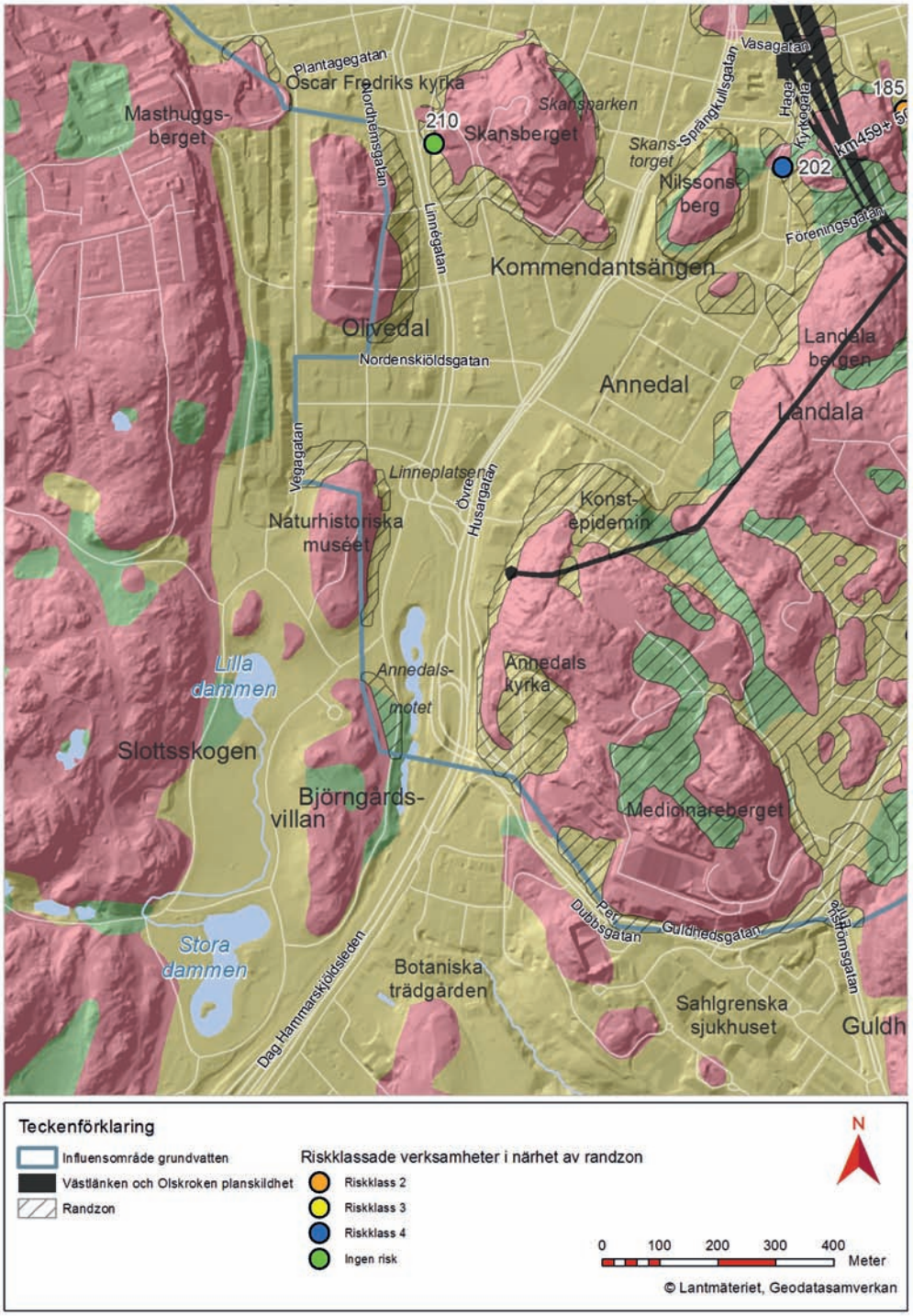
8.5.4 Kvarnberget - Haga

I området är verksamheter som bedöms utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar lokaliserade på eller i anslutning till bergpartierna Kvarnberget, Otterhällan och Kungshöjd, se figur 8.24. Av de verksamheter som redovisas kan inte uteslutas förhöjd risk vid eventuell spridning från verksamheterna 138 och 240 (tunga klorerade kolväten).

Figur 8.24 *Förekomst av verksamheter som bedöms utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar.*

8.5.5 Linné

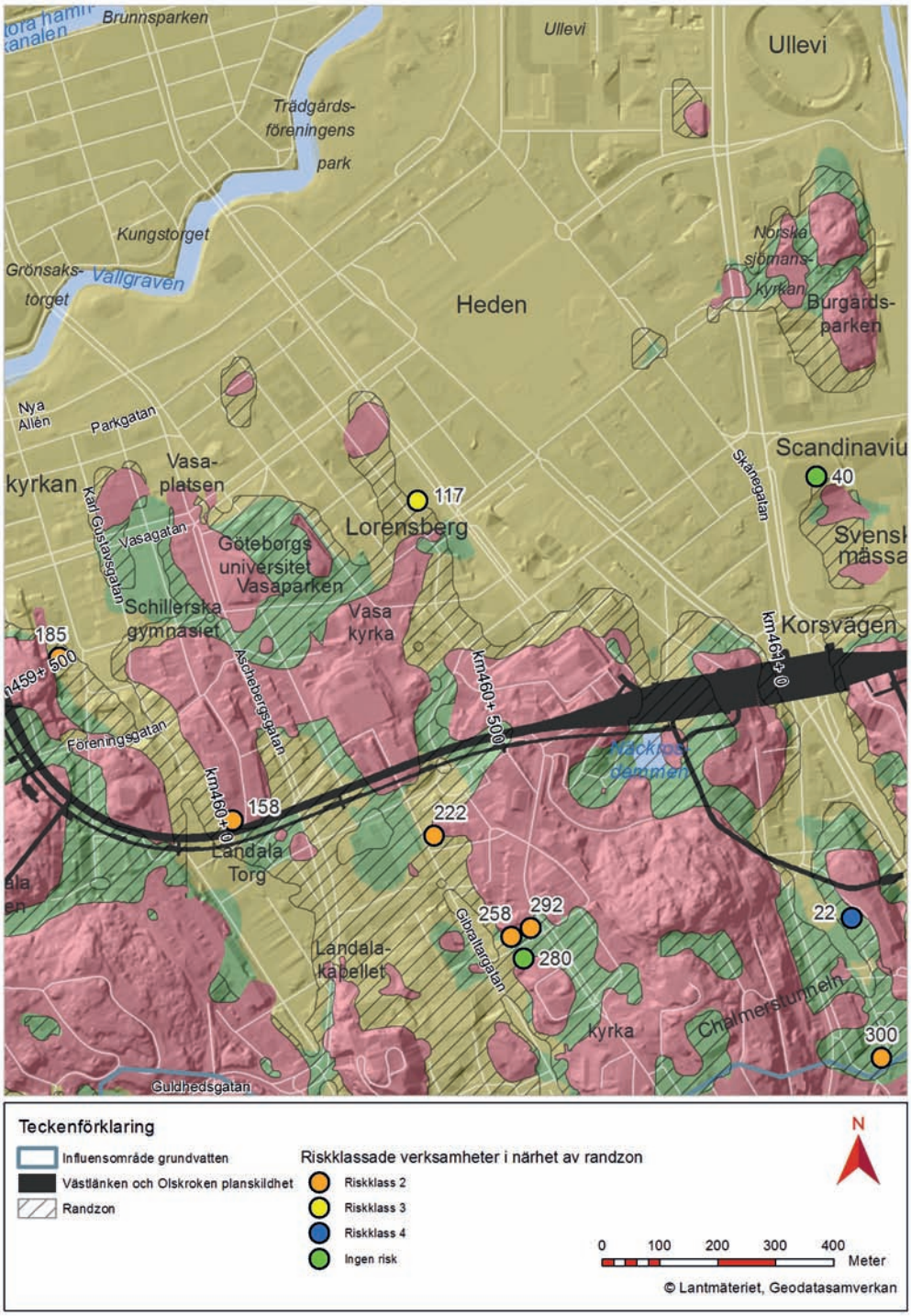
I området finns väster om Station Haga en verksamhet (202) som bedöms utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar, figur 8.25. Västlänken bedöms dock inte förändra rådande spridningsförhållanden och därmed inte orsaka förhöjd risk vid eventuell spridning.



Figur 8.25 *Förekomst av verksamheter som bedöms utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar.*

8.5.6 Vasastaden – Korsvägen

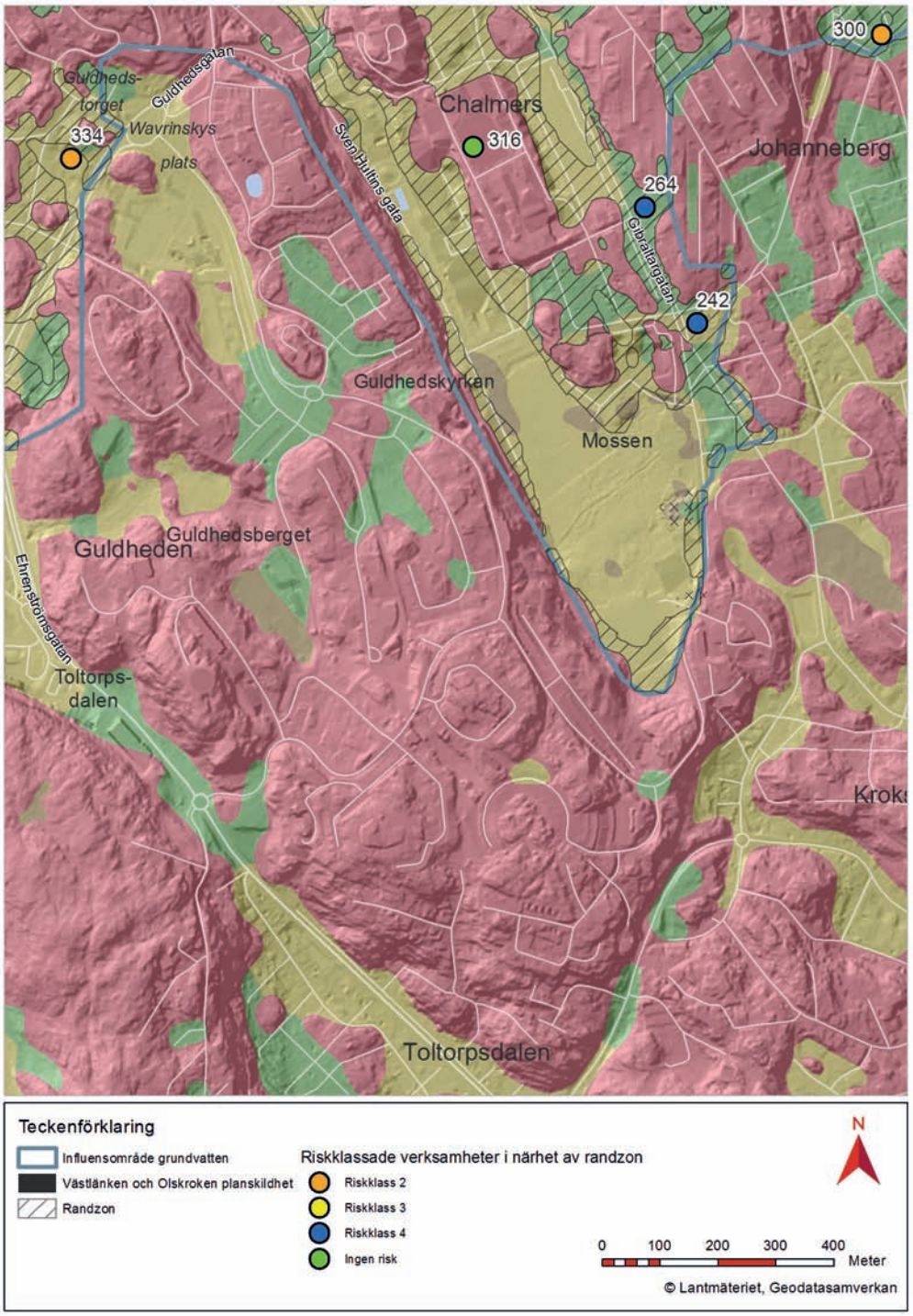
I området finns verksamheter som bedöms utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar lokaliserade i randzoner uppströms (söder om) Västlänken, se figur 8.26. Av de verksamheter som redovisas kan inte uteslutas förhöjd risk vid eventuell spridning från verksamheterna 158 och 222 (tunga klorerade kolväten). För övriga verksamheter bedöms Västlänken inte medföra förhöjd risk vid eventuell spridning.



Figur 8.26 *Förekomst av verksamheter som bedöms utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar.*

8.5.7 Johanneberg

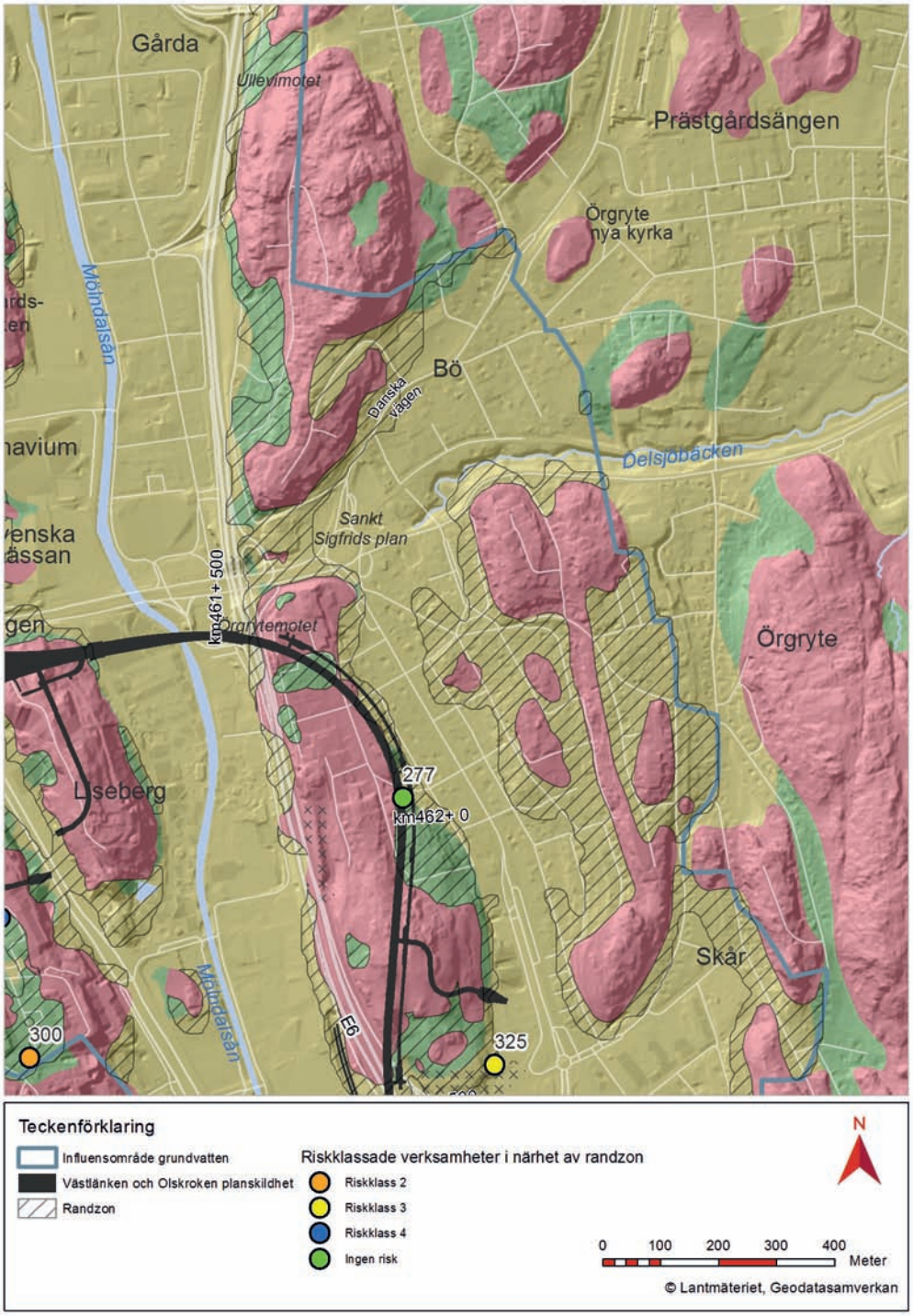
I Johanneberg finns verksamheter som bedöms utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar öster om Gibraltargatan och vid Wavrinskys plats, figur 8.27. För områdets verksamheter bedöms Västlänken inte medföra förhöjd risk vid eventuell spridning.



Figur 8.27 *Förekomst av verksamheter som bedömts utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar.*

8.5.8 Gårda - Örgryte

I området finns en verksamhet (325) som bedöms kunna utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar, se figur 8.28. Rådande grundvattenförhållanden innebär sannolikt att eventuell förorening sprids till befintlig vägdränering. Det kan inte uteslutas att Västlänken kan innebära ökad risk vid eventuell föroreningsspridning.



Figur 8.28 *Förekomst av verksamheter som bedömts utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar.*

8.5.9 Almedal

I Almedal finns en verksamhet (8) som bedöms kunna utgöra risk för spridning av eventuell förorening, se figur 8.29. Rådande grundvattenförhållanden innebär sannolikt att eventuell förorening sprids till befintlig vägdränering. Det kan inte uteslutas att Västlänken kan innebära ökad risk vid eventuell föroreningsspridning.

Figur 8.29 *Förekomst av verksamheter som bedöms utgöra risk för spridning av eventuella föroreningar.*

8.6 Grundvattenberoende fornlämningar

Inom influensområdet förekommer fornlämningar där grundvattensänkning kan ge upphov till nedbrytning (skador) på konstruktioner och kulturlämningar innehållande organiskt material. Berörda fornlämningar är:

- Göteborg 216:1, befästningsanläggningar och stadslager
- Göteborg 342, stadslager
- Göteborg 135:1, Skansen Lejonet och Gullberg
- Göteborg 436:1, Garnisonens begravningsplats
- Göteborg 500, Johannebergs landeris trädgård och park

Påverkan och redovisade effekter på grundvattenberoende fornlämningar i föreliggande kapitel förutsätter att inga skyddsåtgärder vidtas, för beskrivning av konsekvenser hänvisas till MKB.

8.6.1 Göteborg 216:1 Befästningsanläggningar och stadslager

Denna fornlämning omfattar nuvarande Nordstaden, området Inom Vallgraven och Vallgravsstråket. Stadslagren utgör äldre marklager som innehåller lämningar av äldre bebyggelse. Befästningslämningen uppbyggs av rester av murpartier, kanaler, vallgrav och fältvall med tillhörande grundläggning. Under mark ligger rester av de gamla befästningsverken kvar med bland annat intakta murar vilandes på rustbäddar med upp till 10 meter långa pålar nedsatta i leran. Under många av dagens fastigheter och gator finns lämningar kvar av äldre bebyggelse med kulturlager. Kulturlagren är känsliga för att utsättas för syre vilket innebär att grundvattennivån i övre magasin inte bör sänkas under trägrundläggningars och stadslagrens överkant.

Övre grundvattenmagasin finns företrädesvis i de fyllningslager som utlagts på naturliga jordlager i syfte att skapa byggbar mark. Det kan förutsättas att äldre trägrundläggning nedsattes i blöt lera för att begränsa nedbrytning av det organiska materialet. I den nuvarande jordprofilen kan därför antas att överkant trägrundläggning ligger i nivå med torrskorpelerans underkant. Vidare kan antas att trägrundläggning i anslutning till kanaler skyddas genom Göta älvs stabila vattenstånd (havsnivå).

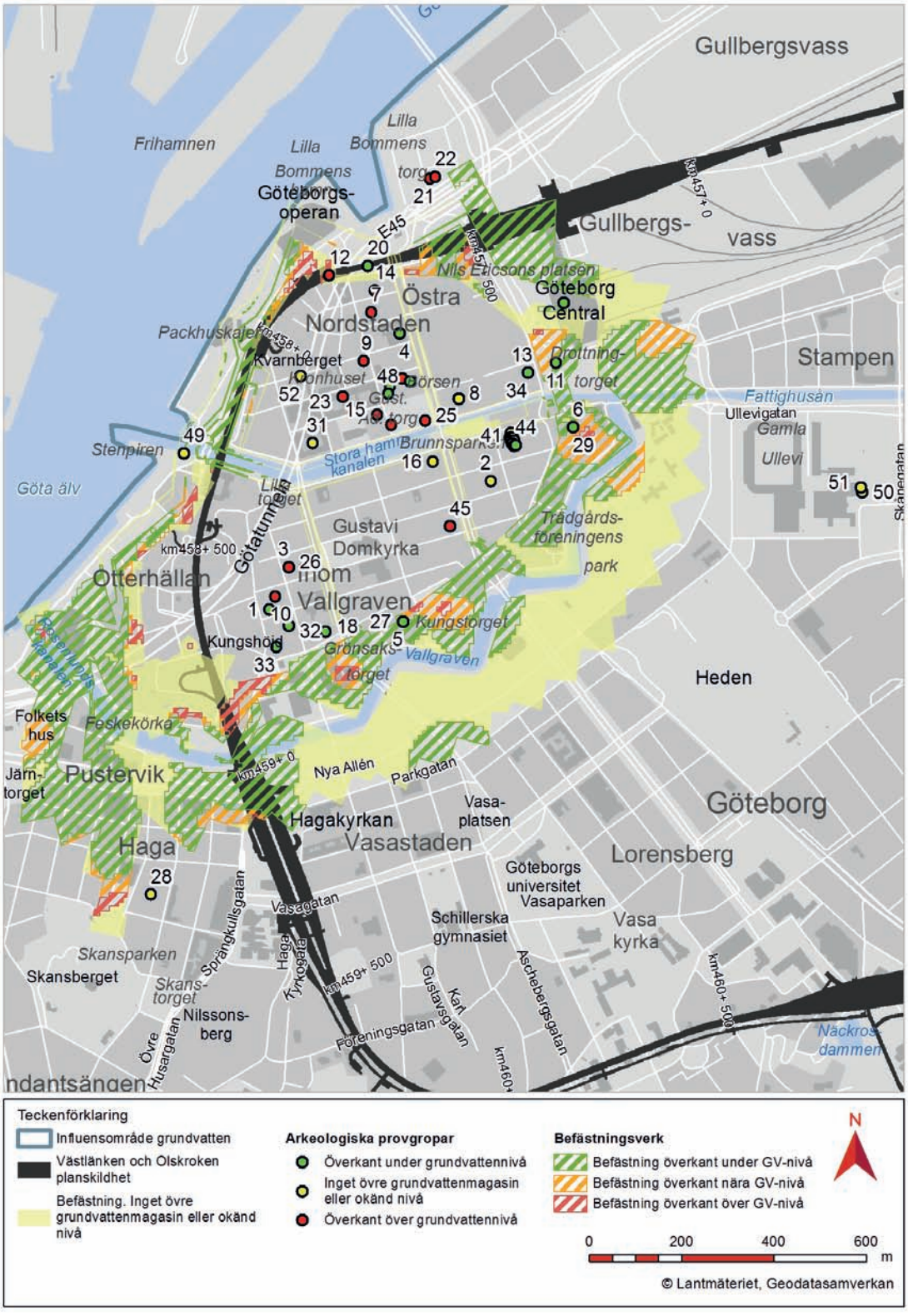
Befintlig situation för trägrundläggning inom fornlämning 216:1 har analyserats genom att samtolka trägrundläggningens överkant mot grundvattennivåer i övre magasin, se figur 8.30 och 8.30. Vid analysen har använts medelnivåer samt låga grundvattennivåer.

Av tolkningen framgår att stora delar av befästningsanläggningen med marginal ligger under grundvattennivån i övre magasin (figur 8.30), men att det finns yttre delar som gränsar till högre liggande områden där grundvattennivån ligger under eller nära trägrundläggningens överkant. För delar av befästningsanläggningen, särskilt dess östliga del, är grundvattennivåerna i övre magasin något osäkra varför någon analys inte har genomförts. Det är dock sannolikt att ungefär samma stabila grundvattensituation råder som för övriga delar av befästningsanläggningen i denna del till följd av Vallgravens hydrauliskt stabiliserande funktion, möjligtvis undantaget områden sydväst om Göteborgs Central.

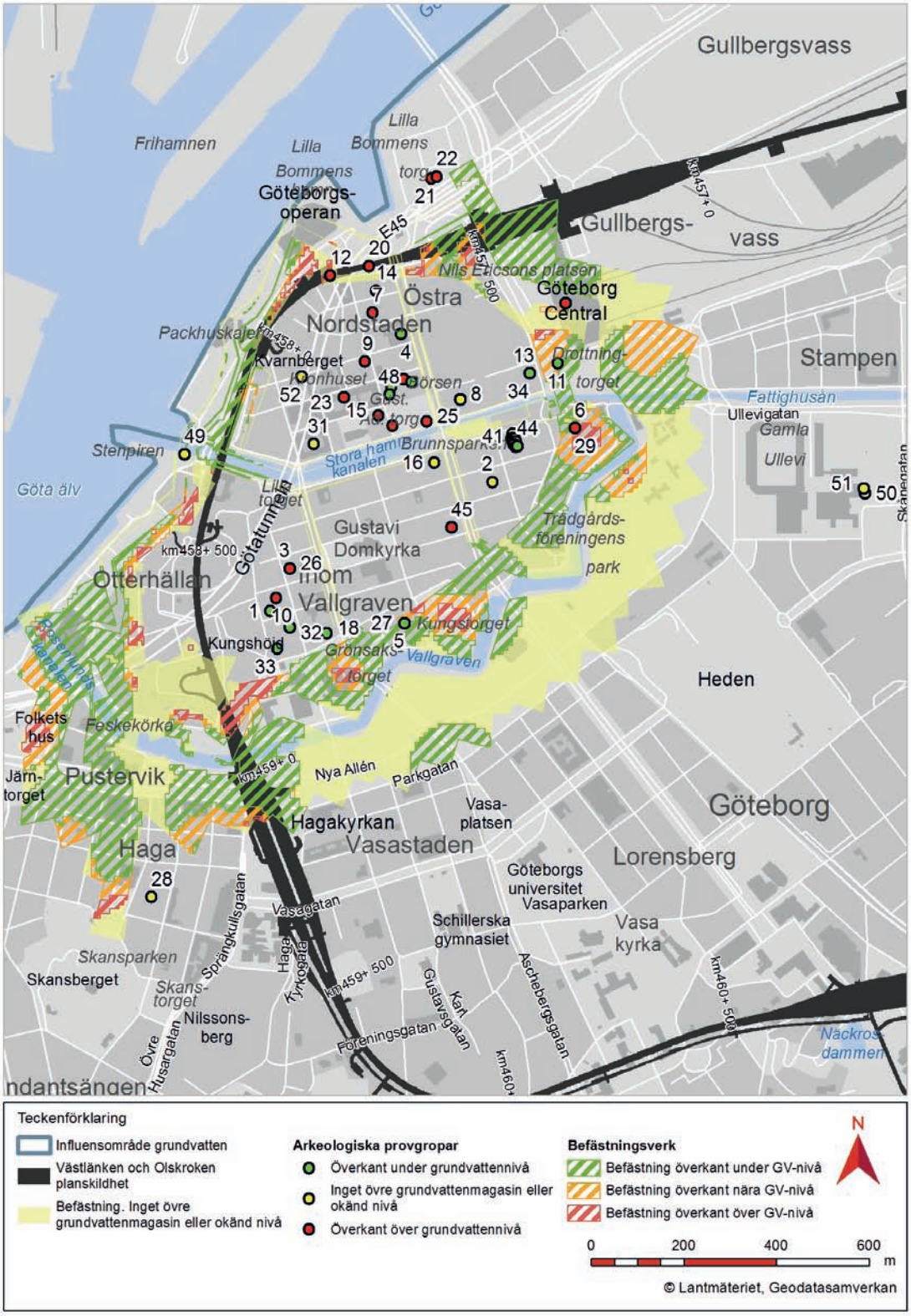
Analys av fornlämningen har även gjorts genom att jämföra situationen vid låga grundvattennivåer, figur 8.31. Den bild som framkommer är att det då är betydligt större ytor samt enskilda objekt som ligger över grundvattennivån.

När det gäller stadslagret (Inom Vallgraven) medför högre marknivåer, större avstånd till Vallgraven samt påverkan från dränerande undermarksanläggningar, ledningsgravar och källare att fornlämningen i stor utsträckning ligger över grundvattennivån i övre magasin.

Byggande och drift av Västlänken kan, utöver direkt påverkan genom schaktning till exempel vid Station Centralen och vid passage av Stora Hamnkanalen och Rosenlundskanalen, ge upphov till lokal påverkan och negativa effekter på kulturmiljön, främst väster om Kvarnberget och sydliga delar av Kungshöjd samt i området kring Hagakyrkan.



Figur 8.30 *Befästningsverk och stadslagers nivå i relation till normala grundvattennivåer i övre magasin i jord.*



Figur 8.31 *Befästningsverk och stadslagers nivå i relation till låga grundvattennivåer i övre magasin i jord.*

8.6.2 Göteborg 342 Stadslager

Området utgör älvnära delar av Masthugget. Ingen grundvattenpåverkan som påverkar grundvattennivån i övre magasin förväntas i denna del, varför stadslagren inte kommer att påverkas.

8.6.3 Göteborg 135:1 Skansen Lejonet och Gullberg

Fornlämningen är inte geografiskt avgränsad och det är möjligt att delar av Gullberg omgärdas av rester efter en vallgrav. Området kommer att direkt beröras av planerad byggnation för Västlänken.

8.6.4 Göteborg 436:1 Garnisonens begravningsplats

Området ligger direkt väster om Nya Ullevi. Ingen grundvattenpåverkan i övre magasin förväntas i denna del, varför objektet inte kommer att påverkas.

8.6.5 Göteborg 500 Johannebergs landeris trädgård och park

Området ligger väster om Södra vägen i ett område med höga bergnivåer och förhållandevis tunna jordlager. Västlänkens Station Korsvägen byggs i berg under området. Det bedöms sannolikt att delar av Johannebergs landeri kommer att påverkas vilket kan innebära sänkta grundvattennivåer i övre magasin.

9. Skyddsinfiltration

9.1 Allmänt

Västlänken kommer till stora delar att byggas under rådande grundvattennivå, varför det kommer föreligga ett behov av bortledning av grundvatten under såväl anläggningsskede som efteråt. Med hjälp av täta konstruktioner (berg och betong) eftersträvas lågt inläckage och genom kontroll- och skyddsåtgärder är målsättningen att skadlig grundvattenpåverkan ska undvikas. Närmare information om tätningsåtgärderna återfinns i Teknisk Beskrivning.

Avsänkta grundvattennivåer till följd av Västlänken uppkommer i första hand i berg och i undre grundvattenmagasin i jord. I områden där det förekommer hydraulisk kontakt mellan undre och övre magasin i jord kan påverkan spridas till övre magasin. Påverkan på övre grundvattenmagasin bedöms därmed bli underordnad och endast uppkomma lokalt. Påverkan på övre magasin i jord ska motverkas genom att med tätningsåtgärder och skyddsinfiltration minimera grundvattennivåförändringar i första hand i undre magasin. Direkt påverkan i övre grundvattenmagasin kan uppkomma i områden där schaktning görs i övre jordlager (exempelvis upp- och nedgångar vid stationer, tunnelpåslag och ventilationsschakt).

För att undvika skadlig grundvattensänkning kan det bli aktuellt att utföra olika typer av skyddsåtgärder, huvudsakligen skyddsinfiltration. Infiltration planeras att vid behov utföras inom influensområdet, i huvudsak begränsat till anläggningsskedet. I särskilt känsliga områden kan det efter anläggandet bli aktuellt med permanent skyddsinfiltration. Infiltration medför ökad grundvattenmängd och är en tillståndspliktig vattenverksamhet enligt miljöbalken.

Behov av skyddsinfiltration baseras på åtgärdsnivåer för olika riskobjekt inom ramen för projektets kontrollprogram.

9.2 Genomförande

Syftet med skyddsinfiltration är att höja vattennivåer i grundvattenmagasin för att därmed reducera eventuell påverkan och undvika skadligt låga grundvattennivåer. Skyddsinfiltrationen ska också genomföras så att skadligt höga nivåer till följd av infiltrationen undviks.

Skyddsinfiltration utförs genom att till grundvattenmagasin tillföra vatten via brunnar och/eller gropar i mark. Brunnar kan vara anlagda både i jordlager och i berg. Vattenflöden och vattenmängder baseras bland annat på jordlagrens och berggrundens vattenförande förmåga, aktuella grundvattennivåer och naturliga grundvattennivåfluktuationer. Styrning av infiltrationen görs baserat på grundvattennivåmätningar och framtagna åtgärdsnivåer (inom ramen för kontrollprogram).

Genomförda undersökningar, samt erfarenheter från andra projekt som omfattar skyddsinfiltration, visar att skyddsinfiltration är ett effektivt sätt att begränsa risken för skada. Principuppbyggnad för en infiltrationsanläggning i jord framgår av Teknisk Beskrivning.

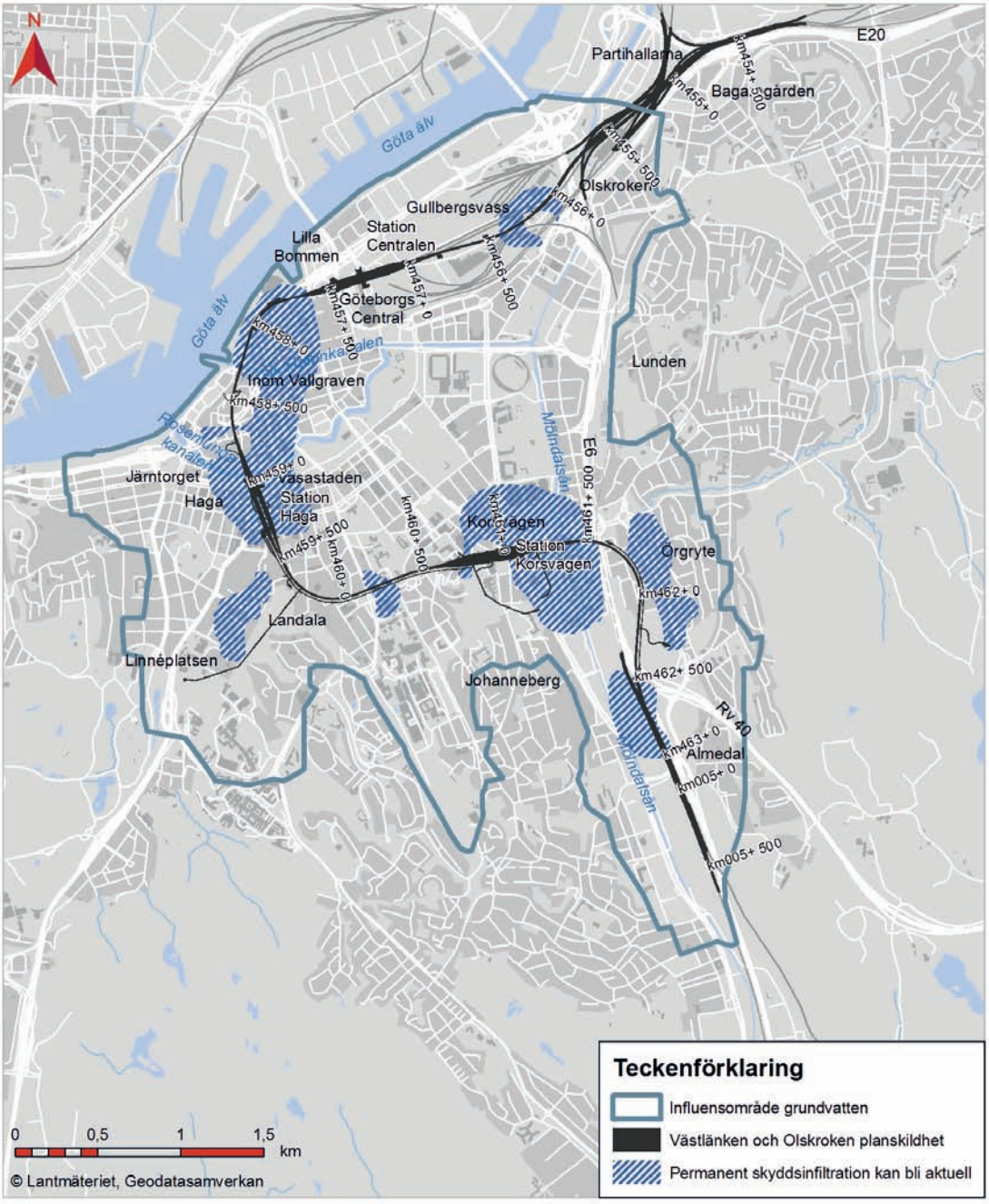
Skyddsinfiltration planeras vid behov inom hela influensområdet, huvudsakligen i områden där det förekommer riskobjekt som är känsliga för grundvattenpåverkan. Det bedöms att skyddsinfiltration i flertalet fall kommer att koncentreras till anläggningsskedet, medan permanent infiltration begränsas till ett mindre antal områden. I figur 9.1 redovisas de områden där permanent skyddsinfiltration kan bli aktuell.

Under anläggningsskedet kommer skyddsinfiltration att utföras med kommunalt dricksvatten, medan det under tiden efter färdigställande kan bli aktuellt med annan vattenförsörjning.

9.3 Risker med skyddsinfiltration

Skyddsinfiltration måste genomföras på sådant sätt att skadliga effekter undviks. Exempel på skadliga effekter kan vara inläckage av vatten till byggnader (källare) och anläggningar under mark, ändrad vattenkemi, höga vattennivåer vid naturvärden och ändrade nivåer och flödesvägar som berör mobilisering och spridning av föroreningar i mark och vatten.

Eftersom ett flertal riskobjekt associeras till grundvattennivåsänkningar i undre magasin, bedöms sannolikheten för skadliga effekter i övre



Figur 9.1 *Huvudsakliga områden där permanent skyddsinfiltration kan bli aktuell.*

grundvattenmagasin liten. Därmed görs bedömningen att sannolikheten för att ovan nämnda risker ska aktualiseras förhållandevis liten. Undantag är områden i nära anslutning till schakt i ytliga marklager, där riskanalyser ska utföras som stöd till genomförande av skyddsinfiltration (exempelvis åtgärdsnivåer för höga grundvattennivåer).

10. Referenslista övriga dokument

Gustafson G., 2009: Hydrogeologi för bergbyggare. Forskningsrådet Formas. ISBN 978-91-540-6029-0.

Kruseman G.P, de Ridder N.A., 1990: Analysis and Evaluation of Pumping Test Data (Second ed.). Wageningen, The Netherlands: International Institute for Land Reclamation and Improvement. ISBN 90-70754-207.

Rodhe A, Lindström G, Rosberg J & Pers C., 2006: Grundvattenbildning i svenska typjordar, Uppsala universitet.

Vidstrand P., 1999: Hydrogeological scale effects in crystalline rocks. Comparison of field data from Äspö HRL with data from predictive upscaling methods, Göteborg: Licentiate Thesis, Chalmers University of Technology.

Gustafson G., 1986: Hydrogeological preinvestigations in rock. Theoretical basis and applications. Stockholm: Swedish rock Engineering Research Foundation (BeFo)

Nedan redovisas ett urval handlingar som utgjort underlag till PM Hydrogeologi.

PM AKF04-104 Brunnsinventering

PM AKF05-105 Infiltrationsanläggningsinventering

PM F05-019 Pågående sättningar och sättningsprognos – mark

PM F05-020 Pågående sättningar och sättningsprognos – byggnader och byggnadsverk

TRAFIKVERKET

Trafikverket, 405 33 Göteborg, Besöksadress Kruthusgatan 17.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 0243-795 90

www.trafikverket.se