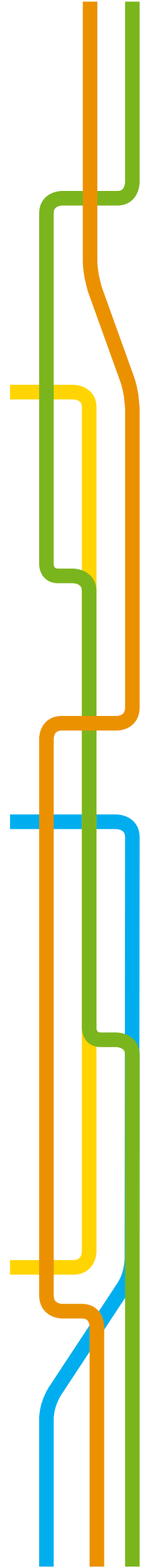


Miljöprövning för tunnelbana till Arenastaden

Bilaga B

Miljökonsekvensbeskrivning



Miljökonsekvensbeskrivning

Bilaga B

Miljöprövning för tunnelbana till Arenastaden

Titel: Miljökonsekvensbeskrivning

Konsult: WSP

Författare: Sofia Gröhn, Maria Andersson Bianchi, Marianne Klint, Ezequiel Pinto-Guillaume, Mari Ferring

Projektledare: Malin Harders

Bilder & illustrationer: WSP och Stockholms läns landsting om inget annat anges

Dokumentid: 3140-M35-22-01003

Diarienummer: FUT 2016-0025

Utgivningsdatum: 2017-01-27

Distributör: Stockholms läns landsting, förvaltning för utbyggd tunnelbana

Box 225 50, 104 22 Stockholm. Tel: 08 737 25 00. E-post: nyatunnelbanan@sl.se

Icketeknisk sammanfattning

Stockholm växer med drygt 35 000 personer om året och har även en viktig roll i landets ekonomiska tillväxt. Enligt prognoser förväntas den totala befolkningen i Stockholms län öka från dagens 2,1 miljoner till 2,6 miljoner år 2030. Det ligger en utmaning i att möta denna tillväxt på ett hållbart sätt och parallellt tillgodose de ökade behoven av fler bostäder och arbetsplatser. Samtidigt ökar även trängseln vilket innebär att framkomlighet har blivit en fråga för regionen som kräver lösning.

Tunnelbanans stora betydelse för Stockholmsregionens tillväxt var grunden till att regeringen under 2013 initierade en förhandling i syfte att hitta en överenskommelse för hur en utbyggd tunnelbana skulle kunna finansieras. Uppdraget innebar även att få till stånd en ökad bostadsbebyggelse varvat med största möjliga samhällsekonomiska nytta. De kommuner som ingår i överenskommelsen (Stockholms stad, Nacka kommun, Solna stad och Järfälla kommun), kallad Stockholmsöverenskommelsen, har åtagit sig att bygga 78 000 bostäder i tunnelbanans närområde. Utöver bostadsbebyggelsen omfattar avtalet 19 kilometer ny tunnelbana och tio nya tunnelbanestationer.

Tre tunnelbaneutbyggnader ingår i förhandlingen:

- Utbyggnad av tunnelbana till Nacka och Gullmarsplan/Söderort.
- Utbyggnad av tunnelbana till Arenastaden.
- Utbyggnad av tunnelbana från Akalla till Barkarby station.

Denna miljökonsekvensbeskrivning (MKB) har tagits fram som ett underlag i Stockholms läns landstings ansökan om tillstånd enligt miljöbalken. Under tunnelbanans bygg- och drifttid kommer grundvatten att behöva ledas bort, vilket är tillståndspliktig vattenverksamhet enligt miljöbalken. SLL ansöker därmed om tillstånd hos mark- och miljödomstolen att få leda bort grundvatten samt infiltrera vatten vid behov. Stockholms läns landsting har haft samråd med myndigheter och allmänhet under perioden juni 2014-januari 2017 enligt kap 6 § 4 i miljöbalken. Länsstyrelsen bedömde i beslut den 30 juni 2015 att vattenverksamheten kan antas medföra betydande miljöpåverkan. Parallellt med tillståndsansökan sker en så kallad planprövning med järnvägsplan enligt lag om byggande av järnväg och detaljplan enligt plan- och bygglagen.

Denna MKB-rapport beskriver påverkan och konsekvenser vid byggande och drift av tunnelbanan till Arenastaden. Byggstart förväntas pågå från tidigast 2018 och planerad byggtid är cirka 6 år. Rapporten avhandlar de miljöaspekter som påverkas på ett betydande sätt av projektet, så som konsekvenser av grundvattenbortledning samt konsekvenser för ytvatten, naturmiljö och kulturmiljö. Dessutom omfattar rapporten betydande miljöaspekter under byggtiden av anläggningen, som buller, stomljud, utsläpp till vatten, masshantering, transporter och vibrationer.

Den Gula tunnelbanelinjen med stationer i Hagastaden, Hagalunds industriområde och Arenastaden är cirka 4 kilometer lång. På sikt kan tunnelbanan också förlängas norrut.

Vid anläggande av Gul linje med tillhörande arbets- och servicetunnlar, stationer och schakter (ventilationsschakt, schakt som utgör utrymningsväg, brandventilationsschakt och tryckutjämningsschakt) kommer grundvatten att läcka in i anläggningarna från omgivande berg

och grundvattenmagasin i jord. Tunnelbanan kommer nästan uteslutande att gå i berg, förutom entréer till stationerna, påslag till arbets- och servicetunnlar och ovan nämnda schakter som sträcker sig upp till markytan.

Påverkan av grundvattenbortledning

Trots att tunnlar kommer att tätas kommer ett visst inläckage av grundvatten att kvarstå. Detta inläckage kan variera längs med tunneln, beroende på hur tätt berget är och hur väl man lyckas med tätningen av tunnlar. Inläckande grundvatten medför en grundvattennivåsenkning kring tunnlar. Störst senkning sker närmast tunnlar och avsenkning minskar med ökat avstånd från tunnlar. Hur mycket grundvattennivån påverkas beror på hur mycket vatten som läcker in i tunneln, grundvattenmagasinets känslighet med mera. Vanligtvis är det bara närområdet längs med tunnlar som påverkas, men detta kan variera beroende på bergets vattenförande egenskaper. Området som förväntas kunna påverkas benämns influensområde grundvatten.

Att leda bort grundvatten kan innebära en risk för att grundvattennivåer i jord och berg sjunker. En senkning av grundvattnets nivå i jord kan i sin tur medföra sättningar som kan skada mark, byggnader och anläggningar. Senkning av grundvattennivån i berg kan även medföra att energibrunnar får sänkt kapacitet.

För att identifiera olika typer av grundvattenmagasin och lerområden som kan påverkas av en grundvattenbortledning har ett stort undersökningsarbete utförts inom ett utredningsområde grundvatten. Inom detta område har även sättningskänsliga byggnader (grundlagda direkt på lera eller träpålgrundläggning), och anläggningarsamt brunnar inventerats. Även naturmiljö, kulturhistoriska byggnader och fornlämningar har inventerats inom utredningsområdet.

Förändringar av vattnets strömningsbild kan göra så att befintliga grundvattenföroreningar i grundvattnet flyttar på sig. Inventering och provtagning av föroreningar i både jord och vatten har därför utförts längs den planerade spårsträckningen.

Skyddsåtgärder

Alla bergtunnlar som tillhör Gula linjen kommer att tätas med injektering och alla schakter tätas med tillfälliga stödkonstruktioner. Skyddsinfiltration av vatten kan ske i såväl övre som undre grundvattenmagasin. Infiltration i det övre magasinet syftar till att skydda hus som är grundlagda på träpålar och infiltration i det undre magasinet syftar till att upprätthålla porttrycket i lera och minimera risk för marksättningar. Inom influensområdet finns många brunnar varav det absoluta flertalet är energibrunnar. De flesta brunnarna kommer inte att påverkas av utbyggnaden av tunnelbanan men vissa brunnar kan påverkas genom att enskilda sprickor i berget dräneras. Står dessa sprickor i kontakt med en energibrunn kan vattennivån i brunnen sänkas och därmed kan energiutbytet minska. Vid sådan påverkan kan åtgärder vidtas i form av utfyllnad i brunnen med sand (för att få ett effektivare värmeutbyte mellan kollektorslang och berg), fördjupning av brunnen, eller borrning av ny brunn.

Konsekvensbedömning av grundvattenbortledning

En samlad konsekvensbedömning av grundvattenbortledningen längs hela Gul linje har utförts. Efter att tunneln har tätats och skyddsinfiltration vid behov tillämpats bedöms de negativa

konsekvenserna i sin helhet bli små. Här nedan följer konsekvensbedömningen uppdelad på de olika miljöaspekterna.

Konsekvenser för mark, byggnader och anläggningar i jord

De olika lerområdena inom influensområdet har identifierats och sättningskänsligheten bedömts. De mest sättningskänsliga lerorna, som är beroende av att grundvattennivån i grundvattenmagasinen under lerorna upprätthålls, finns runt stationen vid Hagalunds industriområde och Arenastaden. Känsliga byggnader, befintliga spåranläggningar och ledningar inom dessa områden löper större risk att få skador om inte skyddsåtgärder, exempelvis skyddsinfiltration, vidtas. Inom varje lerområde finns ett varierat antal ledningar och byggnader med sättningskänslig grundläggning på lera, både längs tunnellinjen och i utkanten av influensområdet. Inom de södra grundvattenmagasinen runt Odenplan finns många träpålade hus som är beroende av att grundvattennivån i den övre fyllnadsjorden upprätthålls. Dessa ligger dock så pass långt bort från schaktområdena, kring vilket en direkt påverkan på övre grundvattenmagasin kan ske. Skyddsinfiltration för att upprätthålla nivåer i det undre grundvattenmagasinet kommer troligtvis att behövas på ett flertal ställen. Ett antal potentiella områden för infiltration har därför tagits fram redovisas i detalj i PM Hydrogeologi, Bilaga C till ansökan. En samlad bedömning av konsekvenserna för mark, byggnader och anläggningar i jord på grund av en grundvattenbortledning från Gul linjes anläggning är att små negativa konsekvenser uppkommer om skyddsinfiltration nyttjas som skyddsåtgärd. Detta gäller för både bygg – och drifttiden.

Konsekvenser för anläggningar i berg

Brunnarna inom influensområdet utgörs i huvudsak av energibrunnar som är borrarade ner i berget. Dessa brunnar medger en viss avsänkning av grundvattentrycket i berget utan att effektuttaget minskar nämnvärt. De flesta energibrunnar kommer således inte att påverkas av utbyggnaden av tunnelbanan, men vissa kan påverkas genom att enskilda sprickor i berget dräneras. Står dessa sprickor i kontakt med en brunn kan vattennivån i brunnen sänkas. Det är inte möjligt att i förhand förutse vilka brunnar som kommer att påverkas men utgångspunkten är att fastighetsägare med brunnar ska få kompensation för den påverkan som utbyggnaden av tunnelbana har på individuella energibrunnar. Med anledning av ovanstående resonemang anses brunnarna ha måttlig känslighet. En samlad bedömning av konsekvenserna för energibrunnar i berg på grund av en grundvattenbortledning till Gul linjes anläggning bedöms bli måttligt negativa. Detta gäller för både bygg- och drifttiden. Skadereglerande åtgärder kan vidtas i form av borrning av ny brunn, fördjupning av brunn med mera om en brunn har fått en påverkan och konsekvensen bedöms betydande för energiuttaget. Inga förebyggande skyddsåtgärder kan dock vidtas.

Konsekvenser av spridning av föroreningar i grundvatten

Under byggtiden finns det en risk för att spridning och exponering av förorenat grundvatten temporärt ökar. Då ingen spridning av förorenat grundvatten bedöms ske till opåverkade (icke förorenade) områden under varken bygg- eller drifttiden bedöms konsekvenserna av spridning av föroreningar på människors hälsa och naturmiljö generellt bli liten. Vid Arenastaden bedöms de negativa konsekvenserna för människors hälsa under byggtiden bli måttliga då grundvatten förorenat med klorerade alifaterna kan rinna till schaktgroparna innan de hinner bli helt tätade. Klorerade alifater är flyktiga och kan vara skadliga för bland annat andningsvägar. Risken för fri fas är liten men kan inte helt uteslutas. God ventilation och kontroll av luft med avseende på klorerade alifater bör därför finnas i beredskap. Med dessa skyddsåtgärder anses konsekvenserna för byggnadsarbetares hälsa som små. Om grundvatten med klorerade alifater rinner till schaktgroparna kommer detta att renas på plats före det släpps ut på spillvattennätet. Detta bidrar

till en positiv konsekvens för miljön i området då en del av den befintliga föroreningen renas och pumpas bort.

Konsekvenser för naturmiljö

Inga grundvattenberoende naturområden har identifierats inom influensområdet. Träd och markvegetation utnyttjar främst markvatten som inom influensområde för Gul linje framför allt finns i grundvatten i den övre fyllnadsjorden. Trädbestånden runt etableringsområdena för Arenastaden bedöms generellt ha måttliga värden men många av dessa träd är skyddsvärda. En potentiell grundvattenbortledning i övre grundvattenmagasin under byggtiden bedöms totalt ge små negativa konsekvenser på naturmiljön. Träden kan få en försämrad tillväxt under de växtsäsonger som byggtiden pågår då grundvattenytan relativt snabbt kan sänkas av. Kombinerat med ett torrår blir träden extra känsliga men kommer fortfarande att utnyttja markvattnet ovanför kapillärvattenzonen. Under drifttiden kommer grundvattennivån i övre grundvattenmagasin att återhämta sig och inga negativa konsekvenser för trädbestånden bedöms kvarstå.

Konsekvenser för kulturmiljö

Utan skyddsinfiltration kan kulturhistoriskt värdefull bebyggelse som har känslig grundläggning och som dessutom står på sättning-skänslig lera komma att skadas. Risken bedöms som störst närmast tunneln och avtar sedan med avståndet från tunneln. Kulturhistoriskt värdefulla byggnader hanteras inte specifikt, utan alla sättning-skänsliga objekt behandlas lika. Vissa känsliga byggnader inom området för Arenastaden och Norra begravningsplatsen står på lösare leror som är mer sättning-benägna. Inom de södra grundvattenmagasinen finns många träpålade hus, och många kulturhistoriskt värdefulla fastigheter. Med infiltration bedöms de negativa konsekvenserna på kulturhistoriska byggnader som små under både bygg- och drifttid.

Studien av fornlämningarnas karaktär och förhållande till jordarter samt grundvattennivåer har visat att det finns fem objekt som kan riskera att skadas om grundvattennivån förändras. För två av fornlämningarna i Sundbyberg (gravfält och vägbank) kan inga bedömningar göras eftersom väsentlig grunddata som behövs för en sådan analys saknas. Då fornlämningarna vid Karlbergs slott (industri) och väster om Hagastaden (by-/gårdstomt) ligger relativt långt från Gula linjens anläggning och sannolikheten för en grundvattensänkning i de undre grundvattenmagasinen är liten bedöms inga negativ konsekvenserna ske. För en fornlämning söder om station Hagalunds industriområde (by-/gårdstomt) bedöms konsekvensen bli negativt liten då den ligger inom ett grundvattenmagasin som kan påverkas av en grundvattenbortledning till anläggningen. Då ytan på fornlämningen sträcker sig över ett stort område som redan är exploaterat finns det troligtvis redan en stor risk att den delvis redan har torkat ut av tidigare grundvattenavsänkningar eller skadats av tidigare mark- och anläggningsarbeten i området. Inga specifika skyddsåtgärder för fornlämningen föreslås därför.

Hantering av vatten under bygg- och drifttid

Under både bygg- och drifttiden måste vatten ledas bort från Gul linjes alla anläggningar. Under byggtiden uppkommer *länshållningsvatten* som består av inläckande grundvatten, nederbördsvatten samt spol- och processvatten. De två senare vattenslagen används under tunneldrivningen för att borra injekteringshål i tunneln med mera, samt för att spola av utsprängda bergmassor. Vattnet under byggtiden innehåller cementrester från injektering och förstärkning, sprängämnesrester, borrhax samt eventuellt oljespill från maskiner och hydraulsystem. Innan länshållningsvattnet skickas ut till kommunalt reningsverk via spillvattenledningar kommer en rening att ske lokalt.

Under drifttiden kommer lokal rening av inläckande grundvatten och spolvatten från tunnelbaneytor, gemensamt benämnt *dränvatten*, att ske i en VA-anläggning i tunneln. Vattnet pumpas sedan därifrån till recipient via dagvattenledningar. I läge för den planerade stationen Arenastaden har höga halter av klorerade lösningsmedel påträffats i grundvattnet i jord och berg. För att säkerställa att föroreningen hanteras på bästa sätt om den når tunnelbanans dränvatten efter utbyggnaden kommer en separat VA-anläggning med anpassad reningsfunktion att byggas i närheten av Arenastaden. Under byggtiden finns även beredskap för rening.

Utsläppet kommer att ske relativt jämnt över året då det inläckande grundvattnet utgör ett basflöde som är relativt konstant. Det bortledda dränvattnet förväntas huvudsakligen bestå av och ha samma kvalitet som grundvatten. Utsläpp av dränvatten från Gul linje till Ulvsundasjön under drifttiden bedöms ge små negativa konsekvenser eftersom det inte bedöms påverka några kvalitetsfaktorer, inte ens tillfälligt.

Störningar under byggtiden

Anläggandet av tunnelbanan kommer, utöver den tillståndspliktiga vattenverksamheten, även att ge upphov till omgivningspåverkan såsom buller och vibrationer. Detta är störningar som är begränsade till byggtiden och som inte kommer att kvarstå under drifttiden.

Vid ovanmarksarbeten är det huvudsakligen anläggandet av de tre stationerna som kommer att medföra störande buller från framför allt spontning och borrhning. Sprängning i tunneln bedöms endast ge kortvariga störningar.

Byggandet av station Arenastaden sker i närheten av bostadsbebyggelse vilket bedöms ge upphov till betydande bullerstörningar. Byggandet av station Hagastaden bedöms ge upphov till störningar i verksamhetsbyggnader, bland annat Nya Karolinska Solna. Åtgärder kommer att behöva vidtas för att minska störningarna under byggtiden, bland annat i form av bullerskyddsskärmar runt byggarbetsplatsen. Utredning om förstärkt ljudisolering av byggnaderna, främst i form av tätning av fönster, kommer att genomföras i syfte att minska risken för bullerstörning inomhus. Hanteringen av bullerstörningarna kommer att ske genom att vidta åtgärderna enligt åtgärdsplan för buller och stomljud under byggtiden, Bilaga B2, som tagits fram.

Borrhning i tunnarna kan ge höga stomljuds nivåer i närbelägna byggnader. Detta kan ske under flera timmar om dygnet. Många bostäder kommer få stomljud över 45 dB(A), vilket är Naturvårdsverkets riktvärde för stomljuds nivåer dagtid inomhus. Det är framför allt bebyggelse längs Karlbergsvägen som riskerar att få höga stomljuds nivåer. Byggskedet bedöms även kunna medföra stora störningar i Nya Karolinska Solna. Eftersom det är en tunnel med framdrift som byggs så är det dock en övergående störning. Störningar av stomljud för en byggnad blir störst när tunnelfronten finns precis under byggnaden.

Vibrationer kan orsakas av sprängning och spontning och kan medföra skador på närliggande byggnader i form av sprickor och sättningar. Sprängningarna kommer att anpassas till byggnaders och anläggningars känslighet. En särskild åtgärdsplan för vibrationer rörande kulturbyggnader har tagits fram, se Bilaga B3. Genom att följa planen bedöms de negativa konsekvenserna för kulturmiljön bli små eller obefintliga. En inventering av kulturhistoriska byggnader närmast tunnelsträckningen har utförts och kommer att fördjupas före byggstart.

Indirekta konsekvenser

Tunnelbaneutbyggnaden i sin helhet kommer att ge positiva konsekvenser för klimatet under drifttiden jämfört med om tunnelbaneutbyggnaden inte blir av. Detta tack vare att resande med kollektivtrafik släpper ut betydligt mindre växthusgaser än motsvarande resor med till exempel personbil och buss. Projektet bedöms öka utsläppen av klimatgaser på kort sikt eftersom det i samband med byggskedet kommer ske stora men tillfälliga utsläpp av klimatgaser, både indirekt via de material som används och direkt från arbetsmaskiner, transporter med mera. Projektet skapar samtidigt förutsättningar för mindre buss- och biltrafik jämfört med om Gul linje inte byggs ut. På lång sikt bedöms utbyggnad av Gul linje kunna medföra mindre utsläpp av klimatgaser från transportsektorn jämfört med om den inte byggs.

Utbyggnaden ger också positiva konsekvenser för hälsan, då utsläpp av föroreningar, påverkan från buller och påverkan från partiklar vid vägslitage kan minska i förhållande till utökad buss- och biltrafik

Genom att bygga ut kollektivtrafiken med tunnelbana och att i möjligaste mån förlägga såväl tunnlar och anläggningar under mark hushåller SLL med marken i Stockholmregionen. Marken kan då användas för andra ändamål som är angelägna i en expansiv storstadsregion, till exempel nya bostäder, arbetsplatser eller rekreationsområde.

Kontrollprogram

Uppföljning av projektets påverkan kommer att utföras inom ramen av ett kontrollprogram för grundvatten som tas fram i samråd med tillsynsmyndigheten. Kontrollprogrammet kommer att innehålla beskrivning av kontroller och mätningar som ska utföras före och under byggtiden. Efter byggtiden revideras kontrollprogrammet utifrån de erfarenheter som erhålls under byggtiden. Kontrollprogrammet för grundvatten kommer bland annat att omfatta nivåmätningar i grundvattenrör och energibrunnar, sättningsmätningar, vattenkemisk provtagning av bortlett vatten och mätning av inläckage till tunnlar och schakt.

Ett kontrollprogram för byggtiden upprättas även i samråd med tillsynsmyndigheten som omfattar byggbuller, vibrationer och kvalitetskontroll av länshållningsvatten.

Innehållsförteckning

Icketeknisk sammanfattning	3
1 Inledning	13
1.1 Bakgrund och syfte	13
1.2 Avgränsning	14
1.2.1 Miljöaspekter	14
1.2.2 Avgränsning i tid	15
1.2.3 Geografisk avgränsning	15
1.3 Metodik	17
2 Planeringsunderlag	19
2.1 Miljödomar	19
2.2 Detaljplaner	19
2.3 Järnvägsplan	19
2.4 RUFS 2010	20
2.5 Kommunala översiktsplaner	20
2.6 Miljökvalitetsnormer	21
2.6.1 Ytvatten	21
2.6.2 Grundvatten	22
2.6.3 Luftkvalitet	22
2.6.4 Buller	22
3 Beskrivning av området	23
3.1 Lokalisering	23
3.2 Mark- och vattenförhållanden	23
3.2.1 Topografi	23
3.2.2 Berg	23
3.2.3 Jordlager	24
3.2.4 Grundvatten	26
3.2.5 Geoteknik	29
3.2.6 Ytvatten	29
3.2.7 Befintliga föroreningar	32
3.3 Bebyggelse och markanvändning	36
3.3.1 Byggnader	37
3.3.2 Omgivningsbuller	37
3.4 Riksintressen	37
3.5 Naturmiljö och friluftsområden	39
3.6 Kulturmiljö	41
3.6.1 Kulturhistoriska värden	41
3.6.2 Kulturhistoriska lämningar och fornlämningar	42
3.7 Andra objekt som påverkar grundvattenförhållandena	47
4 Beskrivning av utbyggnaden av tunnelbanan	49
4.1 Anläggningen	49

4.1.1	Spårtunnlar och övriga tunnlar	51
4.1.2	Arbetstunnlar	51
4.1.3	Stationer och uppgångar	52
4.1.4	Schakt till markytan	54
4.1.5	Vattenhantering och utsläpp av vatten	55
4.1.6	Infiltration	56
4.1.7	Klimatanpassning och översvämningsrisk avseende skyfall	56
4.2	Byggmetoder	57
4.2.1	Byggmetoder i berg	57
4.2.2	Byggmetoder i jord	58
4.2.3	Transportvägar och etableringsytor	59
5	Alternativ	60
5.1	Nollalternativ	60
5.2	Lokalisering	60
5.2.1	Delsträcka Arenastaden – Hagastaden	62
5.2.2	Delsträcka Hagastaden – Odenplan	62
5.3	Utformningsalternativ	63
5.4	Byggmetoder	63
6	Konsekvenser av grundvattenbortledningen	65
6.1	Generell påverkan och konsekvens av grundvattenbortledning	65
6.1.1	Sättningar i mark	67
6.1.2	Skador på byggnader och anläggningar	67
6.1.3	Skador på brunnar	68
6.1.4	Spridning av föroreningar	68
6.1.5	Naturmiljö, kulturmiljö och fornlämningar	68
6.1.6	Radon	69
6.2	Skadeförebyggande åtgärder	69
6.2.1	Tätning	70
6.2.2	Infiltration	70
6.2.3	Andra åtgärder	71
6.3	Influensområde och inläckage	71
6.3.1	Inläckage	71
6.3.2	Influensområde för grundvatten	71
6.4	Konsekvenser för mark, byggnader och anläggningar i jord	73
6.4.1	Bedömningsskala	73
6.4.2	Känsliga objekt/områden	74
6.4.3	Konsekvenser av nollalternativet	75
6.4.4	Konsekvenser under bygg- och drifttid	76
6.5	Konsekvenser för anläggningar i berg	81
6.5.1	Bedömningsskala	81
6.5.2	Känsliga objekt/områden	81
6.5.3	Konsekvenser av nollalternativ	82

6.5.4	Konsekvenser under bygg- och drifttid	83
6.6	Konsekvenser av spridning av föroreningar i grundvatten	84
6.6.1	Bedömningsgrund	84
6.6.2	Konsekvenser av nollalternativet	85
6.6.3	Konsekvenser under bygg- och drifttid	85
6.7	Konsekvenser för naturmiljö – grundvattenpåverkan	88
6.7.1	Bedömningsskala	89
6.7.2	Konsekvenser av nollalternativet	90
6.7.3	Konsekvenser under bygg- och drifttid	90
6.8	Konsekvenser för kulturmiljö – grundvattenpåverkan	93
6.8.1	Bedömningsskala	93
6.8.2	Känsliga objekt/områden	94
6.8.3	Konsekvenser av nollalternativet	95
6.8.4	Konsekvenser under bygg- och drifttid	96
6.9	Konsekvenser för naturmiljö – utsläpp av vatten	100
	Bedömningsskala	100
6.9.1	Konsekvenser av nollalternativet	101
6.9.2	Konsekvenser under bygg- och drifttid	101
7	Övriga miljökonsekvenser under byggtiden	103
7.1	Buller och stomljud	103
7.1.1	Allmänt om buller	103
7.1.2	Bedömningsskala	105
7.1.3	Hantering av risker för bullerstörningar	106
7.1.4	Luftburet buller	107
7.1.5	Stomljud	120
7.1.6	Kumulativa konsekvenser av bullerstörningar	128
7.2	Vibrationer och luftstötståg	129
7.2.1	Allmänt om vibrationer och luftstötståg	129
7.2.2	Bedömningsskala	130
7.2.3	Konsekvenser nollalternativet	130
7.2.4	Konsekvenser under byggtiden	130
7.3	Masshantering och transporter	131
7.3.1	Generell masshanteringsplan	131
7.3.2	Transporter	131
7.3.3	Hantering av förorenade massor	132
7.4	Luftkvalitet	132
7.4.1	Tunneldrivning	132
7.4.2	Ovanmarksarbeten och transporter	134
8	Indirekta konsekvenser av sökt verksamhet	135
8.1	Klimat	135
8.2	Människors hälsa	135
8.3	Hushållning med mark och landskap	135

9	Samlad bedömning.....	136
10	Miljömål	139
10.1	Nationella miljömål	139
10.2	Lokala miljömål	141
11	Kontrollprogram	143
11.1	Grundvatten.....	143
11.1.1	Inläckage till bergtunnlar och schakt	143
11.1.2	Grundvattennivåer i jord och berg.....	143
11.1.3	Sättningsrörelser i byggnader, anläggningar och mark.....	143
11.1.4	Infiltration	143
11.2	Miljöfarlig verksamhet.....	144
11.2.1	Byggbuller	144
11.2.2	Vibrationer	144
11.2.3	Kvalitetskontroll av länshållningsvatten.....	144
12	Samråd	145
12.1	Samråd med tillsynsmyndigheter	145
13	Referenser	147

Bilagor

Bilaga B1	Masshanteringsplan, Utbyggnad av tunnelbanan, SLL, 2015-11-30
Bilaga B2	Åtgärdsplan för buller och stomljud under byggtiden, SLL, 2015-11-20
Bilaga B3	Åtgärdsplan för vibrationer gällande kulturbyggnader, SLL, 2015-12-07
Bilaga B4	Samrådsredogörelse, Tunnelbana till Arenastaden, 2017-01-27

1 Inledning

Denna miljökonsekvensbeskrivning (MKB) är ett underlag i Stockholms läns landstings ansökan om tillstånd enligt miljöbalken med anledning av anläggande och drift av ny tunnelbana till Arenastaden med stationer i Hagastaden, Hagalunds industriområde och Arenastaden, den så kallade Gula linjen. Sökanden benämns i det följande SLL.

1.1 Bakgrund och syfte

Stockholm växer med drygt 35 000 personer om året och har även en viktig roll i landets ekonomiska tillväxt. Enligt prognoser förväntas den totala befolkningen i Stockholms län öka från dagens 2,1 miljoner till 2,6 miljoner år 2030. Det ligger en utmaning i att möta denna tillväxt på ett hållbart sätt och parallellt tillgodose de ökade behoven av fler bostäder och arbetsplatser. Samtidigt ökar även trängseln vilket innebär att framkomlighet har blivit en fråga för regionen som kräver lösning.

En nyckelaspekt för att klara utmaningarna är att bygga ut kollektivtrafiken med nya förbindelser och ökad turtäthet. Tunnelbanan är en central utgångspunkt för en långsiktig satsning och utveckling av kollektivtrafiken eftersom dess funktion och struktur är själva navet i Stockholms kollektivtrafiksystem. Befintligt tunnelbanenät är hårt belastat, speciellt i de centrala delarna av Stockholm. Under högtrafik, det vill säga morgon- och kvällstrafik, nyttjas redan idag tunnelbanans maximala spårkapacitet varför det lätt uppstår störningar.

Tunnelbanans stora betydelse för Stockholmsregionens tillväxt var grunden till att regeringen under 2013 initierade en förhandling i syfte att hitta en överenskommelse för hur en utbyggd tunnelbana skulle kunna finansieras. Uppdraget innebar även att få till stånd en ökad bostadsbebyggelse varvat med största möjliga samhällsekonomiska nytta. De kommuner som ingår i överenskommelsen (Stockholms stad, Nacka kommun, Solna stad och Järfälla kommun), kallad Stockholmsöverenskommelsen, har åtagit sig att bygga 78 000 bostäder i tunnelbanans närområde. Utöver bostadsbebyggelsen omfattar avtalet 19 kilometer ny tunnelbana och tio nya tunnelbanestationer, se Figur 1. Karta över framtida tunnelbanenät i Stockholms län efter utbyggnad enligt Stockholmsöverenskommelsen från 2013. Källa: SLL..

Tre tunnelbaneutbyggnader ingår i förhandlingen:

- Utbyggnad av tunnelbana till Nacka och Gullmarsplan/Söderort.
- Utbyggnad av tunnelbana till Arenastaden.
- Utbyggnad av tunnelbana från Akalla till Barkarby station.

Stockholms läns landsting ansvarar för tunnelbanans utbyggnad. *Förvaltning för utbyggd tunnelbana* (FUT) inrättades den 1 mars 2014.

Förvaltningens uppdrag är att genomföra tunnelbanans utbyggnad och andra åtgärder inom ramen för 2013 års Stockholmsförhandling. I uppdraget ingår också planering och projektering av nya fordonsdepåer samt upphandling av signalsystem och vagnar.

Byggarbetena för tunnelbana till Arenastaden beräknas som tidigast påbörjas i slutet av år 2018 och beräknas sedan pågå under omkring sex år.



Figur 1. Karta över framtida tunnelbanenät i Stockholms län efter utbyggnad enligt Stockholms-överenskommelsen från 2013. Källa: SLL.

1.2 Avgränsning

I de tre projekten för tunnelbaneutbyggnad kommer två MKB:er att tas fram: MKB för ansökan om tillstånd enligt miljöbalken och MKB för järnvägsplan. MKB för järnvägsplan kommer också att nyttjas som underlag till MKB för detaljplaner för tunnelbanan i den fortsatta processen.

MKB-dokumenterna för tillstånds- respektive planprocess har delvis olika syfte och fokus. MKB:n för tillståndsprövningen enligt miljöbalken utgår från den bedömning av miljökonsekvenser som behövs för den prövningen, medan järnvägsplan och detaljplan i huvudsak reglerar markanvändningen. Miljökonsekvenser utifrån vad som beskrivs i järnvägsplanen kopplade till drifttiden belyses översiktligt som indirekta konsekvenser i denna MKB. Miljökonsekvenserna redovisas i detalj i MKB för järnvägsplan. Järnvägsplanen reglerar också vilka skyddsåtgärder som behövs i den färdiga anläggningen med hänsyn till omgivningen och möjliggör markåtkomst.

1.2.1 Miljöaspekter

Följande miljöaspekter belyses i denna miljökonsekvensbeskrivning:

- Påverkan på hus eller anläggningar beroende på grundvattennivåsänkningar (eller höjningar), främst i form av sättningar och sänkta vattennivåer i brunnar.
- Påverkan på naturmiljö eller människors hälsa beroende på ändrade spridningsvägar för föroreningar i grundvatten.
- Påverkan på naturmiljön från utsläpp av dränvatten och länshållningsvatten.

- Påverkan på naturmiljö beroende på grundvattennivåsänkningar, exempelvis minskning av växttillgängligt vatten.
- Påverkan på kulturmiljö i form av sättningar beroende på grundvattennivåsänkningar.

Dessutom belyses miljöaspekter som bara uppkommer under byggtiden, som alltså har en begränsad varaktighet:

- Påverkan på framför allt människors hälsa från buller och stomljud.
- Påverkan på byggnader, anläggningar och kulturmiljö beroende på vibrationer.
- Påverkan från masshantering och transporter, framför allt hushållning av naturresurser och påverkan på människors hälsa.

Indirekta konsekvenser för klimat, människors hälsa och hushållning med mark och landskap, beskrivs också.

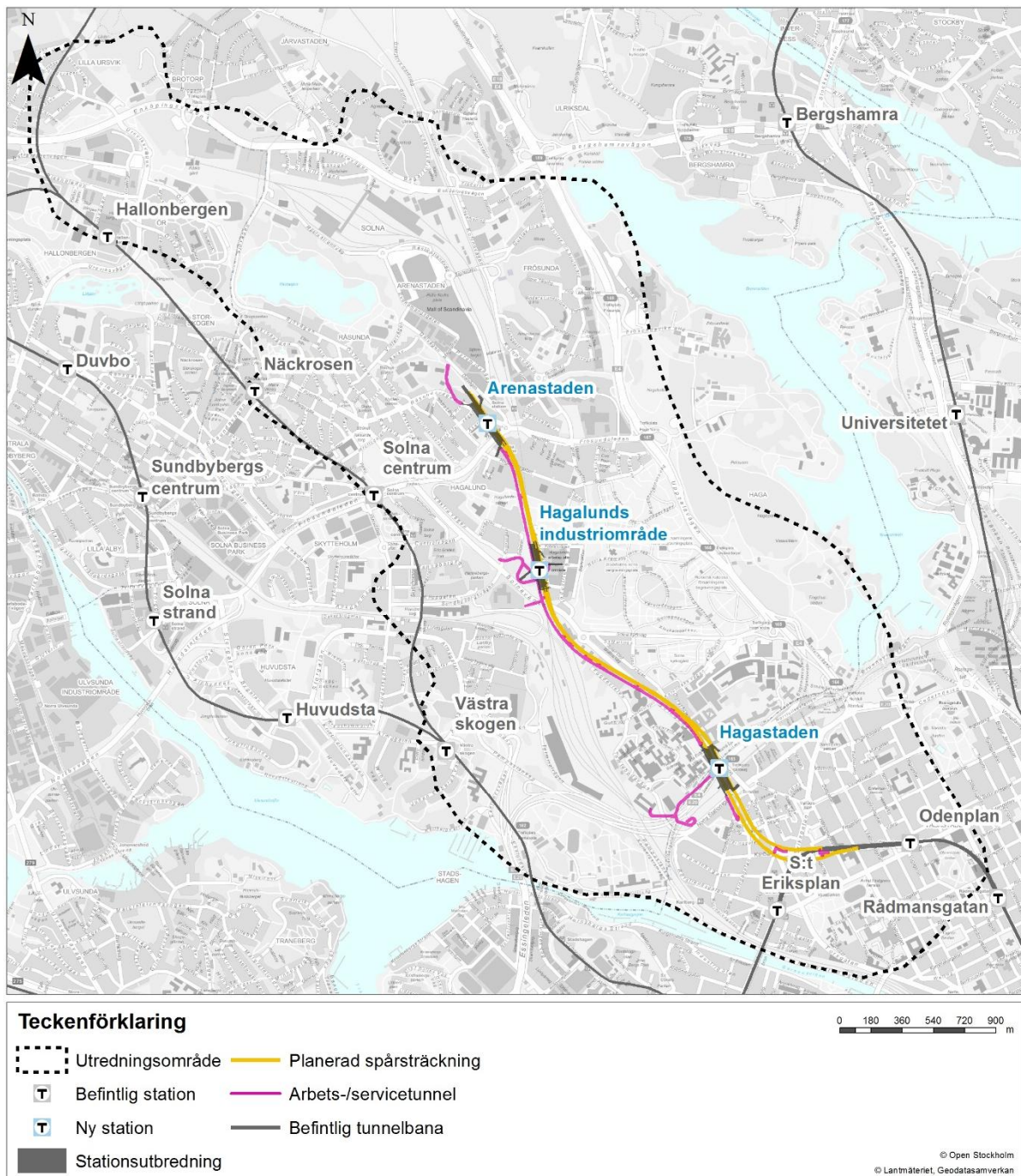
1.2.2 Avgränsning i tid

MKB:ns avgränsning i tid avser när en konsekvens kan antas uppstå och hur länge den kan antas bestå. Avgränsningen beror på om det är bygg- eller drifttiden som bedöms och huruvida konsekvenserna är övergående eller permanenta. Byggarbetena beräknas som tidigast påbörjas i slutet av år 2018. Byggtiden beräknas sedan pågå under omkring 6 år fram till 2024.

Konsekvenser i samband med drifttiden avser en tänkt situation år 2030 och med en livslängd på 120 år.

1.2.3 Geografisk avgränsning

Inventering och utredningar av grundvattenförhållanden, geologi, geoteknik, samt natur- och kulturvärden har skett inom ett större geografiskt område som benämns utredningsområde för grundvatten (Figur 2). Utredningsområdet är ett väl tilltaget område där SLL i ett tidigt skede bedömde att grundvattnet möjligen kunde påverkas. Denna information har legat till grund för grundvattenutredningarna och bedömningen av miljökonsekvenser från projektet.



Figur 2. Utredningsområde för grundvatten.

Utredningsområdet för grundvatten har också använts som avgränsning för samrådskretsen.

Slutlig beskrivning av grundvatten och risker för påverkan som är kopplad till vattenverksamheten utförs inom det redovisade influensområdet för grundvatten. Influensområdet är det område som kan påverkas av grundvattensänkning om inga skyddsåtgärder genomförs. Det är utformat utifrån resultatet av genomförda hydrogeologiska fältundersökningar.

Definition av utredningsområde för grundvatten

Område inom vilket utredningar görs för att klarlägga hydrogeologiska, geologiska och geotekniska förhållanden för att kunna bedöma ett influensområde. Inom utredningsområdet utförs det även inventeringar av naturvärden, kulturvärden, byggnader och anläggningar som kan skadas till följd av vattenverksamheten.

Definition influensområde för grundvatten

Område inom vilket det kan uppkomma grundvattenpåverkan till följd av vattenverksamheten.

Beskrivning av aspekter under byggtiden utförs inom det område som behövs med hänsyn till förståelse för projektets påverkan och konsekvenser:

- Bullerstörningar, stomljud och luftburet buller, beskrivs för de områden där det finns risk för överskridanden av Naturvårdsverkets riktvärden.
- För utsläpp till vatten beskrivs recipienten.
- För vibrationer beskrivs ett område på 150 meter från platser där sprängning kan förekomma. Skador utanför detta område kan inte befaras uppkomma.

1.3 Metodik

I denna MKB identifieras och beskrivs den omgivningspåverkan som kan följa av projektet samt vilka effekter och konsekvenser som påverkan kan medföra.

Arbetet avseende grundvatten- och ytvattenpåverkan och konsekvenser för specifika objekt redovisas i PM Hydrogeologi, Bilaga C till ansökan.

I dagligt tal görs inte alltid en åtskillnad i betydelsen mellan begreppen påverkan, effekt och konsekvens. Effekt och konsekvens används till exempel ofta som synonymer. I miljökonsekvensbeskrivningar använder man däremot begreppen med skilda betydelser, detta för att göra beskrivningarna så entydiga som möjligt.

Påverkan

Påverkan är den fysiska förändring som projektet/verksamheten orsakar, till exempel en grundvattennivåsänkning eller påverkan på ytvattenförhållanden.

Effekt

Effekten är den förändring av miljökvaliteter som uppstår till följd av projektets påverkan, till exempel att en energibrunn får lägre vattennivå eller om en byggnad riskerar att få sättningar. Effekter kan ofta, men inte alltid, beskrivas i kvantitativa termer.

Konsekvens

Konsekvens är effektens, eller flera effekters, betydelse för olika intressen, såsom människors hälsa och välbefinnande, landskapets kulturhistoriska värden eller den biologiska mångfalden.

Slutligen görs konsekvensbeskrivningar av både direkta och indirekta, samt positiva och negativa konsekvenser. Vid konsekvensbedömning ska både den berörda platsens förutsättningar och värden och de förväntade effekternas omfattning beaktas.

Matrisen nedan ger en förenklad beskrivning av metodiken bakom MKB:ns konsekvensbedömningar, Figur 3. Om ett område med stort värde störs i stor omfattning innebär

det stora negativa konsekvenser medan en liten störning på ett område med stort värde innebär måttligt negativa konsekvenser. Positiva konsekvenser kan uppstå om inverkan på ett område är positivt.

En bedömning har gjorts av vilken påverkan som projektet antas medföra för respektive delområde och hur stor omfattningen av denna påverkan blir. Skalan som använts är stora negativa effekter, måttliga negativa effekter, små negativa effekter, ingen effekt/inverkan, små positiva effekter, måttliga positiva effekter, små positiva effekter.

Storleken på konsekvensen har bedömts genom en sammanvägning av värdet och omfattningen av ingreppet i respektive delområde. För att få en samlad bedömning av konsekvensen för respektive miljöaspekt har en sammanvägning för konsekvenserna för alla berörda delområden gjorts. Skalan som används för konsekvenser är stora positiva konsekvenser, måttliga positiva konsekvenser, små positiva konsekvenser, ingen konsekvens, små negativa konsekvenser, måttliga negativa konsekvenser, stora negativa konsekvenser.

Skyddsåtgärd

Med skyddsåtgärd avses i denna MKB skadeförebyggande eller skadebegränsande åtgärder.

Intressets värden/ känslighet			
	Låga	Måttliga	Höga
Ingreppets/ störningens omfattning (storlek på effekter)			
	Stora positiva		
	Måttliga positiva		
	Små positiva		
	Ingen störning		
	Små negativa		
	Måttliga negativa		
	Stora negativa		

Figur 3. Illustration av hur konsekvensbedömningen görs utifrån en sammanvägning av berört värde och ingreppets omfattning, det vill säga effekt. Illustrationen ska inte tolkas som en exakt mall för bedömning utan som en princip för hur konsekvensbedömningen är gjord.

2 Planeringsunderlag

2.1 Miljödomar

Inom utredningsområdet för aktuell verksamhet finns följande relevanta tillståndsgivna vattenverksamheter:

- Mål nr VA 52/94. Vägverket region Stockholm fick 1995-06-16 tillstånd att för anläggande och drift av vägtrafikleden Norra Länken inom Stockholms och Solna kommuner bortleda grundvatten med mera.
- Mål nr M 208-01. Solna kommun har 2003-03-01 fått tillstånd att leda bort grundvatten från kraftledningstunnel i Solna och Sundbyberg med mera.
- Mål nr M 1874-10. Stockholm stad har 2010-12-10 fått tillstånd att leda bort grundvatten från Norra stationsområdet, vid intunnling av delar av E4/E20 och Värtabanan i Stockholm och Solna med mera.
- Mål nr 1659-07, M2301-07 och M4128-07. Banverket, Östra banregionen (nuvarande Trafikverket), har 2009-04-15 fått tillstånd att bortleda grundvatten från spårtunnel Tomtebodavägen-Riddarholmen, tillfartstunnel vid bangårdsområdet och arbetstunnel vid Norra station med mera för den så kallade Citybanan i Stockholms och Solna kommuner.

Alla tillstånd ovan rör grundvattenbortledning inom bedömt utredningsområde för Gul linje. Så mycket som möjligt samordnar SLL mätningar av grundvattennivåer, sättningar med mera med dessa verksamhetsutövare.

2.2 Detaljplaner

Ansvaret för förändring eller framtagande av nya detaljplaner ligger på de berörda kommunerna, Stockholms stad och Solna stad.

Järnvägsanläggningen berör ett stort antal befintliga detaljplaner inom de två kommunerna. I vissa fall finns rätt att bygga tunnelbana enligt gällande detaljplan och på dessa platser kommer inte ny detaljplan att upprättas. För de områden som har gällande detaljplan där det inte framgår att marken ska användas för de sökta åtgärderna krävs att detaljplanen ändras eller att ny detaljplan tas fram. Detaljplaneändringarna sker genom ett samordnat förfarande, vilket är möjligt enligt lagstiftning som finns sedan 2015-01-01. Enligt den kan detaljplanen nyttja samrådsprocessen och miljökonsekvensbeskrivningen som tas fram för järnvägsplanen. Grundvattenbortledningen som beskrivs i denna miljökonsekvensbeskrivning strider inte mot några nu gällande detaljplaner.

Ett femtiotal detaljplaner i Stockholms stad och ett fyrtiotal planer i Solna stad kommer att ändras eller ersättas med ny plan. En förteckning med de fastigheter som berörs av järnvägsplanen finns i en bilaga till järnvägsplanen.

2.3 Järnvägsplan

Arbete med järnvägsplan pågår samtidigt som denna tillståndsansökan. Järnvägsplanen redovisar bland annat de tillfälliga markanspråk som behövs för att genomföra utbyggnaden av tunnelbanan samt de permanenta markanspråk som krävs för att ha tunnelbanan i drift.

2.4 RUFS 2010

Den regionala utvecklingsplanen för Stockholmsregionen (RUFS 2010) är framtagen av SLL och ligger till grund för Stockholm stads strategiska planering, regionala strukturfondsprogram och infrastrukturplaner. Transportförsörjning och kollektivtrafik tas upp som en av de viktigaste faktorerna för att uppnå Stockholmsregionens vision – att bli Europas mest attraktiva storstadsregion. Prognoserna visar samtidigt att en växande befolkning i kombination med dagens transportsystem kommer att leda till att resandet med bil ökar i snabbare takt än resandet med kollektivtrafik. En konstant (eller sjunkande) andel kollektivtrafik i kombination med en ökad befolkning kommer att resultera i ökade trängselproblem, längre restider och ett som helhet dåligt fungerande transportsystem.

Enligt RUFS 2010 är såväl Odenplan som Hagastaden och Arenastaden en del av den så kallade centrala regionkärnan. Den centrala regionkärnan bedöms vara av stor betydelse för regionens samlade konkurrensförmåga. Tunnelbanan byggs helt i linje med RUFS intentioner.

2.5 Kommunal översiktsplaner

Översiktsplan Stockholm - Promenadstaden

Stockholms stads senaste översiktsplan är från år 2010. Enligt översiktsplanen är tillgängligheten till Stockholms centrala delar överlag god från de flesta områden inom stadens gränser. I översiktsplanen framhålls dock behovet av att förstärka infrastrukturen för att säkerställa en fortsatt integration i Stockholm-Mälardalenregionen.

I planen tydliggörs det även att en ny gren (Gul linje) som ansluts till befintlig Grön linje kan försörja stadsutvecklingsområdet Karolinska – Norra station med tunnelbanetrafik. Behovet av busstrafik till området skulle då minska kraftigt, vilket ger bättre utrymme i gaturummet. Enligt planen samverkar projektet med, och ökar nyttan av, en ny pendeltågsstation vid Odenplan.

Översiktsplaner i Solna, ÖP 2030

Solna stads senaste översiktsplan är från år 2016, *Översiktsplan 2030*. I denna föreslås en utbyggnad av tunnelbanan från Odenplan till Karolinska sjukhuset, med alternativ förlängning till Solna centrum eller Solna station.

Fördjupad översiktsplan (FÖP) för Solna stationsområde

Solna stad har tagit fram en fördjupad översiktsplan för Solna stationsområde vid Arenastaden. Syftet med denna är att skapa en attraktiv och levande stadsdel med en blandning av bostäder och verksamheter som tillsammans kan utgöra ett centrum för idrott och kultur i regionen. Solna station ska utvecklas till en modern regional trafikknutpunkt med goda förutsättningar för en utökad kollektivtrafik. Området har även en nationell arena för fotboll, konserter och stora evenemang.

Karolinska – Norra station, fördjupning av två översiktsplaner (FÖP)

Solna och Stockholms städer har gemensamt tagit fram en fördjupning av städernas respektive översiktsplaner för utvecklingsområdet Karolinska-Norra station. Området har därefter detaljplanlagts. Planförslaget innebär i sin södra del en förlängning av innerstadens rutnät. Norra länken/E4/E20 och Värtabanan däckas över från ett kvarter väster om Solnabron till Norrtullsplatsen. På stationsområdet och överdäckningen byggs en blandad stadsbebyggelse. På Karolinska Institutets område bevaras den inre campusmiljön medan ny bebyggelse planeras i de

yttre delarna, bland annat mot Solnavägen. Ett nytt högspecialiserat sjukhus öster om Solnavägen kopplas till Karolinska Institutets område.

Program- och planarbete pågår för det gamla sjukhusområdet i norra Hagastaden.

2.6 Miljökvalitetsnormer

Miljökvalitetsnormer (MKN) har fastställts av regeringen för att förebygga eller åtgärda miljöproblem. Det finns idag miljökvalitetsnormer för buller, luft och vattenkvalitet. Normerna är styrmedel för att på sikt uppnå miljömålen och de flesta av miljökvalitetsnormerna baseras på krav i olika direktiv inom EU.

Miljökvalitetsnormerna finns reglerade i miljöbalkens femte kapitel. Enligt 6 kap. 7 § 2 punkten miljöbalken ska en miljökonsekvensbeskrivning beskriva hur det ska undvikas att verksamheten eller åtgärden medverkar till att en miljökvalitetsnorm enligt 5 kap. inte följs.

2.6.1 Ytvatten

År 2000 trädde det så kallade Vattendirektivet¹ - EU:s gemensamma regelverk – i kraft. Syftet med direktivet är att säkra en god vattenkvalitet i Europas yt- och grundvatten. Sjöar, vattendrag, kust- och grundvatten som är tillräckligt stora omfattas av vattendirektivet och kallas då formellt för *vattenförekomster*.

År 2009 fastställde Sveriges vattenmyndigheter miljökvalitetsnormer (MKN) för landets samtliga vattenförekomster. Dessa miljökvalitetsnormer är juridiskt bindande. Bestämmelser gällande MKN går att finna i 5 kap. miljöbalken med tillhörande förordningar. Målet är att alla Sveriges vattenförekomster ska ha uppnått minst god vattenstatus år 2021 och att det inte ska ske en försämring av statusen. I de fall detta inte är möjligt kan undantag medges och tiden för när MKN följs kan förskjutas, dock som längst till år 2027. Miljökvalitetsnormerna omfattar *ekologisk* och *kemisk* ytvattenstatus samt *kemisk* och *kvantitativ* grundvattenstatus. Den ekologiska statusen bedöms i en femgradig skala: *hög*, *god*, *måttlig*, *otillfredsställande* och *dålig* medan den kemiska ytvattenstatusen har två klasser: *god* eller *uppnår ej god*.

Icke-försämringskravet gäller för alla vattenförekomster och innebär att alla förekomster ska bibehålla god status och att mänskliga verksamheter inte får försämma statusen i någon förekomst.

Enligt förordningen om förvaltningen av kvaliteten på vattenmiljön skulle nya MKN, förvaltningsplaner och åtgärdsprogram ha tagits fram av Vattenmyndigheterna och fastställts för perioden 2016-2021 senast 22 december 2015. I vissa fall ska regeringen ges möjlighet att pröva ett förslag till åtgärdsprogram, vilket aktualiserades denna gång. Prövningen slutfördes först i december 2016. Det är de fastställda normerna från 2016 som tillämpas i de bedömningar som görs i denna MKB.

Följande kommunala program beskriver Stockholms och Solna stads arbete med att implementera vattendirektivet:

- Stockholms stads handlingsplan för god vattenstatus
- Solna stads dagvattenstrategi

¹ Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område.

Mälaren och Saltsjön är indelade i flera olika vattenförekomster, varav en kan beröras av projektet: Mälaren-Ulvsundasjön (SE658229-162450).

Mälaren-Ulvsundasjöns ekologiska status klassas som måttlig på grund av påverkan av näringsämnen (övergödning). Den kemiska statusen uppnår ej god status på grund av höga halter av bland annat kvicksilver, bly och tributyltenn. För Mälaren-Ulvsundasjön finns fastställda miljökvalitetsnormer beslutade och kungjorda 2016-12-21. Enligt dessa ska vattenförekomsten ha god ekologisk status 2021 och god kemisk ytvattenstatus. För övergödning kan vattenförekomsten dock ej uppnå god ekologisk status till 2021 utan har fått en tidsfrist till 2027. För kvalitetskravet god kemisk ytvattenstatus ges undantag i form av mindre stränga krav för kvicksilver och bromerad difenyleter (PBDE), samt tidsfrist till år 2027 för tributyltenn, bly och antracen.

Inga åtgärder som riskerar att försämra kemisk eller ekologisk status får genomföras inom avrinningsområdena.

2.6.2 Grundvatten

Inom utredningsområdet finns två grundvattenförekomster: Stockholmsåsen-Solna (SE658699-162554) och Stockholmsåsen-Haga (SE658456-162644). Båda grundvattenförekomsterna har god kvantitativ och kemisk status och därmed samma föreslagna MKN.

2.6.3 Luftkvalitet

MKN för luft är gränsvärden för föroreningsnivåer som inte får överskridas. För närvarande finns MKN gällande utomhusluft för bland annat kvävedioxid, kväveoxid, partiklar (PM10 och PM2,5), bensen, kolmonoxid, svaveldioxid, ozon och bly. I urban miljö är framförallt kvävedioxid och partiklar relevanta att undersöka. Även bensen finns i trafikbelastade miljöer men beräkningar har visat att miljökvalitetsnormen för bensen klaras i hela Stockholmsregionen.

Det är framförallt dygnsmedelvärdena för miljökvalitetsnormerna som är svåra att klara i urban miljö och i MKB:n är det därför detta värde som är styrande och beskrivs.

2.6.4 Buller

MKN för omgivningsbuller är en målsättningsnorm. I bullerförordningen² står att *"det ska eftersträvas att omgivningsbuller inte medför skadliga effekter på människors hälsa"*. Normen följs när strävan är att undvika skadliga effekter på människors hälsa av omgivningsbuller. Verksamhetsutövare ska genom sin egenkontroll sträva efter att begränsa bullerstörningar.

² Förordning (2004:675) om omgivningsbuller.

3 *Beskrivning av området*

Nedanstående områdesbeskrivning gäller i huvudsak utredningsområdet för grundvatten redovisat i figur 2. Alla höjdangivelser anges i höjdsystemet RH2000.

3.1 Lokalisering

Den nya Gula linjen utgörs av cirka 4 kilometer långa spårtunnlar under mark mellan anslutande Grön tunnelbanelinje, väster om Odenplan, och Arenastaden. Längs sträckan byggs tre nya underjordiska tunnelbanestationer: Hagastaden, Hagalunds industriområde och Arenastaden (figur 2). Spårtunnlarna med tillhörande anläggningsdelar kommer i huvudsak att vara förlagda i berg förutom schakter för stationsuppgångar vid Hagastaden, Hagalunds industriområde och Arenastaden samt vissa ventilations- och utrymningsschakt. Vidare kommer även en del av påslagen till arbets-/servicetunnlarna vara förlagda i jord.

Tunnelbanesträckningen är lokaliserad i Stockholms stad och Solna stad. Utredningsområde för grundvatten omfattar även områden inom Sundbyberg stad.

3.2 Mark- och vattenförhållanden

Beskrivning av mark- och vattenförhållanden inom utredningsområdet är en viktig del i arbetet med att bedöma influensområdets utsträckning, se avsnitt 6.3. En mer detaljerad beskrivning av mark- och vattenförhållanden för aktuell tunnelbanesträckning finns därför i PM Hydrogeologi, Bilaga C till ansökan.

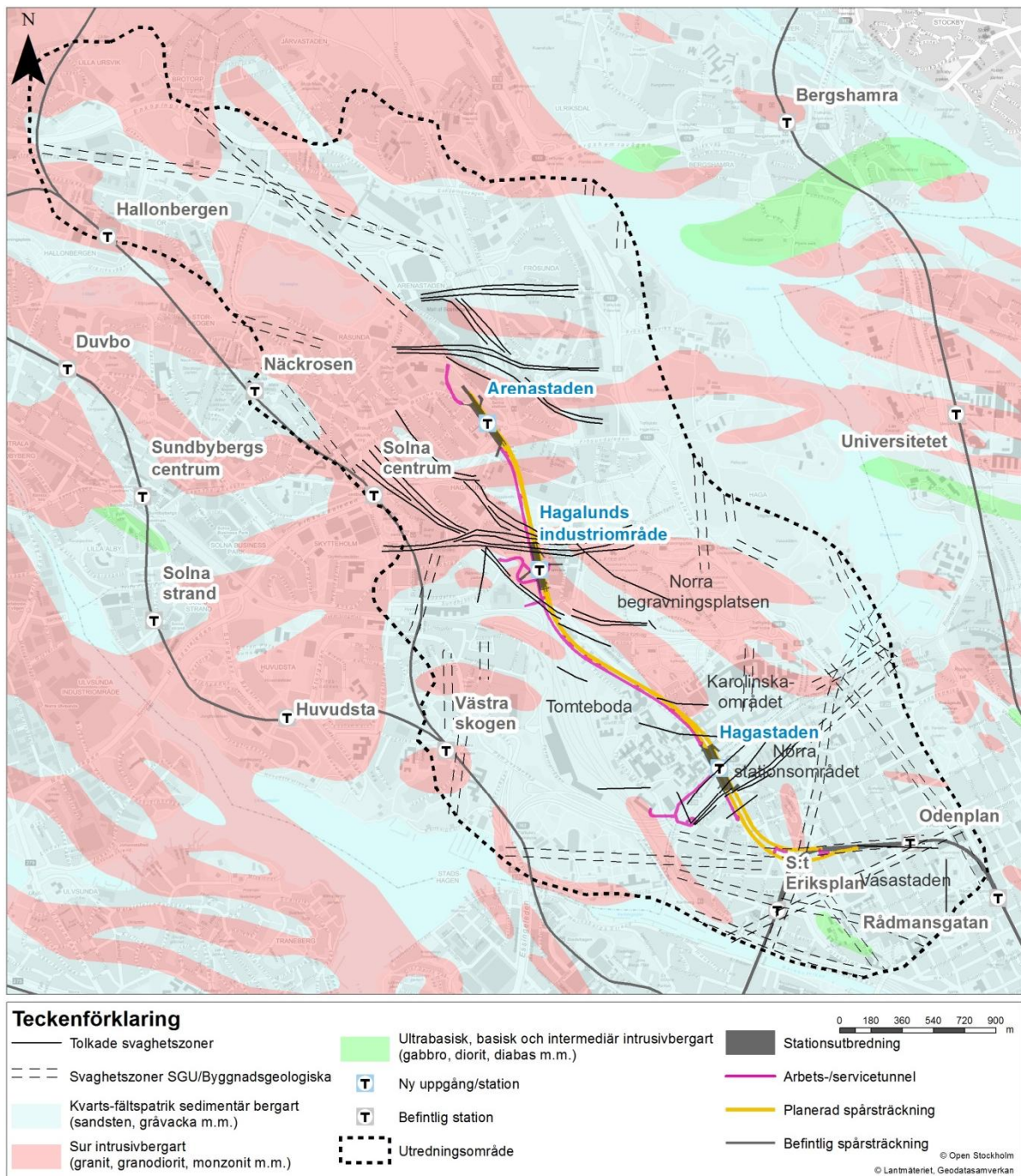
3.2.1 Topografi

Utredningsområdet har varierande topografi. I anslutning till de centrala delarna av Norra begravningsplatsen finns uppstickande bergshöjder och även topografin i Hagalund, Vasastaden och Karolinskaområdet är varierande med höglänta bergområden. Marknivån vid Norra station och kring Arenastaden är däremot lägre och domineras av slättmark. Markytans nivå inom hela utredningsområdet varierar mellan +2 som lägst i slättmarkerna och dess högsta punkter på +72 i höjdområdena.

3.2.2 Berg

Berggrunden inom utredningsområdet utgörs i huvudsak av bergarterna gnejs och granit. Bergtopografin är varierande med större jordfyllda sänkor och bergryggar. De största sänkorna längs med Gul linjes sträckning påträffas vid Arenastaden, norr och söder om Norra begravningsplatsen samt vid Norra stationsområdet. En mindre sänka finns vid Odenplan.

Större stråk med svaghetszoner, det vill säga stråk med sämre berg, förekommer längs med hela sträckningen. I figur 4 redovisas dessa tillsammans med bergarter inom utredningsområdet. Det som framgår av figuren är att ett större stråk sträcker sig inom Vasastaden i östvästlig riktning längs med Gul linjes sträckning och Karlbergsvägen. Ytterligare stråk korsar Gul linje i höjd med Sankt Eriksplan. Två stråk har identifierats vid station Hagastaden med orientering i nordostlig-sydvästlig riktning. Stråk med nordvästlig orientering sträcker sig från Hagastaden mot Huvudsta centrum, parallellt med Gul linje. Från Norra Begravningsplatsen till Huvudsta sträcker sig ett stråk i östvästlig riktning och korsar Gul linje. Kring Hagalund och in mot Arenastaden sträcker sig ytterligare stråk i anslutning till den planerade sträckningen.



Figur 4. Berggrund och svaghetszoner inom utredningsområdet för grundvatten för tunnelbana till Arenastaden.

3.2.3 Jordlager

De östra delarna av utredningsområdet domineras av Stockholmsåsens isälvslagring som sträcker sig i NNV riktning. Åsen består främst av grus och sand med inslag av sten och block. Direkt väster om åsen förekommer sandiga jordar och ytterligare västerut bergområden med lerfyllda sänkor.

Området kring Vasastaden och Odenplan utgörs till stor del av bergområden som är delvis övertäckta av tunna jordlager. I området finns även lerfyllda sänkor. Odenplan är belägen i anslutning till en väl avgränsad mindre sänka med några meter fyllning följt av cirka 5 meter lera, överlagrande ett par meter morän på berg. Längre västerut sträcker sig Gul linje längs med en större lerfylld svacka norr om Vasaparken. Generellt uppgår jorddjupet till 8-17 meter under

gatunivå, jorden utgörs av friktionsjord på berg överlagrande ett upp till nio meter mäktigt lerlager följt av fyllning.

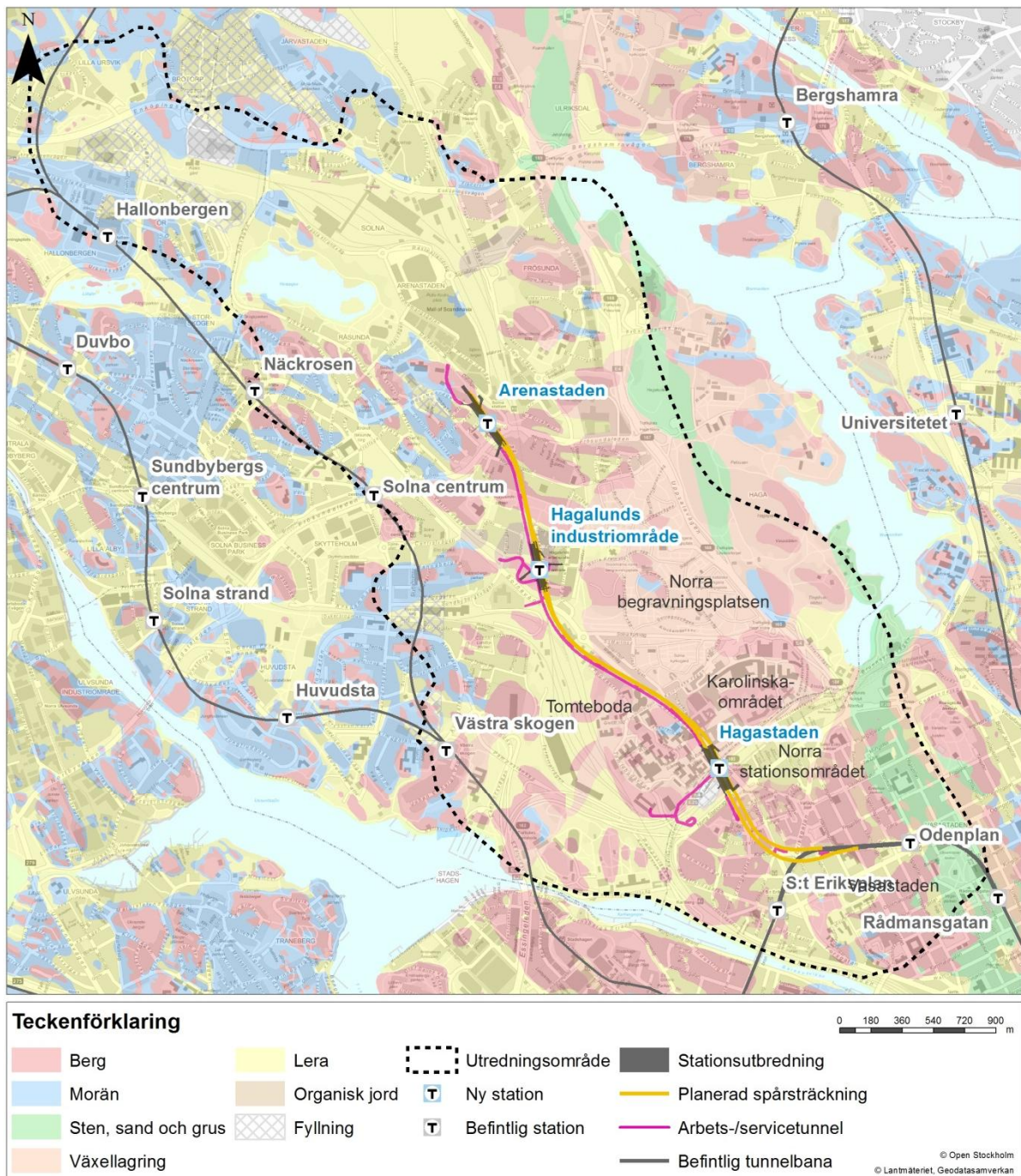
Vidare nordväst passeras ett bergområde inom Vasastaden. Vid station Hagastaden, norr om Vasastaden, domineras området av sänkan vid Norra stationsområdet, en avgränsad större dalgång med relativt stora jorddjup. Dock passerar Gula linjen sänkan där en lokal bergsrygg med ringa jorddjup är belägen. Bergsryggen delar dalgången i en östlig respektive västligt sänka.

Den fortsatta sträckningen passerar under Karolinskaområdet som i huvudsak utgör ett bergområde med tunt jordtäck. Vidare norrut blir jorddjupet större och spårläget passerar de västra delarna av Norra begravningsplatsen där jorddjupet är relativt stort. Upp till 24 meter jorddjup har konstaterats här varav 19 meter lera. Själva Norra begravningsplatsen, som ligger öster om spårsträckningen, utgörs i huvudsak av relativt mäktiga sand och grusavlagringar med mindre partier av uppstickande berghällar.

Norr om Norra begravningsplatsen och upp till Hagalund ökar jorddjupet och mäktigheter på cirka 30 meter har påträffats. Jordlagerföljden utgörs här av fyllning överlagrande cirka 12 meter lera och 15 meter morän.

Mellan Norra begravningsplatsen och Hagalund utgörs området av ett stort sammanhängande lerområde. Själva Hagalund domineras i öst av sand och grusavlagringar, det vill säga i anslutning till Stockholmsåsen, och i väst av ett bergområde. Gul linje passerar under ett större område av höglänt berg med små jorddjup.

I läget för station Arenastaden breder ett större sammanhängande lerområde ut sig med jordmäktighet på upp till cirka 18 meter. Lagerföljden utgörs av tre meter morän, överlagrande 10 meter lera följt av ett par meter fyllning.



Figur 5. Jordarter inom utredningsområde för grundvatten för tunnelbana till Arenastaden.

3.2.4 Grundvatten

Inom utredningsområdet finns två grundvattenförekomster i Stockholmsåsen, Stockholmsåsen-Solna och Stockholmsåsen-Haga, se även avsnitt 2.6.2. Dessa klassas som dricksvattenförekomster och ligger i utredningsområdets östra del.

Inom hela utredningsområdet finns större sammanhängande förekomster av grundvatten i öppna sprickor i berg, i naturliga friktionsjordlager samt i mer eller mindre omfattning i fyllnadsmaterial. Sprickor i berg uppträder som sprick- och krosszoner eller som system av enskilda sprickor som i varierande grad har kontakt med varandra.

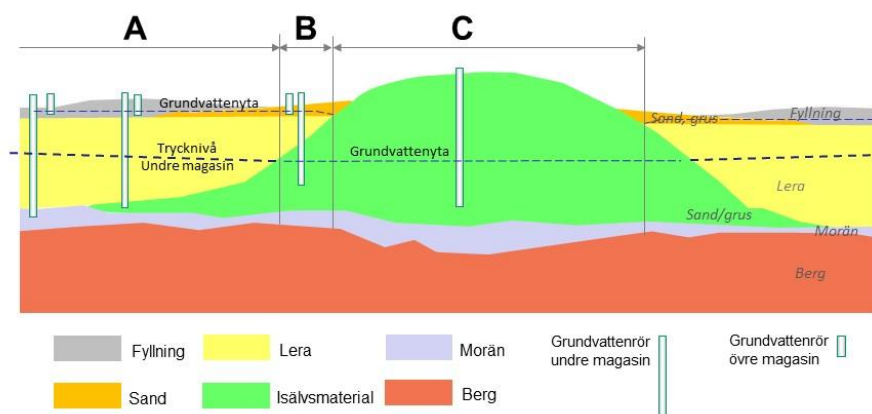
Strömningsriktningar bestäms av en grundvattendelare vilket generellt utgörs av höjdområden, som bergryggar. För det aktuella utredningsområdet sker grundvattnets strömningsriktning ut mot Ulvsundasjön i väster, Karlbergssjön i syd och Brunnsviken i öster.

Grundvattenmagasin i jord förekommer dels som slutna grundvattenmagasin i friktionsjord under lera, så kallade undre magasin, och dels som öppna grundvattenmagasin, vanligen i ytligt liggande friktionsjord (fyllning eller naturlig jord). Öppna magasin kan även finnas under lera om grundvattenytan i magasinet ligger lägre än lerans underyta.

Utredningsområdet kan indelas i mindre delavrinningsområden med avgränsade undre grundvattenmagasin i jord, som står i liten förbindelse med varandra, huvudsakligen via sprickor i berg.

Öppna grundvattenmagasin finns inom stora delar av utredningsområdet. Nivåerna i dessa magasin styrs till stor del av dränerande stråk i den urbana miljön, andel hårdgjord mark, samt förekomst av så kallade lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD)-anläggningar. Många av de öppna magasinerna är inte varaktiga under året utan är periodvis torra.

Olika typer av Grundvattenmagasin



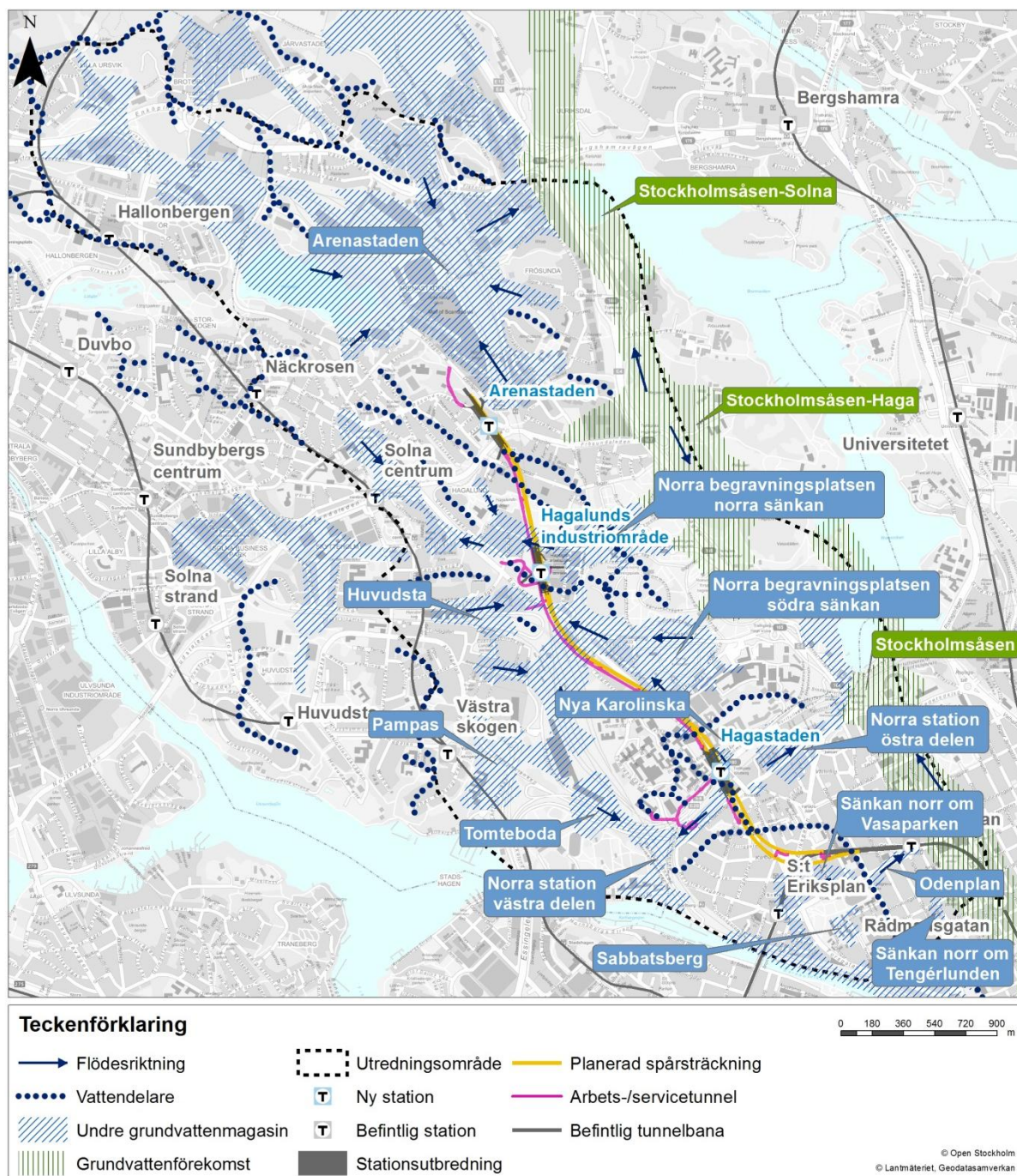
- Inom område A finns ett övre öppet magasin i friktionsjord (fyllning) och ett undre slutet magasin i friktionsjord (isälvsmaterial på morän eller enbart morän). Trycknivån i det undre magasinet ligger lägre än grundvattenytan i det övre magasinet.
- Inom område B finns ett övre öppet magasin i friktionsjord (sand) och ett undre öppet magasin i friktionsjord (isälvsmaterial på morän). Grundvattenytan i det undre magasinet ligger lägre än grundvattenytan i det övre magasinet.
- Inom område C finns ett öppet magasin i isälvsmaterial.

En trycksänkning i ett slutet grundvattenmagasin under sättningskänslig lera kan leda till marksättningar. Dessa magasin betecknas därför som känsliga och kartläggs specifikt. Känsliga grundvattenmagasin i naturlig jord visas översiktligt i figur 6, tolkade utifrån vattendelare och geologi. Se även faktaruta för beskrivning av de olika typerna av grundvattenmagasin.

Öppna magasin pekas inte ut specifikt i grundvattenkarteringen, med undantag för de två grundvattenförekomsterna i Stockholmsåsen. Mindre områden med övre öppna magasin som har

byggnader med identifierad känslig trägrundläggning har dock karterats. Grundvattenytans läge i dessa magasin har normalt sett inte en koppling till risk för sättningar och liten koppling till växttillgängligt vatten, förutom i områden med ytligt grundvatten.

Inom hela utredningsområdet har observationsrör installerats för mätning av grundvattennivåer. Befintliga grundvattenrör har även inventerats och grundvattennivåmätningar från andra projekt, framför allt Citybanan, inhämtats. Lägen på grundvattenrör och uppmätta nivåer redovisas i PM Hydrogeologi, Bilaga C till ansökan. Där redovisas även mer detaljerade uppgifter om befintliga grundvattenmagasin.



Figur 6. Grundvattenmagasin och strömningsriktningar inom utredningsområde för grundvatten för tunnelbana till Arenastaden.

3.2.5 Geoteknik

Geotekniska undersökningar har utförts längs tunnelbanan och i stations- och schaktlägen i syfte att bestämma jorddjup, jordens och bergets egenskaper, och att bestämma sättet att grundlägga och utföra byggnation av anläggningar och byggnader längs med Gul linje. Framför allt är det området kring stationerna som undersökts då dessa kommer att anläggas genom schakt ner till berg under byggtiden. För att kunna bedöma risken för sättningar på grund av en grundvattennivåsänkning samt utföra beräkningar är det lerans egenskaper som är viktigast och som beskrivs i detta avsnitt. Lös lera är mer sättningsbenägen än fast lera som till och med kan vara uttorkad på ytan (torrskorpelera). I den lösa leran sjunker portrycket mellan lerpartiklarna om grundvattentrycket sänks, varvid leran komprimeras över tid och skapar en sättning. En fast lera är redan komprimerad, eventuellt på grund av en redan avsänkt grundvattennivå, och risk för ytterligare sättningar är liten. För att bedöma lerans egenskaper har kolvprover tagits inom utredningsområdets lerområden.

Odenplan ligger i ett lerområde. I och med tidigare arbeten med befintlig tunnelbana, bland annat Citybanans uppgång till Odenplan, har lera lokalt schaktats bort till underliggande friktionsjord och/eller berg. Lokalt är leran halvfast i sin konsistens vid en till två meters djup och i huvudsak uttorkad på ytan. Den uttorkade leran hänger ihop med att grundvattennivån i det undre grundvattenmagasinet ligger under lerans underkant.

Vid station Hagastaden består jordlagren av friktionsjord på berg med överlagrande lera och fyllning. Lerans tjocklek varierar mellan fyra och sex meter och är lös i sin konsistens.

Vid station Hagalunds industriområde finns sättningsbenägna lerlager med mäktigheter på upp till 21 meter. Större delen av området bedöms ha stor sättningsbenägenhet.

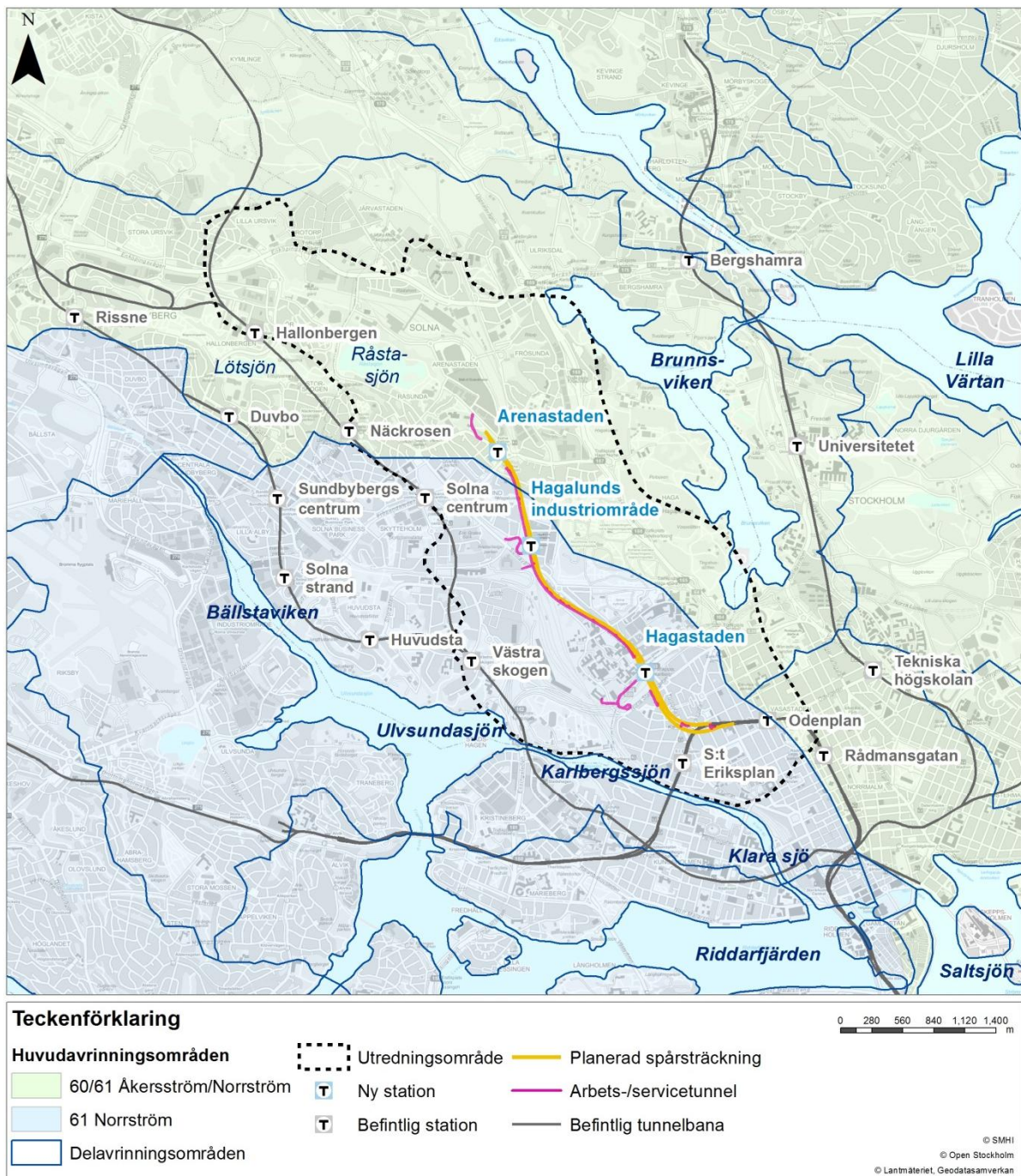
I läget för station Arenastaden breder ett större sammanhängande lerområde ut sig med jordmäktighet på upp till cirka 15 meter. Lagerföljden utgörs av ett par meter fyllning överlagrande 10 meter lera följt av 3 meter morän.

3.2.6 Ytvatten

De högre belägna områdena inom utredningsområdet representerar en regional ytvattendelare som går rakt igenom utredningsområdet (figur 7). Denna ytvattendelare delar in ytan i så kallade avrinningsområden. Ett avrinningsområde är det område från vilket vatten från regn och snö avrinner till en specifik havsbassäng, sjö eller vattendrag. Den västra delen av utredningsområdet avvattnas mot Mälaren (Ulvsundasjön), den östra mot Brunnsviken och den södra mot dels Mälaren och dels Saltsjön. Dessutom finns en sjö inom utredningsområdet, Råstasjön som är belägen väster om Arenastaden, Solna.

Mälaren och Saltsjön är indelade i flera olika vattenförekomster, varav en kan beröras av projektet: Mälaren-Ulvsundasjön, se avsnitt 2.6.1.

Under drifttiden kommer dräneringsvatten och spolvatten från tunneln (se avsnitt 4.1.5) att renas och skickas vidare till recipient. Nedanstående beskrivning omfattar tänkbara recipienter.



Figur 7. Avrinningsområden inom utredningsområde för grundvatten för tunnelbana till Arenastaden. Källa: SMHI

Brunnsviken

Brunnsviken är en bräckvattensjö som ansluter till Lilla Värtan genom Ålkistekanal. Dess tillrinningsområde är cirka 8 km² och täcker delar av Stockholm, Solna och Sundbyberg.

Tillrinningsområdet utgörs huvudsakligen av bebyggelse men park och naturmark finns också i stora delar av området. Tungt trafikerade vägar, till exempel E4 och E18, omger hela Brunnsviken.

Stora mängder dagvatten från vägar rinner till Brunnsviken. Flera reningsanläggningar har byggts för motorväg E4, men vatten från E18 och spår- och industriområden leds fortfarande orenat till Brunnsviken.

Den uppskattade tillrinningen till Brunnsviken är ungefär hälften av det uppskattade vattenutbytet med Lilla Värtan. Detta vattenutbyte sker dels genom vattenståndsändringar i Saltsjön, och dels genom utpumpning. Utpumpning av bottenvatten under senvinter och sommar har pågått sedan 1982 och är en pågående åtgärd för att förbättra vattenkvaliteten i Brunnsviken.

Det salta och därmed tunga vattnet som kommer ifrån Lilla Värtan sjunker och bildar mer stagnant bottenvatten. Omblandningen är därför ofullständig och syrehalterna i bottenvattnet (under 6 meters djup) är väldigt låga. Höga fosforhalter har uppmätts i Brunnsviken och måttligt höga kvävehalter. Dessa näringsämnen tillförs troligen framförallt genom dagvattnet från bebyggd mark. Siktdjupet är cirka 1,2-2 meter, vilket kan anses litet.

Höga halter av tungmetaller har uppmätts i sediment. Det rör sig framförallt om kvicksilver, kadmium, koppar, krom, zink och nickel. Höga halter av miljögifter som PCB och PAH har även uppmätts.

Brunnsviken är en vattenförekomst med otillfredsställande ekologisk status och anses ej uppnå god kemisk status. Detta är på grund av dess övergödning och syrefattiga förhållanden samt miljögifter (till exempel kvicksilver, kadmium och bly).

Brunnsviken och delar av dess avrinningsområde ingår i Nationalstadsparken. Detta är ett attraktivt park- och naturlandskap med stora natur-, kultur- och rekreationsvärden. Bland annat används Brunnsviken för rodd- och kanotsport, båtsport, fritidsfiske och strandbad.

Bällstaviken-Ulvsundasjön

Bällstaviken är en vik med förbindelser till Mälaren genom Margretelunds vik och Karlbergskanalen. Tillrinningsområdet på 51 km² täcker delar av Stockholm, Solna och Sundbyberg. Dessutom mynnar Bällstaån, med ett tillrinningsområde på 36 km², i Bällstaviken. Tillrinningsområdet består huvudsakligen av hårdgjorda ytor och endast en liten del (20 procent) består av naturmark.

Tillflödet från Bällstaån, som huvudsakligen består av dagvatten, och vattenutbytet med Mälaren påverkar vattenkvaliteten i Bällstaviken-Ulvsundasjön. Dessutom leds dagvattnet från Solna, inklusive Solna centrum och Karolinska Institutet, orenat ut i Bällstaviken och Ulvsundasjön.

Näringshalterna, både kväve och fosfor, är måttliga, klorofyllhalterna är höga och siktdjupet är måttligt.

Måttligt höga halter av vissa metaller, såsom kadmium, bly, krom, zink och nickel, har uppmätts i sediment. Dessutom finns höga halter av kvicksilver och koppar. Även miljögifter som PCB och PAH har uppmätts i höga halter.

Ulvsundasjöns ekologiska status klassas som måttlig, på grund av påverkan av näringsämnen (övergödning), se avsnitt 2.6.1. Den kemiska statusen uppnår ej god status, på grund av höga halter av bland annat kvicksilver, bly och tributyltenn.

Bällstaviken-Ulvsundasjön är ett viktigt rekreationsområde med promenadvägar, hamnar och badplats. Dessutom har sjön ett välkänt bra fiske.

Karlbergssjön

Karlbergssjön ingår i ett större vattenområde som även omfattar Karlbergskanalen, Barnhusviken och Klara sjö. Vattenområdet har förbindelser med Ulvsundasjön i väster och Mälaren i sydöst.

Avrinningsområdet täcker delar av Solna och Stockholm och utgörs främst av tät stadsbebyggelse. I förhållande till avrinningsområdet är tillförseln av dagvatten väldigt stor. Det finns dessutom flera bräddpunkter från avloppsnätet på både norra och södra sidan om vattenområdet. Sjön har mycket höga halter av fosfor och klorofyll och höga halter av kväve. Även höga halter av bakterier

har uppmätts, troligen på grund av bräddningar. Vattnet har flera gånger bedömts som otjänligt. De trånga förbindelserna med Ulvsundasjön och Mälaren gör att vattenomsättningen uppskattas vara liten.

Karlbergssjön ingår i dagsläget i vattenförekomsten Mälaren-Ulvsundasjön vars ekologiska status i sin helhet är klassad som måttlig, se avsnitt 2.6.1.

Ingen information om bottensediment för Karlbergssjön finns, men i Klara sjö har olika metaller och organiska ämnen, främst tjärämnen, uppmätts.

Vattenområdet används framförallt för båtsport, men en promenadväg finns längs hela södra stranden. Vid Hornsbergs strand är bad numera tillåtet och strandpromenaden är anpassad till detta. Norra stranden är endast tillgänglig vid Karlbergs slott.

Råstasjön och utloppsdike från Råstaån

Råstasjön är en sjö på cirka 19,8 hektar i västra Solna. Tillrinningsområdet är 550 hektar och delas mellan Solna och Sundbyberg. Dess största djup är cirka fyra meter.

Råstasjön tillförs vatten dels från Lötsjön, och dels från ett dike som rinner parallellt med E18. Reningsanläggningar för vägdayvatten saknas.

Vattenkvaliteten är framförallt påverkad av näringsämnen. Höga till mycket höga halter av fosfor och måttligt höga till höga halter av kväve har uppmätts. I sediment finns höga halter av tungmetaller. Råstasjön har inga fastställda MKN och har därför ingen klassad kemisk eller ekologisk status.

Råstasjön är en viktig fågelsjö och används i rekreationssyfte. Däremot finns inga badmöjligheter.

Utloppsdike från Råstasjön är till största delen kulverterad och mynnar i norra delen av Brunnsviken.

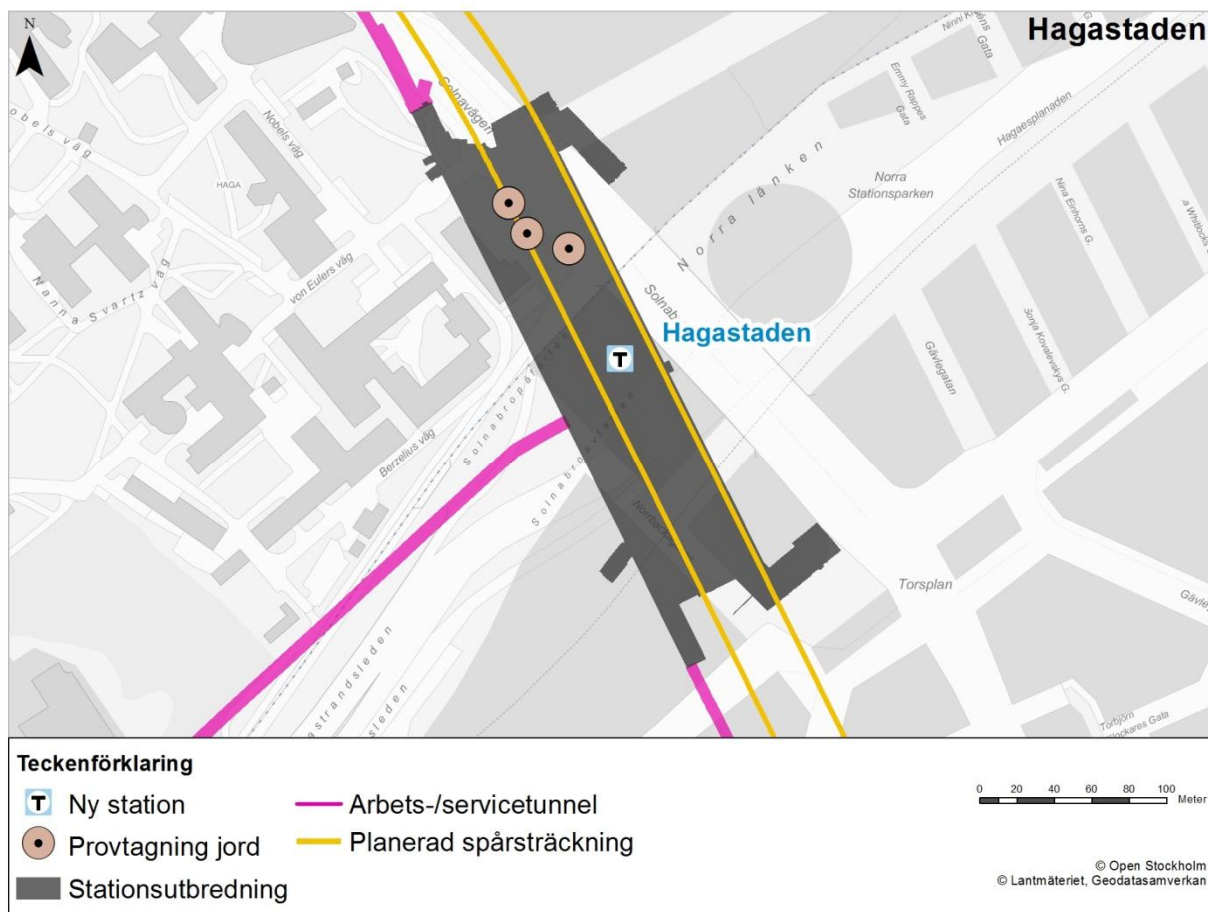
3.2.7 Befintliga föroreningar

Planerade arbeten för utbyggnaden av Gul linje innebär att jord, både fyllningsjord och naturlig jord, kommer att schaktas ur under byggtiden. Länshållningsvatten, som eventuellt är förorenat, kommer även att behöva hanteras under byggtiden (se kapitel 4.1.5).

En övergripande inventering av potentiellt förorenade områden inom utredningsområdet har gjorts baserat på länsstyrelsens MIFO-databas (Metodik för Inventering av Förorenade Områden). I databasen finns 370 potentiellt förorenade områden inom utredningsområdet. Inom MIFO tilldelas potentiellt förorenade objekt olika riskklasser med syfte att prioritera åtgärdsinsatser. Genomgång har även gjorts av resultat från tidigare miljöundersökningar för enskilda objekt eller fastigheter där föroreningen bedömts ha potential att påverka vattenkvaliteten på länshållningsvatten under byggtiden och/eller dränvatten under drifttiden. Grundvattnets kvalitet längs med Gul linjes sträckning har undersökts genom provtagning i kärnborrhål, grundvattenrör och pumpbrunnar. Även jordprovtagningar har skett i lägen där jordschakt planeras i samband med uppförandet av stationsbyggnader. En beskrivning av resultaten från provtagningarna redovisas nedan.

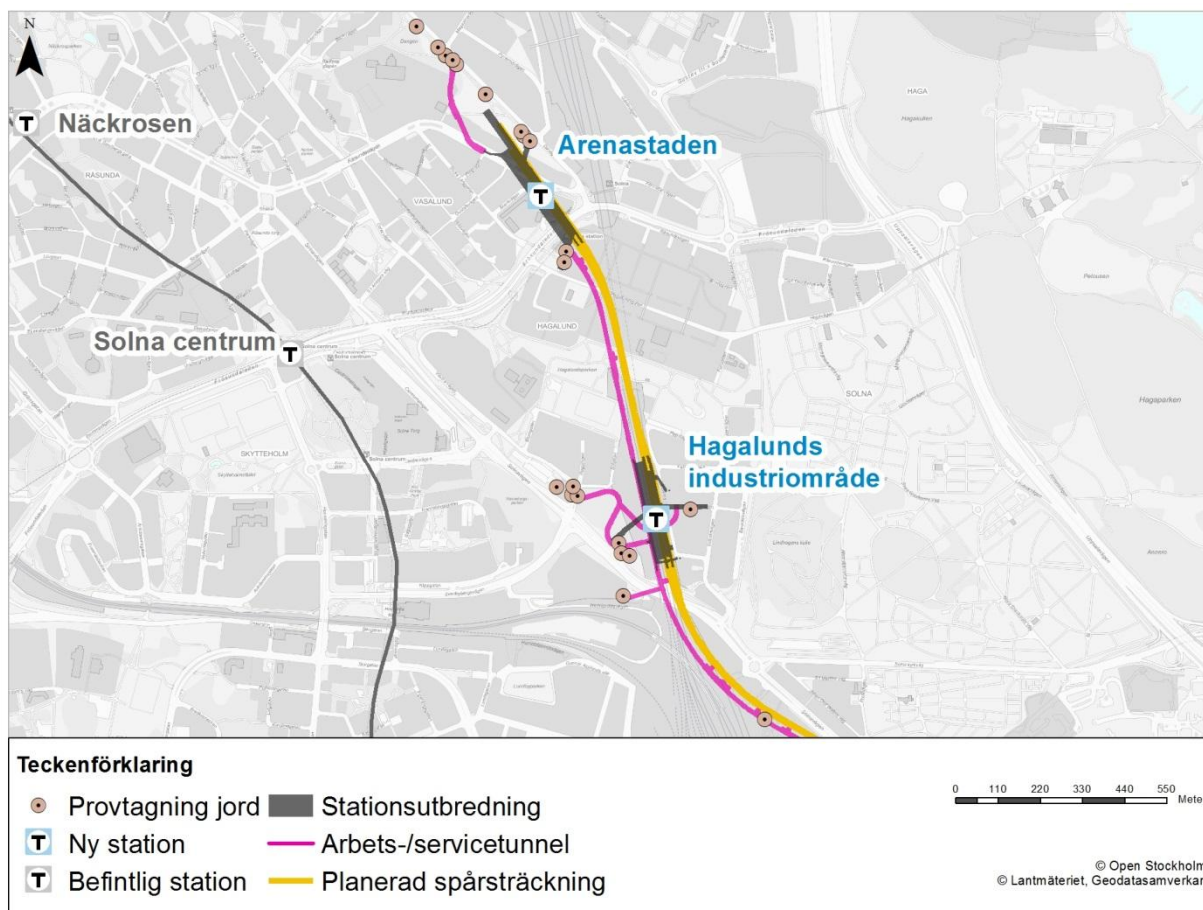
3.2.7.1 Föroreningar i jord

I området för station Hagastaden har jordprovtagning utförts i det översta fyllnadsmaterialet (figur 8) och analyserna visar på något förhöjda halter av metaller och PAH i enstaka prover. Halterna är lägre än Naturvårdsverkets generella riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM).



Figur 8. Provtagningspunkter i jord vid station Hagastaden.

Vid station Hagalunds industriområde har provtagning utförts (se figur 9). Generellt påträffades naturlig jord, men i en av punkterna även fyllningsjord i övre metern. Utförda analyser uppvisar låga halter, samtliga under Naturvårdsverkets generella riktvärden för känslig markanvändning (KM). PAH detekterades inte.



Figur 9. Provtagningspunkter i jord vid station Hagalunds industriområde och station Arenastaden.

Vid Arenastaden har provtagning av fyllningsjord och naturlig jord utförts i områden som är eller har varit planerat för schakt, se figur 9.

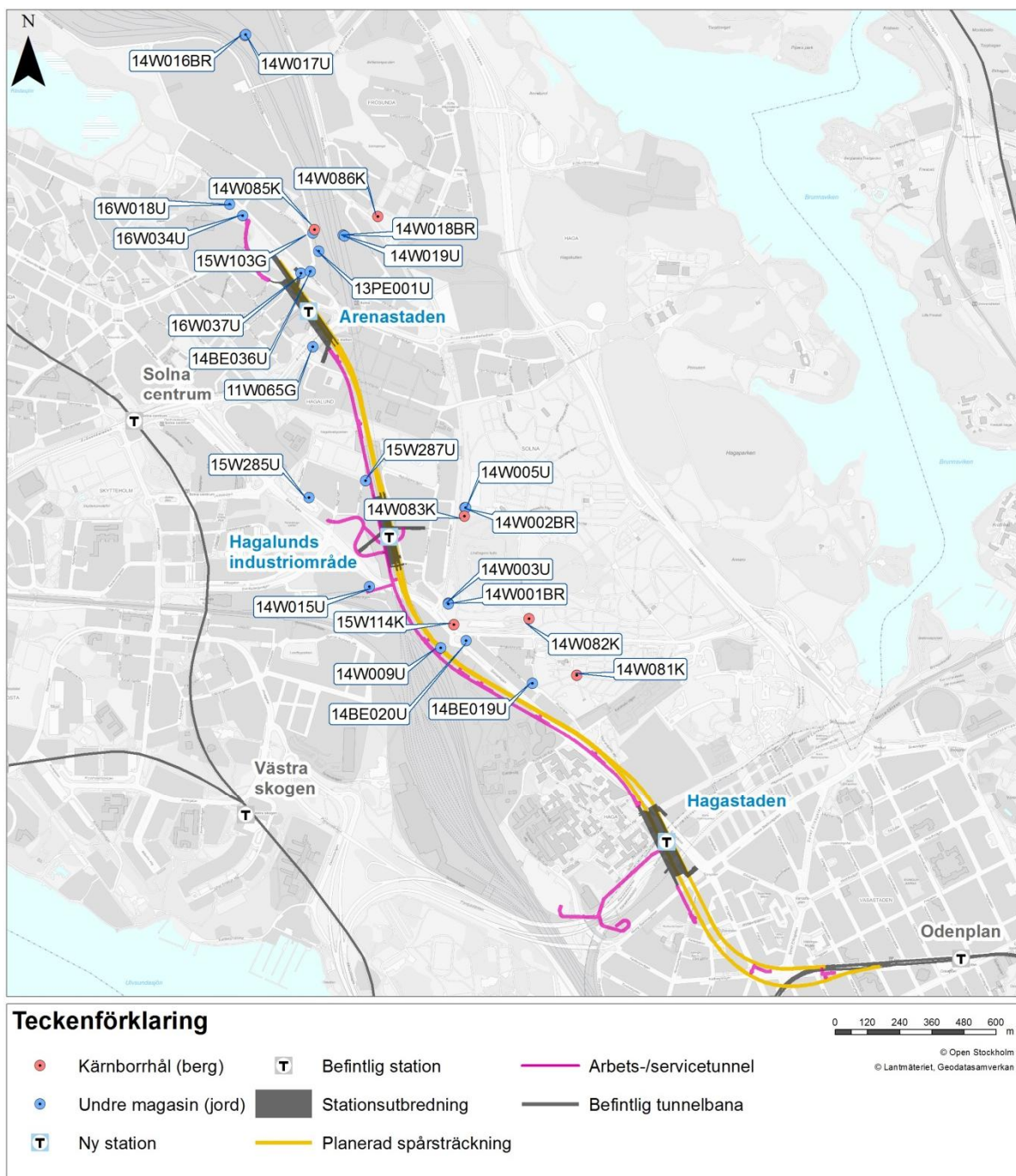
Uppmätta halter är med ett undantag lägre än MKM. I ett prov överskred halten av PAH riktvärdet för MKM. I fyra prover har halter över KM påträffats (bly, kobolt, nickel eller PAH). Övriga prover påvisades med halter under KM. I jordprover vid södra uppgången var alla halter under riktvärdet för KM.

Vid Dalvägen visar resultat från jordprovtagningen på generellt låga halter, huvudsakligen under riktvärdena för KM

3.2.7.2 Föroreningar i grundvatten

Vattenprover har tagits längs hela Gul linjes sträcka, se figur 10, bland annat i samband med propumpningar och vattenförlustmätningar. Provtagningarna har utförts i områden där potentiellt förorenade områden har identifierats som hög risk (se avsnitt 6.6). Provtagningarna har utförts i grundvattenrör nedströms potentiellt förorenade områden.

Inom sträckan Odenplan-Hagastaden har uppgifter om vattenkvalitet hämtats från Citybanas utredningar (Banverket, 2007). Halterna har jämförts mot de undersökningar som utfördes 1997 av SGU på uppdrag av miljöförvaltningen i Stockholm och Naturvårdsverket (Miljöförvaltningen i Stockholm, 2013.) Grundvatten i Stockholm 2011-2012. Stockholms Stad.) De redovisade medianhalterna bedöms ge en bild av antropogena bakgrundhalter av metaller i stadsmiljö. Undersökningen utfördes med syfte att få en bättre bild av grundvattenkvaliteten inom Stockholms stad.



Figur 10. Provtagningspunkter i grundvatten för tunnelbana till Arenastaden.

I området i höjd med Arenastaden återfinns höga koncentrationer av klorerade alifater. Ett flertal undersökningar har genomförts tidigare med avseende på klorerade alifater. Provtagning och analys har utförts i de olika punkterna under flera år (2009-2016) vilket medför att översikten inte är helt korrekt med avseende föroreningshalter i dagsläget. Sammanställningen bedöms ändå ge en bild av föroreningsutbredningen kring Arenastaden. Halterna i nära anslutning till station Arenastaden baseras dock på prover tagna under perioden 2014-2016. Av samtliga prover tagna under perioden 2009-2016 har den högsta halten (1900 µg/l) av tetrakloreten påträffats i det undre magasinet direkt i anslutning till den norra uppgången vid station Arenastaden. De näst högsta halterna (ca 1000 µg/l) har påträffas i ett kärnborrhål samt i ett grundvattenrör ca 160-170

meter norr om station Arenastaden. Grundvattnets strömningsriktning är riktad åt nordväst vilket innebär att transport av lösta föroreningar troligtvis sker bort från station Arenastaden.

Längs med den övriga sträckningen av Gul linje där analys av klorerade alifater utförts har i huvudsak endast låga halter påträffats i grundvattnet. Inom Arenastaden följer metallhalter generellt även de mönster av metallhalter i grundvatten som kan förväntas i urban miljö, med ett visst undantag för bly, koppar och krom. Dock har motsvarande halter inte rapporterats för berggrundvattnet.

Vid sträckan Hagastaden till och med Norra begravningsplatsen och Hagalund uppvisar huvuddelen av genomförda undersökningar inga större avvikelser från förväntade metallhalter i urban miljö. Dock observeras nickel i en punkt norr om Karolinskaområdet, som är förhöjd i förhållande till den antropogena bakgrundshalten.

Inom Arenastaden konstateras att förekomsten av oljeföroreningar i de undersökta grundvattenproverna från det undre magasinet och bergborrhålen är begränsade. Metallhalterna i grundvatten inom Vasastan till Norra stationsområdet följer generellt de mönster av metallhalter i grundvatten som tidigare uppmätts av SGU. Inom projekt Citybanan undersöktes även förekomsten av alifater, aromater, BTEX-ämnen (bensen, toluen, etylbensen och xylener) och PAH (polycykliska aromatiska kolväten) i grundvatten inom detta område. BTEX-ämnen låg under rapporteringsgränsen i samtliga provtagna grundvattenrör. I anslutning till Karlbergsvägen och den planerade sträckningen av Gula linje har dock PAH påträffats i kärnborrhål (Banverket, 2007).

Resultatet från riskvärderingen av potentiell förorenade områden samt inventering av tidigare genomförda miljöundersökningar och inom projektet utförda undersökningar visar att risken för föroreningsspridning är störst vid station Arenastaden.

För Gul linjes sträckning genom Norra begravningsplatsen konstateras att förekomsten av oljeföroreningar i de undersökta grundvattenproverna från de undre magasinen är begränsade. Baserat på genomförda provtagningar, konstateras att förutom Arenastaden har inte någon betydande föroreningsförekomst i grundvatten identifierats längs med Gul linjes sträckning.

Provtagning av grundvatten i övre grundvattenmagasin har generellt inte utförts. Vid exempelvis jordprovtagning av fyllnadsjorden vid Hagastaden påträffades inget grundvatten.

Utförligare beskrivning av provtagningar i jord och grundvatten finns i PM Hydrogeologi, Bilaga C till ansökan.

3.3 Bebyggelse och markanvändning

Markanvändningen inom utredningsområdet varierar mellan kraftigt urbaniserad till natur- och parkmark. Generellt utgörs området kring Vasastaden och Odenplan av bostäder och handel. Norra stationsområdet utgörs i huvudsak av infrastruktur, E4/E20 och Värtabanan (väg och järnväg), samt i den västra delen Citybanans tillfartstunnel.

Områdena kring Karolinska institutet och sjukhuset är i huvudsak urbaniserade, men inslag av mindre grönområden förekommer. Norra begravningsplatsen och området längs med Stockholmsåsen (Hagaparken) utgörs i huvudsak av grönområden. Längre norrut, vid Hagalunds induatriområde och området kring Arenastaden, är marken i huvudsak urbaniserad. Längs med den västra delen av utredningsområdet är marken urbaniserad, dock till övervägande del av bostadsområden (blandad bebyggelse), där en hel del grönområden förekommer i form av gårdsytor och villaträdgårdar.

Inom utredningsområdet finns större spårområden, framförallt i syd vid Tomtebodan och norr om Arenastaden. Dessa spår är viktiga för kommunikation inom både lokal och nationell tågtrafik.

3.3.1 Byggnader

Information om byggnaders grundläggning har hämtats från Stockholm, Solna och Sundbybergs kommun. Särskilt fokus har lagts på byggnader inom lerområden på grund av risken för sättningar vid en grundvattenavsänkning. I avsnitt 6.4 redovisas resultat från grundläggningsinventeringen och en konsekvensbedömning för byggnader som anses vara känsliga objekt.

3.3.2 Omgivningsbuller

I detta avsnitt beskrivs befintligt buller i form av omgivningsbuller från väg- och spårtrafik. Andra bullerkällor, exempelvis flygtrafik, ingår inte.

Inom det område som berörs av den nya tunnelbanan finns ett mycket stort antal bostäder som i nuläget berörs, mer eller mindre, av trafikbuller. Befintlig tunnelbana, Grön linje, går i spårtunnlar inom utredningsområdet och påverkar därmed inte trafikbullret ovan mark.

Odengatan, Karlbergsvägen och övriga större gator inom utredningsområdet har relativt mycket trafik och belastas därför av trafikbuller. På Odenplan är ekvivalenta trafikbullernivåer 60-70 dB(A). Bebyggelse vid Odenplan och längs Karlbergsvägen har i dagsläget ekvivalenta bullernivåer runt 65 dB(A) vid fasad.³

E4 korsar utredningsområdet och genererar mycket höga trafikbullernivåer. För tillfället pågår överdäckning av E4 inom utredningsområdet vilket kommer att minska ledens bullerpåverkan i närområdet. Längs Solnavägen har närliggande bostäder till övervägande del över 60 dB(A) ekvivalent ljudnivå vid fasad och vid Frösundaleden har bostäder över 60 eller över 65 dB(A) vid fasad. Nya Karolinska Solna, NKS, håller på att byggas i Hagastaden. Längs denna del av Solnavägen ligger de ekvivalenta trafikbullernivåerna på 65 dB(A).

3.4 Riksintressen

Områden som har speciella värden eller förutsättningar som har bedömts vara betydelsefulla ur ett nationellt perspektiv, klassas som riksintressen enligt miljöbalken. Områden kan utpekas som riksintresse på grund av sina speciella natur- eller kulturvärden eller för att de är av betydelse för ett speciellt nyttjande.

Utredningsområdet berör tre områden av riksintresse för kulturmiljövård enligt 3 kapitlet 6 § miljöbalken. De redovisas nedan tillsammans med motiveringen till utnämmandet som riksintresse:

- Stockholms innerstad med Djurgården – Storstadsmiljö, präglad av funktionen som landets politiska och administrativa centrum sedan medeltiden och de mycket speciella topografiska och kommunikationsmässiga förutsättningarna för handel, samfärdsl och försvar. Utvecklingen inom stadsplans- och byggnadskonsten har fått särskilt tydliga uttryck, med alla epoker från medeltiden till nutid väl representerade. Residensstad, domkyrko- och universitetsstad samt viktig sjöfarts- och industristad.
- Solna
A. Sockencentrum för den stora Solna socken, som ursprungligen innefattade hela nuvarande Stockholms innerstad, framför allt präglad av 1100-talets rundkyrka med

³ Stockholms stads bullerkartläggning.

senare tillbyggnader och tillhörande bebyggelse från främst 1700-talet.

B. Haga - Ulriksdals kungliga slottsmiljöer med lustslott och stora parkanläggningar med nära vattenkontakt, som i sin utveckling framför allt speglar stormaktstiden, den gustavianska epoken och 1800-talets första hälft. Miljöerna har ett nära samband med ett större område dominerat av kungarna och staten.

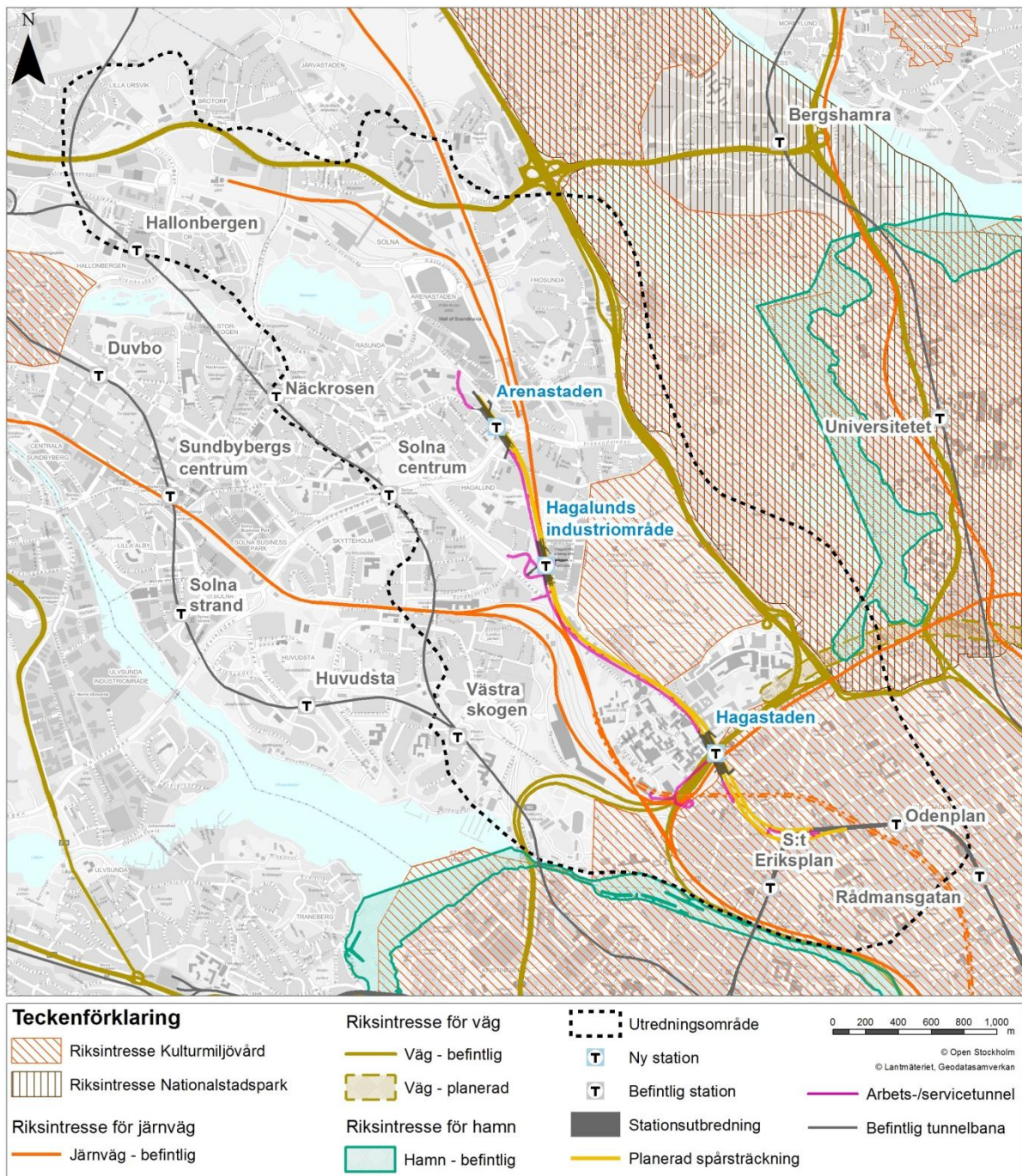
C. Norra begravningsplatsen, invigd 1827, som i planering och anläggningar visar begravningsväsendets historia i Sverige under 1800-talet.

- Karlberg – Slottsanläggning och militär miljö präglad av stormaktstidens anläggning och funktionen som krigshögskola sedan 1792 (världens äldsta i ursprungliga lokaler).

Nationalstadsparken utgör ett område av riksintresse enligt 4 kap 7 § miljöbalken, med motivet att området är av stor betydelse för det nationella kulturarvet, stadens ekologi och människors rekreation. En del av Nationalstadsparken ligger inom den östra delen av utredningsområdet för grundvatten men den största delen ligger öster därom enligt figur 11.

I utredningsområdet förekommer flera riksintressen för kommunikationer enligt 3 kap 8 § miljöbalken. I Stockholms län är hela det statliga järnvägsnätet och större delen av det statliga vägnätet av riksintresse. Utredningsområdet berör vägarna E4 och E20, samt järnvägarna Mälarbanan, Ostkustbanan, Arlandabanan, Citybanan och Stockholm Älvsjö – Ulriksdal/Sundbyberg. Stockholms hamn, i vilket delar av Brunnsviken och Ulvsundasjön inräknas, är utpekad som riksintresse.

Identifierade riksintressen inom hela utredningsområdet för grundvatten redovisas i figur 11.



Figur 11. Riksintressen inom och invid utredningsområdet för grundvatten för tunnelbana till Arenastaden.

3.5 Naturmiljö och friluftsområden

Inom utredningsområdet finns som nyss nämnts Nationalstadsparken som är riksintresse enligt miljöbalken. I utredningsområdets norra gräns tangeras naturreservatet Igelbäcken i Sundbyberg. Ändamålet med reservatet är dels att skapa goda förutsättningar för naturupplevelser och ett lokalt och regionalt friluftsliv i storstadens närhet, dels att skydda och bevara Igelbäcken som ett levande vattendrag. I övrigt finns inga andra naturvärden som är skyddade enligt miljöbalken. Generellt strandskydd råder 100 meter från alla ytvatten, där det inte är upphävt av detaljplaner

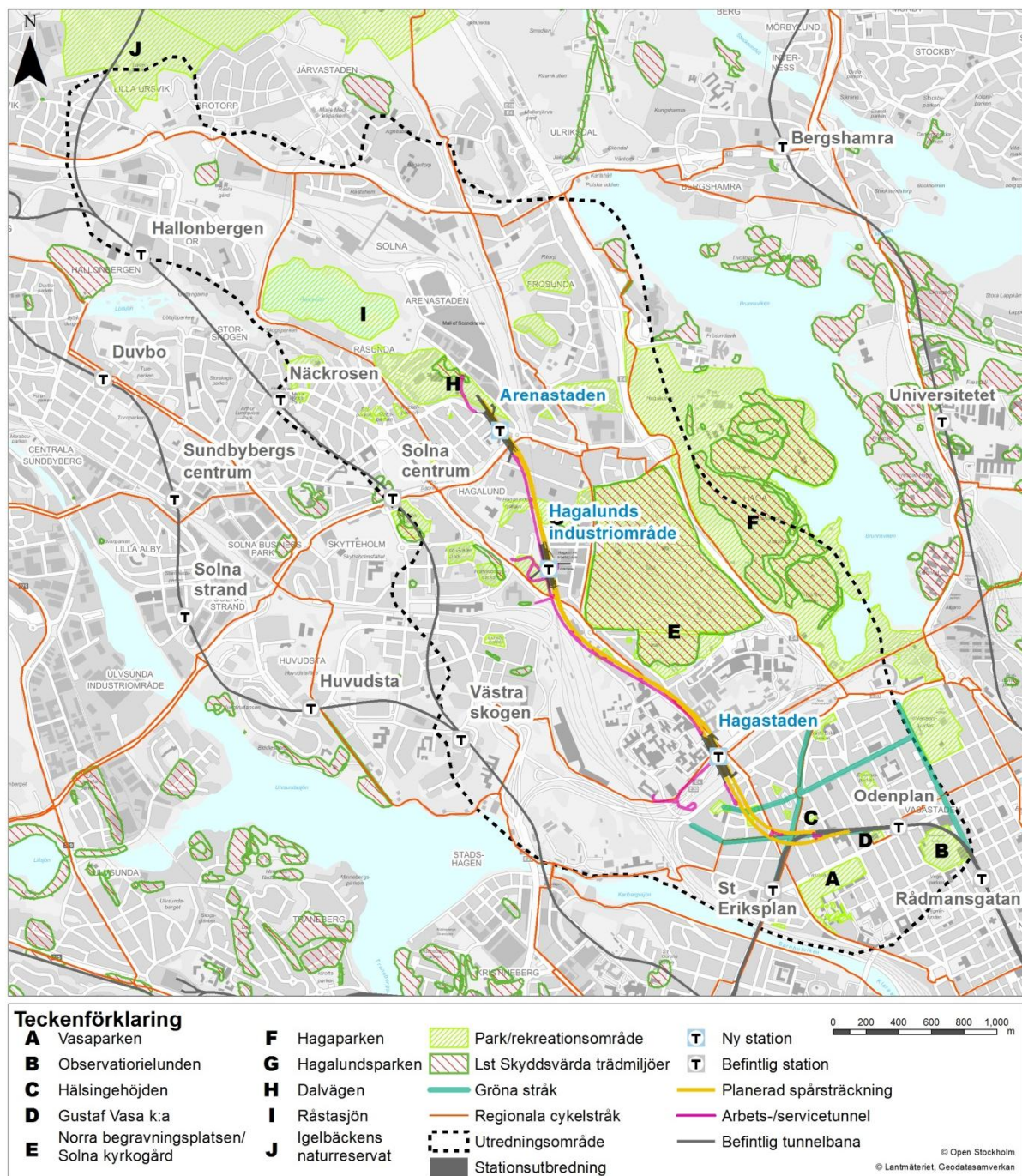
Parker och grönområden

Spridda inom utredningsområdet finns parker och grönområden med varierande värden för rekreation och biologisk mångfald. I figur 12 redovisas de naturvärden och rekreativa värden som finns inom och i närheten av utredningsområdet. I dess östra delar ligger Hagaparken (F i figur 12), som utgör en del av Nationalstadsparken. Hagaparken är ett populärt utflyktsmål som har stora naturvärden i form av till exempel skyddsvärda trädmiljöer och ett rikt djurliv. Norra begravningsplatsen (E), en av Sveriges största begravningsplatser, som ger promenadmöjligheter i en miljö med varierad växlighet och topografi, skyddsvärda trädmiljöer samt konstupplevelser. På grund av det stadsnära läget anses platsen inneha måttliga till höga rekreativa värden.

Omgivningarna kring Råstasjön (I) har stora rekreationsvärden och sjön har höga kvaliteter som fågellokal. Natur- och parkstråk återfinns runtom Ulvsundasjön och Karlbergssjön vid influensområdets sydvästra gräns. Vid Dalvägen (H) finns ett naturområde med barr-, löv- och ädellövskog där det bland annat finns ett stort antal grova ekar. De naturvärden som finns i området har bedömts tillhöra klass 3, det vill säga naturvärden av kommunal betydelse⁴.

Ett flertal områden med rekreativa värden finns spridda över Vasastaden, koncentrerade till den delen som kallas Röda bergen i nordvästra hörnet av Vasastaden. Dessa områden är framförallt de stora parkerna Vasaparken (A) och Observatorielunden (B), men också mindre parkmiljöer. Vasaparken har ett regionalt värde som park och rekreativa värden i form av konstgräsplan/konstisbana, boulebanor och löparbanor.

⁴ Råstasjön och Solna stationsområdet, Naturvärden för biologisk mångfald och geologi, Ekologigruppen, 2006-09-07.



Figur 12. De naturvärden och rekreativa värden som finns inom utredningsområdet för grundvatten för tunnelbana till Arenastaden. Digitaliserat efter Guide till 36 Platser & parker i Solna samt Parkplan Norrmalm 2007.

3.6 Kulturmiljö

3.6.1 Kulturhistoriska värden

Tre riksintressen för kulturmiljövården berörs inom utredningsområdet för grundvatten: Stockholms innerstad med Djurgården (AB 115), Solna (AB 37) samt Karlberg (AB 78) (figur 11 i avsnitt 3.4). Utredningsområdet innefattar ett antal byggnadsminnen, fornlämningar samt byggnader med höga kulturhistoriska värden som är utpekade i statliga såväl som i kommunala planer och program. Inom utredningsområdet finns även flera kyrkomiljöer, till exempel Gustaf

Vasa kyrka och Solna kyrka. Inom ett inventeringsområde för vibrationer om 150 meter på vardera sidan av spårlinjen finns kulturvärden av såväl nationellt som regionalt och lokalt värde. Kulturhistoriskt värdefulla byggnader och miljöer inom inventeringsområdet för vibrationer redovisas i figur 13.

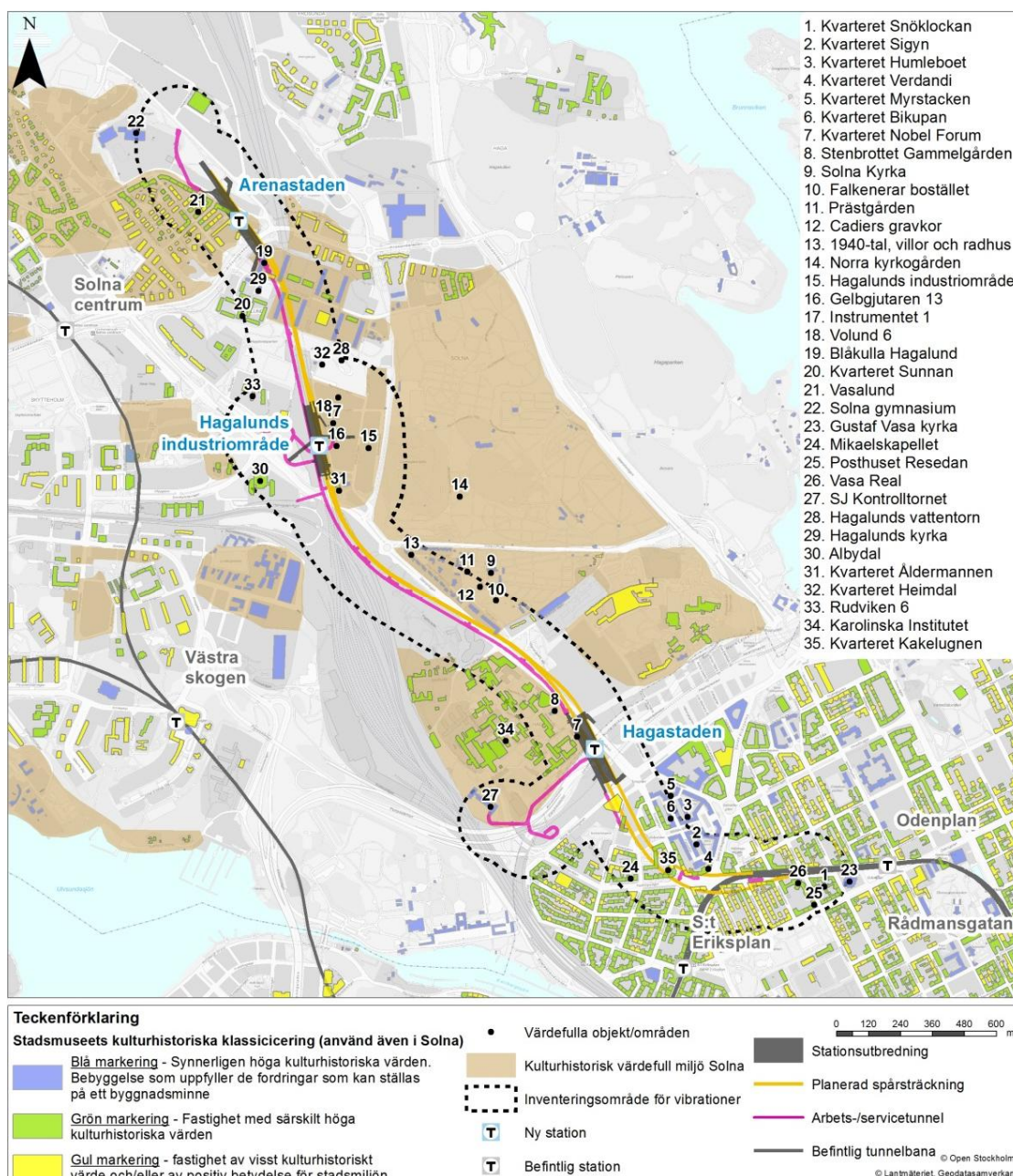


Fig 13. Kulturhistoriskt värdefulla objekt/områden. Färgmarkerad bebyggelse är medtagen i syfte att visa all bebyggelse som klassificerats inom ramen för ett större område. I Stockholm används stadsmuseets klassificeringssystem generellt, medan det i Solna är delvis använt. I kartan visas klassificeringar i Solna utifrån Bebyggelseregistret och Solna översiktsplan 2016). Kartan kan även användas för att indikera sammanlagda värden i områden av riksintresse för kulturmiljövärden.

3.6.2 Kulturhistoriska lämningar och fornlämningar

I FMIS, Riksantikvarieämbetets nationella fornminnesinformationssystem, finns information om samtliga kända fornlämningar och övriga kulturhistoriska lämningar i Sverige. Fornsök visar inte en fullständig bild av landets lämningar, utan enbart det som är känt och registrerat i FMIS.

En fornlämning är enligt kulturmiljölagen en lämning efter människors verksamhet under forna tider, som har tillkommit genom äldre tiders bruk och som är varaktigt övergiven. En fornlämning ska också ha tillkommit före år 1850. En fornlämning skyddas enligt 2 kapitlet i Kulturmiljölagen (SFS 1988:950). Alla åtgärder som innebär övertäckande, grävning, flytt eller annan ändring av fornlämningen kräver tillståndsprövning. Prövningen görs av Länsstyrelsen.

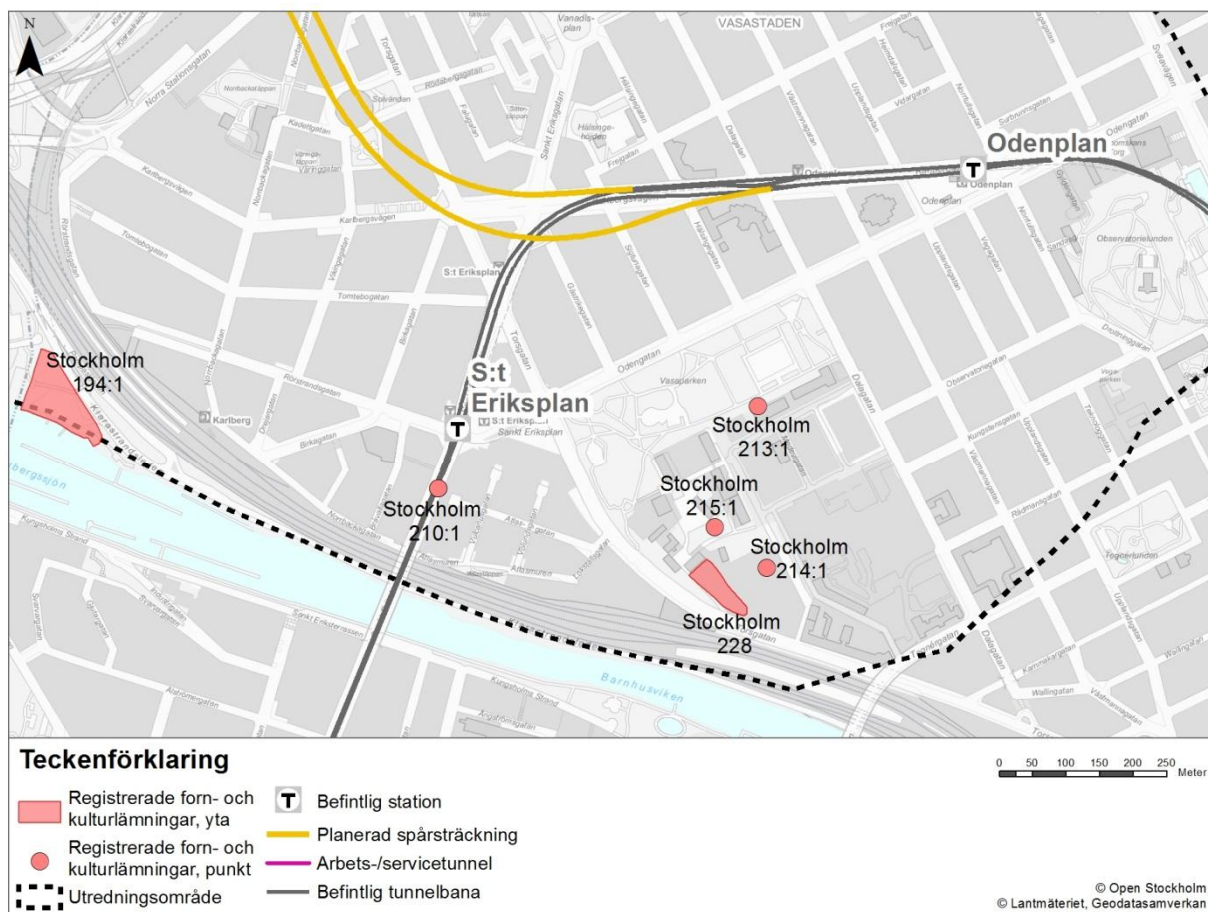
En övrig kulturhistorisk lämning är en lämning som inte har ett automatiskt skydd i enlighet med Kulturmiljölagen. Här krävs ett samråd med Länsstyrelsen för en bedömning av just denna lämning, om den av särskilda skäl bör fastställas som fast fornlämning eller om bedömningen övrig kulturhistorisk lämning kan kvarstå.

Stockholms stad

Antal registrerade kulturhistoriska lämningar som ligger inom utredningsområdet för grundvatten i Stockholms stad består av sex objekt, se tabell 1 och figur 14. Av dem är endast en, Stockholm 194:1, fornlämning.

Tabell 1. Registrerade kulturhistoriska lämningar inom utredningsområdet i Stockholms Stad

RAÄ nr.	Typ av kulturhistorisk lämning	Statusklassning	Åtgärdsförslag om påverkan på lämningen inte kan undvikas
Stockholm 213:1	Ödekyrkogård	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Stockholm 215:1	Källa med tradition	Uppgift saknas	Samråd med Länsstyrelsen
Stockholm 214:1	Obestämbär	Uppgift saknas	Samråd med Länsstyrelsen
Stockholm 228	Park-/trädgårdsanläggning	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Stockholm 210:1	Tegelindustri	Uppgift saknas	Samråd med Länsstyrelsen
Stockholm 194:1	Industri övrig	Fornlämning	Arkeologisk förundersökning



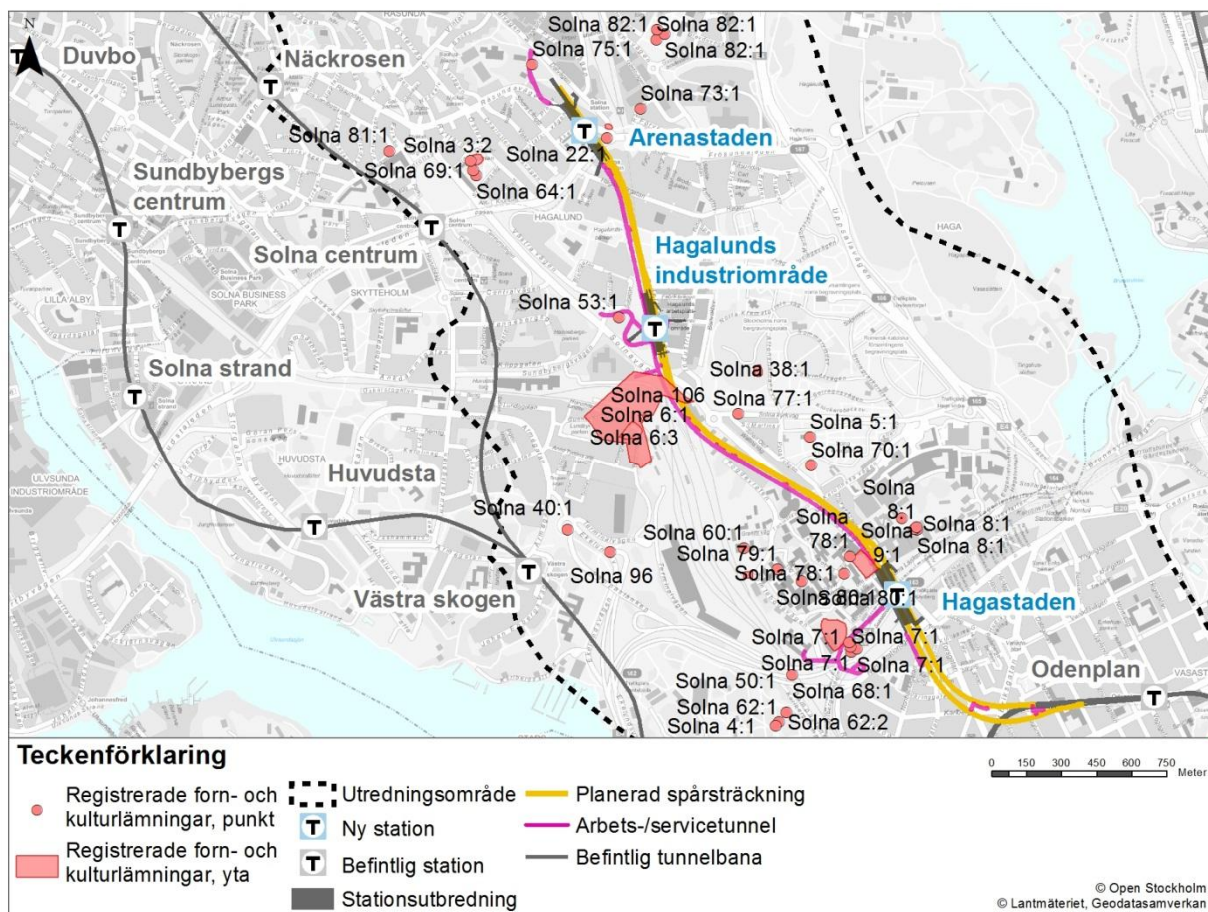
Figur 14. Karta med kulturhistoriska lämningar inom utredningsområdet för grundvatten i Stockholms stad.

Solna kommun

Antal registrerade kulturhistoriska lämningar som ligger inom utredningsområdet i Solna kommun når upp till 32 objekt. Endast tre av de dessa utgör fornlämningar: Solna 4:1, Solna 94:1 och Solna 3:1, se tabell 2 och figur 15.

Tabell 2. Registrerade kulturhistoriska lämningar inom utredningsområdet för grundvatten i Sona kommun

RAÄ nr.	Typ av kulturhistorisk lämning	Statusklassning	Åtgärdsförslag om påverkan på lämningen inte kan undvikas
Solna 8:1	Sammanförda lämningar	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 9:1	Stensättning	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 78:1	Sammanförda lämningar	Uppgift saknas	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 57:1	Fästning/skans	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 7:1	Sammanförda lämningar	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 68:1	Runristning	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 62:1	Minnessten	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 62:2	Plats med tradition	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 50:1	Minnessten	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 4:1	Runsten	Fornlämning	Arkeologisk förundersökning
Solna 5:1	Runristning	Bevakningsobjekt	Arkeologisk förundersökning
Solna 70:1	Byggnad annan	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 77:1	Grav – uppgift om typ saknas	Uppgift saknas	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 60:1	Runristning	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 79:1	Röse	Uppgift saknas	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 80:1	Hällristning	Uppgift saknas	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 94:1	Bytomt/gårdstomt	Fornlämning	Arkeologisk förundersökning
Solna 38:1	Grav – uppgift om typ saknas	Uppgift saknas	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 53:1	Ristning, medeltid/historisk tid	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 106	Bytomt/gårdstomt	Uppgift saknas	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 6:1	Gravfält	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 6:2	Gravfält	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 6:3	Gravfält	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 96	Bytomt/gårdstomt	Uppgift saknas	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 40:1	Gravfält	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 73:1	Stensättning	Uppgift saknas	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 45:1	Gravfält	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Sona 22:1	Sammanförda lämningar	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 3:1	Gravfält	Fornlämning	Arkeologisk förundersökning
Solna 3:2	Minnesmärke	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 69:1	Runristning	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen
Solna 64:1	Grav markerad av sten/block	Övrig kulturhistorisk lämning	Samråd med Länsstyrelsen



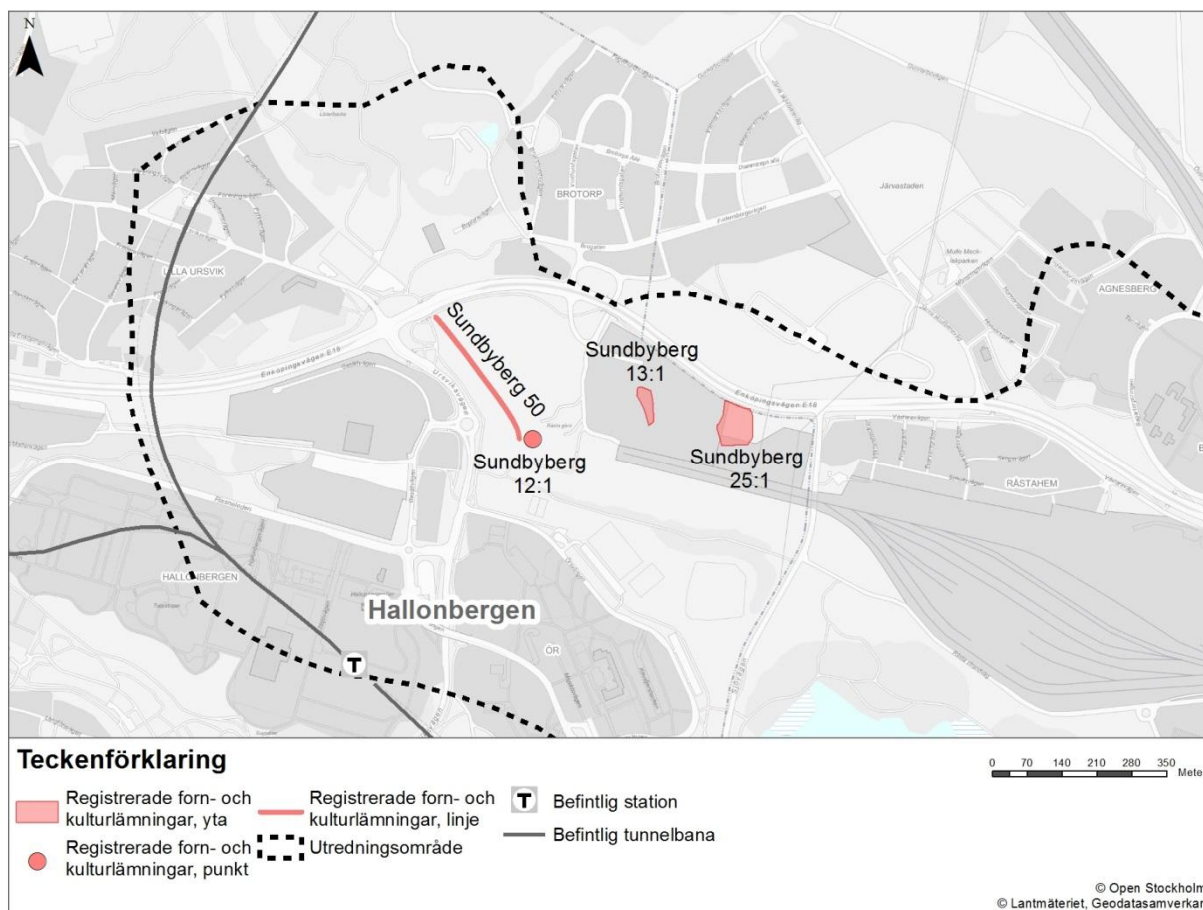
Figur 15. Karta med kulturhistoriska lämningar inom utredningsområdet i Solna kommun.

Sundbybergs kommun

Antal registrerade kulturhistoriska lämningar som ligger inom utredningsområdet i Sundbyberg består av fyra objekt. Tre av dessa är fornlämningar: Sundbyberg 25:1, Sundbyberg 12:1 och Sundbyberg 50, se tabell 3 och figur 16.

Tabell 3. Registrerade kulturhistoriska lämningar inom utredningsområdet i Sundbybergs kommun

RAÄ nr.	Typ av kulturhistorisk lämning	Statusklassning	Åtgärdsförslag om påverkan på lämningen inte kan undvikas
Sundbyberg 25:1	Gravfält	Fornlämning	Arkeologisk förundersökning
Sundbyberg 13:1	Grav – uppgift om typ saknas	Uppgift saknas	Samråd med Länsstyrelsen
Sundbyberg 12:1	Runristning	Fornlämning	Arkeologisk förundersökning
Sundbyberg 50	Vägbank	Fornlämning	Arkeologisk förundersökning

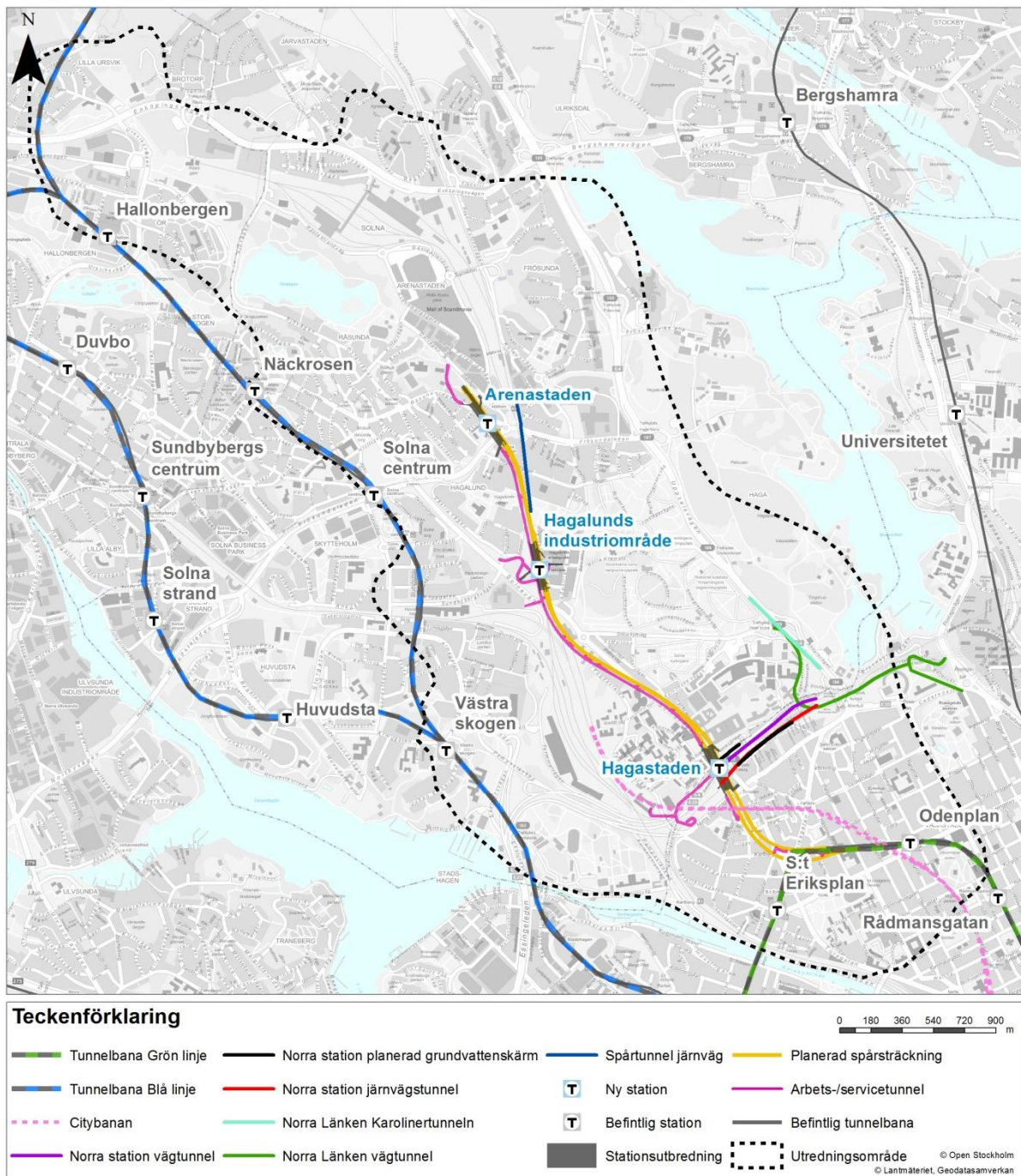


Figur 16. Karta med kulturhistoriska lämningar inom utredningsområdet i Sundbybergs kommun.

3.7 Andra objekt som påverkar grundvattenförhållandena

Grundvattenförhållandena i området påverkas av flera undermarksanläggningar. Vattenverksamheter med betydande påverkan inom utredningsområdet är bland andra tunnelbanans Gröna och Blå linje, Citybanan, ett flertal ledningstunnlar, Norra länken och Norra stations vägtunnlar samt verksamheten vid Norra station (intunnling av E4/E20 och Värtabanan). Citybanans influensområde och Gul linjes utredningsområde överlappar i stort varandra mellan området söder om Vasaparken och upp till Tomtebodan och Norra station. Influensområdet kring Norra station och Norra länken ligger inom utredningsområdet för Gul linje. I figur 17 visas en karta med benämnda angränsande undermarksanläggningar. Lägen för ledningstunnlarna redovisas inte då dess lägen är belagda med sekretess. Bland övriga betydande anläggningar som ej redovisas i figur 18 och som kan påverka en grundvattenbalans är undermarksgarage och anläggningar för lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD). I övrigt finns anläggningar som är byggda för att säkerställa en viss grundvattennivå i både övre och under grundvattenmagasin såsom grundvattendammar, fasta dräneringsnivåer och tätskärmar. Inom projekt Citybanan finns befintliga infiltrationsanläggningar vid Odenplan och området norr om Vasaparken. Dessa har Trafikverket avvecklat och SLL tagit över. Stockholm stad har en befintlig infiltrationsanläggning vid Torsplan.

Alla undermarksanläggningar beskrivs utförligare i PM Hydrogeologi, Bilaga C till ansökan.



Figur 17. Karta över angränsande undermarksanläggningar.

4 *Beskrivning av utbyggnaden av tunnelbanan*

4.1 Anläggningen

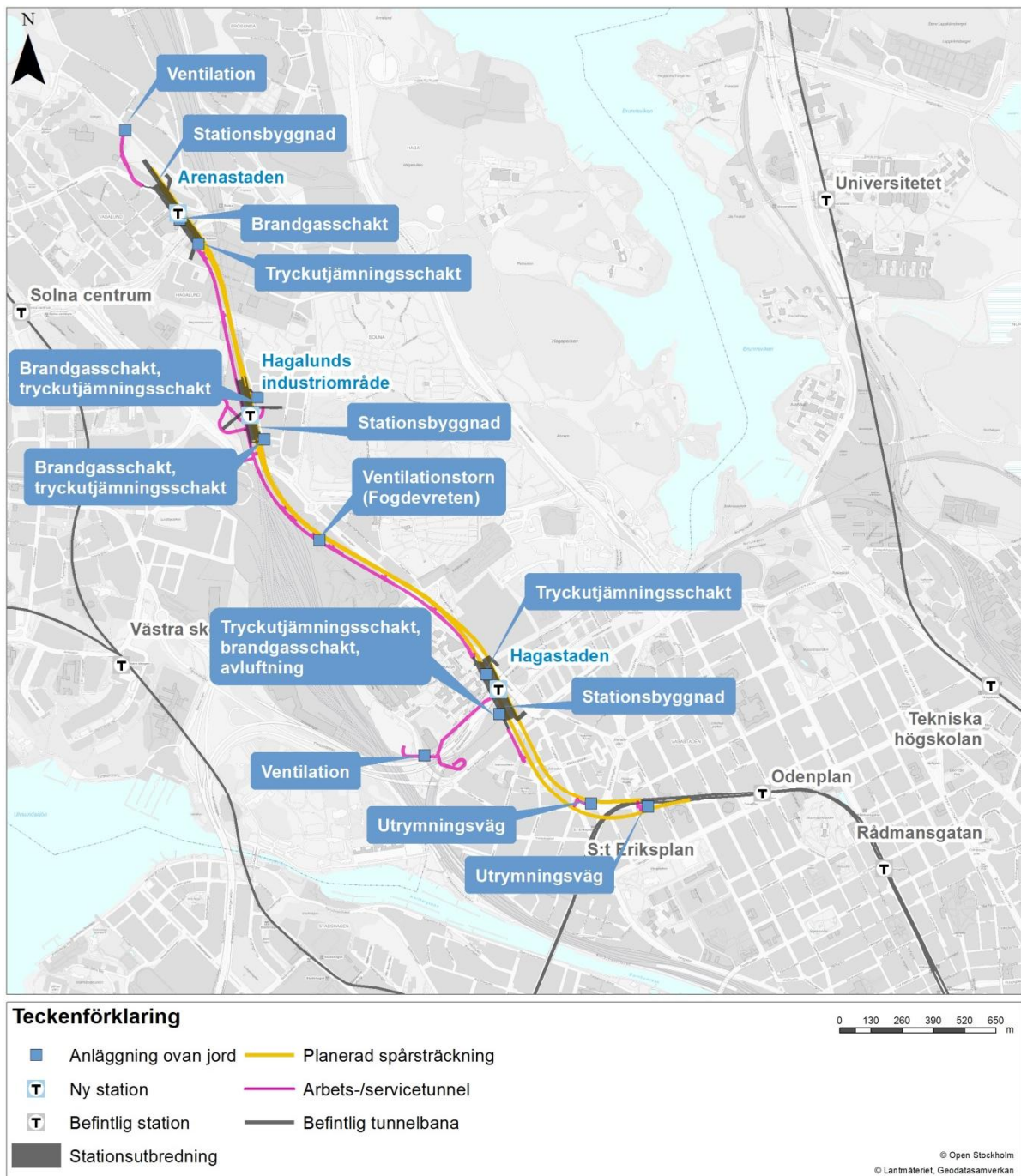
En mer detaljerad beskrivning av anläggningen redovisas i Teknisk beskrivning, Bilaga A till ansökan. Projektet omfattar nybyggnation av tunnelbana mellan Grön tunnelbanelinje, väster om Odenplan, och Arenastaden. Sträckan är totalt cirka 4 kilometer lång och de huvudsakliga anläggningsdelarna består av:

- Spårtunnlar i berg
- Station Hagastaden
- Station Hagalunds industriområde
- Station Arenastaden
- Service-/ tvär-/ utrymnings-/ arbetstunnlar
- Vertikalschakt

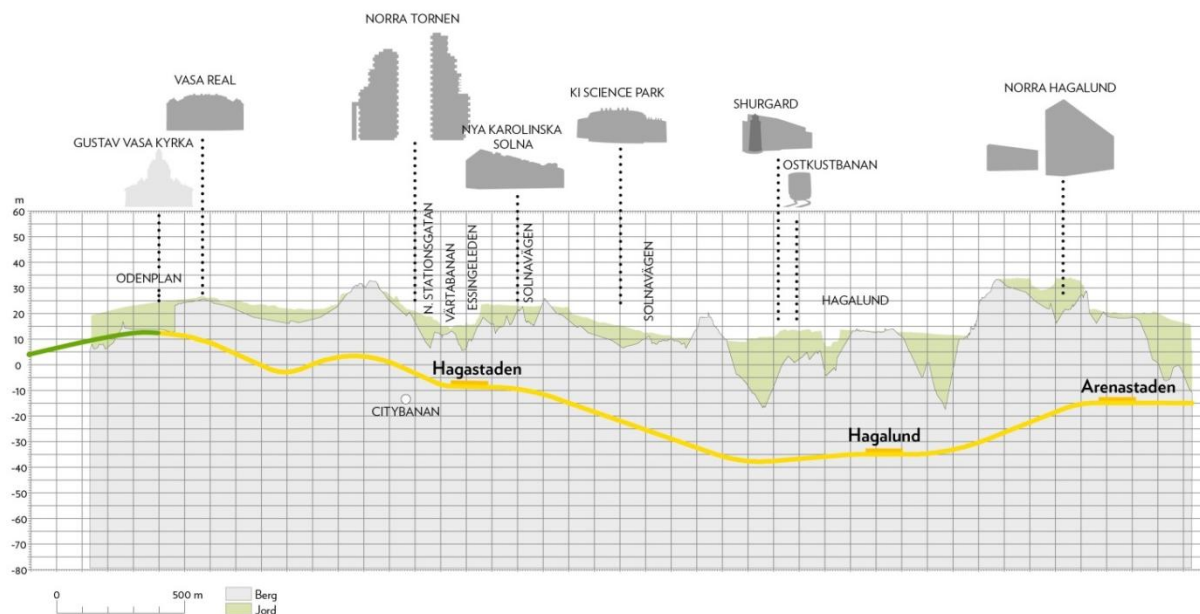
De delar av anläggningen som kräver tillstånd för vattenverksamhet är:

- spårtunnlar – bortledning av grundvatten under bygg- och drifttid,
- arbetstunnlar – bortledning av grundvatten under byggtid,
- tillfartstunnlar (arbetstunnlar under byggtid) – bortledning av grundvatten under drifttid
- servicetunnel – bortledning av grundvatten under bygg- och drifttid,
- utrymningsvägar och tvärtunnlar - bortledning av grundvatten under bygg- och drifttid,
- schakt för uppgångar vid stationer, för ventilation med mera – grundvattenbortledning vid jord- och bergschaktning (under byggtid och
- skyddsåtgärd i form av infiltration under bygg- och drifttid.

I figur 18 redovisas lägen för spårtunnlar (planerad sträckning tunnelbana) och arbetstunnlar/servicetunnlar samt övriga delar tillhörande Gul linjes anläggning. I figur 19 redovisas tunnelsträckningen i profil.



Figur 18. Lägen för spårtunnlar, arbets- och servicetunnlar, utrymningsvägar samt övriga delar tillhörande Gul linjes anläggning.



Figur 19. Tunnelbanans profil mellan Odenplan och Arenastaden.

4.1.1 Spårtunnlar och övriga tunnlar

Spårtunnlarna består dels av två enkelspårstunnlar på sträckan mellan Grön tunnelbanelinje, väster om Odenplan, och Hagastaden och dels av en dubbelspårstunnel på sträckan mellan Hagastaden och Arenastaden (se figur 18). Inledningsvis utgörs spårsträckan mellan station Hagastaden och station Arenastaden av två enkelspårstunnlar. Efter cirka 150 meter går de ihop till en cirka 1950 meter lång dubbelspårstunnel som ansluter till station Arenastaden. Den sista spårsträckan in till station Arenastaden på cirka 30 meter, utgörs av två enkelspårstunnlar. För översikt för tunnel mellan Hagastaden och Arenastaden.

Parallellt med den dubbelspåriga tunneln mellan Hagastaden och Arenastaden löper en service-tunnel med en längd av cirka 2 kilometer. Syftet med servicetunneln är att vara en tunnel för utrymning, tekniska installationer samt service av dubbelspårstunneln.

Två utrymningstunnlar återfinns mellan Odenplan och station Hagastaden. Utrymningstunnlarna används till evakuering av tunnelbanan vid driftsstopp och övriga nödsituationer.

På hela sträckan finns nio tvärtunnlar mellan service- och huvudspårstunnel. Längden på tvärtunnlarna varierar mellan cirka 10 och 40 meter. Tvärtunnlarna binder dels samman enkelspårstunnlarna mellan Odenplan och Hagastaden (tre stycken) dels dubbelspårstunneln med servicetunneln mellan Hagastaden och Arenastaden (sex stycken). Tvärtunnlarna kommer att fungera som utrymningsväg samt vid underhållsarbeten under tunneldriften.

4.1.2 Arbetstunnlar

Vid byggnationen av den nya tunnelbanan kommer det att behövas arbetstunnlar under mark. Tre arbetstunnlar planeras, se figur 18. Dessa är följande:

- En arbetstunnel med två mynnningar planeras vid station Hagastaden. Den ena mynningen är belägen i arbetstunnel Norra Station för Citybanan och den andra i befintlig tillfartstunnel Tomtebodavägen för Citybanan. Längden på arbetstunneln från Norra Station är cirka 550 meter och förgreningen mot tillfartstunnel Tomtebodavägen är ca 200 meter.

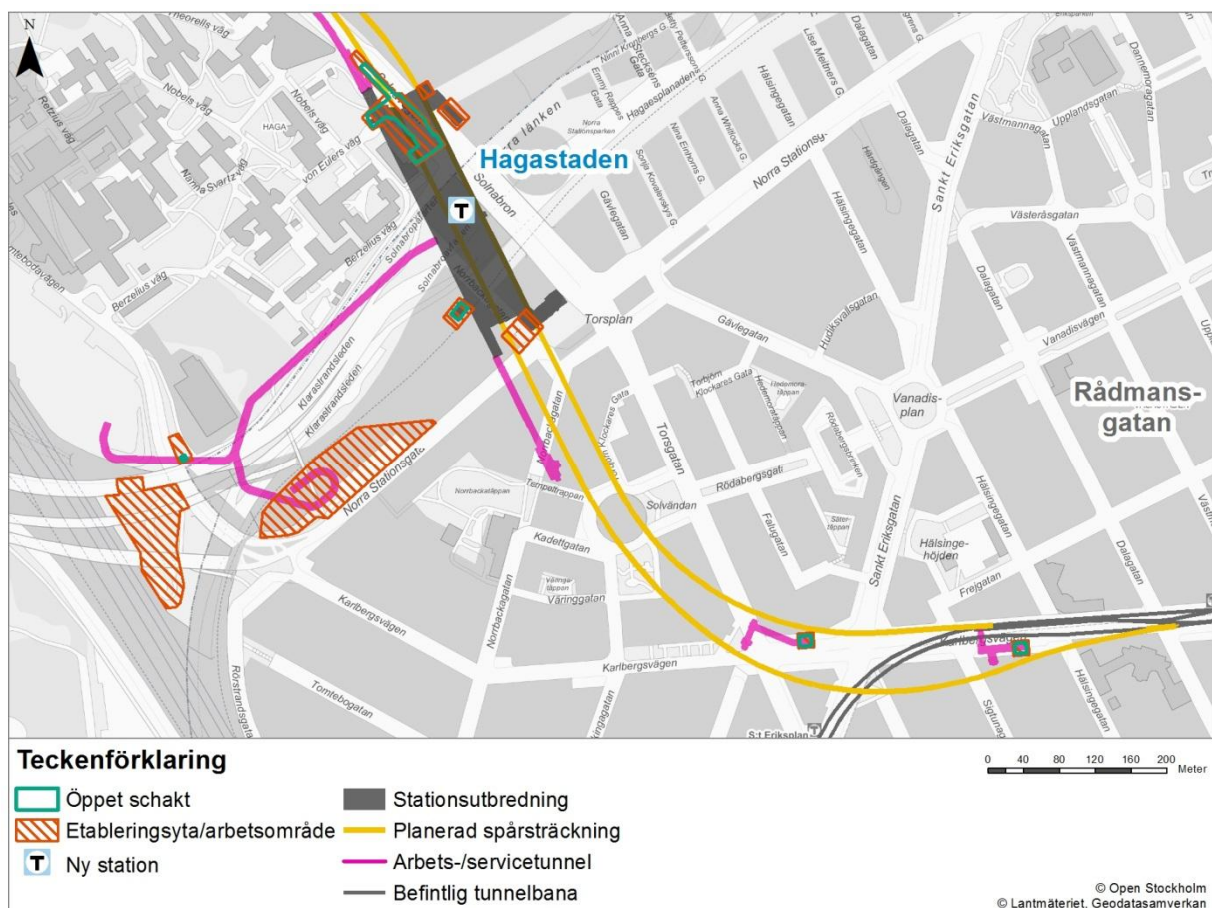
- En arbetstunnel med mynning i en bergsslant vid Västra vägen planeras vid station Hagalunds industriområde. Längden är cirka 315 meter. Arbetstunneln kommer även ha en förgrening som tillgodoser möjligheten att ansluta med arbetstunnlar till de båda schakten för uppgångar. Totallängden på denna del blir cirka 210 meter.
- En arbetstunnel som ansluter till servicetunneln vid station Arenastaden. Mynningen för denna arbetstunnel ligger vid Dalvägen. Längden är cirka 320 meter.

Vid anläggande av den nya tunnelbanan kommer arbetstunnlar att användas för utlastning av bergmassor samt intransport av installationsmaterial. Arbetstunneln vid station Arenastaden kommer att permanentas och under drifttiden övergå till att fungera som servicetunnel. Arbetstunneln för station Hagalunds industriområde liksom förgreningen av arbetstunneln från Norra Station vid station Hagastaden kommer troligtvis att förslutas efter byggtiden. Arbetstunnel från befintlig tillfartstunnel vid Tomtebodan planeras att användas som servicetunnel under drifttiden.

4.1.3 Stationer och uppgångar

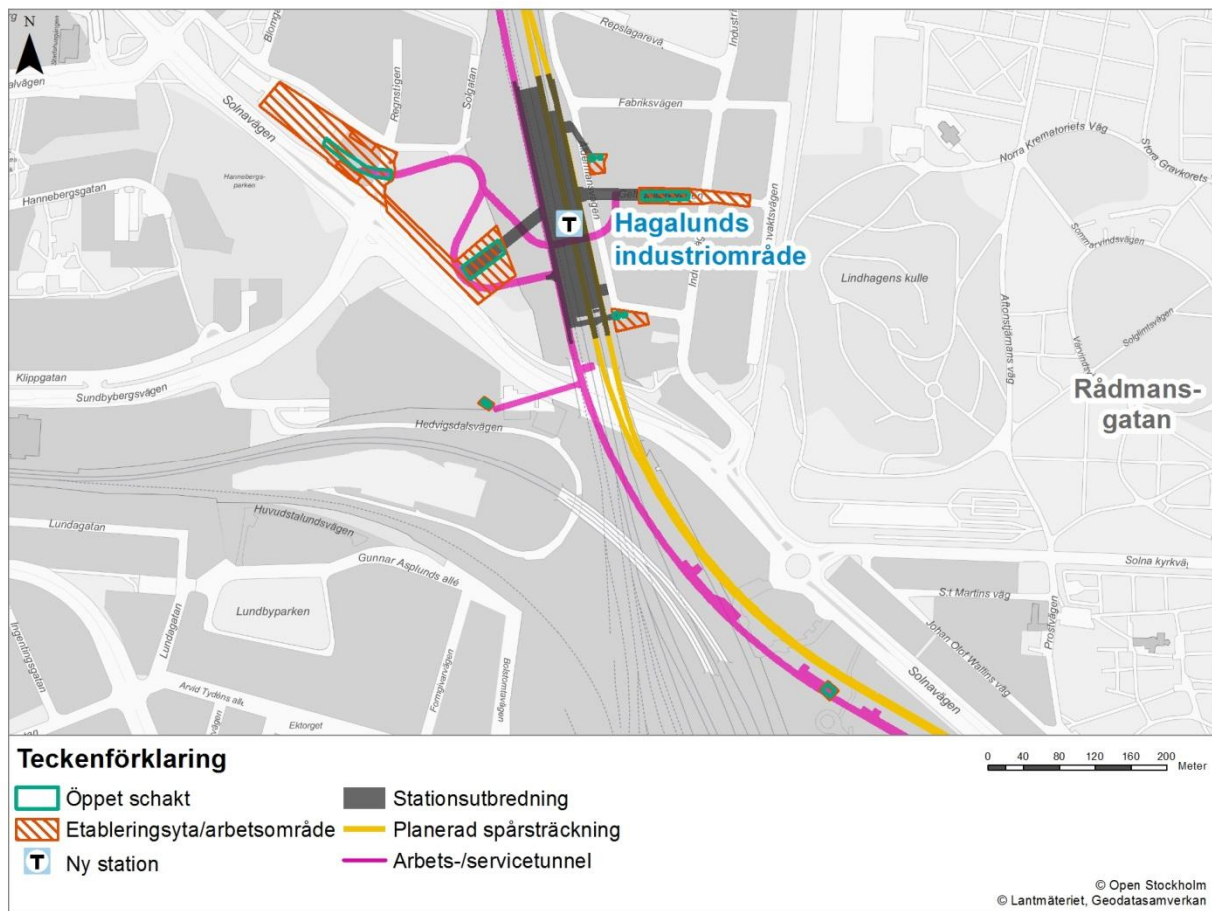
Längs sträckan byggs tre underjordiska tunnelbanestationer: Hagastaden, Hagalunds industriområde och Arenastaden (se figur 18). Gula linjens spårtunnlar kommer att ansluta mot Gröna linjen väster om Odenplan. Inga förändringar genomförs i Odenplans station.

Vid Hagastaden kommer en ny station att byggas med en plattform som ligger cirka 25 meter under markytan. Stationen kommer att ha en sydlig entré vid Torsplan och tre nordliga entréer: en i Karolinska sjukhusets nya entré, en på Hagaplan, söder om sjukhuset, och en vid Karolinska Institutet. I figur 20 redovisas station Hagastadens utbredning samt öppna schakt och planerade etableringsytor/arbetsområden under byggtiden.



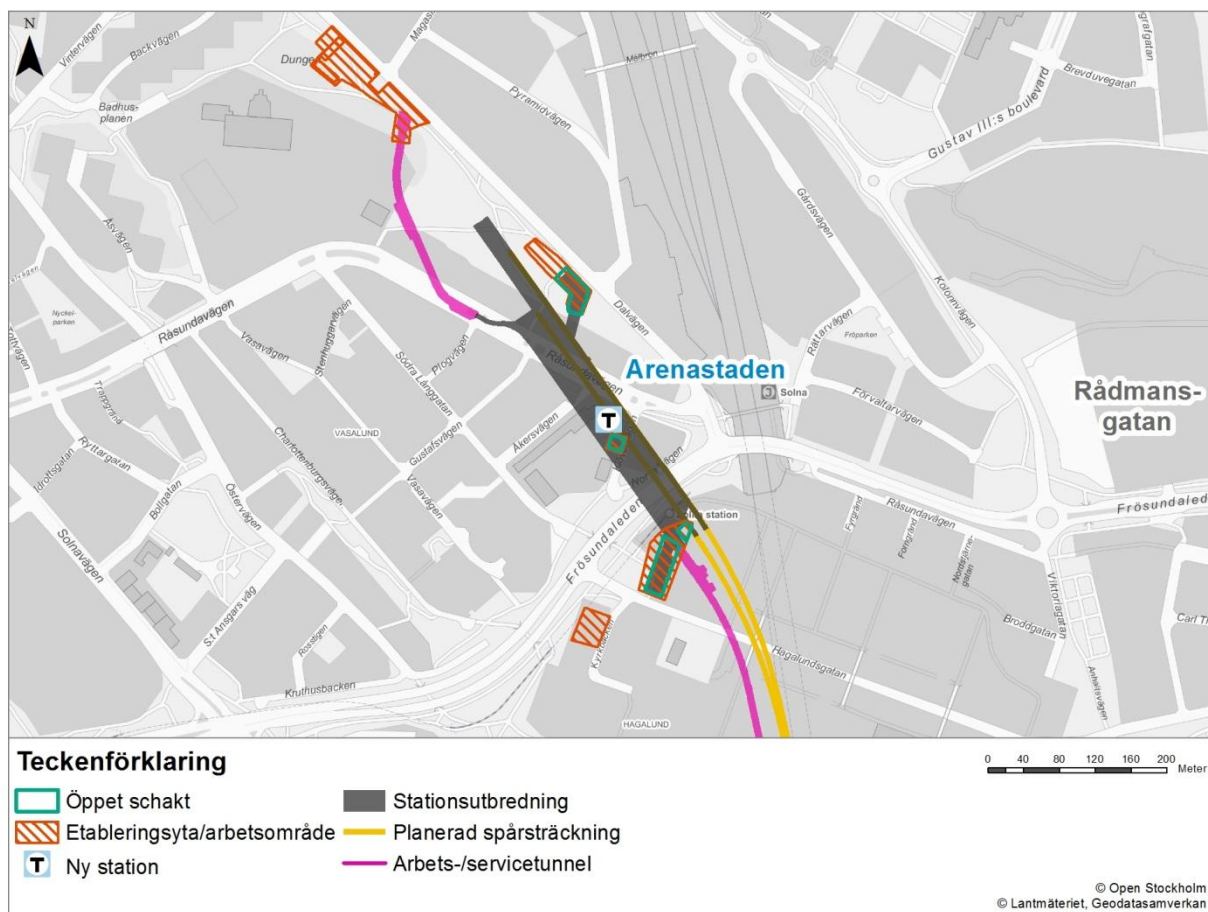
Figur 20. Gula linjens sträcka mellan området väster om Odenplan och Hagastaden. Stationsutbredningen av Hagastaden redovisas med öppna schakt och etableringsytor/arbetsområden under byggtiden.

Vid Hagalund industriområde kommer en ny station komma att byggas cirka 45 meter under markytan. Plattformrummet för station Hagalunds industriområde kommer att vara placerat cirka 45 meter under markytan. Stationen kommer att ha en östlig entré mot Industrivägen och en västlig entré mot Solnavägen. I figur 21 redovisas stationens utbredning samt öppna schakt och etableringsytor/arbetsområden under byggtiden.



Figur 21. Hagalunds preliminära stationsutbredning med öppna schakt och etableringsytor/arbetsområden under Byggtiden.

Vid Arenastaden kommer en ny station att byggas cirka 35 meter under markytan. Stationen kommer att ha en nordlig entré utmed Dalvägen och en sydlig entré söder om Frösundaleden, invid de blå lamellhusen i norra Hagalund. I figur 22 redovisas station Arenastadens utbredning samt öppna schakt och etableringsytor/arbetsområden under byggtiden.



Figur 22. Arenastadens stationsutbredning med öppna schakt och etableringsytor/arbetsområden under byggtiden.

4.1.4 Schakt till markytan

Totalt elva vertikalschakt planeras att anläggas inom ramen för projektet, utöver schakterna vid stationerna. Syftet med dessa skiljer sig åt men kan delas in i fyra huvudgrupper:

- Tryckutjämningschakt, vars syfte är att jämna ut lufttrycket i anläggningen så att det inte blir höga lufthastigheter när ett tåg i hög hastighet anländer till station. Luften leds ut via en schaktöppning.
- Ventilationsschakt, vars syfte är att transportera luft från ett tilluftsintag eller till ett frånluftsläpp.
- Brandventilationsschakt, vars syfte är att evakuera brandgaser.
- Schakt som utgör utrymningsväg från utrymningstunnel.

Mellan Odenplan och station Hagastaden planeras två utrymningsvägar, se figur 20, vilka kommer att medföra markarbeten ovan jord. Öppna schakt kommer att krävas under byggtiden. Schakten kommer ha en ungefärlig storlek på 30 m². För att bygga dessa krävs bland annat arbetsmoment såsom borrhning och spontning. Avstånd till närmsta bostadsbebyggelse för utrymningsvägarna vid Karlbergsvägen är cirka tre meter.

Vid station Hagastaden, väster om Solnabron intill Värtabanan, planeras ett tryckutjämnings- och brandgasschakt. Schaktet är placerat i ett område med måttligt jorddjup. Vid norra uppgången till

Hagastaden planeras även tryckutjämningschakt, brandgasschakt och ventilationsschakt. I arbetstunneln planeras ett ventilationsschakt.

I höjd med Norra begravningsplatsen kommer ett ventilationstorn (Fogdevreten) för utvädring av tunnelluft att placeras.

Vid station Hagalunds industriområde anläggs två schakt till markytan för kombinerad tryckutjämnning och brandgas. Ett schakt i jord utförs väster om stationen för anslutning av dränvatten till befintlig VA-ledning.

Vid station Arenastaden anläggs två vertikalschakt, ett för tryckutjämnning och ett för brandgas.

4.1.5 Vattenhantering och utsläpp av vatten

Vid tunneldrivning i berg bildas stora mängder förorenat *processvatten*, exempelvis vatten som använts för att kyla borrarerna eller spola av bergmassor.

Länshållningsvatten är det vatten som uppkommer i arbetsschakt även från arbetsområden / ytor och tunnlar och som utgör en blandning av inläckande grundvatten, regnvatten samt processvatten.

Dränvatten är det inläckande grundvattnet som leds bort under drifttiden.

Vid spolning av tunnlar under drifttiden, för att rengöra alla ytor, används *spolvatten*.

Byggtid

Inläckande grundvatten till bergtunnlar och arbetsschakt kommer under byggtiden att samlas upp i tillfälliga pumpgröpar, tillsammans med processvatten och nederbörd. Tillsammans benämns detta *länshållningsvatten* och kan innehålla cementrester från injektering och förstärkning, sprängämnesrester, borrhax, samt oljespill från maskiner och hydraulsystem. Cementrester kan orsaka förhöjt pH-värde i vatten, vilket kan vara skadligt för fiskar och andra vattenlevande organismer. Sprängämnesrester i vattnet kan orsaka höga kvävekoncentrationer. Vissa kväveformer är giftiga för fisk och bottenfauna redan i låga koncentrationer. Kväveformen kan regleras med justering av pH.

Länshållningsvatten hanteras på arbetsplatsen genom sedimentation, oljeavskiljning och eventuell övrig rening. För att minska andelen kvävespill vid sprängning kan åtgärder sättas in genom val av sprängämne, hantering och laddning. För att minska mängden kväve i sprängstensmassorna kan dessa spolas av. Innan utlastning vattenbegjuts normalt sprängstenshögen med vatten för att binda dammet. Länshållningsvattnet kommer under byggtiden att avledas till spillvattennätet och behandlas i Henriksdals reningsverk och Käppalaverket. Stockholm Vattens och Käppalaförbunde riktlinjer kommer att tillämpas.

Drifttid

Under drifttiden kommer det inläckande grundvattnet, *dränvattnet*, att ledas till en pumpstation med reningsfunktion, en så kallad VA-station. Denna kommer att ligga i lågpunkten mellan station Hagalunds industriområde och station Hagastaden och dit pumpas allt dränvatten som ansamlas i lågpunkter längs tunnelsträckningen. Vatten som pumpas upp från VA-stationen skall kunna släppas antingen till spillvattennätet eller till recipient beroende på reningsgrad. Det kan även bli aktuellt att använda vattnet till infiltration för att motverka grundvattennivåsänkningar. Den stora

volymen dränvatten kommer att pumpas till recipient, Ulvsundasjön, via en befintlig dagvatten-tunnel vid Hagalunds industriområde.

Olje- och slamavskiljning av vattnet kommer att ske i VA-stationen och vid behov även annan rening i form av filterrening eller kemisk rening. Hur stor vattenvolym som behöver pumpas bort från tunnlar och schakter beror på mängden inläckande grundvatten, vilket i sin tur beror på hur vattenförande berget är, förekomst av svaghetszoner och hur effektiva tätningsåtgärderna är. Spolvatten kommer även att tillföras pumpgruppen cirka en gång per år då spolning sker av hela anläggningen för att rengöra dess ytor.

Med anledning av identifierade höga halter av klorerade alifater i grundvatten vid station Arenastaden kan dränvattnet från stationen komma att behöva renas innan det leds till recipient. En separat reningsanläggning planeras därför i tunneln strax söder om stationen. Anläggningen utförs i så fall med reningssteg som är anpassade för efterbehandling av klorerade alifater i vatten.

Sammanfattningsvis förväntas huvudsakligen bortlett dränvatten under drifttiden bestå av grundvatten. Provtagningar i samband med spolning med spoltåg i befintlig tunnelbana visar ingen påverkan på vattenkvalitet. Rening i VA-stationerna kommer att ske i enlighet med de riktvärden som fastställs för utsläpp till Ulvsundasjön, i överenskommelse med tillsynsmyndighet (Solna stad).

4.1.6 Infiltration

Anläggningar för skyddsinfiltration kan komma att behövas för att upprätthålla grundvattennivåer under både bygg- och drifttiden. Skyddsinfiltration kan komma att behövas tillfälligt vid schakt där grundvattennivån måste sänkas eller sänks på grund av inläckage till schakt, trots tätning. Skyddsinfiltration kan även behövas permanent där tunnelbanan kan komma att påverka grundvattenförhållandena trots långtgående tätningsåtgärder. SLL har redan tagit över några befintliga anläggningar från Trafikverket i projekt Citybanan och som kan komma att nyttjas för Gul linje.

Infiltrationsanläggningar anläggs för att motverka grundvattenpåverkan i jord som kan medföra skada. Det är främst i jordlagren som skyddsinfiltration kommer att vara aktuellt.

I de fall skyddsinfiltration kommer att utföras under byggtiden kommer infiltrationen att ske med kommunalt dricksvatten. Under drifttiden kan infiltration komma att ske med kommunalt dricksvatten alternativt renat dränvatten. Det senare sker i samråd med tillsynsmyndigheten (Solna stad).

4.1.7 Klimatanpassning och översvämningssrisk avseende skyfall

Prognostiserad klimatförändring leder till att risken för översvämningar ökar. Häftiga regn är en orsak till översvämningar, liksom nivåförändringar i hav och vattendrag.

Tunnelbaneanläggningen kan endast översvämmas genom dess öppningar ovan mark, exempelvis stationsentréer, tunnelmynningar och schakt. Gul linje kommer utformas så att 100-årsregn med klimatkraft 1,2 (20 procent ökning av flödet) och förhöjd nivå av Mälaren och Östersjön klaras.

Översvämningssrisken till följd av ett 100-årsregn bedöms som försumbar för samtliga ovanmarksanläggningar förutom station Hagalunds industriområdes entré vid Industrivägen. Den är till viss del placerad i en topografisk sänka. Denna är än så länge inte projekterad men med en adekvat höjdsättning kan risken för översvämning minska.

4.2 Byggmetoder

Majoriteten av byggarbetena kommer att ske i berg under mark. Spårtunnlarna och stationerna kommer till största del att drivas (tillskapas) med borrar och sprängning. Vid byggandet av de konstruktioner som ska nå upp till markytan såsom rulltrappsschakt, ventilationsschakt och utrymningsschakt, kommer det dock att krävas arbeten i jord.

4.2.1 Byggmetoder i berg

Arbetet i berg kommer att ske på flera fronter samtidigt och omfatta följande viktigare arbetsmoment: förinjektering, salvbörning, laddning och sprängning, bergrensning samt bergförstärkning. Mer information om dessa arbetsmoment finns i faktarutan nedan. Under normala förhållanden genomförs ungefär en sprängning per dygn. Vissa sträckor kan kräva försiktigt berguttag då sprängningsarbetena för vissa sträckor kan behöva anpassas med hänsyn till risker för skador till följd av vibrationer. Försiktig sprängning innebär fler sprängningar men med kortare salvlängd vilket förlänger byggtiden.

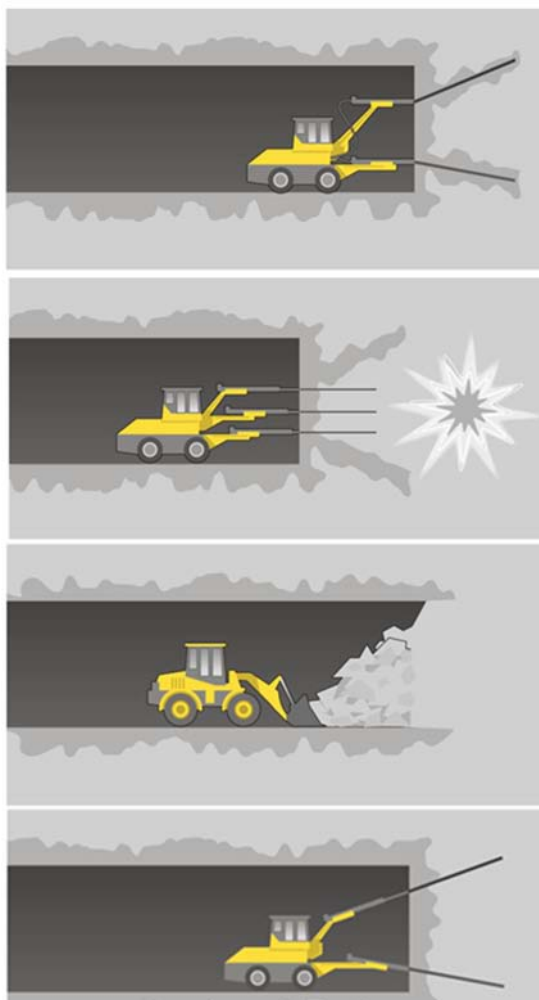
FAKTARUTA: TUNNELDRIVNING

Förinjektering: Först borrar 15-20 meter långa hål runt den blivande tunneln. Därefter sprutas betong in i borrhålen och i bergsprickor. När betongen stelnat har det bildats en tät ring runt den blivande tunneln. Syftet med förinjekteringen är att minimera inläckage av vatten.

Salvbörning, laddning och sprängning: Normalt borrar cirka 3-5 meter långa hål horisontellt i hela tunnelns front och laddas med sprängämne. Sprängningsarbetena anpassas med hänsyn till risker för skador till följd av vibrationer. Efter det att spränggaserna ventilerats ut och de utsprängda massorna har bevattnats för att reducera dammspridning, lastas massorna ut.

Bergrensning: Kvarsittande löst berg i väggar och tak tas bort maskinellt och för hand med skrotspett. Därefter spolas bergytan ren med vatten.

Bergförstärkning: Bergförstärkning utförs i normalfall med sprutbetong och bultar. Om exempelvis bergtäckningen är liten kan andra typer av förstärkning behövas.



I övergångarna mellan jord och berg, det vill säga vid bergtunnelpåslagen, sprängs berget i öppna schakter med ovanjordssprängning. Ovanjordssprängning följer i princip samma arbetsmoment

som för sprängning under jord med eventuella behov av tätning och förstärkning. Vertikal-schakter, såsom stationsuppgångar och schakt för ventilation, kan byggas på två olika sätt. Antingen borrar och sprängs schakten på konventionellt sätt, eller utförs så kallad raiseborrning. Om schakten borrar och sprängs finns möjligheten att såga konturerna för att minska påverkan av vibrationer mot omgivningen. Raiseborrning innebär att man från markytan borrar ett mindre hål ner till underliggande tunnel. Därefter kopplas en större borrhälskrona på och borrhålet utvidgas till den dimension som schakten kräver. Schaktet utvidgas från tunneln och upp till markytan. Sågning av berg utförs genom att en sågvajer installeras i förborrade hål varefter sågning av berget sker.

Arbetstunnlarna kommer att förses med fläktar vid mynningarna som via ventilationstrummor leder ned friskluft samt trycker ut spränggaser och avgaser från fordon.

4.2.2 Byggmetoder i jord

På de ställen där det krävs arbeten i jord (rulltrappsschakt, ventilationsschakt, utrymningsschakt med mera) förutsätts arbetena genomföras i öppna schakt .

FAKTARUTA: SPONTTYPER, SLITSMURAR OCH SEKANTPÅLAR

Stålspont finns i olika dimensioner och profiler vilka slås, trycks eller vibreras ner i jorden. Spontplankorna är försedda med lås som förenar plankorna och gör väggen tät och styv. Spontplankorna kan också sammankopplas två och två och/eller kombineras med stålbalkar för att öka styvheten på väggen. När stålspont når berg kan spontväggen förankras i berg med ståldubb.

Rörspont utgörs av stålrör som oftast borrar ner och sammanfogas med spontlås. Dimensionen på stålrören kan varieras och rören kan fyllas med betong och även kompletteras med stålbalkar för att öka styvheten. Borrade rörspont är lämplig vid svårare markförhållanden som fastare och blockrik friktionsjord. En fördel med rörspont är att den kan borrar ner i berg.

Slitsmurar tillverkas genom att vertikala slitsar eller paneler schaktas i jorden. Panelernas längd varierar mellan cirka fyra och sex meter. Slitsen och jorden stabiliseras genom att en stödvätska, oftast en bentonitsuspension, fylls i schakten. Armeringskorgar sänks ner och därefter gjuts betong i slitsen samtidigt som stödvätskan successivt töms från slitsen. Grävverktyg väljs efter jordens beskaffenhet. Slitsmurens styvhet anpassas genom att variera slitsen tjocklek och armeringsmängd.

Sekantpålar är platsgjutna betongpålar som utförs med viss överlappning för att skapa en styv och tät konstruktion. Foderrör borrar ner, oftast till eller ner i berg, och jordmaterialet ersätts med betong. Sekantpålarnas styvhet anpassas genom val av betongkvalitet, påldiameter och armeringsmängd. Såväl slitsmurar som sekantpålar kan nyttjas som permanent konstruktion och för installationen byggs först en styrvägg.

Stämp är ett monteringsstöd för olika typer av byggelement, som hjälper till att hålla byggelementet stabilt och säkert exempelvis som horisontella balkar mellan två lodräta väggar eller som lodräta pelare mellan bjälklag.

Schakter i jord kommer av stabilitets- och utrymmesskäl huvudsakligen att byggas innanför tät stödkonstruktion (spont, sekantpålar, slitsmur eller liknande metoder). En tät stödkonstruktion används för att förhindra grundvatten från att komma in i schakten.

Permanent konstruktioner utformas så att de efter färdigställande bli så täta att inläckande grundvatten begränsas.

Stödkonstruktionens väggar måste stöttas för att kunna bära trycket från jord, vatten och yttre laster. Efter varje schaktetapp monteras horisontella hammarband på stödkonstruktionens vägg som fördelar trycklasten längs med sponten. På hammarbandet monteras stabiliseringselement i form av bakåtförankrade stag eller stämp. Inom partier där djupet till berg är grundare än cirka 30-35 meter kan stabiliseringen utföras som förankring med lutande dragstag av ställinor, som borrar ner i och injekteras fast i berg. Oberoende av djup till berg kan stödkonstruktionen också stabiliseras med stämp.

Vid schakt djupare än cirka fyra meter erfordras stabilisering på flera nivåer. För tunnelbanans jordschakter kommer stödkonstruktioner till berg att användas. I de fall stag används under grundvattenytan kommer de att tätas. Där det ska utföras bergschakt inom stödkonstruktionens schakt kommer en kantbalk att gjutas mot stödkonstruktionens fot för att säkra ett horisontellt stöd under bergschakten.

Tätningåtgärder kommer att vidtas för att undvika grundvattenavsänkningar utanför stödkonstruktionen. Det görs genom injektering i berg genom ridå- och botteninjektering samt i jord genom kontakt- och jetinjektering. Ridåinjektering innebär att borrhål borrar utanför sponten ned i berget varefter cementbaserat injekteringsmedel trycks ut. Botteninjektering innebär borrhål och injektering genom schaktbotten. Kontaktinjektering tätar eventuella hålrum mellan stödkonstruktionens nedredel och bergytan. Jetinjektering tätar jorden bakom stödkonstruktionen och säkerställer att vatten inte tränger förbi spontlås eller ojämnheter mellan element. I huvudsak kommer cementinjektering användas men kemiska injekteringsmedel kan även bli aktuella.

Vid övergång mellan jord- och bergtunnel och uppgångar i jord kommer stödkonstruktionens väggar att installeras ned till berg. Val av arbetsmetod anpassas efter bland annat grundvattenförhållanden och risk för uppträckning av botten. Mellan lera och berg finns oftast ett vattenförande friktionsjordlager med både varierande mäktighet och sammansättning, samtidigt som berget ibland lutar brant vid övergången mellan jord och bergschakt. Inom dessa partier installeras stödkonstruktionens väggar in i berg, dels för att kunna täta i övergången och dels för att erhålla ett horisontellt stöd för konstruktionen. För att skapa en torr schaktgrop utan större påverkan på omgivningen på grund av grundvattenbortledningen utförs injektering i både berg och jord.

4.2.3 Transportvägar och etableringsytor

Etableringsytor och arbetsområden kommer att behövas vid såväl stationer som vid arbetstunnelmynningar. Inom arbetsområden genomförs byggarbeten, exempelvis schaktning. Etableringsytor är ytor för kontor och personalbodar, uppställning av byggkranar och arbetsfordon samt för att tillfälligt förvara byggmaterial, teknisk utrustning och inredning med mera. Eftersom tunnelbanan till övervägande del byggs som tunnel i berg kommer det generellt sett krävas få etableringsytor och arbetsområden i ytläge. De etableringsytor och arbetsområden som kommer att behövas redovisas i figur 20-22.

Från arbets- och etableringsområden sker in- och utfart av transporter. Bergmassor kommer att transporteras ut med lastbil från arbetstunnlarna vid station Arenastaden och Hagalunds industriområde samt arbetstunnel Norra Station vid Hagastaden. Bergmassorna transporteras därefter vidare till mottagningsanläggningar och/eller anläggningsverksamheter såsom väg- eller bostadsbyggen. Utöver transporter från arbetstunnlarna kommer mindre mängder berg- och jord transporteras bort från de platser där ovanmarksanläggningar byggs. SLL håller på att utreda alternativa transportvägar och har även tagit fram en generell masshanteringsplan, se Bilaga B1.

5 Alternativ

5.1 Nollalternativ

En MKB ska innehålla en beskrivning av miljöns sannolika utveckling om den planerade verksamheten inte genomförs. Detta scenario brukar benämnas projektets nollalternativ. I denna MKB beskrivs nollalternativet för grundvattenbortledning under bygg- och driftskede av Gul linje. Beskrivningen av ett nollalternativ och dess konsekvenser utgår från 2018 då byggstart av Gula linjen planeras. För driftskedet används samma prognosår som i MKB:n till järnvägsplanen, år 2030.

Nollalternativet innebär att den planerade tunnelbanan inte kommer till stånd vilket också innebär att ingen grundvattenbortledning med påföljande konsekvenser sker från tunnelbanan. Däremot kommer en viss grundvattenbortledning att ske från större infrastrukturprojekt i närområdet.

Exploatering av Hagastaden och intunnling av E4/E20 och Värtabanan är en del av nollalternativet. Exploatering av Hagastaden pågår under hela byggskedet för Gul linje. Hagastaden innebär att stora ytor hårdgörs och lokalt omhändertagande av dagvatten planeras för att uppväga minskad grundvattenbildning. Exploateringen beräknas vara klar 2025. För intunnlingen finns tillstånd för vattenverksamhet och bortledning av grundvatten kommer att ske under byggskedet, fram till cirka 202x, men inte under driftskedet. Övrig framtida stadsutveckling enligt översiktsplaner och fördjupade översiktsplaner redovisade i avsnitt 2.5 är också en del av nollalternativet såsom utveckling av Solna stationsområde och Karolinska institutet. Planerad grundvattenbortledning från övrig stadsutveckling är okänd.

Om inte Gula linjen byggs kommer en annan kollektivtrafiklösning att behövas. Nollalternativet har definierats som en situation år 2030 med utökad busstrafik mellan Odenplan och Hagastaden. Resenärer mellan Arenastaden och Odenplan antas resa med pendeltåg/Citybanan från Solna station och resenärer mellan Arenastaden och Hagastaden antas resa med buss. Sannolikt tillkommer ett behov av utökad busstrafik även på denna sträcka. Det kommer krävas vissa åtgärder för att förbättra busstrafikens kapacitet, exempelvis i form av egna körfält för kollektivtrafiken och prioritet i trafiksignaler.

Konsekvenser för nollalternativet beskrivs översiktligt under kapitel 6 och 7.

5.2 Lokalisering

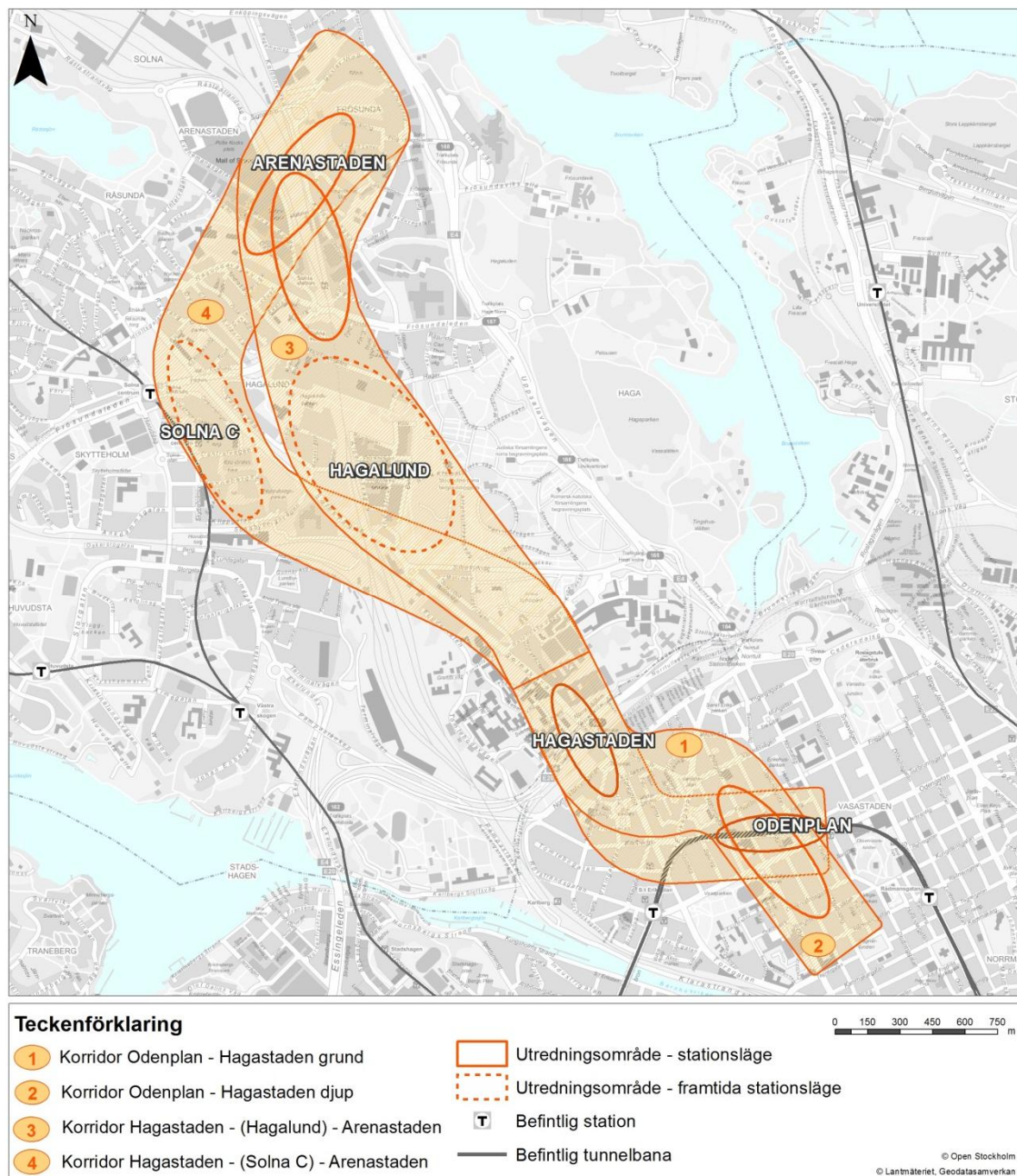
Underlaget till valet av lokalisering finns främst beskrivet den lokaliseringsutredning som färdigställdes hösten 2015. Samråd med allmänhet och organisationer kring alternativen i lokaliseringsutredningen har skett kontinuerligt och med större kommunikationsinsatser i form av öppet hus i flera omgångar under perioden 2014-2016.

De projektmål som definierades i lokaliseringsutredningen är att skapa goda möjligheter för att arbetspendla och för att nå målpunkter såsom Friends Arena och Nya Karolinska Solna, att skapa goda bytesmöjligheter vid Odenplan och vid Arenastaden, att skapa stationer som har en

lättillgänglig och trygg utformning samt att bygga en anläggning som medför låg miljöpåverkan vid drift och som har en god anläggningsmiljö ur ett hälsoperspektiv.

De studerade korridorerna (se figur 23) bedömdes vara tekniskt genomförbara men har olika bergtekniska, geotekniska och hydrologiska förutsättningar. Med hänsyn till de förutsättningar som finns inom de olika korridorerna kommer byggskedet, oavsett val av korridor, att kräva omfattande tekniska åtgärder och försiktighet så att omgivande bebyggelse inte tar skada.

Slutsatserna i lokaliseringsutredningen, uppdelat på delsträckorna Arenastaden-Hagastaden och Hagastaden-Odenplan, beskrivs i de följande avsnitten.



Figur 23. Studerade korridorer i lokaliseringsutredningen för tunnelbana till Arenastaden.

5.2.1 Delsträcka Arenastaden – Hagastaden

Station Arenastaden utreddes i två olika lägen – Mitt och Syd. Innan dess hade ett nordligt läge avfärdats då det kom för långt från upptagningsområdet. Både Mitt och Syd bedömdes ge en god omstigningsmöjlighet till pendeltågsstationen Solna station. Stationsläge Syd ger dessutom en bra omstigningsmöjlighet till tvärbanan och bussar och har ett något större upptagningsområde än stationsläge Mitt, varför Syd valdes.

Spårdragningen mellan Hagastaden och Arenastaden ska enligt förutsättningarna i 2013 års Stockholmsöverenskommelse möjliggöra en eventuell framtida station mellan Arenastaden och Hagastaden. De två framtida stationslägen som utreddes i lokaliseringsutredningen var i Hagalunds industriområde och i Solna centrum. Hagalunds industriområde har bättre utbyggnadsmöjligheter för nya arbetsplatser och bostäder än Solna centrum. Korridoren via Hagalund är kortare vilket ger lägre anläggningskostnad och kortare restid. Ett stationsläge i Solna centrum omöjliggör ett stationsläge Syd i Arenastaden. Den samlade bedömningen i lokaliseringsutredningen var därför att rekommendera korridoren via Hagalund med ett möjligt framtida stationsläge i Hagalunds industriområde.

5.2.2 Delsträcka Hagastaden – Odenplan

På sträckan mellan Hagastaden och Odenplan studerades alternativa korridorer i lokaliseringsutredningen. Antingen kunde tunnelbanan förläggas i ett "grunt läge" (med den så kallade trespårslösningen i Odenplan) eller ett "djupt läge" (så djupt att en framtida förlängning korsar under Citybanan).

Den den grunda korridoren förordades, det vill säga att anslutningen till Odenplan sker parallellt med befintliga spår vid dagens station Odenplan, Grön linje. Denna korridor innebär:

- Bäst resenärsnytta och störst antal resande. Resenärerna kommer att få en enklare omstigning och kortare total restid. Trafikanalysen visar att resandet blir 30-40 procent lägre i den djupa korridoren.
- Möjlighet till genomgående trafik till den Gröna linjen. Denna möjlighet skapar bra förutsättningar att smidigt transportera resenärer vidare till exempelvis T-centralen vid stora evenemang i Arenastaden.
- Lägst investeringskostnad.
- Kortaste utbyggnadstiden
- Utbyggnad i linje med Stockholms stads utvecklingsplaner.

Station Hagastadens placering och uppgångar är oberoende av korridor både avseende sträckningen till Arenastaden och till Odenplan. Station Hagastadens uppgångar kommer att ansluta till Karolinska sjukhuset och till Torsplan, vilket stödjer pågående stadsutveckling i Hagastaden.

Miljökonsekvenserna av de olika alternativen skiljer sig något. Det djupa läget kräver större uttag av bergmassor än det grunda. Behovet av masstransporter på omgivande vägnät är därför mindre i den grunda korridoren. Det grunda läget innebär att störningarna (ljud, vibrationer) orsakade av byggarbetena, både från tunneldrivning och från ovanmarksarbeten är mycket större än i den djupa korridoren. Det grunda alternativet medför även negativa konsekvenser på naturmiljön i och med att många träd i Gustaf Vasas kyrkotomt behövs tas ned, bland annat en av de stora almarna. Det grunda alternativet innebär att det schaktas fram till Gustaf Vasa kyrka vilket medför risk för skador på kyrkan och dess inventarier. I den djupa korridoren kan det behövas ytterligare en arbetstunnel.

5.3 Utformningsalternativ

I detta avsnitt beskrivs möjliga alternativa utformningar som har övervägts och förkastats och som delvis skulle ge en annan utsträckning av bedömt influensområde för grundvatten (se avsnitt 6.3).

Lösningen för Station Odenplan enligt lokaliseringsutredningen 2015 innebär en trespårslösning med en ny plattform parallellt med och söder om den nuvarande. Det innebär en möjlighet att trafikera Gul linje med vändande trafik som inte påverkar tågen på Grön linje men ger fler byten för resenärerna. Kostnaderna för att ha möjligheten att bedriva vändande trafik bedöms som för hög och har därför valts bort.

Den valda lösningen är i stället en tvåspårslösning som innebär genomgående trafik på station Odenplan. Söder om Odenplan kommer Gula linjen att köra på samma spår som Gröna linjen och vid Odenplan går båda linjerna från samma plattform. Lösningen innebär betydligt mindre störningar vid Odenplan under byggtiden. Jämfört med att bygga en ny plattform innebär lösningen undvikande av störande schaktarbeten, ledningsomläggningar med mera i Odenplan och undvikande av intrång i kyrkotomten Gustaf Vasa kyrka.

Enkelspårstunnlar även på sträckan Hagastaden – Arenastaden är ett alternativ som valdes bort trots att det innebär ett lägre berguttag. Med den valda utformningen blir det lättare att anlägga växlar och räddningstjänstens och underhållspersonalens insatser underlättas.

Parallell servicetunnel för delen Odenplan till Hagastaden valdes bort eftersom det hade gett ytterligare störningar under byggtiden och ett större markintrång. Den beslutade anslutningen vid befintlig station Odenplan går inte att förena med en dubbelspårstunnel. Det hade därför blivit ett totalt sett dyrare alternativ.

Separata vägar till stationerna gör att räddningstjänst på väg in i stationsrummet inte möts av utrymmande resenärer. Genom servicetunneln får räddningstjänsten möjlighet att nå stationsrummen i Arenastaden och i Hagastaden.

Tidigare lägen för placering av ovanmarksanläggningar för utrymning har valts bort med hänsyn till intrång och påverkan på stadsbild. Lägena på skoltomten Vasa Real, på Gustaf Vasas kyrkotomt samt vid Torsplan har ersatts, även av tekniska skäl, med de nya lägena på Karlbergsvägen och i korsningen Karlbergsvägen/Torsgatan.

Konsekvenserna av grundvattenbortledning till alternativa enkelspårstunnlar eller dubbelspårstunnlar respektive parallella servicetunnlar är likvärdiga med konsekvenser för aktuell utformning av Gula linjen.

Ett stort antal alternativa utformningar av exempelvis stationsutformning, utrymningsvägar, ventilationsschakt m.m. har studerats. Dessa har inte inneburit någon skillnad vad gäller utsträckning av bedömt influensområde för grundvatten. Mer information om utformningsalternativen återfinns i järnvägsplanen med tillhörande MKB.

5.4 Byggmetoder

En tunnel kan byggas på olika sätt, genom borrhning med så kallad TBM-teknik eller konventionell borrhning och sprängning. TBM ger en helt cirkulär sektion. Denna metod och utformning har valts bort eftersom tunnelstorleken varierar på sträckan. Det blir därför inga besparingar eller tidsvinster att borra tunnlar istället för att spränga ut dem enligt konventionella metoder. En cirkulär sektion ger också ett större berguttag än den valda sektionen som anpassats efter tunnelbanevagnars utrymmeskrav. Dessutom finns det inget påslagsläge för spårstunnlar i

markytan som ger enkel start på TBM-tunnel och leveranstiden på en TBM är för lång för detta projekt.

När det gäller miljöpåverkan mellan drivning med borrhning och sprängning respektive TBM skiljer de sig huvudsakligen åt enligt nedan:

- Bergmassorna från TBM-drivning är inte lika lämpligt att använda för att bygga vägar och som fyllning vid husbyggnationer. Vid TBM-drivning behöver också betydligt mer berg tas ut då tunnlarna har ett runt tvärsnitt.
- Vid TBM-drivning uppkommer inte sprängningsinducerade vibrationer. Däremot uppkommer vibrationer från borrhningen.
- Stomljud uppkommer både vid TBM-drivning och vid drivning med borrhning och sprängning. Vid TBM-drivning är dock ljudet lägre men mycket mer monotont och ihållande än vid drivning med borrhning och sprängning.
- En cirkulär sektion ger också ett större berguttag än den valda sektionen som anpassats efter tunnelbanevagnars utrymmeskrav.

Möjligheten att täta berget med förinjektering är mindre vid TBM-drivning, vilket ger en större skadlig grundvattenpåverkan under byggtiden. Påverkan under drifttiden beror på ifall tunnlarna kläs in i betong. Detta är dock mycket kostnads- och tidskrävande vid drivning med borrhning och sprängning.

6 Konsekvenser av grundvattenbortledningen

6.1 Generell påverkan och konsekvens av grundvattenbortledning

Generell påverkan och effekter av grundvattenbortledning

- Om grundvattenytan sänks kan exempelvis byggnader i ett lerområde sätta sig. En sättning kan ge sprickor i väggar eller kärvande dörrar. Även ledningar kan påverkas av sättningar och i värsta fall gå sönder.
- Om grundvattenytan sänks kan naturmiljöer med grundvattenberoende växtlighet påverkas negativt.
- Förändringar av vattnets strömningsbild kan göra så att markföroreningar flyttar på sig eller att naturmiljöer förändras.
- Sänkta grundvattennivåer i berg eller jord kan som effekt för vattenbrunnar ge minskad uttagskapacitet. Effekten för energibrunnar kan bli minskat energiuttag.

En viktig del av utredningsarbetet har varit att identifiera var negativa konsekvenser kan ske, samt att föreslå skyddsåtgärder för att förhindra dessa.

I detta avsnitt beskrivs *allmänt* principerna för grundvattnets uppträdande, nybildning och vad som kan inträffa vid en grundvattenbortledning. Arbetet med analyser och skyddsåtgärder syftar till att minimera eller helt ta bort dessa effekter.

Grundvatten förekommer dels i sprickor och spricksystem i berggrunden samt i porutrymmen i jordlager. Hur mycket vatten som finns i berget är beroende av sprickornas storlek och systemets omfattning (antal sprickor). Grundvatten förekommer i alla typer av jord, men det är sorterade jordar som kan magasinera och också släppa ifrån sig större volymer vatten. Magasinen i jord kan vara *slutna* eller *öppna*. Ett slutet magasin begränsas uppåt av en tät jordart så som lera medan ett öppet magasin saknar sådan begränsning.

En viktig faktor för omgivningspåverkan vid undermarksbyggande som kan förutses medföra en viss grundvattenbortledning är hur mycket grundvatten som finns tillgängligt. Detta bestäms primärt av storleken på nybildning av grundvatten och sekundärt av möjligheten till grundvattenströmning mellan olika grundvattenmagasin. Generellt gäller att om den tillgängliga grundvattenmängden är liten så blir grundvattensänkningens utbredning större vid en viss grundvattenbortledning.

Nybildning av grundvatten sker naturligt genom infiltration och perkolation av nederbörd, men inom stadsmiljö även genom läckage från vatten- och avloppssystem. Inom stadsmiljön hindras nederbördens infiltration till del av hårdgjorda ytor (hustak, asfalt, stenläggning med mera). Jordartsfördelningen påverkar i liten grad nybildningen av grundvatten då infiltrationskapaciteten, även för lerjord, vanligen är tillräcklig för infiltration av normalt förekommande regnintensiteter. I urban miljö, där hårdgörning av ytor leder till lägre infiltration, kan det antas att jordarten i princip inte inverkar alls.

Grundvattenbildningens storlek varierar under året. Inom Stockholmsområdet sker den största grundvattenbildningen under vår och höst. Under sommaren sker en mindre grundvattenbildning eftersom avdunstningen då är större. Under perioder med köldgrader bildas grundvatten bara genom läckage från VA-system.

Där det förekommer olika grundvattenmagasin (övre- och undre magasin i jord och grundvattenmagasin i berg) tillförs det nybildade grundvattnet det översta magasinet varifrån grundvattnet kan strömma vidare till andra magasin.

Inom områden som karteras som "berg i dagen" finns det vanligen ett tunt jordtäckte med ställvis kala berghällar. Där det finns ett jordtäckte kan den infiltrerade nederbörden kvarhållas och vattnet kan tillföras berget under en längre tid efter nederbördstillfället. På de kala berghällarna kan en stor del av nederbörden avrinna som ytaavrinning, men den infiltrerar då nedanför berghällarna och kan tillföras ett övre magasin i jord eller direkt till berggrundvattenmagasinet.

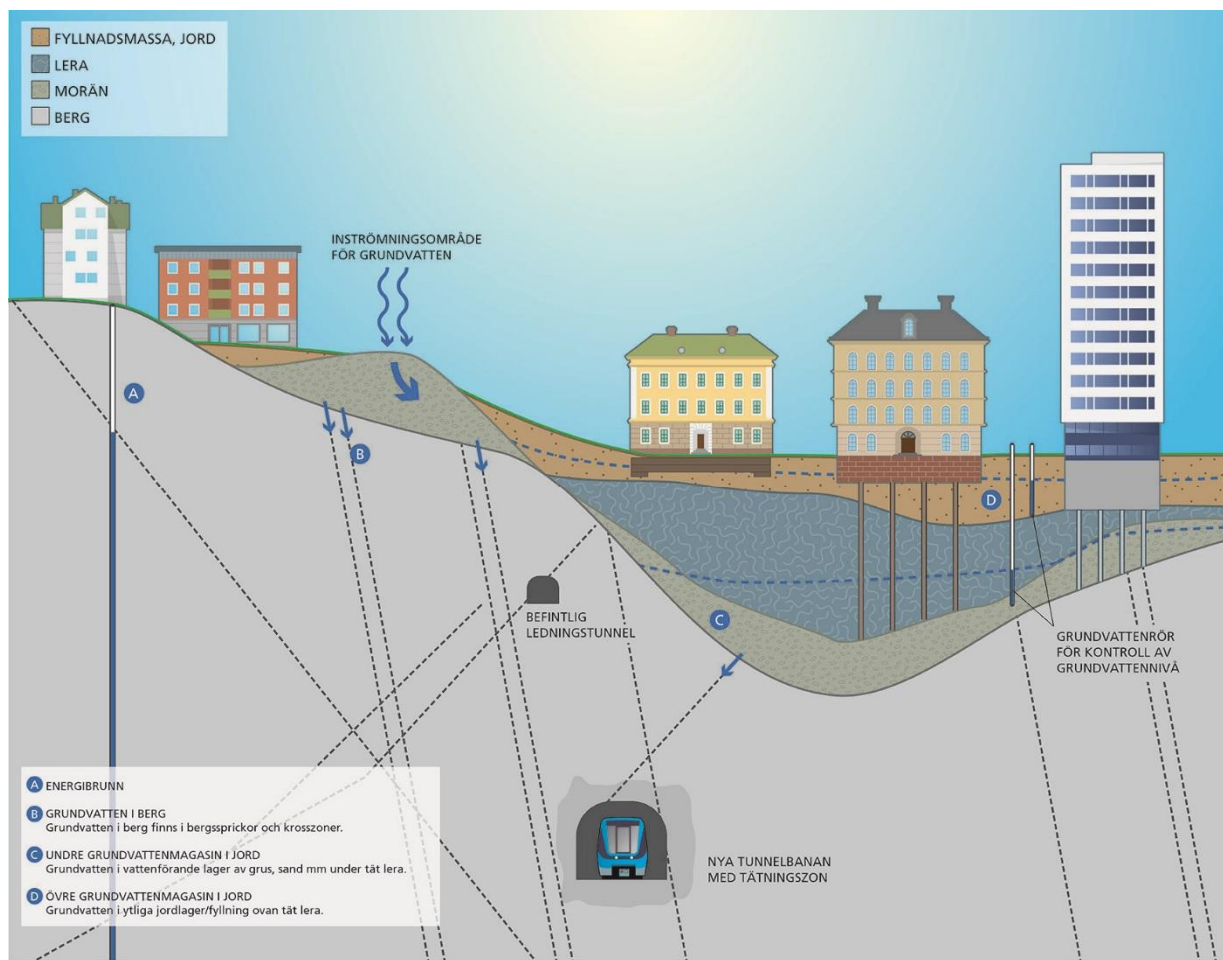
I stadsmiljön styrs grundvattenytans läge inom övre jordmagasin till stor del av dränerande stråk (hus- och vägdränering samt kringfyllnad i ledningsgravar). Vid en grundvattenbortledning från ett djupare liggande magasin (undre magasin i jord eller berggrundvattenmagasin) kan grundvattenströmningen från övre magasin till undre magasin öka. Detta då grundvattenbortledningen leder till en trycksänkning varvid den hydrauliska gradienten mellan magasinerna ökar, vilket är den drivande kraften för grundvattenströmning. Sådan ökad tillströmning till undre magasin sker i huvudsak i randzonen där jord övergår till berg. Den ökade strömningen till djupare liggande magasin sker på bekostnad av att dräneringsflödet från övre magasin minskar. Oftast utan att det går att spåra någon avsänkning av grundvattenytans läge då det råder ett visst vattenöverskott i dessa randområden. Inom bergområden kan sådan ökad tillströmning dock vanligen leda till att grundvattennivån i berget sänks.

När man bygger en tunnel i berg, under grundvattenytan, så kommer en del grundvatten att läcka in till tunneln. Hur mycket grundvatten som läcker in beror främst på hur genomsläppligt berget är, vilket grundvattentryck som råder i berget där tunneln går fram samt hur väl man lyckas med att tätatunneln. Tunnelns diameter har en viss men mindre betydelse för inläckagets storlek.

Med ett ökat djup på tunneln ökar grundvattentrycket och således inläckaget jämfört med en ytligare tunnel. Samtidigt ligger centrum för trycksänkningen för en djup tunnel vanligen längre ifrån känsliga grundvattenmagasin i jord.

En grundvattentrycksänkning i berg medför en risk för direkt påverkan på vattennivån i brunnar i berget och en indirekt risk för ökad grundvattenströmning från magasin i jord till berget. Sådan ökad strömning kan medföra en trycksänkning av undre magasin i jord vilket i sin tur kan leda till marksättningar. Den förändrade strömningen kan även medföra att eventuella befintliga föroreningar i grundvattnet sprids.

Generellt kan sägas att de områden som är känsligast för grundvattenpåverkan som följd av inläckage till planerade bergtunnlar är områden där tunneln går med ett litet avstånd ut till undre magasin i jord (liten bergtäckning) samtidigt som det råder ett högt grundvattentryck vid tunneln. Sådana partier kan finnas i djupa lerfyllda svackor mellan bergshöjder. Vidare är stora utbredda lerområden vanligen mer känsliga för grundvattenbortledning ur berget under eftersom möjligheten till ökad tillströmning via randzoner jord/berg är mer begränsad än för ett mindre lerområde. Det potentiellt tillgängliga vattnet är alltså mindre för magasin under stora lerområden.



Figur 24. Konceptuell modell över grundvatten i berg och jord.

6.1.1 Sättningar i mark

Risk för sättningar finns främst inom sättningssänsliga lerområden inom influensområdet. Inläckaget till tunneln sänker grundvattentrycknivån i bergets sprickor vilket kan resultera i sänkt grundvattentrycknivå i friktionsjorden (så kallat undre grundvattenmagasin) som överlagrar berget. En sådan sänkning av grundvattennivån kan leda till att leran som överlagrar friktionsjorden trycks ihop (konsolideras) på grund av en minskning av portrycket i leran.

6.1.2 Skador på byggnader och anläggningar

Vid sättningar kan exempelvis sprickor uppstå i byggnaders fasader och i värre fall, skador i bärande konstruktioner.

Större och tyngre bebyggelse är normalt grundlagd på sådant sätt att skador orsakade av sättningar inte uppstår. Detta gäller även större och känsliga ledningar. Det är företrädesvis mindre och lättare bebyggelse samt klenare ledningar som har grundläggning som kan vara känslig för grundvattenpåverkan.

För byggnader som har grundläggning med träkonstruktioner (träpålar eller rustbäddar) kan en grundvattennivåsänkning medföra att träkonstruktionerna bryts ner snabbare då syre får tillträde. En konsekvens kan även då bli att skador uppstår i byggnaders fasader (sprickor med mera) och i värre fall skador i bärande konstruktioner.

Ledningar för el- och tele/bredband bedöms inte vara känsliga för mindre sättningsrörelser.

Större vatten- och fjärrvärmeledningar är så tunga att de behöver vara grundlagda på eller ned till fast jordart eller berg när de är förlagda inom ett sättningskänsligt område för att inte riskera att skadas.

6.1.3 Skador på brunnar

Uttagskapaciteten av vatten för en brunn avgörs av grundvattentillrinning och brunnens magasineringsförmåga, det vill säga hur mycket vatten som ryms i brunnen och som kan användas under kortvariga stora vattenuttag. Vattenkvaliteten avgörs av grundvattnets beskaffenhet, brunnsutförande och närliggande verksamhet som exempelvis och avloppsanläggningar. Sänkta grundvattennivåer i berg eller jord kan som effekt för vattenbrunnar ge minskad uttagskapacitet. Effekten för energibrunnar kan bli minskat energiuttag.

Konsekvensen för enskilda dricksvattenbrunnar kan bli att vattenförsörjningen inte kan upprätthållas samt att kvalitetsförsämringar som påverkar användningen av vattnet kan uppstå på grund av spridning/mobilisering av befintliga föroreningar som följd av tunnelutbyggnaden.

Värmeöverföringen i en energibrunn mellan omgivande berggrund och kollektorslangar sker genom vattnet i brunnen. Kollektorslangarna är anpassade efter bostadens behov och brunnens djup. Konsekvensen vid en grundvattennivåsänkning är att det minskar kontakten mellan kollektorslangen och vattnet, vilket kan medföra att värmepumpsanläggningen får en större elförbrukning för att uppnå samma effekt.

6.1.4 Spridning av föroreningar

Grundvattenbortledning från tunnlar kan medföra att föroreningar sprids med grundvattnet. Dels kan redan förorenat grundvatten spridas till andra ställen, dels kan ändrad grundvattennivå och grundvattenströmning utlösa en föroreningssituation för grundvattnet. En sänkt grundvattennivå påverkar markförhållandena och markprocesserna på ett sådant sätt att utlakningen av föroreningar kan öka. Konsekvensen beror av föroreningens typ och omfattning.

6.1.5 Naturmiljö, kulturmiljö och fornlämningar

Olika naturtyper är olika känsliga för grundvattennivåsänkningar. Träd och markvegetation på fast mark utnyttjar främst markvattnet i jordlagren, som fylls på av nederbörd. Markvatten som inte tas upp av växterna bildar grundvatten. Ovan grundvattenytan finns en kapillärvattenzon vars vattenhalt är kopplad till grundvattenytans läge. Om växter har rötter ner i kapillärvattenzonen kan de ha tillgång till växttillgängligt vatten som är beroende av grundvattenytans läge. Om grundvattenytan sänks kan detta växttillgängliga vatten minska. För att en sänkning av grundvattenytan ska påverka det växttillgängliga vattnet krävs att grundvattenytan ligger relativt nära rotzonen. Vid en djupare liggande grundvattenyta påverkas inte det växttillgängliga vattnet.

Om växttillgängligt vatten minskar eller ökar i olika biotoper kan det innebära påverkan och effekt på naturvärden. Konsekvensen av de ändrade vattenförhållandena kan generellt vara förändrad tillväxt, förändrad konkurrens mellan arter och att vissa arter försvinner medan andra gynnas.

I våtmarker och fuktiga marker där grundvattenytan ligger nära ytan kan generellt sett en avsänkning av grundvattenytan påverka naturtyperna till att ändra karaktär, vilket i sin tur kan påverka eventuella naturvärden negativt om de är knutna till den fuktiga miljön. Exempelvis kan en sumpskog som har höga naturvärden knutna till sig påverkas negativt om markförhållandena blir torrare. Om miljön blir torrare riskerar arter knutna till det speciella mikroklimatet och de

fuktiga markförhållandena med tiden att försvinna. Om det dessutom finns naturvärden knutna till exempelvis lövträd riskerar dessa också att påverkas om marken blir torrare genom att granen får det lättare att växa till sig vilket konkurrerar ut lövträden. I öppna våtmarker och små dammar/vattensamlingar kan den negativa påverkan bli stor vid en grundvattennivåsänkning om det medför att vattentillgången i dessa miljöer minskar.

Friska marker bedöms vara betydligt mindre känsliga för grundvattennivåsänkningar. På friskare skogsmark når rötter sällan ner till grundvattenytan och det bedöms därför finnas en liten känslighet vid grundvattennivåsänkningar. En eventuell avsänkning av grundvattenytan kan i dessa fall medföra att de friska markerna går mot torrare förhållanden med en långsam förskjutning av konkurrensförhållanden mellan trädarter. Denna förändring bedöms vara mycket långsam och påverkar sannolikt inte naturvärden knutna till dessa miljöer negativt

Kulturmiljö och fornlämningar kan påverkas främst av sättningar. En sänkt grundvattenyta kan också medföra att eventuella lämningar med organiskt material eller kulturhistoriskt viktiga byggnader, som grundlagts på träpålar eller rustbäddar, kan utsättas för en ökad nedbrytning av trämaterialen.

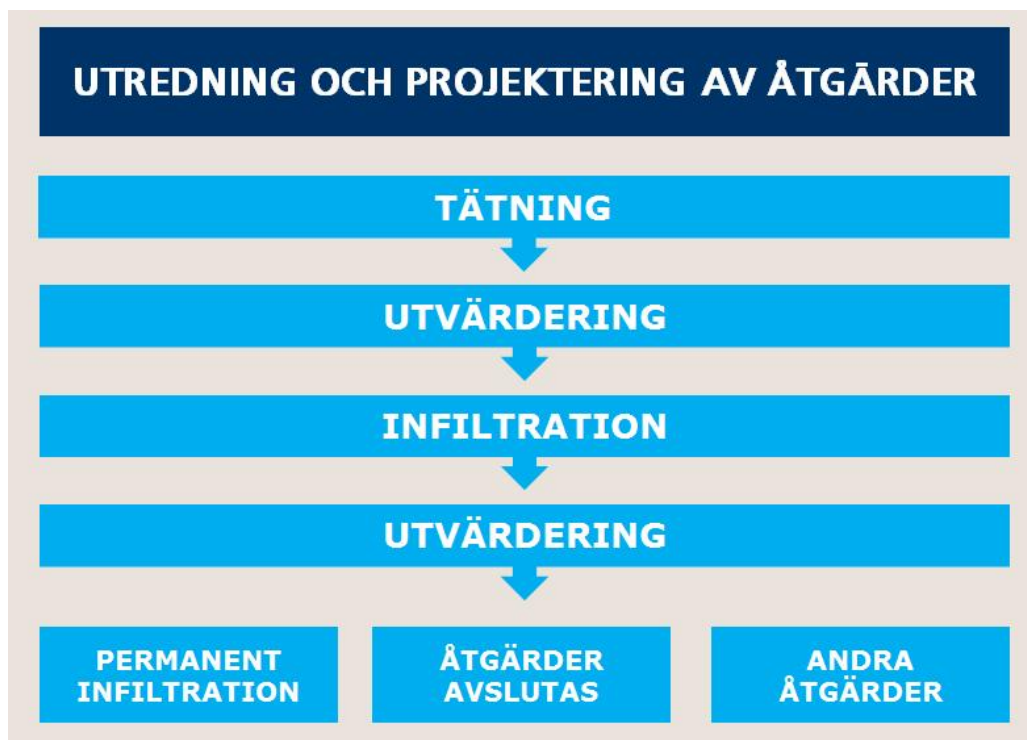
6.1.6 Radon

Radon är en färg- och luktlös ädelgas, tyngre än luft, som förekommer naturligt i mark och vatten. Radon i bostäder kommer från mark, byggnadsmaterial eller hushållsvatten. Radonhalten varierar naturligt såväl under året som under dygnet. Störst risk för radonproblem i bostaden föreligger där egen bergborrad brunn används som vattentäkt, genom att radon från berget förs över till grundvattnet och därefter förs in i bostaden. Teoretiskt kan även förändring av spridningen av radon ske genom att grundvattenytan sänks och radonen istället transporteras genom diffusion via luften i de sprickor som dränerats. Emellertid är sådana sprickor så sparsamt förekommande och förväntade grundvattennivåsänkningar relativt små i de områden som tunnelbanan byggs ut i varför risken för spridning av radon är försumbar. Denna aspekt behandlas därför inte ytterligare i denna miljökonsekvensbeskrivning.

6.2 Skadeförebyggande åtgärder

För att underlätta arbetet med hantering av miljöpåverkan och för att få ett likartat arbetssätt vid projektering och hantering inom alla utbyggnadsgrenar av tunnelbanan har SLL tagit fram en metodik för skadeförebyggande åtgärder. Se figur 25.

Skador orsakade av sänkning av grundvattennivån uppkommer generellt långsamt. Strategin för de skadeförebyggande åtgärderna är att arbeta i steg, med flera olika skyddsåtgärder och med successiv utvärdering mellan varje steg. Arbetsgången rörande de skadeförebyggande åtgärderna kan sammanfattas i nedanstående figur. Utgångspunkten vid utredning och projektering av åtgärder är att minska risken för att skador uppkommer, utan att kostnaden blir omotiverat hög.



Figur 25. Arbetsgången för hantering av skadeförebyggande åtgärder.

6.2.1 Tätning

Åtgärder för tätning av schakt i jord under byggtiden ska utgå ifrån konventionella byggmetoder. Utgångspunkten är att tillfälliga stödkonstruktioner som behövs under byggtiden ska vara täta. Detta kommer emellertid inte att kunna uppnås på alla platser, vilket leder till att andra åtgärder, som exempelvis infiltration, kan behöva utföras för att motverka grundvattennivåsänkning vid känsliga objekt.

Utgångspunkten är att tätningen av bergtunnlarna i första hand ska utföras med cementinjektering. Injekteringen utförs som förinjektering som anpassas till de geologiska och hydrogeologiska förhållandena. Om förinjekteringen inte fungerar tillräckligt bra kan efterinjektering behöva utföras. Vid speciellt komplicerade passager kan kemiska tätningsmedel behöva användas. SLL kommer att ta fram en rutin för val och hantering av kemiska injekteringsmedel. Rutinen utgår från Trafikverkets krav och arbetssätt i Trafikverkets kemikaliegranskningsfunktion.

SLL kommer att säkerställa att injekteringen styrs så att den uppnår uppsatta mål/krav för täthet.

6.2.2 Infiltration

För att undvika skadliga grundvattennivåsänkningar längs tunnelsträckan kan skyddsinfiltration utföras vid skyddsobjekt (grundvattennivåkänsliga objekt inom influensområdet). För varje skyddsobjekt kommer det att finnas mätunkt/er för grundvattennivå. Till dessa mätpunkter tas det fram åtgärdsnivåer, som används för att styra när och i vilken omfattning infiltration eller andra skyddsåtgärder behöver ske. Infiltrationen utförs under byggtiden huvudsakligen i jord med vatten från kommunala ledningsnätet. Infiltration kan även behöva ske utanför temporära stödkonstruktioner under byggtiden för att undvika grundvattennivåsänkningar från öppna schakt.

Innan infiltrationen påbörjas genomförs en fuktbesiktning av aktuella byggnader i närheten av infiltrationsanläggningarna. Detta för att dokumentera statusen på källare och för att upptäcka eventuella fuktproblem innan infiltrationen startar.

Specifikt för detta projekt gäller att skyddsinfiltration kommer att förberedas som åtgärd för att motverka grundvattentrycknivåsänkningar i friktionsjorden som underlagrar sättningskänsliga lerområden där mäktigheten av leran är så stor att sättningar annars kommer utbildas. Skyddsinfiltration genomförs i första hand i jord i anslutning till anläggningen eller nära de känsliga objekten. Skyddsinfiltration kommer att nyttjas som åtgärd dels under byggtiden men eventuellt även under drifttiden. Under byggtiden kommer skyddsinfiltration användas i samband med anläggande av de temporära schakter i jord som krävs för att anlägga exempelvis erforderliga uppgångar och ventilationsschakt. När väl dessa uppgångar och schakt är anlagda blir dessa konstruktioner täta varpå skyddsinfiltration för dessa schakt kan avslutas eller minskas i omfattning.

6.2.3 Andra åtgärder

Det finns åtgärder som kan vidtas om infiltration och tätning inte bedöms vara tillräckligt, eller om det är uppenbart att nyttan av sådana åtgärder är liten. Ett exempel kan vara att mindre sättningar i gatumark eller i källargolv kan repareras istället för att inrätta en permanent infiltration.

De brunnar längs tunnelbanans utbyggnad som kan påverkas av sänkta vattennivåer är i princip uteslutande energibrunnar. SLL planerar att mäta grundvattennivån i brunnarna före, under samt efter byggtiden och att vid behov åtgärda eventuell permanent påverkan på brunnarna i efterhand.

6.3 Influensområde och inläckage

6.3.1 Inläckage

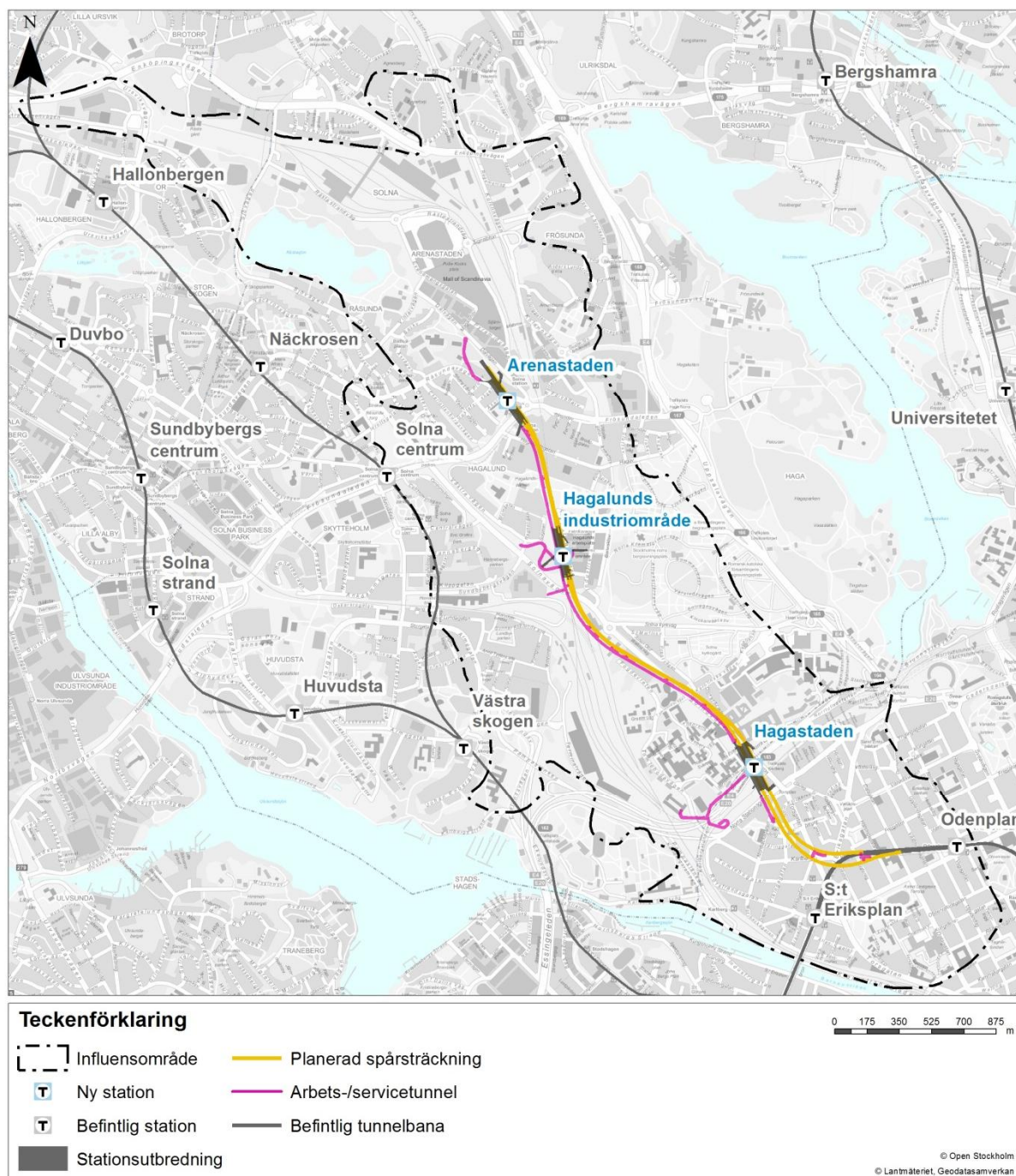
Trots att tunnarna tätas kommer ett visst inläckage av grundvatten att kvarstå. Detta inläckage kan variera längs med tunneln, beroende på hur tätt berget är och hur väl man lyckas med tätningen av tunnarna. För Gul linjes spår- och servicetunnlar beräknas inläckaget efter tätning variera mellan 0 och 55 liter per minut per 100 m tunnel, med medelvärdet cirka 11 liter per minut och med ett totalt inläckage om cirka 430 liter per minut. Detta gäller för både bygg- och drifttid.

Inläckage har även beräknats för arbets-/servicetunnlarna vid Hagstaden, Hagalunds industriområde och Arenastaden. Summan av inläckaget till arbets-/servicetunnlarna beräknas till cirka 80 liter per minut och medelinläckaget varierar mellan cirka 3 till 5 liter per minut per 100 meter tunnel. Totalt för hela tunnelanläggningen erhålls ett inläckage på cirka 500 liter per minut.

6.3.2 Influensområde för grundvatten

Inläckande grundvatten medför en grundvattennivåsänkning kring tunnarna. Störst sänkning sker närmast tunnarna och avsänkningen minskar med ökat avstånd från tunnarna. Hur mycket grundvattennivån påverkas beror på hur mycket vatten som läcker in i tunneln. Vanligtvis är det bara närområdet längs med tunnarna som påverkas, men detta kan variera beroende på bergets vattenförande egenskaper. Området som förväntas kunna påverkas benämns influensområde. För Gul linjes sträckning har ett influensområde tagits fram och redovisas i figur 26. Beräkning av influensområdet utgår från en teoretisk beräknad trycksänkning djupt ner i berg (200 meter

djupt) kring tunnlarna och där den yttre gränsen kan anses vara försumbar (0,3 meters tryck-sänkning). Alla känsliga slutna grundvattenmagasin i jord som ligger med geografisk kontakt (i plan) med planerade anläggningar (exempelvis spårtunnlar och schakter) har sedan inkluderats i influensområdet. Vid avgränsningen har framförallt bedömningar från resultat av hydrogeologiska undersökningar, som provpumpningar, och stabila hydrauliska gränser använts (ytvatten, Stockholmsåsen, höga berglägen, grundvattendelare med mera). Resultat från teoretiska beräkningar och grundvattenmodellering har även använts. Influensområdet har bedömts utifrån att tätning utförs i hela tunnelanläggningen. Däremot har skyddsinfiltration som eventuellt behöver utföras vid känsliga objekt inte beaktats.



Figur 26. Utbredning av influensområde för grundvatten.

6.4 Konsekvenser för mark, byggnader och anläggningar i jord

Konsekvenser av grundvattenbortledning i jord:

Skyddsinfiltration för att upprätthålla nivåer i det undre magasinet kommer troligtvis att behövas inom ett flertal potentiella områden för att undvika sättningar på leror och påföljande skador på byggnader, ledningar, vägar, järnvägar och övriga anläggningar .

En samlad bedömning av konsekvenserna för mark, byggnader och anläggningar i jord på grund av en grundvattenbortledning till Gul linjes anläggning bedöms bli måttligt negativa om inte skyddsinfiltration nyttjas som skyddsåtgärd. Detta gäller för både bygg – och drifttiden. Med vidtagna skyddsåtgärder i form av infiltration bedöms det bli små negativa konsekvenserna under både bygg- och drifttid.

6.4.1 Bedömningsskala

Nedanstående bedömningsskala används för bedömning av konsekvenser avseende både grundvatten i jord och grundvatten i berg.

Bedömningsskala känslighet

- Låg känslighet: Områden där grundvattnet endast har en teknisk funktion och inte används som naturresurs, exempelvis för dricksvatten, samt inom områden som inte är sättningskänsliga eller områden utan potentiella riskobjekt.
- Måttlig känslighet: Områden där grundvattnet endast har en teknisk funktion och inte används som naturresurs, exempelvis för dricksvatten, samt inom områden som är sättningskänsliga men där endast ett fåtal potentiella riskobjekt påträffas.
- Hög känslighet: Områden där grundvattnet används som naturresurs, exempelvis för dricksvatten samt inom områden som är sättningskänsliga och där det förekommer ett flertal potentiella riskobjekt.

Bedömningsskala effekter

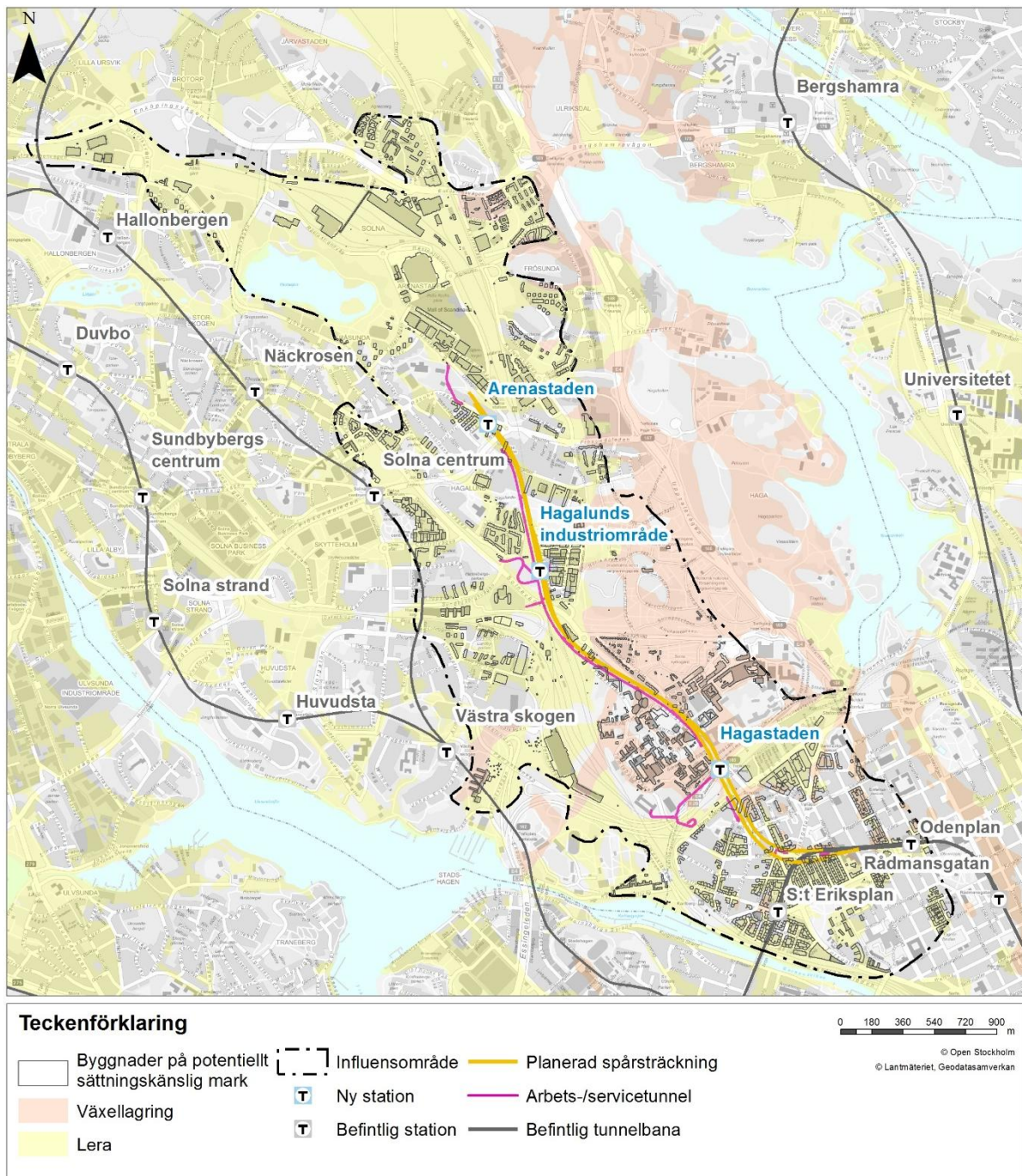
- Stora negativ effekter uppstår om projektet genererar en påverkan på grundvattnet så att det inte kan användas som en naturresurs eller att ett flertal riskobjekt påverkas så att värdet eller skadan som uppkommit inte kan återskapas eller repareras.
- Måttliga negativa effekter uppstår om projektet påverkar ett flertal riskobjekt men att värdet eller skadan som uppkommit kan återskapas eller repareras.
- Små negativa effekter uppstår när projektet påverkar ett fåtal riskobjekt, men att värdet eller skadan som uppkommit kan återskapas eller repareras.
- Små positiva effekter Inte aktuellt för grundvatten
- Måttliga positiva effekter Inte aktuellt för grundvatten
- Stora positiva effekter Inte aktuellt för grundvatten

6.4.2 Känsliga objekt/områden

Sättningskänsliga byggnader och anläggningar har inventerats inom hela influensområdet. En indelning av byggnader inom sättningskänslig mark har därefter gjorts i följande kategorier:

- Grundläggning på lera
- Träpålar
- Grundläggning på pålar/berg/fast botten inom sättningskänslig mark
- Okänd grundläggning inom lerområden/sättningskänslig mark

I figur 27-30 redovisas byggnader inom sättningskänslig mark inom hela influensområdet. Inom influensområdet finns även olika typer av ledningar och servisledningar in till fastigheterna samt vägar och järnvägar. Byggnader med en grundläggning som inte är sättningskänslig inom lerområden kan generellt ändå ha anslutande servisledningar som är sättningskänsliga. Ett antal vägar och järnvägar med okänd grundläggning korsar influensområdet och att de som är grundlagda inom lerområden kan potentiellt vara sättningskänsliga. Större spårområden finns bland annat inom lerområdena i Arenastaden och Tomtebodan. Lägen för ledningar, väg och järnväg redovisas ej i figurerna.



Figur 27. Byggnader på sättningskänslig mark inom influensområde för grundvatten

6.4.3 Konsekvenser av nollalternativet

Nollalternativet innebär att det inte blir någon grundvattennivåsänkning med hänsyn till tunnelbanan under bygg- och drifttiden. Pågående sättningar sker idag inom många av lerområdena inom Gula linjens influensområde och de framtida exploateringar som redovisas i nollalternativet kan ge ytterligare sättningar i jord med skador på byggnader och anläggningar som följd. Skyddsåtgärder planeras dock för bland annat stadsdelen Hagastaden och grundvattenbortledning från Intunnling av E4/E20 sker under en begränsad tid. Då det finns risk att många byggnader och ledningar skadas på grund av pågående sättningsförlopp och kommande grundvattenpåverkan

bedöms konsekvensen av nollalternativet som måttlig med måttliga negativa effekter, enligt de bedömningsgrunder som anges i avsnitt 6.4.1.

6.4.4 Konsekvenser under bygg- och drifttid

Områden där skador på sättningskänsliga objekt bedöms kunna uppstå om grundvatten-nivåsänkning sker är i huvudsak i anslutning till de identifierade undre grundvattenmagasinen längs Gul linjes sträckning. Specifikt bedöms att områden med större lerdjup och sättningskänslig lera kan komma att sätta sig om inte infiltration utförs. De största grundvattenavsänkningarna sker närmast tunneln och minskar med avståndet från tunneln. Konsekvensbedömningen nedan utförs gemensamt för bygg- och drifttid men avser i första hand varaktiga förhållanden under drifttiden.

En sättningsutredning har utförts för alla lersvackor inom influensområdet med identifierade undre grundvattenmagasin. I vissa av de undre magasinen är sättningsbenägenheten liten då leran redan är konsoliderad, det vill säga att lerans volym redan har minskat genom kompression. Konsolideringen kan ha berott på en länge pågående grundvattenavsänkning och befintlig grundvattennivå ligger då troligen under eller i närheten av lerans underkant. Detta innebär att en ytterligare grundvattennivåsänkning inte kan orsaka mer sättning.

Beräkningar och bedömningar har utförts av trycksänkningar i de undre magasinen inom influensområdet som följd av trycksänkning i berget kring tunneln.

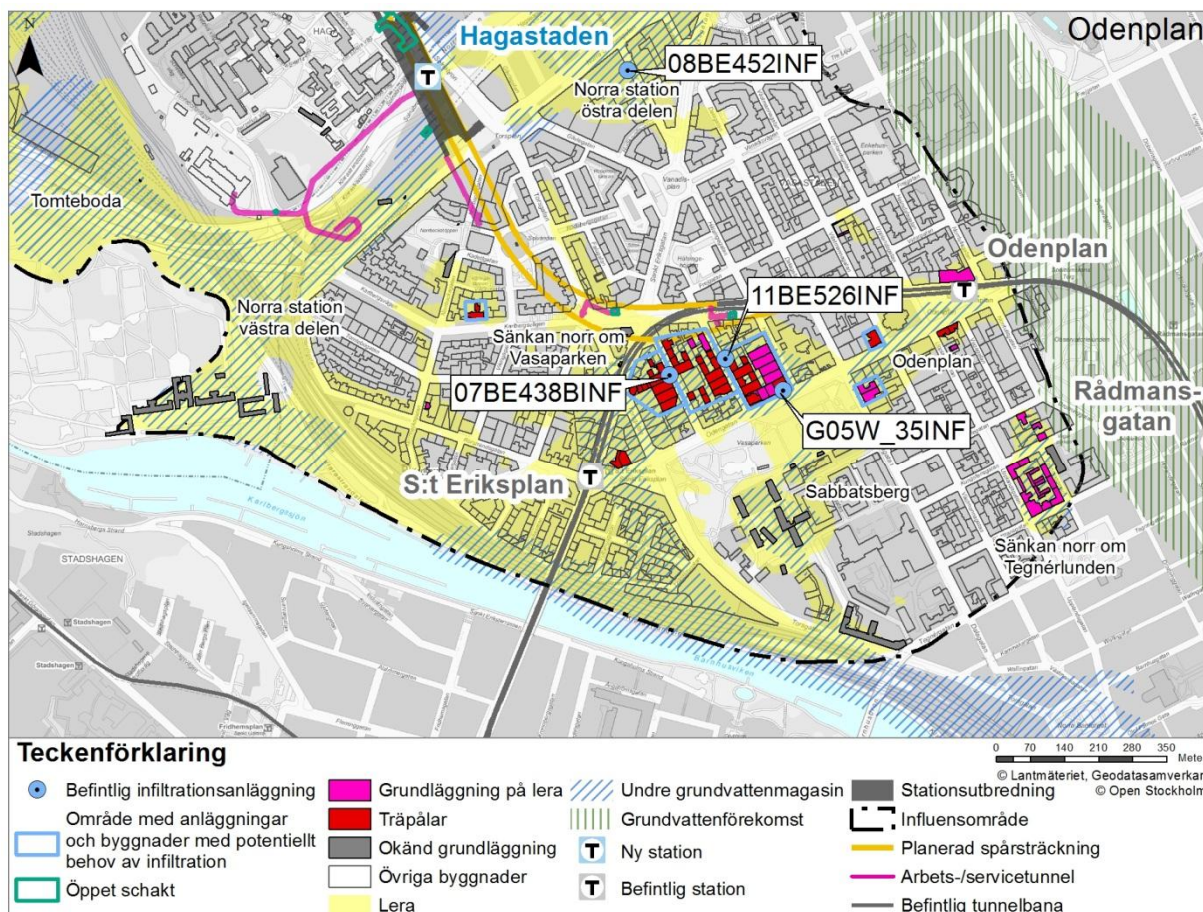
En beskrivning av påverkan på varje lersvacka inom influensområdet har utförts nedan enligt områdesindelning Odenplan till Hagastaden, Hagastaden till Hagalunds industriområde och Hagalunds industriområde till Arenastaden. För varje lersvacka beskrivs omfattning av känsliga objekt och servisledningar, bedömd storlek på grundvattensänkning samt dess sättningsbenägenhet. Mer om bedömd grundvattensänkning och bedömda sättningar redovisas i PM Hydrogeologi och dess bilagor, Bilaga C till ansökan. Längst ner görs en samlad konsekvensbedömning för alla grundvattenmagasin.

För varje lersvacka (grundvattenmagasin) görs även en bedömning om skyddsinfiltration anses nödvändig, alternativt att beredskap skall finnas för att genomföra skyddsinfiltration.

Påverkan på lersvackor – Odenplan till Hagastaden

Inom influensområdet på sträckan Odenplan till Hagastaden finns sex identifierade grundvattenmagasin enligt figur 28 nedan: *Odenplan, sänkan norr om Vasaparken, Tomtebodan, Norra station västra delen, sänkan norr om Tegnérslunden och Sabbatsberg.*

I anslutning till *Odenplan* har infiltrationsbrunnar tidigare etablerats inom området för att motverka grundvattennivåsänkningar i anslutning till grundvattenberoende byggnader med avseende på effekter från befintliga undermarksanläggningar (Citybanan). Cirka fem grundvattenberoende objekt grundlagda på träpålar eller på lera finns inom området. Tillkommande dränering av grundvatten till tunnelbanan till Arenastaden bedöms dock som begränsad då sträckningen eller planerad schakt inte berör magasinet samt att magasinet inte bedöms ha förbindelser med andra magasin. Vidare ligger grundvattennivån i det undre grundvattenmagasinet i jord lägre än lerans underkant och risken för sättningar bedöms därför som liten. Befintliga infiltrationsbrunnar bedöms dock kunna användas vid behov.



Figur 28. Byggnader och anläggningar som är känsliga för grundvattennivåsänkning samt områden med potentiellt behov av infiltration inom influensområdets sträcka mellan Odenplan och Hagastaden.

Vid *sänkan norr om Vasaparken* uppskattas trycksänkningen i undre magasin i jord, utan medräknad skyddsinfiltation, komma att uppgå till som mest ett par meter med störst trycksänkning rakt ovanför tunnellen och successivt avtagande påverkan på större avstånd från tunnellen. Här finns infiltrationsbrunnar etablerade inom projekt Citybanan för att upprätthålla befintliga grundvattennivåer. SLL har tagit över dessa från Trafikverket och dessa avses nyttjas vid behov. Ytterligare dränering av grundvatten från Gul linje kan medföra grundvattennivåsänkning i det undre magasinet i jord. I anslutning till sänkan norr om Vasaparken finns lera med upp till sex meters mäktighet och sättningsbenägenheten bedöms som måttlig. Inom området finns ett 40-tal träpålade byggnader som är känsliga för en avsänkning i övre grundvattenmagasin. Kompletterande infiltration bör därför förberedas.

Även i *Norra station västra delen* och *Tomtebodan* uppskattas trycksänkningen i undre magasin i jord, utan medräknad skyddsinfiltation, uppgå till som mest ett par meter. Sättningsbenägenheten i lersvackorna bedöms vara låg och infiltration genomförs inte i dagsläget. Områdena saknar sättningskänsliga byggnader men har totalt nio byggnader med okänd grundläggning på lera. I den östra delen kommer ett öppet schakt att anläggas i samband med station Hagastaden. Detta kan ge en grundvattenpåverkan av det slutna magasinet och öppna magasinet under byggtiden. På grund av befintliga undermarksanläggningar (Citybanan, intunnling av E4 och Hagastaden) tillsammans med Gul linje bedöms risken för grundvattennivåsänkningar vara stor. Infiltrationsbrunnar som etablerades i samband med byggandet av Citybanan avses nyttjas vid behov. Dessa har tagits över av SLL.

Sänkan norr om Tegnérslunden saknar lös lera och är inte sättningsbenägen. Inom området finns 19 byggnader grundlagda på lera och en med okänd grundläggning på lera. Svackan ligger cirka

500 meter från planerad anläggningen och någon grundvattenpåverkan i det undre magasinet bedöms inte uppstå.

Sabbatsberg är ett litet isolerat grundvattenmagasin. Inom området finns lera som är delvis lös och innehåller sand- och siltskikt med upp till sex meters mäktighet. Lersvackan är sättningsbenägen men inga byggnader med sättningskänslig grundläggning har identifierats. Dock finns ett flertal med okänd grundläggning. Då området bedöms som väl avgränsat samt ligger 300-400 meter från planerad anläggningen bedöms någon grundvattenpåverkan i det undre magasinet inte uppstå.

Påverkan på lersvackor – Hagastaden till Hagalunds industriområde

Inom influensområdet på sträckan Hagastaden till Hagalunds industriområde finns fem identifierade grundvattenmagasin enligt figur 29 nedan: *Norra begravningsplatsen norra sänkan*, *Norra begravningsplatsen södra sänkan*, *Huvudsta*, *Pampas*, *Norra station östra delen* och *Nya Karolinska*.

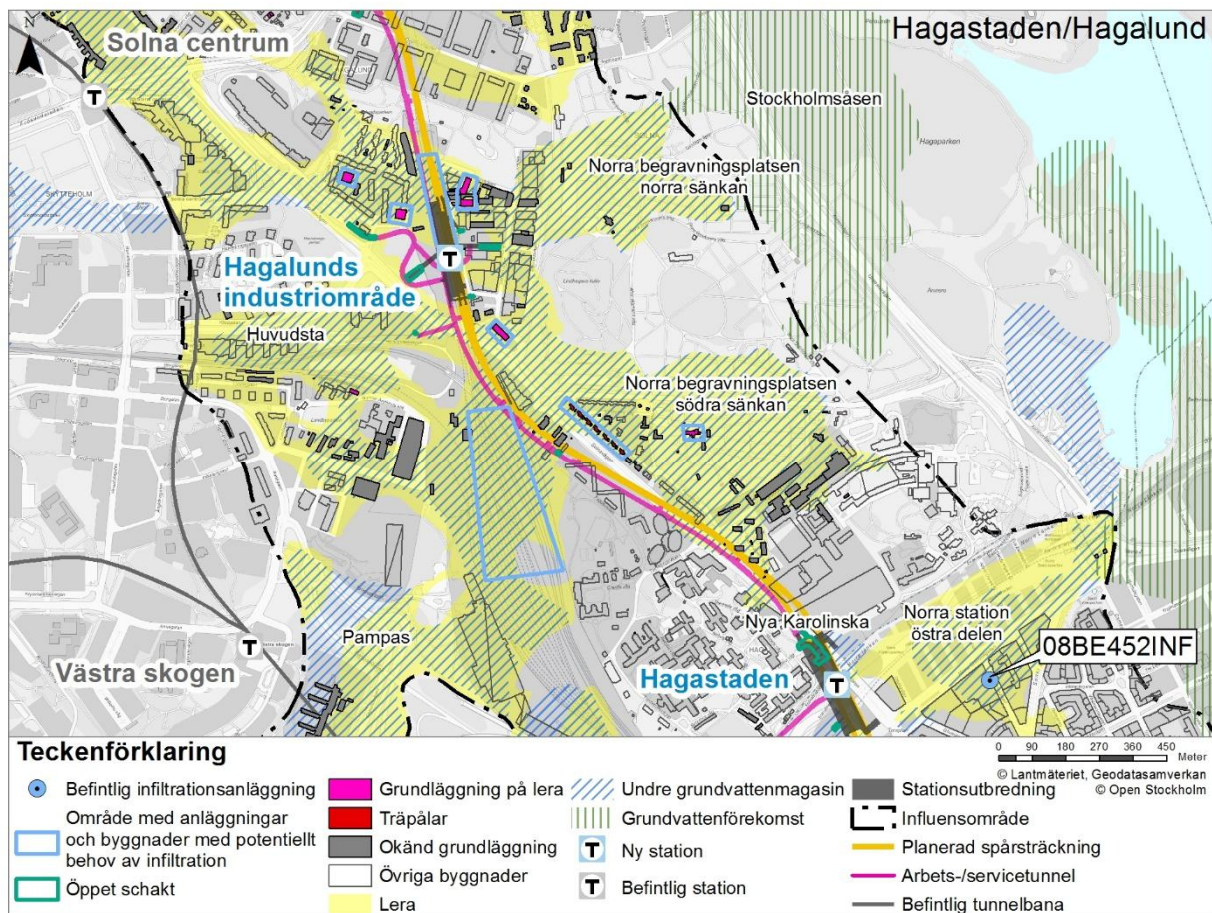
Norra begravningsplatsen, norra sänkan, har ett stort jorddjup med sättningsbenägen lera och större svaghetszoner i berg sträcker sig genom sänkan. Utan medräknad skyddsinfiltration uppskattas trycksänkningen i undre magasin i jord komma att uppgå till mellan 0 och 5 meter, med störst trycksänkning rakt ovanför tunnellinjen (2-5 meter) och successivt avtagande påverkan på större avstånd från tunnellinjen. Inom området har fem byggnader grundlagda på lera identifierats varav kvarteret Rudviken och kvarteret Volund ligger nära Gul linjes sträckning. Ett 20-tal byggnader har okänd grundläggning på lera. Gul linje korsar även spårområdet för järnvägen i norra delen.

För *Norra begravningsplatsen, södra sänkan*, bedöms samma storlek på trycksänkningen som för *Norra begravningsplatsen, norra sänkan* (2-5 meter ovan tunnellinjen) även gälla. Större delen av området bedöms ha stor sättningsbenägenhet. Inom området finns potentiella riskobjekt, en byggnad grundlagd på lera och som ligger nära tunnellinjen. Centralt inom området, på den östra sidan av Gul linje förekommer ett stråk av sju byggnader grundlagda på träpålar. Avståndet från byggnaderna till Tunnelbana till Arenastaden är 60 till 100 meter. Vidare finns ett fåtal byggnader grundlagda på lera i området, bland annat Solna Kyrka. I övrigt finns ett 20-tal byggnader med okänd grundläggning och området genomkorsas även av spårområdet för järnvägen. Beredskap för infiltration kommer att finnas för att upprätthålla naturliga grundvattennivåer under byggtiden, framför allt för att skydda spårområdet från eventuella sättningar.

Huvudsta är ett litet begränsat undre grundvattenmagasin. En grundvattensänkning medför troligtvis sättningar i leran. Inom området har inga sättningskänsliga byggnader identifierats men däremot 16 byggnader med okänd grundläggning på lera. Schakt för anslutning av tunnelvatten är beläget i grundvattenmagasinet. Spår finns inom området varför beredskap för infiltration vid schakt bör finnas för att upprätthålla naturliga grundvattennivåer under byggtiden.

Även vid *Pampas* antas samma förhållanden gälla som inom *Norra begravningsplatsen, södra sänkan*. Två byggnader med okänd grundläggning på lera finns inom området. Då sänkan ligger cirka 500 meter från planerad anläggning bedöms inte någon grundvattenpåverkan i det undre magasinet uppstå.

Vid *Norra station, östra delen* förväntas trycksänkningen i jord uppgå till som mest ett par meter. Inom magasinet finns en tätskärm uppförd och tre befintliga infiltrationsbrunnar. Sättningsrisken i området bedöms vara måttlig och inom lersvackan finns fyra byggnader med okänd grundläggning på lera. Grundvattennivån har varit påverkad i samband med tidigare arbeten bland annat intunnlingen av E4/E20 och Värtabanan. Utan skyddsinfiltration finns risk för grundvattennivåsänkningar i undre magasin.

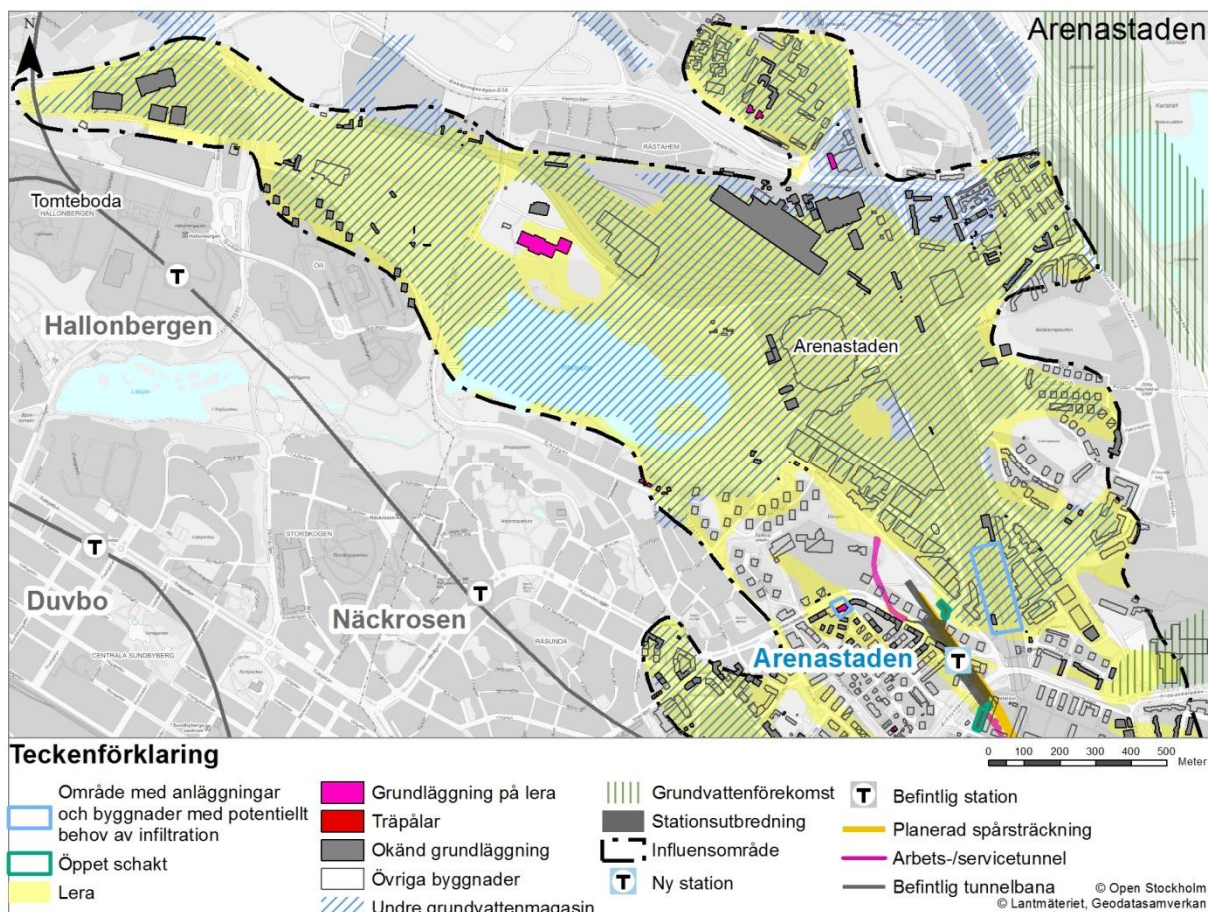


Figur 29. Byggnader och anläggningar som är känsliga för grundvattennivåsänkning inom influensområdets sträcka mellan Hagastaden och Hagalunds industriområde.

Inom sänkan vid *Nya Karolinska* kommer ett schakt för etablering av ny station. Detta innebär att det kan bli en påverkan under både bygg- och drifttiden. Under byggnationen av Nya Karolinska sjukhuset (NKS) har grundvattennivån öster om Solnavägen sänkts av med flera meter, Avsänkning kan även konstateras väster om Solnavägen. En fast dräneringsnivå anläggs vid NKS vilket innebär att grundvattennivåerna kan komma att ligga relativt stabilt. Under 2015 installerade SLL en infiltrationsbrunn i beredskapssyfte. Leran är halvfast och bedöms ha låg sättningsbenägenhet. Inom området finns inga byggnader som kan vara sättningskänsliga men det genomkorsas av Solnavägen.

Påverkan på lersvackor – Hagalunds industriområde till Arenastaden

Inom influensområdet på sträckan Hagalunds industriområde till Arenastaden utbreder sig influensområdet cirka tre kilometer åt nordväst mot Hallonbergen och rakt norrut mot Råstahem. Det sammanhängande undre grundvattenmagasinet, benämnt *Arenastaden* enligt figur 30, är stort.



Figur 30. Byggnader och anläggningar som är känsliga för grundvattennivåsänkning inom influensområdets sträcka mellan Hagalunds industriområde och Arenastaden.

För Arenastaden bedöms samma storlek på trycksänkning som för Norra begravningsplatsen, norra och södra sänkan inom område Odenplan-Hagastaden gälla. Tunneldjupet är här stort och de geologiska förutsättningarna liknande. Utan medräknad skyddsinfiltration uppskattas således trycksänkningen i undre magasin i jord komma att uppgå till mellan 0 och 5 meter, med störst trycksänkning rakt ovanför tunnellinjen (2-5 meter) och successivt avtagande påverkan på större avstånd från tunnellinjen. Inom området Arenastaden påträffas de största lermäktigheterna i områdets södra del, närmast station Arenastadens norra uppgång. Sättningsbenägna leror har konstaterats med mäktigheter på upp till 18 meter och största delen av området bedöms ha stor sättningsbenägenhet. Vid sänkan Arenastaden finns även schakt varvid trycksänkningen lokalt är tiotals meter (inom schakt) under byggtiden och risk för trycksänkning utan infiltration utanför inte kan uteslutas kunna vara av samma storlek, dock sannolikt kortvarigt. Inom Arenastaden finns sex byggnader grundlagda på lera och 84 byggnader med okänd grundläggning på lera. Vidare upptar järnvägens spårområde en stor yta både öster och norr om stationsområdet, dessa bedöms som sättningskänsliga. Då lerorna är sättningsbenägna samt att mäktiga jorddjup förekommer i direkt anslutning till station Arenastaden kan infiltration bli aktuellt under både bygg- och drifttiden.

Samlad konsekvensbedömning

Alla lersvackor inom influensområdet bedöms ha en måttlig känslighet baserat på dess sättningsbenägenhet, antalet potentiella riskobjekt och att grundvattnet under dessa lersvackor enbart har en teknisk funktion och inte används som naturresurs. Inom varje lersvacka finns ett varierat antal riskobjekt, både längs tunnellinjen och i utkanten av influensområdet och

trycksänkningen i undre grundvattenmagasin och därmed sättningskänsligheten är störst längs tunnellingin och avtar successivt ut mot kanterna. Lerornas egenskaper skiljer sig åt och grundvattenmagasinen i den södra delen av tunnelsträckan, Odenplan och sänkan norr om Vasaparken, är redan konsoliderade medan exempelvis Arenastaden och Norra begravningsplatsens båda sänkor är områden med lösare leror som är mer sättningsbenägna. Känsliga byggnader och ledningar inom dessa områden löper större risk att få skador om inte skyddsåtgärder vidtas. Inom de södra grundvattenmagasinen finns dock många träpålade hus som är beroende av att grundvattennivån i de övre grundvattenmagasinen upprätthålls. Dessa ligger dock så pass långt bort från schaktområdena, kring vilket en direkt påverkan på övre grundvattenmagasin kan ske (se beskrivning och figurer i avsnitt 6.7). Skyddsinfiltration för att upprätthålla nivåer i det undre magasinet kommer troligtvis att behövas på ett flertal ställen och potentiella områden redovisas i figur 27-30. För vissa områden kan befintliga infiltrationsanläggningar i undre magasin utnyttjas.

En samlad bedömning av konsekvenserna för mark, byggnader och anläggningar i jord på grund av en grundvattenbortledning till Gul linjes anläggning bedöms bli måttligt negativa om inte skyddsinfiltration nyttjas som skyddsåtgärd. Detta gäller för både bygg – och drifttiden. Med vidtagna skyddsåtgärder i form av infiltration bedöms det bli små negativa konsekvenserna under både bygg- och drifttid.

6.5 Konsekvenser för anläggningar i berg

Konsekvenser av grundvattenbortledning i berg:

Inom influensområde för grundvatten har cirka 400 brunnar i berg identifierats och i princip alla utgör energibrunnar. Flera större grupper av brunnar finns inom Vasastaden, Birkastaden, Rörstrand, Arenastaden och Karolinska området.

En samlad bedömning av konsekvenserna för energibrunnar i berg på grund av en grundvattenbortledning till Gul linjes anläggning bedöms bli måttligt negativa. Detta gäller för både bygg- och drifttiden. Skadereglerande åtgärder kan vidtas i form av exempelvis borring av ny brunn, om en brunn har fått en påverkan och konsekvensen bedöms betydande för energiuttaget. SLL har låtit utföra installationer i brunnarna för att möjliggöra mätningar.

6.5.1 Bedömningsskala

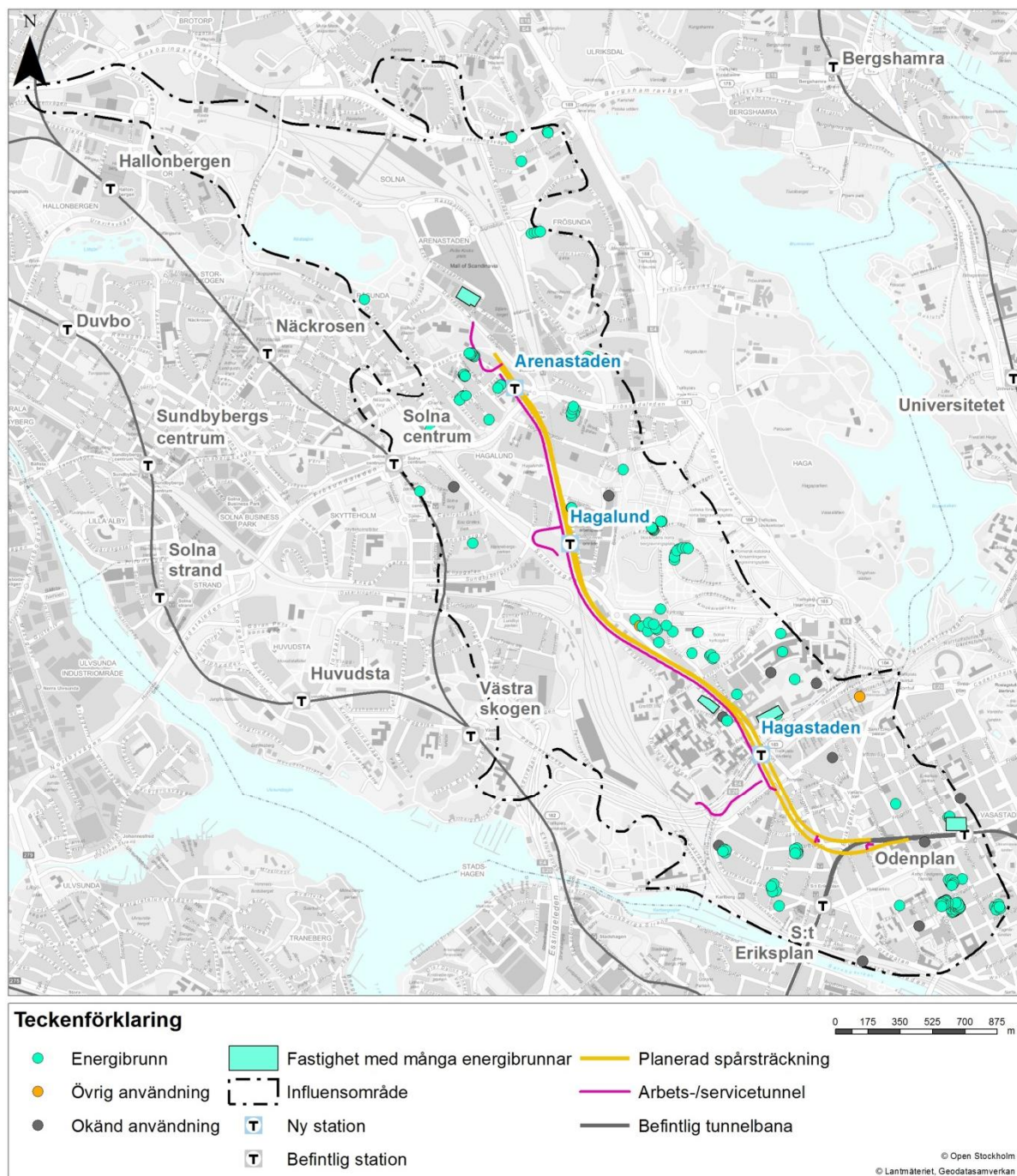
Samma bedömningsskala som i tidigare avsnitt används här.

6.5.2 Känsliga objekt/områden

Uppgifter om brunnar inom utredningsområdet har samlats från Sveriges Geologiska Undersöknings (SGU) brunnsarkiv samt berörda kommuner.

Brunnar inom influensområdet, se figur 31, utgörs framförallt av energibrunnar och brunnar med okänd användning som antingen utgör dricksvatten- eller energibrunnar. Inom influensområde för grundvatten har cirka 400 brunnar identifierats varav 189 ligger inom 100 meter från Gul linje.

Flera större grupper av brunnar finns inom Vasastaden, Birkastaden, Rörstrand, Arenastaden och Karolinska området. I anslutning till servicetunneln vid station Arenastaden ligger flera brunnar i dess omedelbara närhet, cirka 10 meter ifrån servicetunneln.



Figur 31. Inventerade brunnar inom influensområdet.

6.5.3 Konsekvenser av nollalternativ

Nollalternativet innebär att det inte blir någon grundvattennivåsänkning i berg med hänsyn till tunnelbanan under bygg- och drifttiden. Ingen annan planerad grundvattenbortledning i djupa berganläggningar eller tunnlar finns i närheten av Gula linjen så nollalternativet bedöms inte ge några negativa konsekvenser.

6.5.4 Konsekvenser under bygg- och drifttid

Grundvattennivåsänkning i berg kan påverka brunnarna inom influensområdet under både bygg- och drifttid. Avsänkningens storlek varierar med avståndet till tunnelanläggningen och de hydrogeologiska förhållanden som råder lokalt vid brunnen. För en energibrunn kan effektutbytet minska med 30 till 40 watt för varje meter avsänkning i brunnen.

Längs tunnellen gäller generellt att där tunneldjupet är stort så blir trycksänkningen i djupt berg lokalt stor. Trycksänkningens utbredning i berget kring tunneln kommer sen att minska med ökande avstånd från tunnelcentrum. Trycksänkningen på ett visst avstånd från tunneln är beroende av de hydrogeologiska förhållanden som råder samt på hur väl tunneln tätats. Vid norra sänkan, Norra begravningsplatsen, blir exempelvis trycksänkningen i djupt berg längs tunnellen upp till cirka 50 meter medan trycksänkningen där tunneldjupet är mindre, exempelvis vid Odenplan, som mest några meter. Horisontellt från tunnellen vid norra sänkan, Norra begravningsplatsen, uppskattas trycksänkningen minska från 50 meter till ett fåtal meter på ett avstånd av 100 meter.

De beräknade trycksänkningarna i berg är inte detsamma som en avsänkning av vattennivån inne i en brunn. Det beror på att brunnen har kontakt med sprickor i berget på olika djup och att dessa sprickor kan vara mer eller mindre vattenförande. En beräknad trycksänkning i djupt berg indikerar bara att det identifierats att det skulle kunna uppkomma en trycksänkning i djupt berg. Under vissa speciella förutsättningar kan detta medföra en sänkning av vattennivån inne i en brunn.

Till största del utgörs brunnarna inom influensområdet av energibrunnar, troligtvis även de som i inventeringen har okänd användning. Dessa brunnar medger en viss avsänkning utan att effektuttaget minskar nämnvärt. De flesta energibrunnar kommer således inte att påverkas av utbyggnaden av tunnelbanan, men vissa kan påverkas genom att enskilda sprickor i berget dräneras enligt resonemang ovan. Det är inte möjligt att i förhand förutse vilka brunnar som kommer att påverkas och hur mycket men utgångspunkten är att fastighetsägare med brunnar ska få kompensation för den påverkan som utbyggnaden av tunnelbana har på individuella energibrunnar. SLL har därför formulerat nedanstående arbetsgång för hanteringen av energibrunnar som riskerar få en avsänkt vattennivå.

1. SLL har låtit utföra installationer i brunnarna för att möjliggöra mätningar.
2. Mätningarna har påbörjats och vattennivån mäts före tunnelbanans byggtid, under byggtiden och vid en eventuell påverkan även en tid efter byggtiden. För energibrunnar tas det inte fram några åtgärdsnivåer eftersom erfarenheter från tidigare tunnelbyggen visar att skyddsåtgärder som ökad tätning av tunneln eller infiltration av vatten i berg och jord sällan ger någon effekt på grundvattennivån i en enskild energibrunn.
3. Om en påverkan av brunnens vattennivåer har konstaterats genomförs åtgärder. Vilka eller vilken åtgärd som genomförs beslutas i samråd med respektive brunnsägare.

Följande alternativa åtgärder finns tillgängliga:

- Fylla brunnen med sand för att få ett effektivare transportmedel av värme.
- Fördjupa brunnen.
- Borra en ny brunn.

Energibrunnarna inom influensområdet anses ha måttlig känslighet. En samlad bedömning av konsekvenserna för energibrunnar i berg på grund av en grundvattenbortledning till Gul linjes anläggning bedöms bli måttligt negativa. Detta gäller för både bygg- och drifttiden. Skadereglerande åtgärder kan vidtas enligt punktlistan ovan om en brunn har fått en påverkan och konsekvensen bedöms betydande för energiuttaget. Inga förebyggande skyddsåtgärder kan dock vidtas.

6.6 Konsekvenser av spridning av föroreningar i grundvatten

Konsekvenser av spridning av föroreningar i grundvatten:

Då ingen spridning av förorenat grundvatten bedöms ske till opåverkade områden under varken bygg- eller drifttiden och på grund av utspädningseffekten bedöms konsekvenserna av spridning av föroreningar på människors hälsa och naturmiljö generellt som liten. Vid Arenastaden bedöms dock de negativa konsekvenserna på hälsan under byggtiden, för människor som jobbar på byggarbetsplatsen, som måttliga då grundvatten förorenat med klorerade alifaterna kan rinna till schaktgroparna innan de hinner bli helt tätade. Klorerade alifater är flyktiga och kan vara skadliga för bland annat andningsvägar. För byggnadsarbetare bör därför god ventilation och kontroll av luft med avseende på klorerade alifater finnas i beredskap. Med dessa skyddsåtgärder anses konsekvenserna för byggnadsarbeters hälsa som små.

6.6.1 Bedömningsgrund

För att hantera och särskilja alla områden enligt MIFO (Metodik för inventering av förorenade områden) framtagna av Naturvårdsverket har områdena klassats med avseende på risk för spridning av föroreningar på sådant sätt att det kan påverka vattenkvaliteten på länshållningsvattnet under byggtiden och/eller dränvattnet under drifttid. Klassningen baserats på följande parametrar:

- Prioritering av förorening med avseende på mobilitet i mark
- Lokalisering av förorening i jord, avstånd till Gul linje från potentiellt förorenat område
- Potential för spridning av förorening till grundvattnet
- Förorening i övre magasin utan kontakt med planerade anläggningar, avstånd till Gula linjen från potentiellt förorenat område
- Förorening i övre magasin med kontakt med planerade anläggning, avstånd till Gul linje från potentiellt förorenat område
- Förorening i undre magasin, avstånd till Gul linje från potentiellt förorenat område
- Förorening i grundvatten i berg, avstånd till Gul linje från potentiellt förorenat område

6.6.2 Konsekvenser av nollalternativet

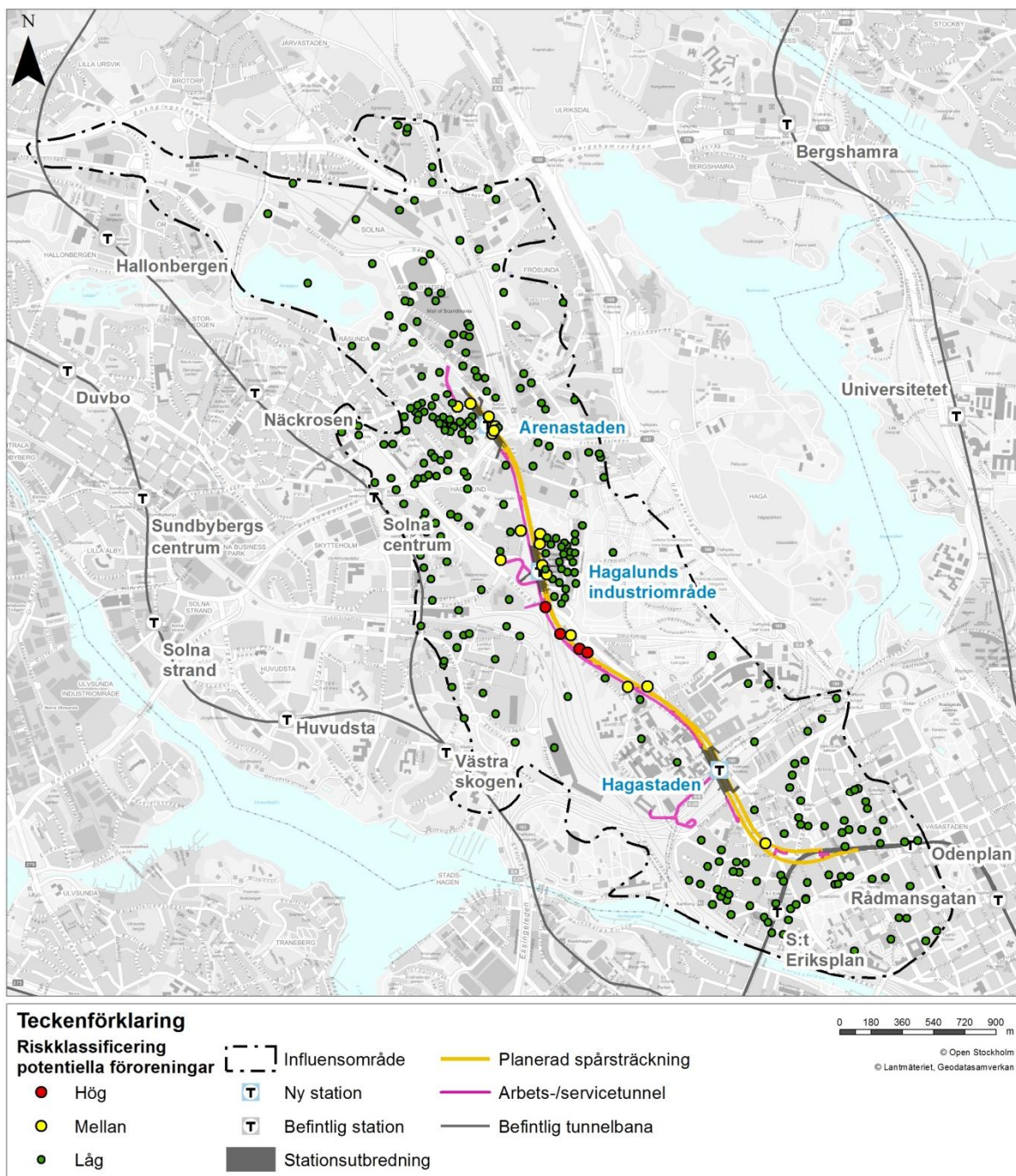
I nollalternativet sker en spridning av befintliga föroreningar redan idag och följer generellt rådande strömningsriktningar för grundvattnet. Bland annat kan det ske en pågående spridning av klorerade alifater från Arenastaden i riktning mot Råstasjön beroende på hur underliggande geologi ser ut. Klorerade lösningsmedel i fri fas sprider sig nämligen lätt längs med ett tätare lager såsom lera eller tätt berg och kan därmed även sprida sig tväremot grundvattenriktning samt omkringliggande topografi. Sprickor i berg gör spridningsmönster ännu svårare att förutse. I kommande stadsutvecklingsprojekt där grundvattenbortledning sker, såsom exploatering av Hagastaden och Intunnling av E4/E20, kan en generell förändring av rådande spridningsriktningar ske. En förorening av recipienter såsom Råstasjön och Brunnsviken kan ske med rådande spridning men stadsutvecklingsprojekten kan tillfälligt eller permanent minska denna spridning. Konsekvenser av nollalternativet anses därmed måttligt negativa.

6.6.3 Konsekvenser under bygg- och drifttid

Inom influensområdet till Gul linje finns cirka 280 potentiellt förorenade områden upptagna i MIFO-databasen. Negativa effekter som kan uppkomma i anslutning till dessa områden på grund av den planerade sträckningen är dels att inläckande grundvatten för med sig föroreningar och påverkar vattenkvaliteten i det avledda vattnet. Vidare finns risk att ändrade grundvattenförhållanden kring tunneln påverkar eller mobiliserar föroreningar i mark och grundvatten.

Inom projektet har inventering skett genom både MIFO men även genom egna undersökningar och provtagningar. Beredskap för hantering har även studerats för både bygg- och drifttiden.

För att hantera och särskilja alla MIFO-områden inom influensområdet har områdena klassats med avseende på risk för spridning av föroreningar på sådant sätt att det kan påverka vattenkvaliteten på länshållningsvattnet under byggtiden och/eller dränvattnet under drifttiden. Klassningen har baserats på parametrar enligt punktlista ovan. En sammanvägning av dessa parametrar är summan av risk för föroreningsproblem i jord och risk för föroreningsspridning i grundvattnet till anläggningen. Med det sammanvägda riskvärdet delas områdena in i tre riskklasser, hög risk, mellanrisk och låg risk, där risk avser risk för spridning på sådant sätt att det kan påverka vattenkvaliteten på länshållningsvattnet i byggtiden och/eller dränvattnet under drifttiden. Fyra objekt delas in i klassen med hög risk att vattenkvaliteten i länshållningsvattnet och dränvattnet påverkas och 17 objekt i klassen mellanrisk att vattenkvaliteten i länshållningsvattnet och dränvattnet påverkas (se figur 32). För en utförligare beskrivning av föroreningssituationen och de potentiellt förorenade områdena se PM Hydrogeologi, Bilaga C till ansökan och PM Föroreningar, Bilaga C8 till PM Hydrogeologi



Figur 32. Översikt av potentiellt förorenade områden enligt länsstyrelsen MIFO-databas inom influensområdet för grundvatten. Objekten har riskklassats (hög, mellan, låg) med avseende risk för spridning av förorening på sådant sätt att det kan påverka vattenkvaliteten på länshållningsvatten i byggtid och/eller drifttid.

De flesta av objekten har MIFO-statusen "Identifiering" eller har inte tilldelats en riskklass enligt MIFO. Det innebär att det, baserat på tillgänglig information, inte funnits skäl att prioritera aktuella objekt för att utföra undersökningar eller föreslå åtgärder. Vidare innebär ett objekts upptagande i MIFO-databasen per automatik inte att marken eller grundvattnet är förorenat utan att verksamheten vid tiden för prövningen varit av sådan art att det bedömts finnas risk för föroreningskada av mark och/eller vatten. Därför har, utöver provtagningar utförda i samband med provpumpningar och vattenförlustmätningar, provtagningar utförts i områden där potentiellt förorenade områden har identifierats som hög risk för Gul linje. Provtagningarna har utförts i grundvatten i nedströms liggande provpunkter i förhållanden till potentiellt förorenat område. En utförligare beskrivning av provtagningspunkter och analysresultat finns i PM Föroreningar, Bilaga C8 till PM Hydrogeologi (Bilaga C till ansökan).

Som angivits i avsnitt 3.2.7 förekommer höga halter av klorerade alifater i det undre magasinet i anslutning till och norr om Arenastadens norra uppgång och denna förorening måste hanteras särskilt. Vid en förändrad gradient, på grund av en avsänkning kring tunneln, bedöms dock risken att föroreningen transporteras med grundvattnet i det undre magasinet i sydlig riktning som liten. Dagens grundvattenströmning sker mot nordväst samt att området där risk finns för inträngning av förorenat grundvatten, begränsas av bergpartiet vid Hagalund då detta utgör den södra begränsningen av det undre magasinet vid Arenastaden. Föroreningen kommer därför inte att sprida sig till ett tidigare opåverkat område.

Det innebär att det i huvudsak är i anslutning till norra uppgången risk finns för mobilisering och inträngning av förorenat grundvatten i tunneln under både bygg- och drifttid. Risk för inläckage av förorenat vatten i själva schaktgropen under byggtiden är stor.

Längs med den övriga sträckningen av Gul linje där analys av klorerade alifater utförts har i huvudsak endast låga halter påträffats i grundvattnet. Analys av metallhalter har även utförts inom Arenastaden och de följer generellt de mönster av metallhalter i grundvatten som kan förväntas i urban miljö, med ett visst undantag för bly, koppar och krom. Förekomsten av oljeföroreningar i de undersökta grundvattenproverna från det undre magasinet och bergborrhålen är begränsade.

Beträffande sträckan Hagalund och Norra begravningsplatsen, norra sänkan, uppvisar huvuddelen av genomförda undersökningar inga större avvikelser i förhållande till förväntade metallhalter i urban miljö. Dock uppvisar en punkt i direkt anslutning till spårlinjen förhöjda halter av koppar och krom. Förekomsten av oljeföroreningar i de undersökta grundvattenproverna från det undre magasinet är begränsade.

För sträckningen genom Norra begravningsplatsen, södra sänkan, konstateras i huvudsak låga föroreningsnivåer. Dock observeras förhöjda halter av nickel i en punkt öster om spårlinjen vid Solna kyrkogård samt förhöjda halter av koppar, krom och nickel respektive olja längs spårlinjen i två punkter söder om Hagalund.

Sammanfattningsvis, baserat på genomförda provtagningar konstateras att förutom Arenastaden har inte någon stor föroreningskälla identifierats längs med Gul linjes sträckning. Det föreligger således en liten risk, förutom vid Arenastaden, att föroreningar mobiliseras till schaktgropar och tunnlar under både bygg- och drifttiden. Spridningen kommer dock inte att ske till nya områden och nuvarande kvalitet på grundvattnet inom influensområdet kommer inte att försämrats. För området kring station Arenastaden har de högsta föroreningshalterna konstaterats direkt i anslutning till norra entrén varför en avsänkning av grundvattennivån inte i högre grad bedöms

förändra rådande föroreningsituation i grundvattenmagasinet. Dock finns risk att förorenat grundvatten kan tränga in i schakt under byggtiden och ned till underjordsanläggningarna vilket medför förorenat länshållningsvatten och dränvatten.

Under byggtiden finns det en risk för att spridning och exponering av förorenat grundvatten temporärt ökar. En generell potentiell spridning av förorenat grundvatten till hela tunneln under framför allt drifttiden kommer dock att ske långsamt genom jord- och bergprofilen samtidigt som en stor utspädning av annat tillrinnande grundvatten sker. Den föroreningshalt som eventuellt når tunneln kommer således att vara relativt låg. Ytterligare spädning kommer att ske i tunneln av annat inläckande grundvatten före dränvattnet når pumpgrop och VA-station

Då ingen spridning av förorenat grundvatten bedöms ske till opåverkade områden under varken bygg- eller drifttiden och på grund av utspädningseffekten bedöms konsekvenserna av spridning av föroreningar på människors hälsa och naturmiljö generellt som liten. Vid Arenastaden bedöms dock de negativa konsekvenserna på hälsan under byggtiden för människor som jobbar på byggarbetsplatsen som måttliga då grundvatten förorenat med klorerade alifater kan rinna till schaktgroparna innan de hinner bli helt tätade. Klorerade alifater är flyktiga och kan vara skadliga för bland annat andningsvägar. Risken för fri fas är liten men kan inte helt uteslutas. För byggnadsarbetare bör därför god ventilation och kontroll av luft med avseende på klorerade alifater finnas i beredskap. Med dessa skyddsåtgärder anses konsekvenserna för byggnadsarbetares hälsa som små. Om grundvatten med klorerade alifater rinner till schaktgroparna kommer detta att renas på plats före det släpps ut på spillvattennätet. Detta bidrar till en positiv konsekvens för miljön i området då en del av den befintlig föroreningen renas och pumpas bort.

6.7 Konsekvenser för naturmiljö – grundvattenpåverkan

Konsekvenser naturmiljö:

Inga grundvattenberoende naturområden såsom våtmarker har identifierats inom influensområdet. Träd och markvegetation utnyttjar främst markvatten. Markvattenhalten är ett mått på markens fuktighet från markytan ner till grundvattnet. Växter med rötter som når ner djupt ner i jordprofilen, exempelvis stora träd, där grundvattenytan ligger ytligt kan dock påverkas av en avsänkning av grundvattenytans läge. Sker avsänkningen hastigt och i kombination med en torrperiod kan växtligheten bli extra känsliga. Fleråriga växter anpassar sig vanligen till nya förhållanden inom någon eller några växtsäsonger.

Inom etableringsområdet vid Dalvägen (väster om Arenastaden) finns ett antal större träd inventerade. Dessa skulle kunna påverkas av en avsänkning av grundvattenytan i det övre magasinet runt arbetsschaktet under byggtiden. Träden kan få en försämrad tillväxt under de växtsäsonger som byggtiden pågår då grundvattenytan relativt snabbt kan sänkas av. Det bedöms dock bli små negativa konsekvenser för träden.

6.7.1 Bedömningsskala

Bedömningsskala värden

- Låga värden: Områden som saknar biotopkvaliteter med betydelse för biologisk mångfald.
- Måttliga värden: Områden med naturvärdesklass 3 (ibland 2) enligt Standardiserad Naturvärdesinventering. Enstaka biotopkvaliteter med betydelse för biologisk mångfald. Det kan förekomma regionalt sällsynta biotoper eller geologiska företeelser.
- Höga värden: Områden med naturvärdesklass 1 och 2 enligt Standardiserad Naturvärdesinventering. Områden vars biotoper i stor utsträckning har kvaliteter med stor betydelse för biologisk mångfald. Det kan förekomma nationellt sällsynta eller hotade biotoper eller nationellt sällsynta geologiska företeelser.

Bedömningsskala effekter

- Stora negativ effekter uppstår till exempel när viktiga ekologiska samband bryts eller när artmångfalden minskar kraftigt. De ekologiska förutsättningarna i berört område förstörs helt.
- Måttligt negativa effekter uppstår till exempel när ekologiska samband försvagas eller när artmångfalden minskar. De ekologiska förutsättningarna i berört område försämras.
- Små negativa effekter uppstår till exempel när ekologiska samband försvagas i liten utsträckning eller när de ekologiska förutsättningarna i berört område försämras i liten grad.
- Små positiva effekter uppstår till exempel när ekologiska samband stärks i liten utsträckning eller när de ekologiska förutsättningarna i berört område förbättras i liten grad.
- Måttligt positiva effekter uppstår till exempel när ekologiska samband stärks eller när artmångfalden ökar. De ekologiska förutsättningarna i berört område förbättras.
- Stora positiva effekter uppstår till exempel när viktiga ekologiska samband stärks i stor omfattning eller när artmångfalden ökar kraftigt. De ekologiska förutsättningarna i berört område förbättras i hög grad.

6.7.2 Konsekvenser av nollalternativet

Nollalternativet innebär att det inte blir någon grundvattennivåsänkning i vare sig berg eller jord med hänsyn till tunnelbanan. Däremot sker grundvattennivåsänkning och skyddsåtgärder i övriga projekt enligt nollalternativet. Konsekvenserna av nollalternativet med avseende på naturmiljö bedöms som små negativa enligt bedömningsskalan ovan.

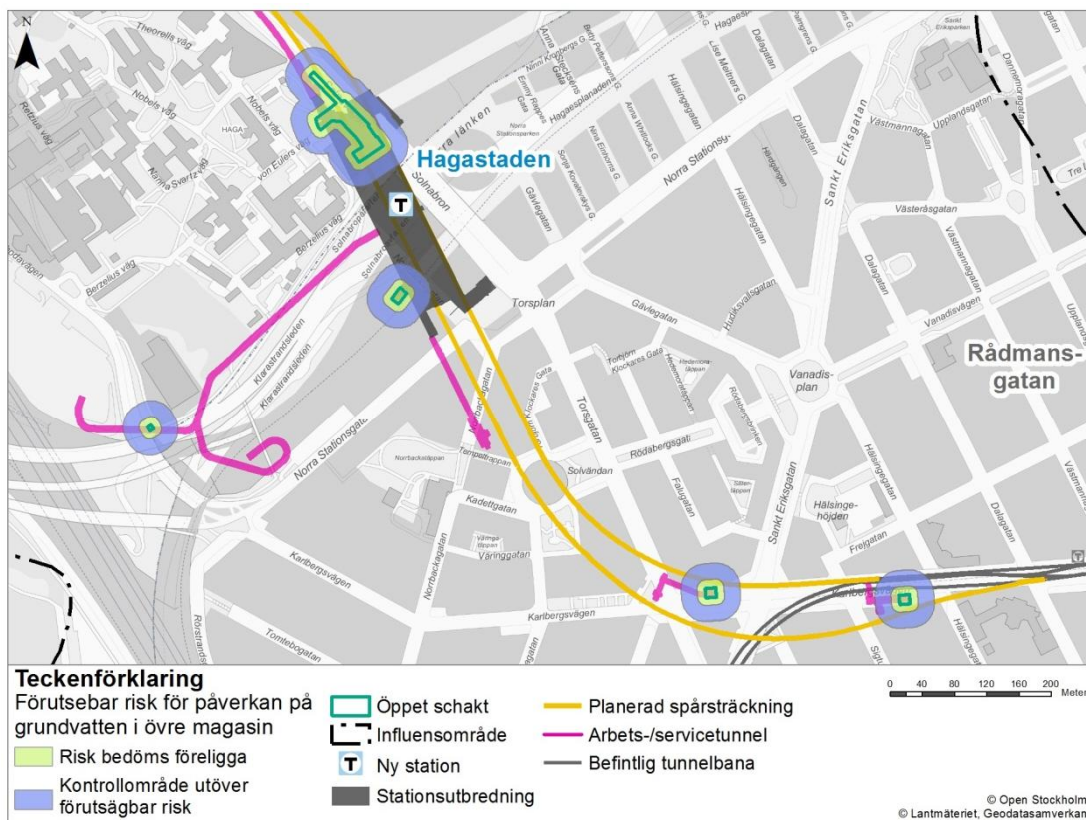
6.7.3 Konsekvenser under bygg- och drifttid

Inga grundvattenberoende naturområden som exempelvis våtmarker har identifierats inom influensområdet. Träd och markvegetation utnyttjar främst markvattnet. Markvattenhalten är ett mått på markens fuktighet från markytan ner till grundvattnet. Då växterna utnyttjar markvattnet inverkar de även på grundvattenbildningen och avrinningen till vattendrag. Vid perioder då marken är väldigt torr sugs nästan all nederbörd upp och väldigt lite bildar grundvatten eller avrinning. Växter med rötter som når ner djupt ner i jordprofilen (exempelvis stora träd), där grundvattenytan ligger ytligt så att rötterna kan nå kapillärt stigande vatten (kapillärvattenzonen), kan påverkas av en avsänkning av grundvattenytans läge. Sker avsänkningen hastigt och i kombination med en torrperiod kan växtligheten bli extra känsliga. Fleråriga växter anpassar sig vanligen till nya förhållanden inom någon eller några växtsäsonger.

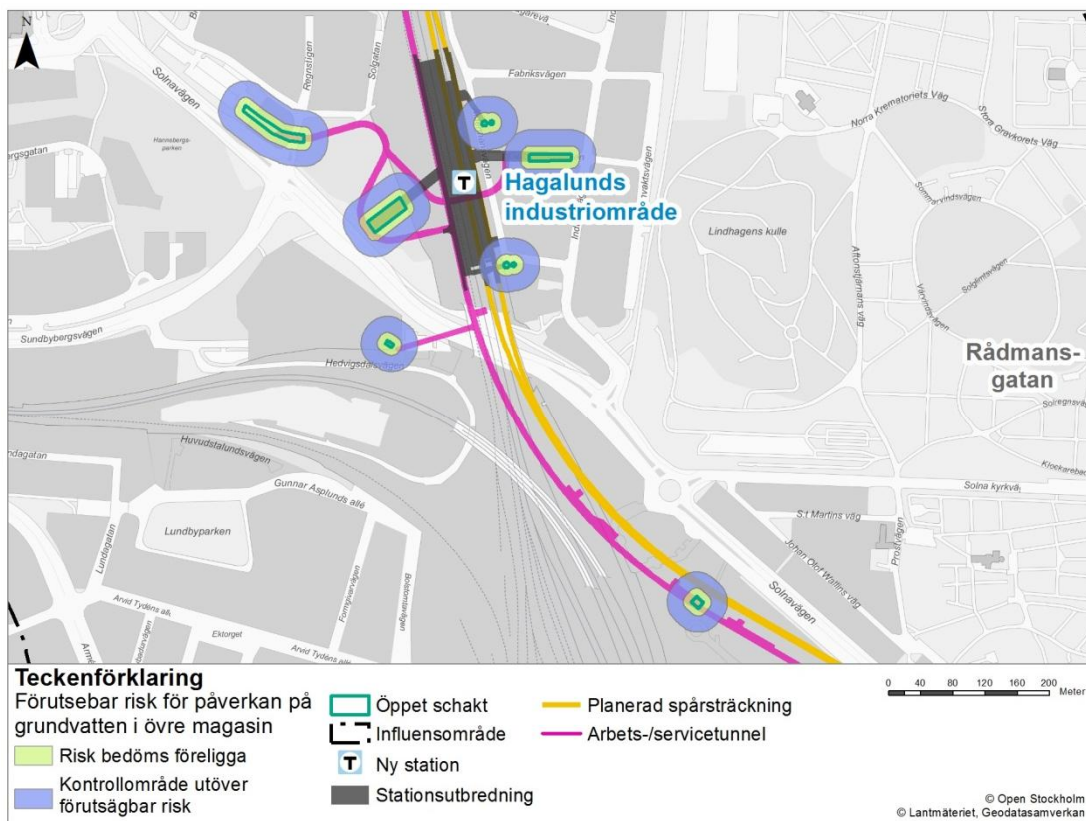
Under byggtiden kan påverkan på naturmiljön uppstå i samband med tunnelpåslag, etableringsytor och schakt. Växttillgängligt vatten i övre grundvattenmagasin i direkt anslutning till dessa anläggningar kan då tillfälligt påverkas. Med övre grundvattenmagasin menas i dessa lägen artificiella grundvattenmagasin som har bildats i en fyllnadsjord. Inom etableringsområdet vid Dalvägen (väster om Arenastaden) finns ett antal större träd inventerade. Dessa skulle kunna påverkas av en avsänkning av grundvattenytan i det övre magasinet under byggtiden.

Vid Dalvägen, finns ett naturområde med barr-, löv- och ädellövskog där det bland annat finns ett stort antal grova ekar. De naturvärden som finns i området har bedömts tillhöra klass 3, det vill säga naturvärden av kommunal betydelse. Ekar utgör livsmiljö för lavar, mossor, svampar och insekter och kan därmed hysa stor biologisk mångfald.

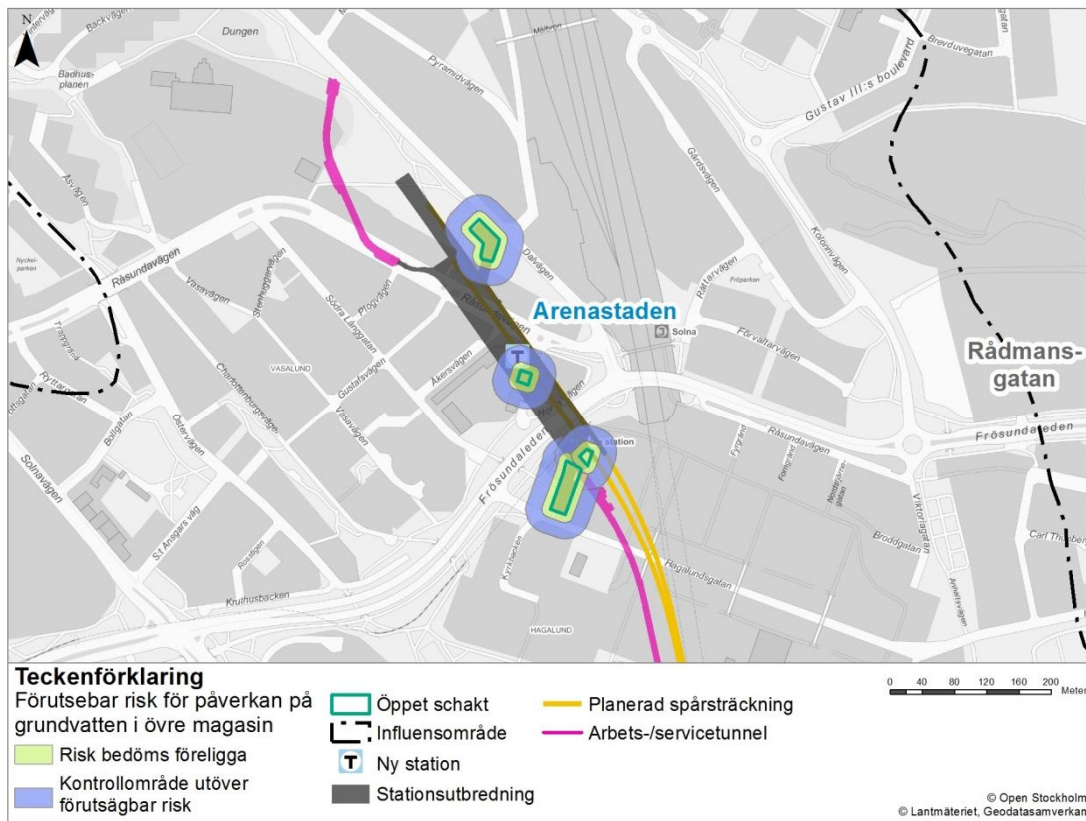
En bedömning har utförts inom projektet på maximal grundvattenpåverkan utan skyddsinfiltration i övre magasin (fyllnadsjord) kring schakter i jord utförda inom tätkonstruktion. Sammantaget visar analysen att alla schakter i jord under byggtiden kan medföra en avsänkning av grundvattenytan i övre magasin på som mest 0,5 meter cirka 15 meter från tätkonstruktionens yttre gräns. För att illustrera avsänkningens utbredning kring arbetsschakterna har en gräns utanför spont för där risk bedöms föreligga (10 meter) tillsammans med kontrollområde utöver förutsebar risk (30 meter) tagits fram. I figur 33-35 redovisas dessa gränser för schakter längs hela tunnelsträckan där en risk föreligger att trädbestånden kan påverkas av en grundvattensänkning under byggtiden. Motsvarande avsänkning kan även förväntas runt övriga schakter inom projektet.



Figur 33. Bedömt påverkansområde i övre grundvattenmagasin under byggtiden kring arbetsschakt längs sträckan Odenplan till Hagastaden.



Figur 34. Bedömt påverkansområde i övre grundvattenmagasin under byggtiden kring arbetsschakt längs sträckan Hagastaden till Hagalunds industriområde.



Figur 35. Bedömt påverkansområde i övre grundvattenmagasin under byggtiden kring arbetsschakt vid station Arenastaden.

Trädbestånden runt etableringsområdena för Arenastaden bedöms generellt ha måttliga värden. Många av dessa träd är skyddsvärda. En potentiell grundvattenbortledning i övre grundvattenmagasin inom schaktområdet under byggtiden bedöms totalt ge små negativa konsekvenser på träden. De kan få en försämrad tillväxt under de växtsäsonger som byggtiden pågår då grundvattenytan relativt snabbt kan sänkas av. Kombinerat med ett torrår blir träden extra känsliga men kommer fortfarande att utnyttja markvattnet ovanför kapillärvattenzonen.

Under drifttiden kommer grundvattennivån i övre magasin att återhämta sig och inga negativa konsekvenser för trädbestånden bedöms kvarstå.

6.8 Konsekvenser för kulturmiljö – grundvattenpåverkan

Konsekvenser kulturmiljö, byggnader:

Utan skyddsinfiltration kan kulturhistoriskt värdefull bebyggelse som har känslig grundläggning och som dessutom står på sättning-skänslig lera komma att skadas. Risker bedöms som störst närmast tunneln och avtar sedan med avståndet från tunneln. Kulturhistoriskt värdefulla byggnader hanteras inte specifikt, utan alla sättning-skänsliga objekt behandlas lika. Vissa känsliga byggnader inom området för Arenastaden och Norra begravningsplatsen står på lösare leror som är mer sättning-benägna. Inom de södra grundvattenmagasinen finns många träpålade hus, och många kulturhistoriskt värdefulla fastigheter. Med infiltration bedöms de negativa konsekvenserna på kulturhistoriska byggnader som små under både bygg- och drifttid.

Konsekvenser fornlämningar:

Studien av fornlämningarnas karaktär och förhållande till jordarter samt grundvattennivåer har visat att det finns en fornlämning, söder om station Hagalunds industriområde, där konsekvensen bedöms bli negativt liten. Fornlämningens bedömda avgränsning ligger inom ett grundvattenmagasin som kan påverkas av en grundvattenbortledning till Gul linjes anläggning. Då ytan på fornlämningen sträcker sig över ett stort område som redan är exploaterat finns det troligtvis redan en stor risk att den delvis redan har torkat ut av tidigare grundvattenavsänkningar eller skadats av tidigare mark- och anläggningsarbeten i området. Inga skyddsåtgärder

6.8.1 Bedömningsskala

Bedömningsskala värden

- Låga värden: Ensamstående objekt utanför ett sammanhang, till exempel en vanligt förekommande, fragmenterad stadsbebyggelse eller en miljö som bryter eller reducerar läsbarhet av de historiska strukturerna.
- Måttliga värden: Representativa exempel på en viss funktion eller epok. Värdena kan ingå i ett sammanhang som underlättar den historiska läsbarheten, men en viss förändringsgrad kan förekomma.
- Höga värden: Sällsynta eller särskilt goda exempel på en viss funktion eller epok. De kan vara välbevarade, ingå i ett sammanhang eller ha lång kontinuitet. Ofta har de hög grad av historisk läsbarhet. Höga kulturmiljövärden kan också vara värdefulla objekt i landskap/område som präglas av hög grad av förändring.

Bedömningsskala effekter

- Stora negativa effekter uppstår när kulturmiljövärden går förlorade och den historiska läsbarheten försvåras eller upphör helt.
- Måttliga negativa effekter uppstår när kulturhistoriska värden fragmenteras eller skadas. Värden går delvis förlorade så att helheten inte kan uppfattas och den historiska läsbarheten reduceras.
- Små negativa effekter uppstår när kulturmiljövärden skadas eller tas bort. Dessa är inte betydelsebärande för kulturmiljöns helhet och historiska samband/strukturer och den historiska läsbarheten kan även fortsättningsvis uppfattas.
- Små positiva effekter uppstår när befintliga kulturmiljövärden tillvaratas och stärks, så att den historiska läsbarheten ökar i viss mån.
- Måttliga positiva effekter uppstår när befintliga kulturmiljövärden tillvaratas och stärks, så att den historiska läsbarheten ökar i måttlig grad.
- Stora positiva effekter uppstår när befintliga kulturmiljövärden tillvaratas och stärks, så att den historiska läsbarheten i hög grad ökar i hög grad.

6.8.2 Känsliga objekt/områden

Kulturmiljö, byggnader

Inom 75 meter och vid lerområden 100 m på vardera sida om spåret kommer SLLs *Åtgärdsplan för vibrationer gällande kulturbyggnader*, Bilaga B3, att följas. Kulturbyggnader kommer att hanteras i processen för kontrollprogram grundvatten i likhet med all annan bebyggelse och skyddsåtgärder kommer att vidtas utifrån förutsättningar (känslig grundläggning, lersvackor med mera).

Fornlämningar

För att kunna identifiera fornlämningar som kan vara känsliga för grundvattenförändringar är följande parametrar viktiga:

- Sannolik förekomst av organiskt material och metaller i kulturlagren, vilket bedöms baserat på fornlämnings typ och djup.
- Fornlämnings läge i höjd i förhållande till grundvattens lägsta uppmätta nivå.
- Fornlämnings belägenhet i dränerande alternativt vattenförande jordlager.

Fornlämningar och fornlämningsområden består av konstruktioner och avsatta kulturlager, som rymmer information om hur en plats har brukats. Kulturlager består av både organiskt och ickeorganiskt material. Samtidigt kan ickeorganiskt material som metaller även påverkas av ändringar av fuktförhållanden i marken. En känslig zon för metaller finns strax ovanför grundvattenytan.

Sannolikhet att påträffa organiskt material och även metaller varierar med fornlämningens och fornlämningsområdets karaktär och beror både på hur stor lagerbildningen har varit och hur lagren påverkats naturligt. Det organiska materialet och även metaller i fornlämningarnas kulturlager bryts ner vid kontakt med syre. En grundvattennivåsänkning kan öka kulturlagrens naturliga nedbrytningstakt.

Resonemanget är att de lämningar som har kulturlager som nu ligger ovanför den lägsta uppmätta grundvattennivån inte påverkas av en sänkning. De organiska resterna i dessa kulturlager har redan utsatts för uttorkning. Studien av fornlämningarnas karaktär och förhållande till jordarter samt grundvattennivåer har visat att det finns fem objekt som kan riskera att skadas om grundvattennivån förändras. Tabell 4 nedanför redovisar dessa fem lämningarnas höjd i terrängen jämfört med den hittills lägsta uppmätta grundvattennivån i det närmaste grundvattenröret. Av de fem utpekade objekten är RAÄ Solna 106 den som ligger närmast projektets arbetsområden och som kan komma att påverkas om grundvattennivån sänks. Se figur 36-38 för lägesplacering av fornlämningarna.

Tabell 4. Jämförelse av fornlämningar och kulturhistoriska lämningar med uppmätta grundvattennivåer i närmaste grundvattenrör

RAÄ Nummer	Typ	Höjdläge i terrängen (RH2000)	Grundvattennivå (RH2000)	Jordart
Stockholms stad				
Stockholm 194:1	Industri övrig	0-6 .	Min +0,85 [44B143]	Lera
Solna kommun				
Solna 94:1	By-/gårdstomt	15-21	Min torr (under +15,7) [07GA312U]	Berg, lera, sten grus och sand
Solna 106	By-/gårdstomt	9-28	Min +4,46 [14W015U] Min +15,82 [14BE030U]	Berg och lera
Sundbybergs kommun				
Sundbyberg 25:1	Gravfält	12-17	Saknar uppgifter om Gv-nivåer	Berg och fyllning
Sundbyberg 50	Färdväg	7-17	Saknar uppgifter om Gv-nivåer	Lera och morän

6.8.3 Konsekvenser av nollalternativet

Idag finns pågående sättningar inom många lerområden längs den planerade Gula linjen (se även 6.4.3). Framtida och pågående exploateringar genom andra projekt kan, trots skyddsåtgärder, ge ytterligare skador på byggnader som följd. Konsekvenserna av nollalternativet för kulturhistoriskt värdefull bebyggelse och fornlämningar inom området bedöms som måttligt negativa.

6.8.4 Konsekvenser under bygg- och drifttid

6.8.4.1 Kulturmiljö byggnader

Utan skyddsinfiltration kan kulturhistoriskt värdefull bebyggelse som har känslig grundläggning och som dessutom står på sättningskänslig lera komma att skadas. Risken bedöms som störst närmast tunneln och avtar sedan med avståndet från tunneln (se även avsnitt 6.4.4)

Kulturhistoriskt värdefulla byggnader hanteras inte specifikt, utan alla sättningskänsliga objekt behandlas lika.

Vissa känsliga byggnader inom området för Arenastaden och Norra begravningsplatsen står på lösare leror som är mer sättningsbenägna. Inom de södra grundvattenmagasinen finns många träpålade hus, och många kulturhistoriskt värdefulla fastigheter (se figur 13 i avsnitt 3.6 och figur 28 och 30 i avsnitt 6.4.4). Skyddsinfiltration kommer vid behov att genomföras som skyddsåtgärd.

Konsekvenserna för kulturhistoriskt värdefulla byggnader på grund av grundvattenbortledning bedöms bli måttliga till stora negativa om inte skyddsinfiltration nyttjas som skyddsåtgärd. Detta gäller för både bygg- och drifttid. Med infiltration bedöms de negativa konsekvenserna som små under både bygg- och drifttid.

6.8.4.2 Fornlämningar

De fem berörda lämningarna inom influensområdet för grundvatten består av följande typologier: gravfält, by-/gårdstomt, vägbank och byggnader med högt kulturhistoriskt värde (industri). Av dessa typer tillhör by-/gårdstomt samt byggnader med högt kulturhistoriskt värde de typologier som möjligen kan ha flest kulturlager som går både långt bak i tid och fysiskt djupt ner i marken. Det går att hypotetiskt anta att kulturlager för dessa inte brukar ligga på djup som är mer än två meter under markytan. Då går det att exkludera alla lämningar som ligger på en marknivå som är högre än två meter över lägsta eller medel grundvattennivå. Undantaget är om det möjligen kan finnas en övergiven brunn inom by-/gårdstomten eller under byggnader med högt kulturhistoriskt värde. I så fall kan brunnens fyllning, efter att den blivit övergiven, innehålla fyllnadsmaterial med högt kulturhistoriskt värde.

Grundvattenpåverkan, utan hänsyn till skyddsåtgärder från projektet, är mycket större i lättdränerande jordarter än i lera.

Av de fem fornlämningar som identifierats enligt tabell 4 går två av dessa inte att analysera eftersom det för tillfället inte finns uppmätta grundvattennivåer i närheten. Dessa är Sundbyberg 25:1 och Sundbyberg 50. Övriga tre beskrivs nedan.

RAÄ Stockholm 194:1

RAÄ Stockholm 194:1 ligger i utkanten av influensområdet (se figur 36). Avstånd från den preliminärt uppskattade ytan för lämningen till den närmast planerade servicetunneln (station Hagastaden) är cirka 375 meter.

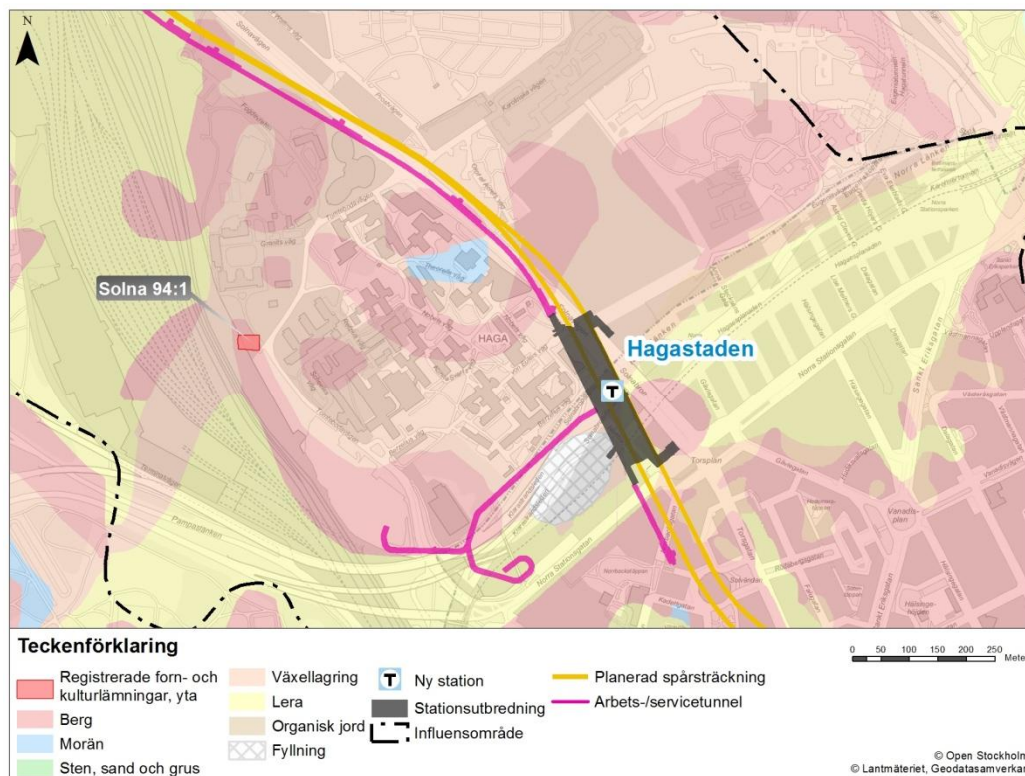


Figur 36. Karta som visar var RÄA Stockholm 194:1 ligger i förhållande till projektet

Sannolikheten att grundvattennivån sjunker här är liten. RÄA Stockholm 194:1 ligger i anslutning till Karlbergsskanalen. Grundvattennivån i detta område har god hydraulisk kommunikation med ytvattnet och påverkan på fornlämningen torde vara obetydlig. Observera att lämningen ej är undersökt och ej avgränsad.

RAÄ Solna 94:1

RAÄ Solna 94:1 ligger relativt centralt inom influensområdet och på gränsen till ett område med berg i dagen (se figur 37). Avstånd från den preliminärt uppskattade ytan för lämningen till den närmast planerade servicetunneln och till station Hagastaden är cirka 425 respektive 450 meter.

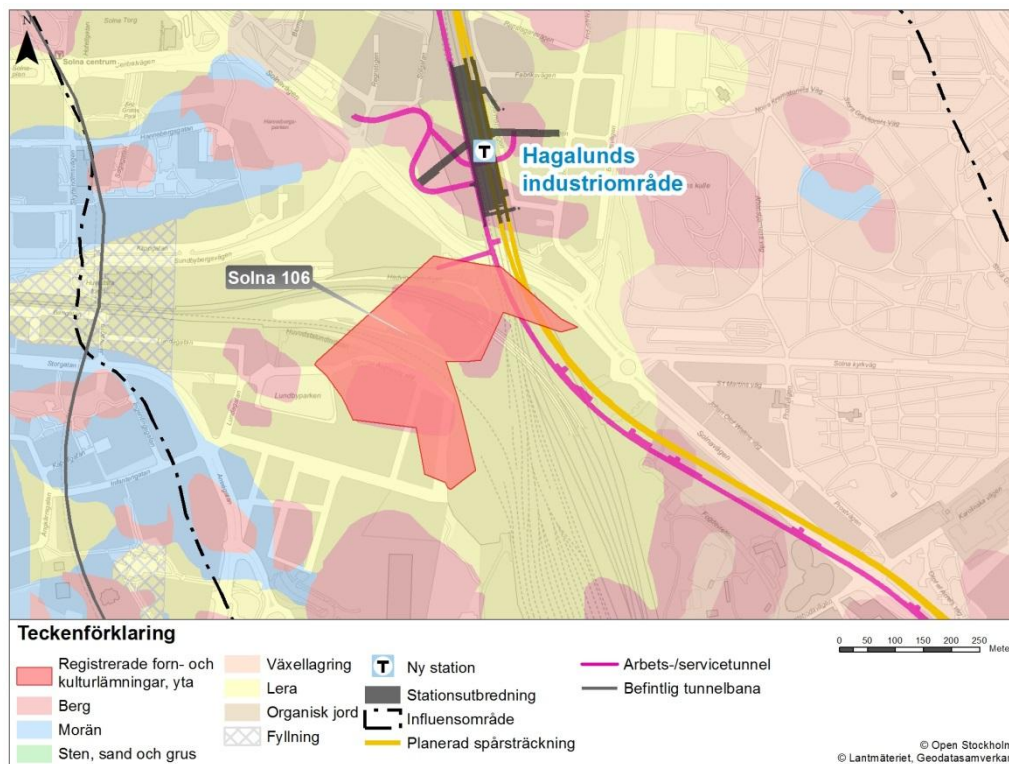


Figur 37. Karta som visar var RÄA Solna 94:1 ligger i förhållande till projektet

Sannolikheten att grundvattennivån sjunker här är liten. Mest känslig för uttorkning är en 5-10 meter bred remsa vid lämningens sydvästra horn. Observera att lämningen ej är undersökt och ej avgränsad.

RAÄ Solna 106

RAÄ Solna 106 ligger relativt centralt inom influensområdet (se figur 38). Den preliminärt uppskattade ytan för lämningen ligger nära spårstunnelarnas sträckning, station Hagalunds industriområde och ett schakt för anslutning av dränvatten från Gul linje till befintlig dagvattentunnel.



Figur 38. Karta som visar var RAA Solna 106 ligger i förhållande till projektet

Risken att grundvattennivån sjunker här är stor. Mest känsligt för uttorkning är en 50-75 meter bred remsa som ligger närmast det tänkta läget för station Hagalunds industriområde. Observera att lämningen ej är avgränsad.

Konsekvenser under bygg- och drifttid

Då Stockholm 194:1 och Solna 94:1 ligger relativt långt från Gula linjens anläggning och sannolikheten för en grundvattensänkning i det undre grundvattenmagasinet är liten bedöms inga negativa konsekvenserna ske på dessa fornlämningar. För Solna 106 kan däremot konsekvensen bli negativt liten då den ligger inom ett grundvattenmagasin som kan påverkas av en grundvattenbortledning till anläggningen. Då ytan på fornlämningen sträcker sig över ett stort område som är exploaterat finns det troligtvis redan en stor risk att den delvis redan har torkat ut av tidigare grundvattenavsänkningar eller skadats av tidigare mark- och anläggningsarbeten i området. Inga specifika skyddsåtgärder för fornlämningen föreslås därför.

Observera att inga bedömningar kan göras för fornlämningen Sundbyberg 25:1 och Sundbyberg 50 eftersom väsentlig grunddata som behövs för en sådan analys saknas.

6.9 Konsekvenser för naturmiljö – utsläpp av vatten

Konsekvenser utsläpp av vatten:

Under byggtiden kommer allt länshållningsvatten från schakter och tunneldrivning av Gul linje pumpas till spillvattennätet och vidare till Henriksdals reningsverk och Käppalaverket.

Under drifttiden kommer SLL genom kontrollprogram och rening i VA-stationer i tunnelbanan säkerställa att inget förorenat dränvatten når ut till recipienten Ulvsundasjön och påverkar dess möjlighet att följa miljökvalitetsnormerna. Det bortledda dränvattnet under drifttiden förväntas huvudsakligen bestå av och ha samma kvalitet som grundvatten. Därför bedöms det heller inte vara troligt att tunnelbaneutbyggnaden medför sådan påverkan att statusen för något av de prioriterade ämnen, inte en tillfälligt, som ligger till grund för den kemiska statusen försämras över en klassgräns. Inte heller den ekologiska statusen eller statusen på dess underliggande kvalitetsfaktorer bedöms påverkas av tunnelbaneutbyggnaden.

Bedömningsskala

Bedömningsskala värden

- Låga värden: Mindre ytvatten utan miljökvalitetsnormer som har begränsad betydelse för biologisk mångfald.
- Måttliga värden: Ytvatten med miljökvalitetsnormer och där den ekologiska statusen bedöms som måttlig, otillfredsställande eller dålig och kemiska ytvattenstatusen uppnår ej god status.
- Höga värden: Ytvatten med miljökvalitetsnormer och där den ekologiska statusen bedöms som hög eller god och/eller kemiska ytvattenstatusen uppnår god status.

Bedömningsskala effekter

- Stora negativa effekter uppstår till exempel när recipientens status försämras eller att möjligheten att uppnå miljökvalitetsnormerna försvåras. En sådan försämring får inte uppkomma utan behöver hanteras med skyddsåtgärder.
- Måttliga negativa effekter uppstår till exempel när ingående parametrar försämras men utan att någon överliggande kvalitetsfaktor får en lägre statusklass eller leder till att god kemisk status inte uppnås.
- Små negativa effekter uppstår till exempel när påverkan eller utsläppet är så marginellt att ingen av de ingående parametrarna försämras.
- Små positiva effekter uppstår till exempel när ytvattnets kvalitet förbättras i liten utsträckning eller när artmångfalden ökar i liten utsträckning. De ekologiska förutsättningarna i livsmiljöer förbättras i liten grad.
- Måttliga positiva effekter uppstår till exempel när ytvattnets kvalitet stärks eller när artmångfalden ökar. De ekologiska förutsättningarna i livsmiljöer förbättras.
- Stora positiva effekter uppstår till exempel när ytvattnets kvalitet förbättras i så stor grad att ytvattnets status förbättras till en högre nivå.

6.9.1 Konsekvenser av nollalternativet

Nollalternativet innebär att den planerade tunnelbanan inte byggs vilket i sin tur innebär att ingen grundvattenbortledning genomförs. Däremot sker bortledning av länshållningsvatten från andra pågående och kommande projekt inom influensområdet. För nollalternativet bedöms små negativa konsekvenser uppstå då utsläpp till vatten regleras enligt riktvärden från kommunerna och Stockholm Vatten.

6.9.2 Konsekvenser under bygg- och drifttid

Byggtiden

Under byggtiden kommer allt länshållningsvatten att släppas på spillvattennätet och vidare till Henriksdals reningsverk (inom Stockholm) och Käppalaverket (inom Solna) på grund av framför allt förhöjda kvävehalter. En hantering av vattnet, med i första hand sedimentation och oljeavskiljning, kommer att ske lokalt före pumpning till spillvattenledning. Även flödesmätning kommer att utföras på det bortpumpade vattnet. Vid Arenastaden kan det bli aktuellt att rena länshållningsvattnet från klorerade alifater vilket kan ske med exempelvis kolfilter eller ventiler. Stockholm vatten och Käppalaförbudet, som beslutar om vilka föroreningshalter som får finnas i det vatten som skickas till reningsverket har dock ansatta riktvärden som troligtvis måste följas.

Om metaller förutses kunna förekomma i större mängder ska prover tas och analyseras. Beslut om halter tas av Stockholm Vatten.

Då allt kvävebelastat vatten, efter lokal rening, kommer att pumpas till spillvattennätet under byggtiden samt renas i Henriksdals reningsverk och Käppalaverket, bedöms inga negativa miljökonsekvenser för recipient uppstå. För att säkerställa vattenkvaliteten kommer vattenprover att tas kontinuerligt enligt kontrollprogram redovisat i kapitel 11.

Drifttiden

Under drifttiden kommer inläckande vatten till tunnlarna samt tillkommande spolvatten renas i VA-stationen och pumpas till utsläppspunkt vid Hagalunds industriområde. Därifrån leds dränvattnet vidare via en dagvattentunnel till Ulvsundasjön. Flöden och vattenprovtagning under drifttiden kommer att följas upp i enlighet med kontrollprogram som tas fram i samråd med tillsynsmyndigheterna (kommunerna). Dränvattnet kan även utnyttjas, i samråd med tillsynsmyndigheterna, vid närbelägna infiltrationsanläggningar där detta anses praktiskt genomförbart. Lägen för infiltrationsanläggningar kommer troligtvis att ske inom i de lägen som framgår i figur 28-30.

Ulvsundasjön har idag måttlig ekologisk status och ej god kemisk status. Den måttliga statusen beror på halter av näringsämnen. Dess kemiska status uppnår ej god status, på grund av höga halter av bland annat kvicksilver, bly och tributyltenn. Ulvsundasjön bedöms i sin helhet ha måttliga värden. En ytvattenförekomsts ekologiska status berörs i första hand vid direkta ingrepp i vattenmiljön såsom muddring, sprängning i vatten eller anläggning av dammar. Utbyggnaden av Gul linje medför ingen påverkan av den karaktären, varför varken den ekologiska statusen eller statusen på dess underliggande kvalitetsfaktorer, inte ens tillfälligt, bedöms påverkas av tunnelbaneutbyggnaden. Det bortledda dränvattnet förväntas huvudsakligen bestå av och ha samma kvalitet som grundvatten. Därför bedöms det heller inte vara troligt att tunnelbaneutbyggnaden medför sådan påverkan att statusen för något av de prioriterade ämnen som ligger till grund för den kemiska statusen försämrats över en klassgräns. Provtagning av det utgående vattnet kommer att ske kontinuerligt för att säkerställa att vattenkvalitet inte överskrider överenskomna riktvärden. Om detta inte uppfylls kommer reningsfunktionen i VA-stationen att ses över och vattnet kan vid behov pumpas till spillvattennätet. En separat rening kommer att ske av vattnet från Arenastaden då det föreligger risk att det innehåller halter av klorerade alifater. Allt vatten pumpas dock sedan till samma punkt vid Hagalunds industriområde och vidare ut till en dagvattentunnel och Ulvsundasjön. Därtill tillkommer utspädningseffekter när dränvattnet först blandas med annat dagvatten från Stockholm stad och sedan späds ut ytterligare i själva recipienten. SLL kommer genom kontrollprogrammet och vidtagna åtgärder säkerställa att inget förorenat vatten når ut till recipient och påverkar möjligheten att följa MKN för Ulvsundasjön. Vid behov och som skyddsåtgärd kommer vattnet att kunna skickas till spillvattennätet.

7 Övriga miljökonsekvenser under byggtiden

Anläggandet av tunnelbanan kommer att ge upphov till miljöpåverkan och störningar som är begränsade till byggtiden och som därefter inte kommer att vara aktuella när tunnelbanan är i drift. Under byggtiden handlar det framförallt om buller- och vibrationsstörningar från byggarbeten men även om störningar från transporter. Dessa störningar beskrivs i nedanstående avsnitt.

7.1 Buller och stomljud

Konsekvenser: Buller

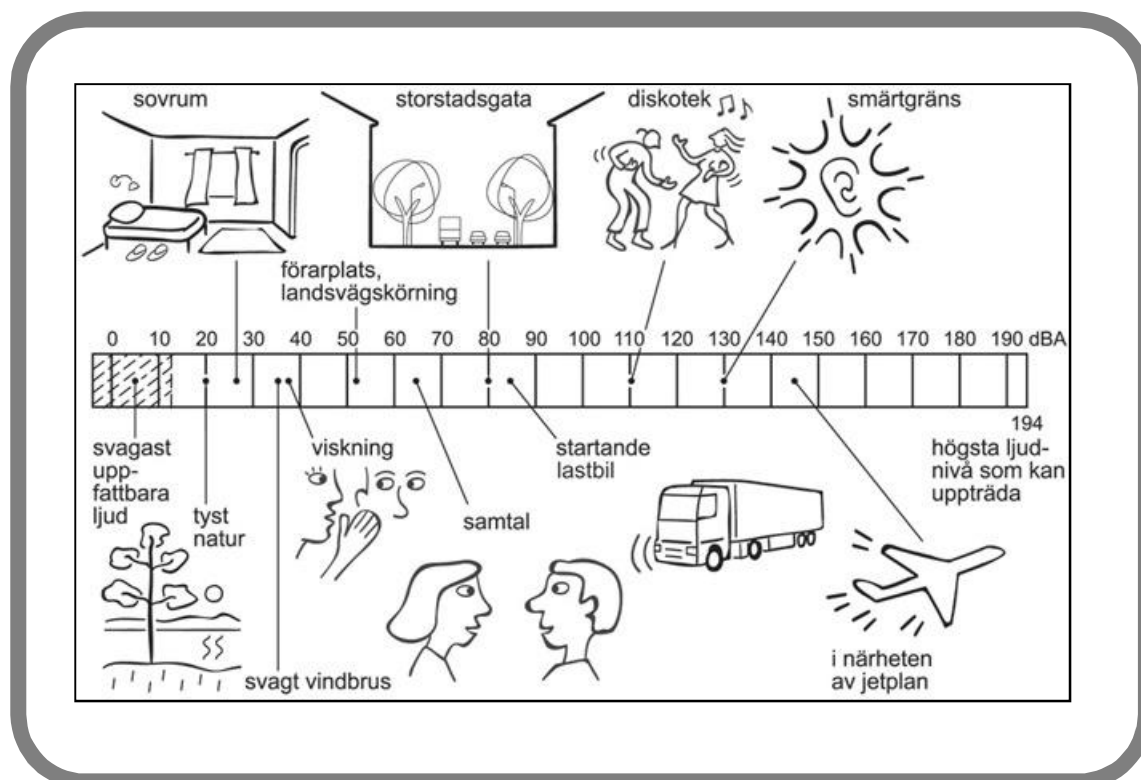
- Tunneldrivningen kommer att påverka många människor genom bland annat bullerstörning. Bergbörning i samband med tunneldrivning bedöms vara det arbetsmoment som ger upphov till störst störning genom långvariga och relativt starka borrarljud. De åtgärder som kan vidtas för att minska störningar består av att begränsa arbetstiden för de mest bullrande arbetena samt att erbjuda tillfällig vistelse/boende.
- Byggbuller från ovanmarksarbeten kommer att medföra störningar vid de platser där stationer och andra anläggningar byggs i markplan. En rad skyddsåtgärder och andra försiktighetsmått kommer att vidtas för att minimera störande buller och stomljud under byggtiden. Byggbullernivåerna kan påverkas genom exempelvis val av arbetsmetoder och utrustning, lokala skärmar och begränsning av arbetstider.

7.1.1 Allmänt om buller

I Sverige används två olika störningsmått för byggbuller och trafikbuller, ekvivalent respektive maximal ljudnivå.

- Med ekvivalent ljudnivå avses en medelljudnivå under en angiven tidsperiod, till exempel fem minuter, en natt eller ett dygn. Ekvivalent ljudnivå mäts i dB(A).
- Maximal ljudnivå är den högsta ljudnivå som uppkommer under en period, till exempel under ett arbete. Även maximal ljudnivå mäts i dB(A).

För att ge en viss uppfattning om vad olika ljudnivåer innebär ges exempel i figur 39 på ljudnivåer i olika miljöer och verksamheter.



Figur 39. Illustration av ljudnivåer (Boverket).

Med luftburet ljud avses buller från exempelvis vägtrafik eller en byggarbetsplats som sprids via luften till omgivningen, och även in i närliggande byggnader. När det gäller byggbuller beräknas den ekvivalenta ljudnivån för den tid under vilken verksamheten pågår, till exempel under en sekvens/cykel för byggaktiviteter med intermittant buller, såsom pålning, spontning eller borring. Åtgärder för att dämpa luftburet buller har bäst effekt om de görs vid källan. Det kan exempelvis vara att byta ut en bullrande maskin mot en annan som bullrar mindre eller sätta på en ljuddämpare. Ljudkällan kan byggas in eller skärmas med en bullerskyddsskärm. Det kan också vara att välja en tystare arbetsmetod vilket reducerar buller till omgivningen.

7.1.2 Bedömningsskala

Bedömningsskala känslighet

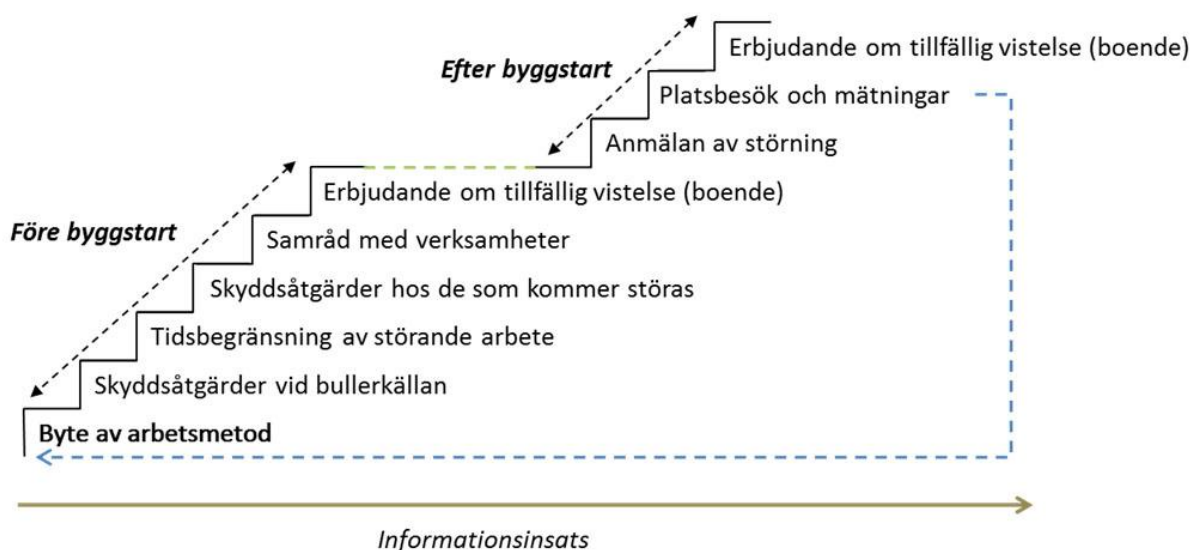
- Låg känslighet: Områden med få bosatta. Vårdlokaler, skolor och förskolor och annan känslig verksamhet förekommer inte.
- Måttlig känslighet: Områden med bostadsbebyggelse med en medelstor mängd bosatta. Vårdlokaler, skolor och förskolor och annan känslig verksamhet förekommer i begränsad utsträckning.
- Hög känslighet: Områden med tät bostadsbebyggelse med en stor mängd bosatta. Vårdlokaler, skolor och förskolor och annan känslig verksamhet förekommer i hög utsträckning.

Bedömningsskala effekter

I nedanstående skala används begreppen låga och höga nivåer samt kort och lång tid. Det går inte att generellt säga vad som är en låg/hög nivå respektive kort/lång tid. Det beror på person, miljö och situation. Som exempel kan nämnas att vid maximala ljudnivåer på 45 dB(A) kan människor ha svårt att somna liksom de blir väckta. 45 dB(A) i ett sovrum kan därför i de flesta fall betraktas som en hög nivå. Med kortare tid kan i många fall vara upp till en till två veckor medan mer än två månader i många fall kan betraktas som lång tid. Bedömningar behöver emellertid göras och motivering beskrivas från fall till fall.

- Stora negativa effekter uppstår om projektet orsakar höga nivåer under längre tid.
- Måttligt negativa effekter uppstår om projektet genererar höga nivåer under begränsad tid.
- Små negativa effekter uppstår när projektet genererar låga nivåer.
- Små positiva effekter uppstår när projektet medför reducerade nivåer jämfört med nuläget under kortare tid.
- Måttligt positiva effekter uppstår om projektet medför reducerade nivåer jämfört med nuläget, under längre tid.
- Stora positiva effekter Projektet medför bestående och betydande reducerade nivåer jämfört med nuläget.

7.1.3 Hantering av risker för bullerstörningar



Figur 40. Störningstrappan visar hur SLL kommer att hantera bullerstörningar.

Hantering av bullerstörningarna kommer i första hand att ske genom att vidta åtgärderna i störningstrappans understa del.

Inom arbetet med skyddsåtgärder för hantering av bullerstörningar kommer SLL att lägga stor vikt på information till omgivningen. Målet är att i god tid innan start av störande arbeten informera fastighetsägare, näringsidkare och närboende om att arbeten ska utföras, var de ska ske samt hur länge de beräknas pågå.

Andra skyddsåtgärder är byte av arbetsmetodik, bullerdämpande åtgärder vid källan samt reglering av arbetstider. Utgångspunkten är att projektens byggarbeten får utföras dygnet runt så länge gällande bullervillkor klaras. Dock ska byggarbeten planeras så att bullerstörning till omgivningen begränsas genom att verksamheten så långt möjligt förläggs till mindre störningskänslig tid.

En skyddsåtgärd som kommer att utredas är behov av förstärkt fasadisolering i form av fönsteråtgärder vilket dämpar byggbuller från ovanmarksarbeten.

SLL avser att, i enlighet med de villkor som kommer att föreskrivas för verksamheten, erbjuda möjlighet till tillfällig vistelse till boende som förväntas bli utsatta för bullernivåer över de för verksamheten gällande riktvärdena. Så kommer att ske när störningsbegränsande åtgärder inte kan anses tekniskt möjliga eller ekonomiskt rimliga. Erbjudandet skickas till berörda i god tid innan arbetet påbörjas med information om förväntade bullernivåer och arbetenas varaktighet.

Projektet håller på att bygga upp en databas med byggnader som beräknas få över 45 dB(A) inomhus. Databasen kommer att ha beräknade byggbuller- och stomljuds nivåer per våningsplan och beräknad tid för olika bullernivåer vid och inom fastigheterna. Denna databas kommer att utgöra ett verktyg i det fortsatta arbetet med att hantera och minimera störningar för omgivningen.

En mer detaljerad beskrivning av arbete med att begränsa bullerstörningar finns i *Åtgärdsplan för buller och stomljud under byggtiden*, se Bilaga B2.

7.1.4 Luftburet buller

7.1.4.1 Konsekvenser av nollalternativet

Nollalternativet innebär att det inte sker någon utbyggnad av tunnelbanan och därmed uppkommer inget byggbuller till följd av tunnelbanebyggande. Byggprojekt såsom Hagastaden och Intunnling av E4/E20 pågår i nollalternativet och bullersituationen i nollalternativet bedöms motsvara ungefär dagens situation, det vill säga berörda områden har höga trafikbullernivåer och vissa områden påverkas även av buller från byggverksamhet.

Det ökande resebehovet till och från Odenplan, Hagastaden och Arenastaden medför ett utökat behov av kollektivtrafik. Utan en tunnelbana kommer sannolikt detta tillgodoses av ökad buss- trafik. Utökad busstrafik kan komma att innebära vissa ombyggnader av gatumiljöer, exempelvis busskörfält, ombyggnader av korsningar, hållplatser m.m. Detta bedöms medföra begränsade störningar från byggbuller. I drifftiden kommer området sannolikt att belastas av högre trafik- buller jämfört med idag och jämfört med utbyggnadsalternativet.

7.1.4.2 Konsekvenser under byggtiden

De byggmoment ovan mark som kommer att ge störst bullerstörningar till omgivningarna är bland annat sprängning, spontning, bergborrning, schaktning, rivningsarbeten, lastning och lossning samt transporter till och från området. Även tillfälliga omläggningar av trafik kan medföra störningar från trafikbuller i nya områden.

Naturvårdsverket har tagit fram riktvärden för byggbuller som vägledning och utgångspunkt för den bedömning av tillåtna byggbullernivåer som görs i varje enskilt fall, se tabell 5.

Tabell 5. Riktlinjer för byggbuller enligt Naturvårdsverket, NFS 2004:15.

Område	Helgfri måndag – fredag		Lördag, söndag och helgdag		Samtliga dagar	
	Dag 07 – 19	Kväll 19 – 22	Dag 07 – 19	Kväll 19 – 22	Natt 22 – 07	Natt 22 – 07
	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{AFmax}
Bostäder för permanent boende och fritidshus						
Utomhus (vid fasad)	60 dBA	50 dBA	50 dBA	45 dBA	45 dBA	70 dBA
Inomhus (bostadsrum)	45 dBA	35 dBA	35 dBA	30 dBA	30 dBA	45 dBA
Vårdlokaler						
Utomhus (vid fasad)	60 dBA	50 dBA	50 dBA	45 dBA	45 dBA	-
Inomhus	45 dBA	35 dBA	35 dBA	30 dBA	30 dBA	45 dBA
Undervisningslokaler						
Utomhus (vid fasad)	60 dBA	-	-	-	-	-
Inomhus	40 dBA	-	-	-	-	-
Arbetslokaler för tyst verksamhet*						
Utomhus (vid fasad)	70 dBA	-	-	-	-	-
Inomhus	45 dBA	-	-	-	-	-

* Med arbetslokaler menas lokaler för ej bullrande verksamhet med krav på stadigvarande koncentration eller behov att kunna föra samtal obesvärat, exempelvis kontor.

I Naturvårdsverkets skrift framgår även följande:

- För verksamhet med begränsad varaktighet, högst två månader, till exempel spontning och pålning, bör 5 dB(A) högre värden kunna tillåtas.
- Vid enstaka kortvariga händelser, högst 5 minuter per timme, bör upp till 10 dB(A) högre nivåer kunna accepteras. Detta bör dock inte gälla kvälls- och nattetid.
- Om riktvärdena för buller utomhus inte kan innehållas med tekniskt möjliga och/eller ekonomiska rimliga åtgärder bör målsättningen vara att åtminstone riktvärdena för buller inomhus kan innehållas.
- I det fall riktvärden för buller utomhus kan innehållas behöver man normalt inte kontrollera riktvärdena för buller inomhus då normal fasadisolering bör innebära att dessa bullerriktvärden kan innehållas.
- Buller från trafik till och från byggplatsen bör bedömas efter de riktvärden som gäller för trafikbuller. Trafik inom byggplatsen bör bedömas som byggbuller.

Översiktliga beräkningar har utförts av byggbullernivåerna för luftburet buller för att kunna bedöma risken för bullerstörningar och konsekvenser. Beräkningarna är utförda i programmet SoundPlan (version 7.4.). En fördjupad utredning kommer att genomföras i samband med produktionsplaneringen inför byggstart, då mer exakt information om aktuella arbetsmetoder, utrustning och tidplan finns.

Bullerkartorna ger en bild över risken för inom vilka områden byggbuller kan orsaka störningar. Den är dock inte en illustration av verkligheten. Bullrande verksamheter kommer inte att pågå samtidigt i alla områden och i varje område pågår bullrande verksamhet endast under en del av anläggningstiden.

Ljudkällorna är inte sammanlagrade, det vill säga att den redovisade ljudnivån i varje punkt kommer från den mest dominerande källan i punkten. Om två bullerkällor pågår samtidigt och dessa bidrar med lika hög ljudnivå i en viss punkt så blir nivån i denna punkt 3 dB(A) högre än vad bilden visar. Ljudnivåerna förändras även över tid allteftersom arbetet sker på olika höjd i förhållande till marknivå, arbetsmomenten växlar etcetera.

Trafiken på det allmänna vägnätet och på Ostkustbanan kan i vissa fall fungera maskerande på byggbullret, då byggverksamheten pågår på ett större avstånd och trafiken befinner sig närmare mottagaren. I vissa fall kommer dock byggbullret att kunna uppfattas på relativt långa avstånd eftersom frekvensinnehåll och ljudbild skiljer sig från trafikbullrets mer jämna brus, exempelvis vid slag i samband med pålning eller spontning.

Med en hög bullerskärm i arbetsområdets ytterkanter kan en skärmande effekt för närliggande byggnaders bottenvåningar erhållas, beroende på var bullerkällan befinner sig. För de nedre våningarna kan en skärm dämpa upp till 20 dB(A) men för de högre våningsplanen dämpar en skärm endast några decibel som mest. Vid de högre våningarna är dock byggbullret några decibel lägre än vid de nedre våningsplanen. För arbetsmoment en bit in på området har en skärm i stort sett ingen inverkan.

Naturvårdsverkets riktvärden för utomhusmiljön kommer, trots åtgärder såsom bullerskärmar och ljuddämpande utrustning, inte kunna uppfyllas vid alla arbetsplatser. Därför kommer projektet rikta in sig på att klara de riktvärden som är gällande för inomhusmiljön. Ljudnivån inomhus är beroende av byggnadens konstruktion och utformning och varierar mellan olika byggnader. Eftersom fasadisoleringen inte är känd används ett schablonvärde för skillnad mellan inne och ute på 30 dB(A), vilket motsvarar en normal fasaddämpning. Den största andelen av fastighetsbeståndet bedöms uppnå dessa värden även om byggnader med lägre fasadisolering förekommer. Det kommer att göras en inventering av berörda byggnaders fasadisolering. Resultatet av denna utredning kommer att användas som underlag för att utreda behovet av kompletterande ljudisolering.

När det gäller buller från ovanmarksarbeten är det framför allt byggarbeten i öppet schakt vid de tre stationerna som kommer att medföra störande buller. Buller från spontning och borrning bedöms medföra de största störningarna. Sprängning bedöms endast ge kortvariga störningar. Ett moment som kan skapa mycket höga ljudnivåer är då grävmaskin gräver upp sprängsten och lastar denna på lastbilsflak.

Det buller som uppstår till följd av byggandet av stationsentréerna kommer flera platser att generera bullernivåer som ligger högre än trafikbullret vid närliggande bebyggelse och störningar i närområdet bedöms därmed kunna uppstå.

Vasastaden

Två utrymningsvägar byggs längs Karlbergsvägen. Öppna schakt kommer att krävas under byggtiden, schakten kommer ha en ungefärlig storlek på 30 m². Avstånd till närmaste bostadsbebyggelse är cirka tre meter. Byggarbeten som exempelvis spontning, borrning och schaktning kommer medföra bullernivåer upp till 75-95 dB(A) vid fasad under den tid arbetsmomentet pågår och utan bullerskärm, se figur 41.

Med ett antagande om en schablonmässig dämpning av fasaden på 30 dB(A) uppskattas inomhusnivåer bli mellan 40-65 dB(A), se figur 42. Enligt uppgifter från Stockholms Miljöförvaltnings bullerdatas har stora delar av bebyggelsen längs Karlbergsvägen en fasaddämpning på runt 40 dB(A). Karlbergsvägen har relativt mycket trafik och påverkas därför av ekvivalenta bullernivåer upp till 65 dB(A) vid fasad⁵. Byggbullernivåerna kommer dock ligga cirka 10-30 dB(A) högre än trafikbullret. Delar av byggarbetena kommer medföra att riktvärdet inomhus överskrids. De höga bullernivåerna bedöms dock förekomma under en begränsad tid. Risken för störningar från ovanmarksarbeten bedöms som måttlig. Se tabell 6 för sammanställning av konsekvenser.

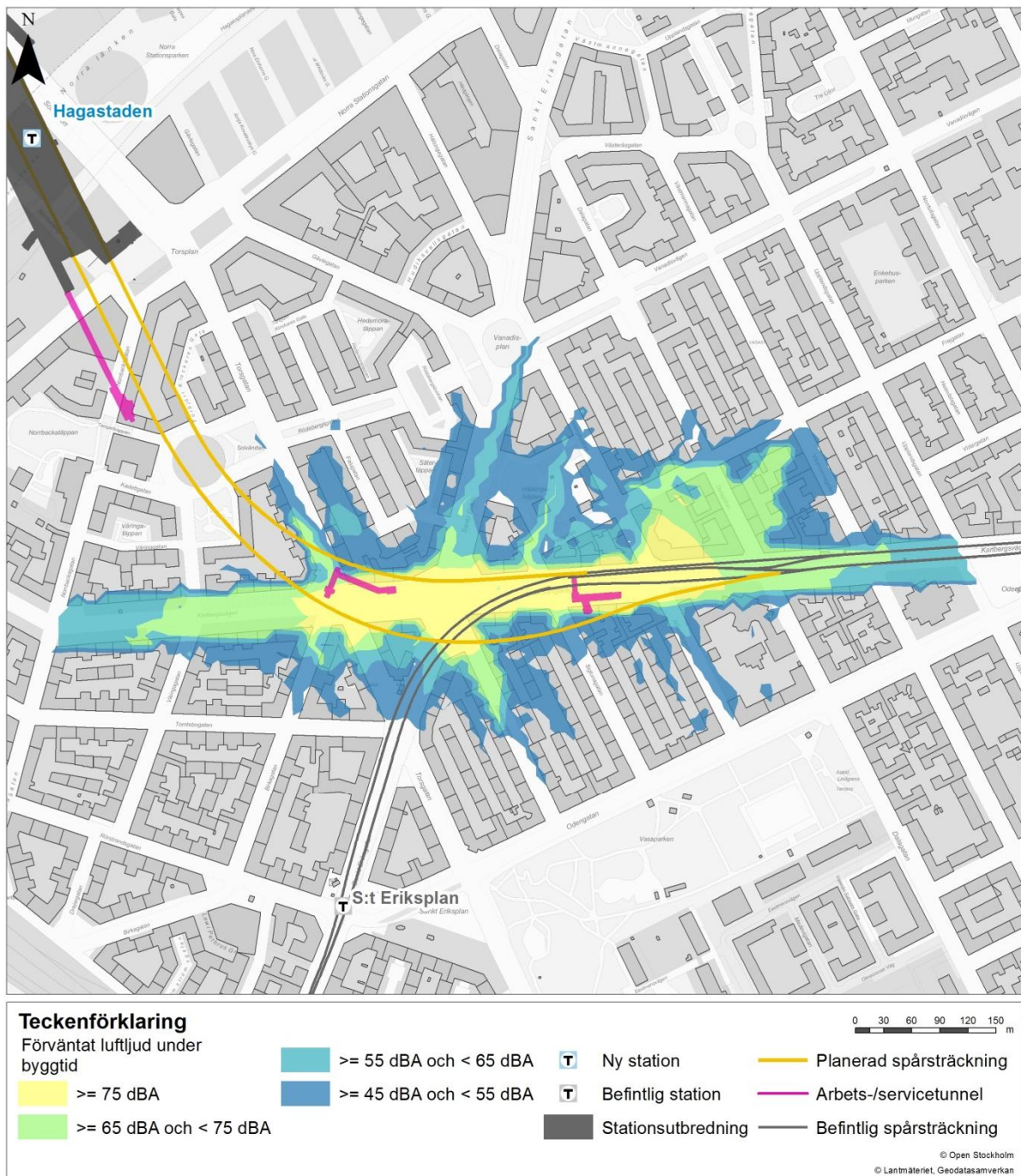
Hagastaden

Byggandet av stationen i Hagastaden kräver ianspråktagande av gatumark vilket innebär begränsningar för trafiken. Lägre trafikflöden och sannolikt lägre hastigheter kommer att medföra mindre trafikbuller under de år då tunnelbanans ovanmarksarbeten genomförs.

Omfattande spontning, schaktning och bergborrning kommer att behöva ske vid byggandet av stationsentrén. Byggarbetena beräknas totalt sett pågå under fem till sex år, inklusive förberedande arbeten. Spontningen för öppet schakt vid Solnavägen, som kommer att medföra höga bullernivåer, beräknas pågå under cirka ett år. Det finns ingen bostadsbebyggelse i närområdet, men däremot känslig verksamhet i form av Nya Karolinska Solna, NKS, samt undervisning/forskning/konferens inom Karolinska Institutet. Högst byggbullernivåer kommer att uppstå vid fasaden till Nobel Forum där dagens skyddande mur behöver tas ned och byggverksamhet genomföras mycket nära byggnaden, se figur 43. Byggbullernivåer på upp till 90 dB(A) kommer att uppstå vid fasad. Riktvärdet för byggbuller i vårdlokaler och arbetslokaler med tyst verksamhet är 45 dB(A). Med ett antagande om en schablonmässig dämpning på 30 dB(A) uppskattas inomhusnivåerna bli över 45 dB(A) och riktvärdet klaras därmed inte, se figur 44.

NKS håller på att byggas och förutsätts ha god fasaddämpning på grund av trafiken på Solnavägen som genererar trafikbullernivåer om cirka 65 dB(A). Även övrig bebyggelse nära Solnavägen har sannolikt bra fasaddämpning till följd av trafikbullret från Solnavägen. Även med bättre fasaddämpning än schablonvärdet kommer riktvärdet att överskridas.

⁵ Stockholms stads bullerkartläggning.



Figur 41. Byggbullernivåer utomhus från ovanmarksarbeten vid byggande av utrymningsvägarna vid Karlbergsvägen.

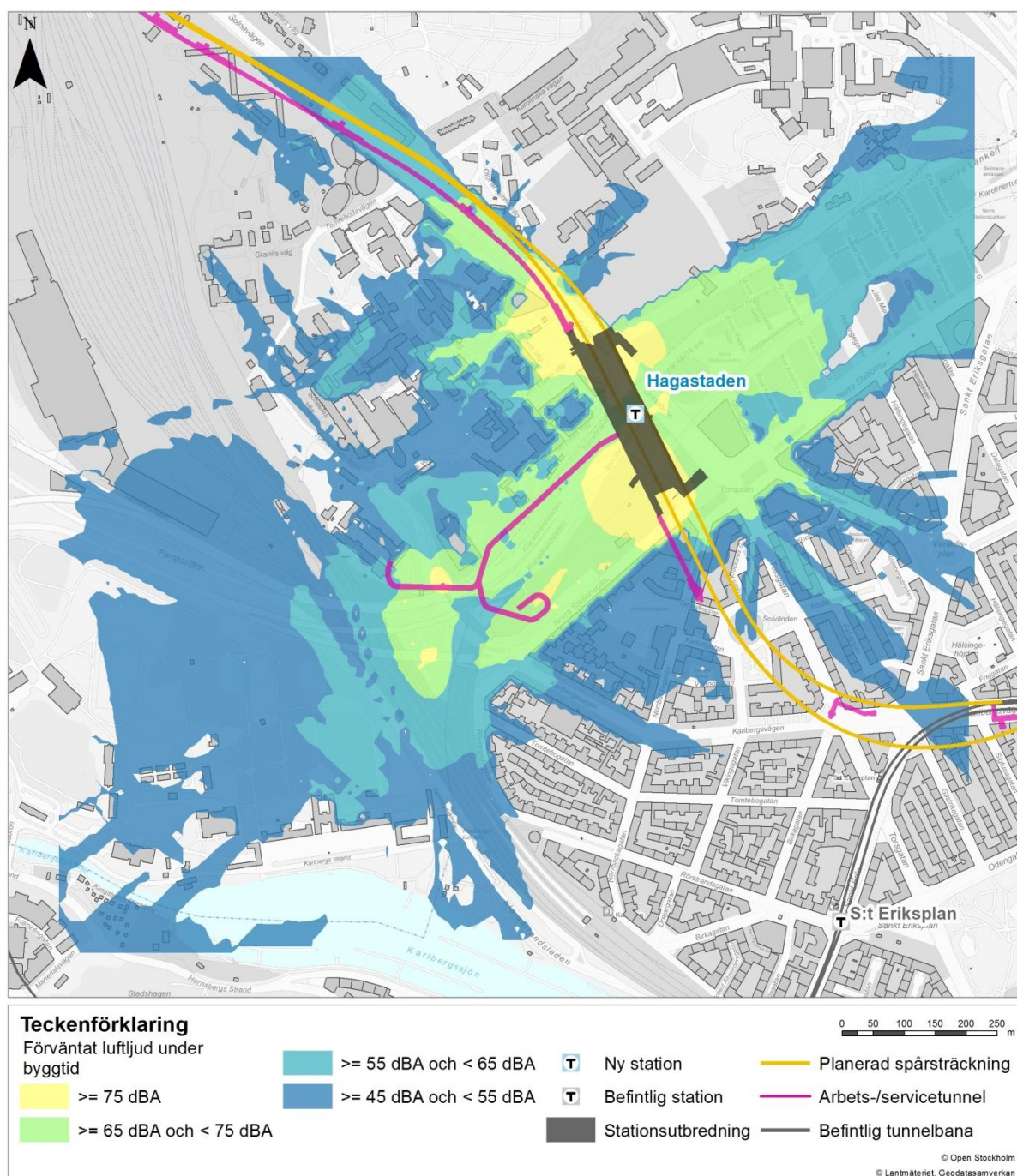


Figur 42. Byggbullernivåer inomhus från ovanmarksarbeten vid byggande av utrymningsvägarna vid Karlbergsvägen.

Byggbullret bedöms medföra risk för störningar i Nobel Forum och andra byggnader inom Karolinska institutet samt i den närmast sjukhusbyggnaden i NKS, framför allt om tunneldrivning pågår samtidigt. Möjligheten att dämpa byggbullret med tystare arbetsfordon, bullerskyddsskärmar m. m. bör utredas noga. Eftersom det sannolikt inte går att förbättra fasaddämpningen på den helt nya sjukhusbyggnaden, och evakuering inte är en realistisk åtgärd för sjukhuset, kan det även komma att krävas begränsningar vad gäller arbetstiden för de mest bullrande arbetsmomenten. Dialog och information till sjukhusledning är mycket viktigt för att minska risken för

störningar. En åtgärd kan vara att NKS förlägger en mindre störningskänslig verksamhet närmast Solnavägen under byggtiden för tunnelbanan.

Risken för störningar från ovanmarksarbeten bedöms som måttlig. Se tabell 6 för sammanställning av konsekvenser.



Figur 43. Byggbullernivåer utomhus från ovanmarksarbeten vid byggande av station Hagastaden.

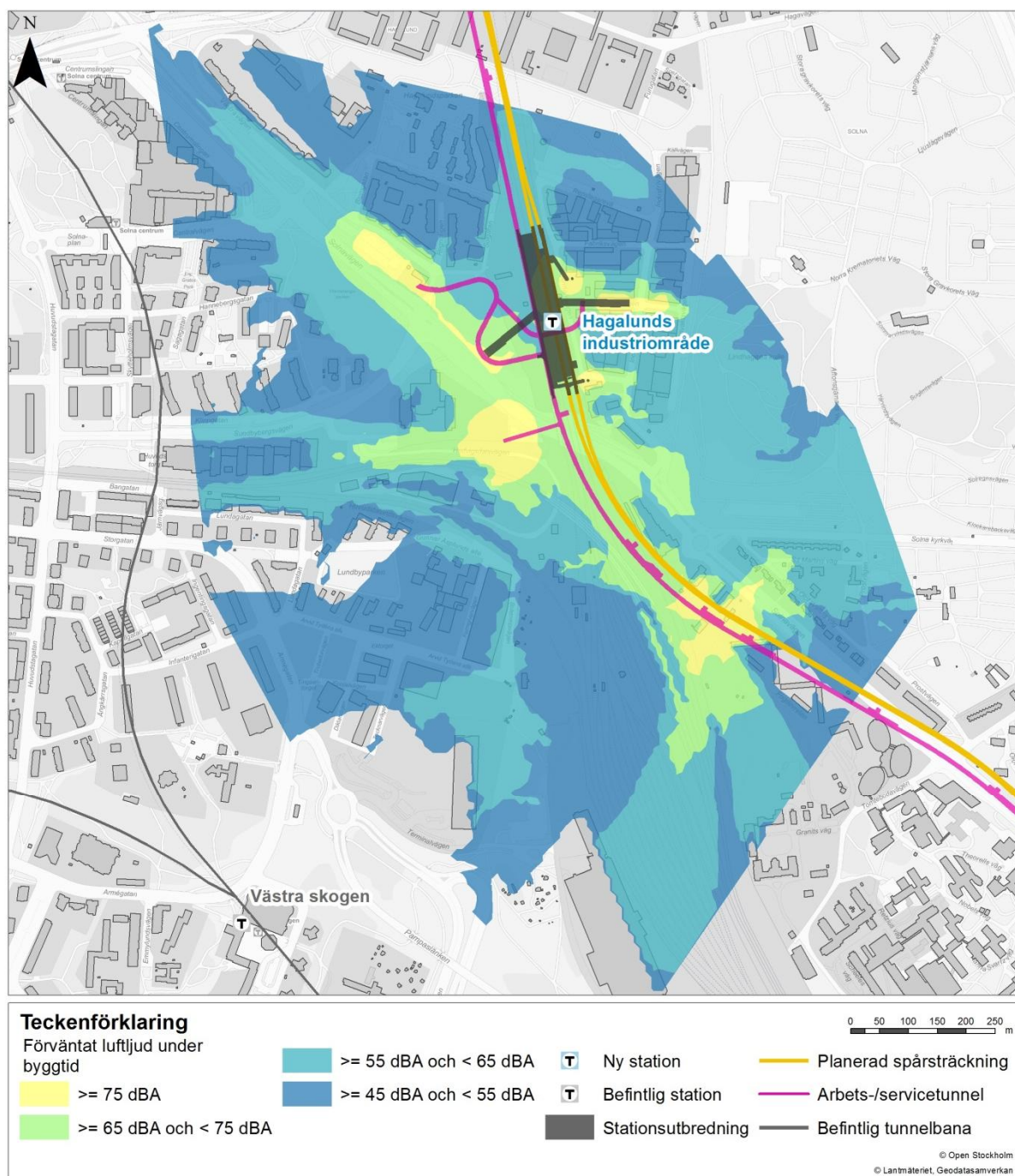


Figur 44. Byggbullernivåer inomhus från ovanmarksarbeten vid byggande av station Hagastaden.

Hagalund

Bostadshuset närmst ventilationsschaktet vid Fogdevreten kommer få byggbullernivåer över 75 dB(A) vid fasad, se figur 45, och motsvarande inomhusnivåer beräknas då kunna bli över 45 dB(A), vilket är över riktvärdet, se figur 46. Denna bebyggelse påverkas idag både av trafikbuller från Solnavägen och från Ostkustbanan. Byggnaden närmast arbetsområdet har idag trafikbullernivåer på upp mot 65 dB(A) vid fasad. Ett fåtal bostäder öster om Solnavägen på Johan Olof Wallins väg beräknas få byggbullernivåer mellan 65-75 dB(A) vid fasad och motsvarande inomhusnivåer blir således 35-45 dB(A). Delar av verksamheterna norr om det planerade ventilationstornet vid Fogdevreten bedöms få byggbullernivåer över 75 dB(A) vid fasad.

Utan åtgärder finns det risk för att boende kommer uppleva bullerstörning, framför allt i det närmast liggande bostadshuset på Fogdevreten. De mest bullrande momenten kommer att ta några månader och det är således en begränsad tid med störningar.

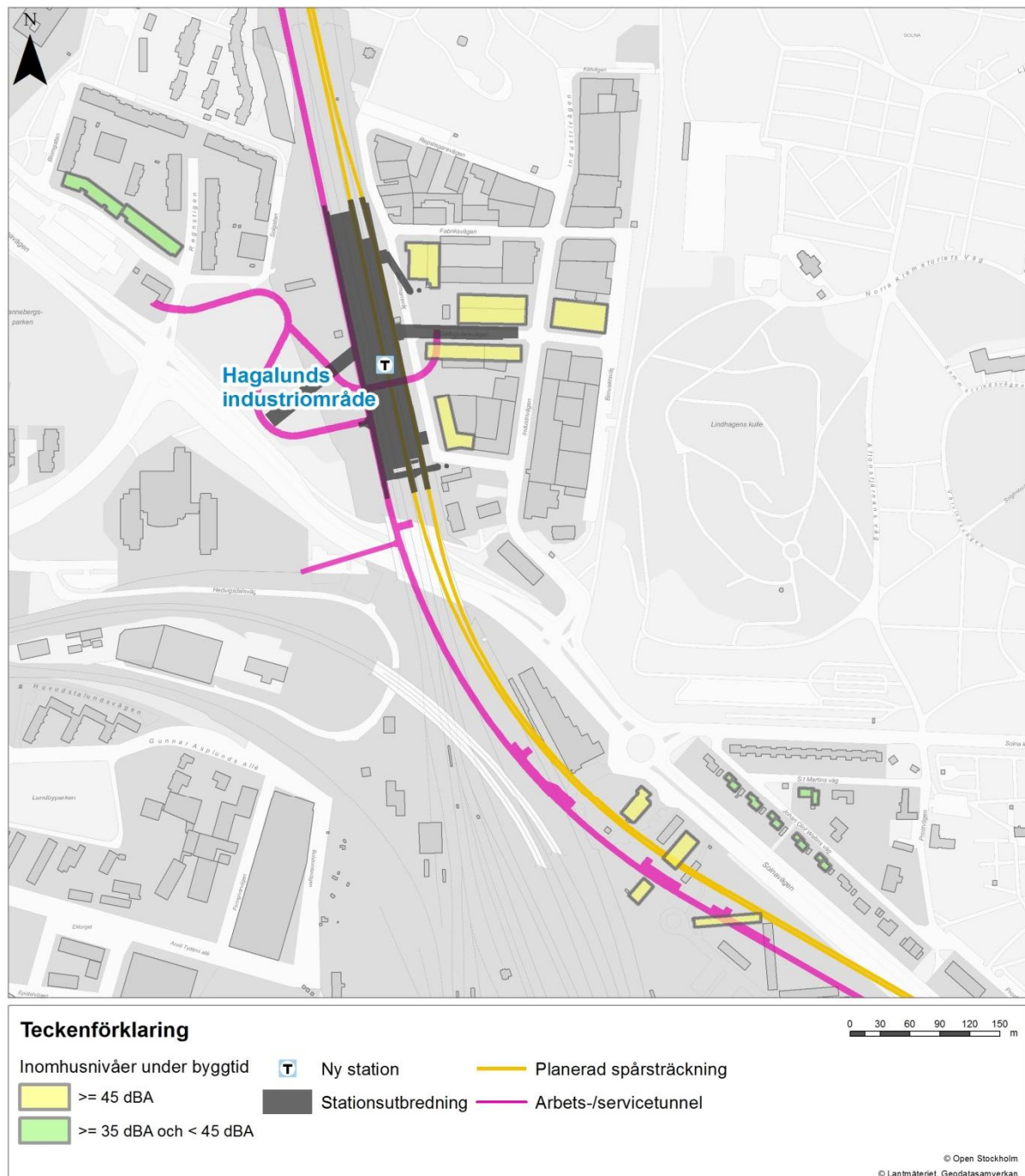


Figur 45. Byggbullernivåer utomhus från ovanmarksarbeten vid byggande av station Hagalund.

Boende längs Västra vägen och Regnstigen kommer först att påverkas av ovanmarksarbeten vid byggandet av tunnelmynningen till arbetstunneln. Bostäderna kommer få byggbullernivåer utomhus på mellan 65-75 dB(A) vid fasad och motsvarande inomhusnivåer beräknas bli mellan 35-45 dB(A). Delar av bostadshuset i korsningen Västra vägen/Regnstigen samt förskolan på Solgatan beräknas få byggbullernivåer mellan 55-65 dB(A). Inomhusnivåerna beräknas då bli under 35 dB(A). Därmed klaras riktvärdet för dagtid under vardagar för bostäder, högst 45 dB(A). Detta

arbetsmoment varar i några månader. Därefter kommer bostäderna att påverkas av stömljud från tunneldrivning under ett antal månader, se avsnitt 7.1.5 samt masstransporter från arbetstunnelmynningen.

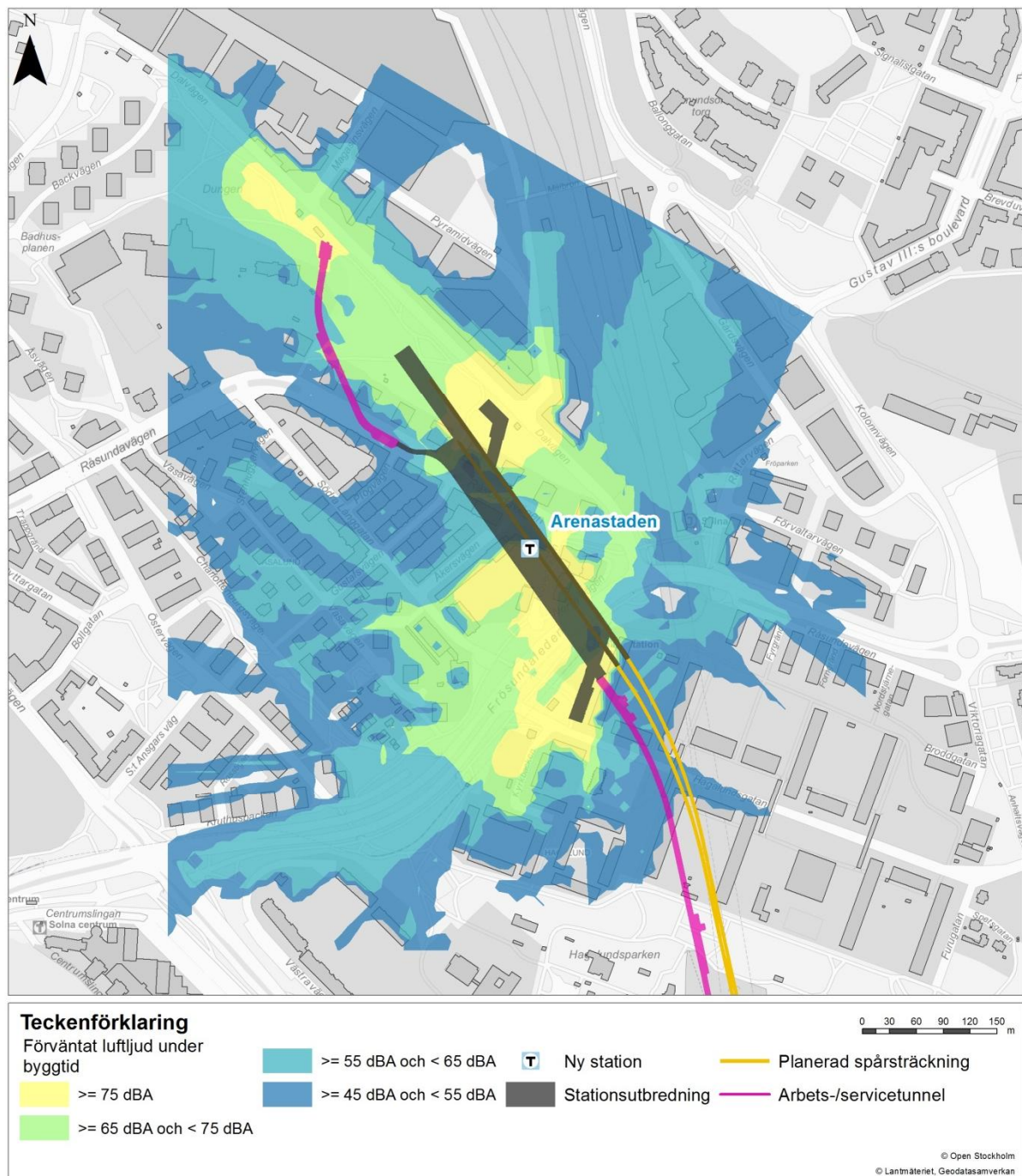
Byggandet av stationsentré och schakter i Hagalunds industriområde bedöms medföra bullernivåer över 75 dB(A) i direkt anslutning till schakter och arbetsområden, se figur 46. Närliggande verksamheter och kontor i området kommer få mellan 65-75 dB(A) vid fasad. Inom Hagalunds industriområde ligger bullernivåerna i dagsläget på upp mot 60 dB(A). Kontorsbebyggelsen på andra sidan Solnavägen beräknas få byggbullernivåer mellan 65-75 dB(A) vid fasad och motsvarande inomhusnivåer blir då 35-45 dB(A) vilket innebär att riktvärdet klaras.



Figur 46. Byggbullernivåer inomhus från ovanmarksarbeten vid byggande av station Hagalund.

Arenastaden

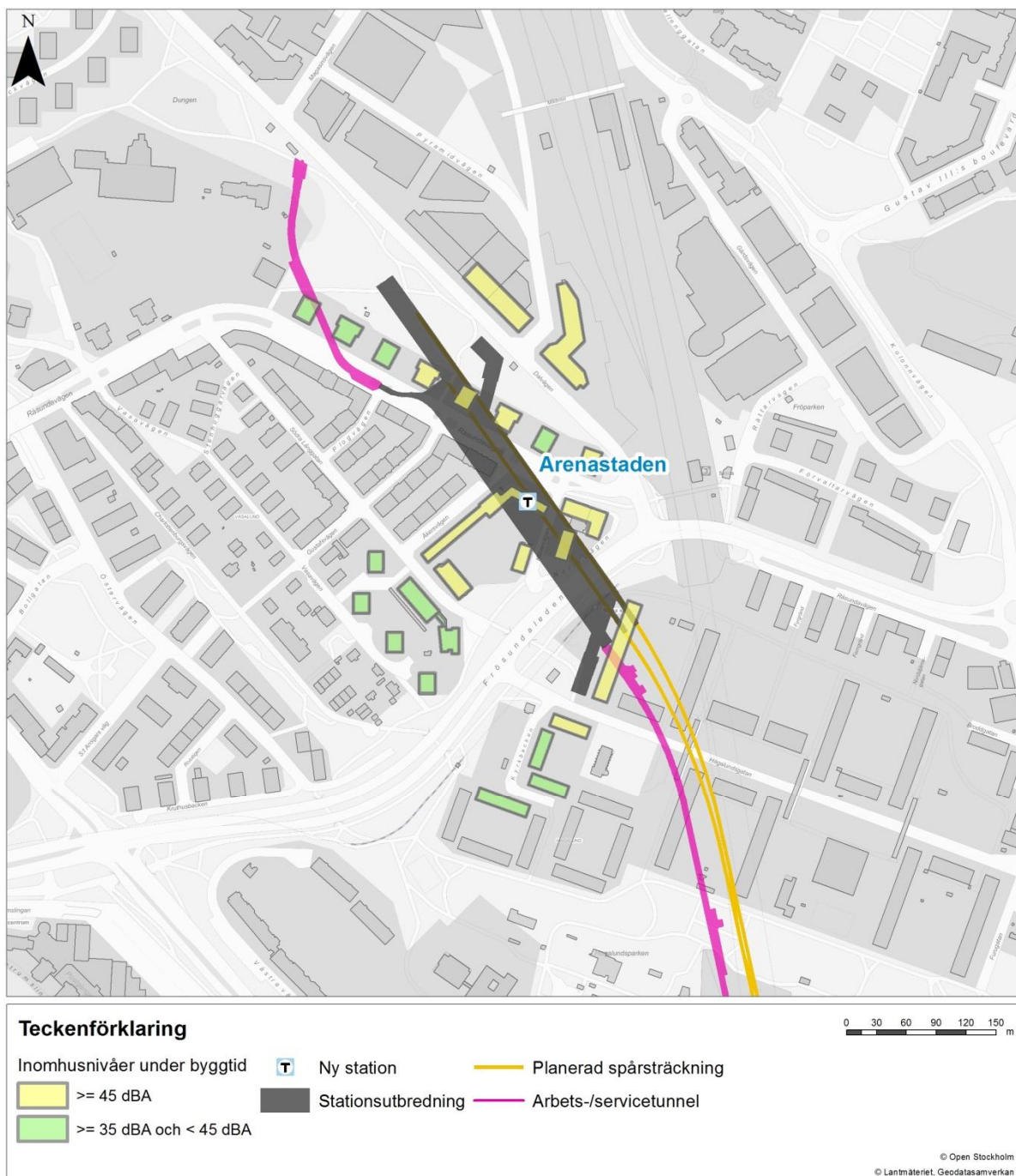
Byggandet av den södra stationsentrén vid Arenastaden kommer att genomföras nära bostadsbebyggelsen på Hagalundsgatan. Byggmoment som spontning, schaktning och borrhning i öppet schakt kommer att ske. Avståndet till närmaste bostadshus på Hagalundsgatan 1 är cirka fem meter och avståndet till närmaste bostadshus på Hagalundsgatan 4 är cirka 20 meter. Intill arbetsområdet för den södra stationsuppgången kommer ett tryckutjämningschakt att byggas. Delar av schaktet kommer att byggas mycket nära fasaden på fastigheten Hagalundsgatan 7. Den närmast liggande bebyggelsen på Hagalundsgatan beräknas få ljudnivåer upp mot 80-95 dB(A) vid fasad under den tid arbetsmomentet pågår och utan bullerskärm, se figur 47.



Figur 47. Byggbullernivåer utomhus från ovanmarksarbeten vid byggande av station Arenastaden.

Med ett antagande om en schablonmässig dämpning av fasaden på 30 dB(A) uppskattas inomhusnivåerna bli som högst 50-65 dB(A) i rum som vetter mot byggplatsen, se figur 48. Bostäder på Kyrkbacken beräknas få byggbullernivåer mellan 65-75 dB(A) vid fasad och inomhusnivån blir därmed 35-45 dB(A) vilket innebär att riktvärdet inomhus vardagar under dagtid klaras.

Bebyggelsen på Hagalundsgatan och vid Kyrkbacken påverkas idag av trafikbuller på 60 dB(A) eller strax under från både Frösundaleden och Hagalundsgatan.



Figur 48. Byggbullernivåer inomhus från ovanmarksarbeten vid byggande av station Arenastaden.

Bostäder, skolor och förskolor på Klövervägen kommer få byggbullernivåer över 75 dB(A) när brandgasschaktet byggs. Detta medför att inomhusnivåerna kommer vara över 45 dB(A) vilket är över riktvärdet. Bostadshus samt verksamhet på Södra Långgatan bedöms få byggbullernivåer mellan 65-75 dB(A) vid fasad, inomhusnivåerna blir där 35-45 dB(A). I dessa bostäder klaras riktvärdet dagtid under vardagar.

Byggandet av den nordliga stationsentrén vid Arenastaden kommer att genomföras relativt nära bostadsbebyggelse på Råsundavägen. Den närmast liggande bebyggelsen beräknas kunna få ljudnivåer över 75 dB(A) vid fasad och motsvarande ljudnivå inomhus beräknas bli över 45 dB(A). Den närmast liggande bostadsbebyggelsen beräknas kunna få ljudnivåer upp mot 80 dB(A) vid fasad under den tid arbetsmomentet pågår, utan bullerskärm. Ljudnivån inomhus beräknas bli som högst runt 50 dB(A). Även för dessa bostäder kommer riktvärdet inomhus att överskridas. Även delar av verksamheter på Dalvägen kommer få byggbullernivåer över 75 dB(A) vid fasad vilket innebär att motsvarande inomhusnivåer kommer ligga över riktvärdet 45 dB(A).

Byggarbetena för station Arenastaden beräknas pågå under totalt fem till sex år. Spontning, schaktning och andra byggmoment som kommer att medföra buller beräknas pågå periodvis under cirka ett till två år i området vid Hagalundsgatan och cirka ett till ett och ett halvt år i arbetsområdet vid Dalvägen.

Byggandet av arbetstunnelns mynning vid Dalvägen kommer orsaka byggbullernivåer mellan 65-75 dB(A) vid fasad för delar av de närmast liggande verksamheter som ligger på Dalvägen samt i det grönområde där arbetsområdet planeras under en kort tid.

Övervägande delen av bebyggelsen längs Råsundavägen har idag strax över 60 dB(A) vid fasad mot Råsundavägen och mellan 55-60 dB(A) på den sida som vetter mot arbetsområdet längs Dalvägen. Undantag utgörs av byggnaderna närmast korsningen med Dalvägen som har över 65 eller över 60 dB(A) vid samtliga fasader. Under byggskedet kommer flera av dessa bostadshus att få ett väsentlig högre buller på den sida som idag är deras tystare sida.

Utan åtgärder finns det risk att många boende kommer att uppleva bullerstörning, framför allt i det närmast liggande bostadshuset på Hagalundsgatan och längs Råsundavägen. Risken för störningar från ovanmarksarbeten bedöms som stor. Se tabell 6 för sammanställning av konsekvenser.

Buller från transporter

Bergmassorna kommer att transporteras ut via de tre arbetstunnelmynningarna som ligger nedanför Norra Stationsgatan, i Hagalunds industriområde och vid Dalvägen. Masstransporter beräknas pågå under cirka 2 års tid.

Massorna transporteras med lastbil från arbetstunnlarna och vidare till mottagningsanläggningar och/eller anläggningsverksamheter såsom väg- eller bostadsbyggen. Antalet fordon per dygn kommer att styras av vilken mängd som kan transporteras per fordon. Ju större lastbilar desto färre antal transporter. Större fordon ger samtidigt högre buller. Vilken mängd massor som kan transporteras per fordon beror på vilka bärighetsklasser som respektive väg har. Ju större bärighetsklass desto tyngre fordon kan köras på vägen (mer vikt per lastbil). Vilka fordon som väljs beror också på entreprenörernas tillgång till fordon.

En översiktlig bedömning visar på 80-110 masstransporter per dygn från respektive arbetstunnelmynning. Varje lastbil kör fram och tillbaka vilket innebär som mest 160-220 fordonsrörelser per dygn för masstransporter från respektive tunnelmynning under cirka två till två och ett halvt års tid. Utöver det tillkommer även vissa andra byggtransporter.

Utöver transporter från arbetstunnlarna kommer mindre mängder berg och jord transporteras bort från de platser där ovanmarksanläggningar byggs.

Under de första åren kommer masstransporter att dominera transportflödet, men under de sista åren kommer det att vara mer intransport av byggmaterial.

Masstransporter kommer att gå på Norra Stationsgatan från utfarten från arbetsområdet som ligger i höjd med Norra Stationsgatan 97. Transporterna kommer sannolikt gå norrut och antingen vidare på Solnavägen och till E4 eller till Norrtull och E4:an norrut. Det är mest kontorsbebyggelse men även ett fåtal bostadshus längs transportvägen. Bebyggelsen längs Norra Stationsgatan påverkas idag av trafikbuller mellan 65-70 dB(A) ekvivalent ljudnivå. Den ekvivalenta ljudnivån kommer inte påverkas av ett tillskott på cirka 200 transporter, däremot kommer antalet tillfällen med höga maximala ljudnivåer öka. Masstransporterna kommer medföra maximala ljudnivåer på 80-85 dB(A) vid närliggande byggnader. Eftersom det är ett mycket bullerstört område har byggnaderna sannolikt hög fasadisolering. Det finns inga balkonger ut mot gatan och sammantaget bedöms risken för bullerstörning som liten.

Masstransporterna från arbetstunneln i Hagalunds industriområde kommer att passera på 30-35 meters avstånd från bostäderna vid Västra vägen och södra delen av Regnstigen. Dessa bostäder har idag trafikbullernivåer på 60 dB(A) ekvivalent ljudnivå eller strax under. Förskolan på Solgatan påverkas framför allt av buller från Ostkustbanan vilken medför bullernivåer på 65 dB(A) vid byggnadens fasad och upp till 60 dB(A) på gården. De ekvivalenta ljudnivåerna kommer inte påverkas av ett tillskott på cirka 200 transporter, däremot kommer antalet tillfällen med höga maximala ljudnivåer öka. Masstransporterna kommer medföra maximala ljudnivåer på runt 70 dB(A) vid närliggande bostäder på Västra vägen och Regnstigen. Det finns balkonger ut mot gatan och sammantaget bedöms det finnas en risk för bullerstörning, framför allt under sommaren då boende utnyttjar sina balkonger mer. Med skärm kring arbetsområdet kan störningarna minska.

Från Västra vägen kör masstransporterna ut till Solnavägen. Trafikmängden på Solnavägen ligger runt 20 000 fordon/dygn och en ökning med cirka 200 fordon per dag påverkar inte de ekvivalenta ljudnivåerna längs vägen. Antalet tunga transporter och tillfällen med maximala ljudnivåer kommer dock att öka vid närliggande byggnader. Från Solnavägen kör transporterna ut på de större vägarna Frösundaleden och E4.

Transporterna från arbetstunneln vid Dalvägen kan antingen gå norrut via Råsta Strandväg till E18 eller söderut till Frösundaleden och E4. Masstransporterna kommer att passera på som närmast 10 meters avstånd från bostäderna på Dalvägen och Råsundavägen. De ekvivalenta ljudnivåerna vid bostäderna kommer inte påverkas av ett tillskott på cirka 200 transporter, däremot kommer antalet tillfällen med höga maximala ljudnivåer öka. Masstransporterna kommer medföra maximala ljudnivåer på 80-85 dB(A) vid de mest närliggande bostäderna. De flesta bostäder får under 70 dB(A).

Tabell 6. Samlad bedömning av effekter och konsekvenser av byggbuller från ovanmarksarbeten utan åtgärder.

Delområde	Känslighet	Effekt	Konsekvenser
Vasastaden	Hög känslighet <i>Tättbebyggt område med många boende och ett litet antal skolor.</i>	Måttliga negativa effekter. <i>Höga byggbullernivåer inom begränsade områden under kort tid. Trafibuller inom begränsade områden under lång tid.</i>	Måttliga negativa konsekvenser <i>Risken för bullerstörning bedöms som måttlig</i>
Hagastaden	Måttlig känslighet <i>Få boende men många känsliga verksamheter som sjukhus, universitet och forskning.</i>	Stora negativa effekter. <i>Höga nivåer under relativt lång tid.</i>	Måttliga – stora negativa konsekvenser <i>Liten risk för bullerstörning för boende. Stor risk för bullerstörning i sjukhus och verksamheter</i>
Hagalund inklusive Fogdevreten	Måttlig känslighet <i>Områden med medelstor mängd boende och ett litet antal skolor och förskolor.</i>	Måttliga negativa effekter. <i>Höga byggbullernivåer inom begränsade områden under kort tid. Trafibuller inom begränsade områden under lång tid.</i>	Måttliga negativa konsekvenser <i>Risken för bullerstörning bedöms som måttlig</i>
Arenastaden	Hög känslighet <i>Tättbebyggt område med många boende och känsliga verksamheter som förskola och skola.</i>	Stora negativa effekter. <i>Höga byggbullernivåer under lång tid. Trafibuller inom begränsade områden under lång tid.</i>	Stora negativa konsekvenser <i>Risken för bullerstörning bedöms som stor</i>

7.1.5 Stomljud

När man bygger en tunnel i berg finns det flera källor som kan ge hörbara stomljuds nivåer till byggnader i omgivningen, se tabell 7. De arbetsmoment som ger högst ljudnivåer är sprängning och borrhning. Hur lång period som borrhning och sprängning kommer att vara uppfattbara beror på avstånd till tunneln och hur fort tunnelarbetet drivs fram, se figur 49 och 50.

Varaktigheten och ljudnivå varierar med de olika arbetsmomenten. Vid sprängningsarbeten förekommer mycket höga plötsliga ljudnivåer. I normalfallet kommer det bara att bli fråga om ett fåtal tillfällen per dygn som sprängning sker. Borrhning kan ge höga stomljuds nivåer under lång tid, flera timmar om dygnet. Stomljuden avtar med stigande avstånd vilket innebär att störst risk för störning är när borrhningen sker under den plats där bygganden står.

Stomljud

Stomljud orsakas av vibrationer, exempelvis från borrhning, som fortplantas i berg och vidare till byggnader. När vibrationerna passerar väggen orsakar det ett lågfrekvent buller.

Tunneldrivning ger upphov till stomljud i närliggande byggnader. Homogent berg leder stomljud effektivt, speciellt till hus grundlagda direkt på berg.

Styrkan och varaktigheten beror således på bergets egenskaper, men också på djupet till tunneln, avståndet till tunnelfronten, antal bormaskiner i drift samtidigt, byggnadens grundläggning och stomkonstruktioner samt på bostadens/lokalens läge i byggnaden. Faktorer som påverkar stomljud illustreras i figur 49.

Stomljuden avtar med stigande avstånd vilket innebär att störst risk för störning är när borrhningen sker under den plats där bygganden står. Enligt Naturvårdsverkets riktvärden bör stomljudsnivån dagtid inomhus i bostäder och vårdlokaler inte överstiga 45 dB(A), se tabell 11. För att stomljudsnivån ska bli under 45 dB(A) behöver avståndet från tunneldrivningspunkten till byggnad vara större än 45 meter för byggnader som är grundlagda på berg. För att stomljudsnivån ska vara under 35 dB(A) ska avståndet vara större än 100 meter.

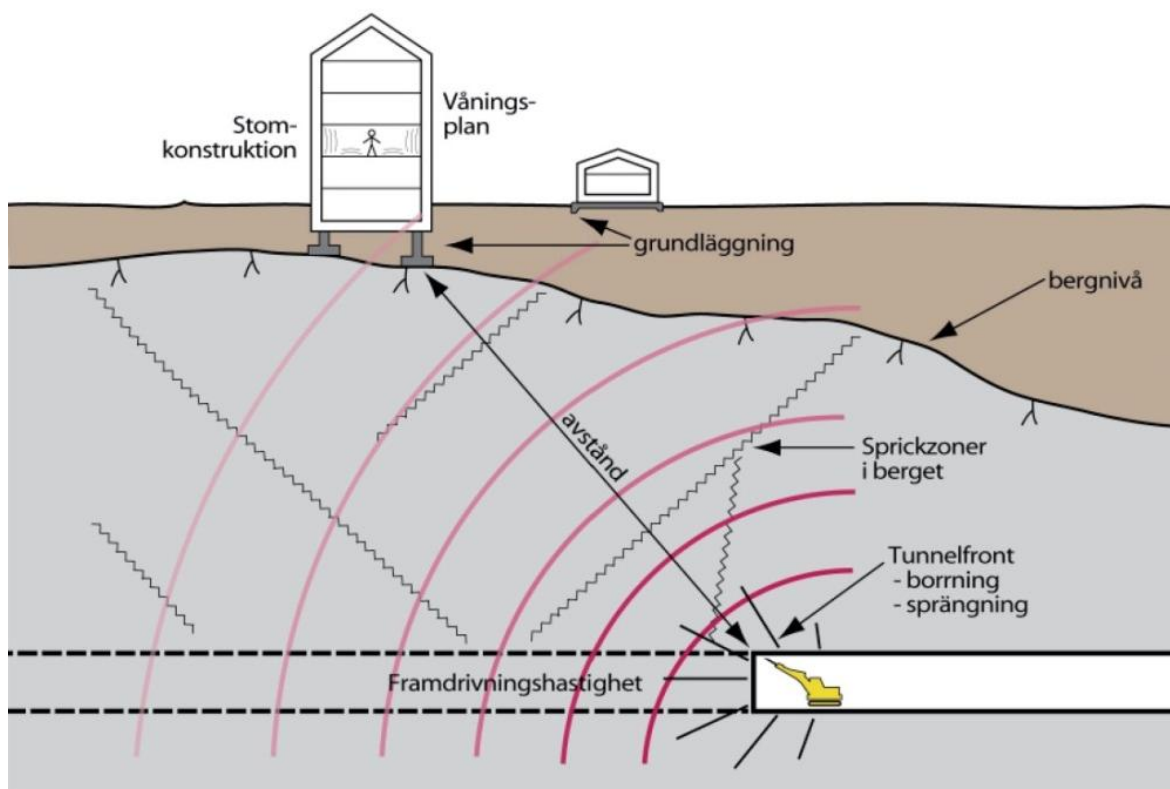
Erfarenheter från de senaste årens tunnelprojekt har visat att boende riskerar att störas av stomljud från borrhning i de fall stomljuden är högre än 40 dB(A) ekvivalent ljudnivå.

Stomljud kan orsaka stressreaktioner, trötthet, irritation och sömnstörningar. Buller kan även orsaka ohälsa i form av exempelvis hjärt-kärlsjukdomar.

Tabell 7. Exempel på stomljudalstrande arbeten vid byggande av tunnel i berg.

Arbetsmoment	Beskrivning
Injekteringsborrning	Borrhning som förberedelse för att tätta uppsprucket berg kring tunnelfronten
Borrhning för salva	Borrhning för att ladda salva inför sprängning
Sprängning	Explosion
Skrotning	Rensning av löst berg
Borrhning i samband med förstärkning	Borrhning genom berg för montering av bergankare

De riktvärden för byggbuller som Naturvårdsverket har tagit fram gäller även för stomljud. Eftersom stomljud endast uppkommer inne i byggnader är det riktvärdena för inomhusbuller som gäller. De redovisas i tabell 5 i avsnitt 7.1.4 Luftburet buller.



Figur 49. Faktorer som påverkar stomljuds nivåer i en byggnad (Källa: E4 Förbifart Stockholm Miljökonsekvensbeskrivning).

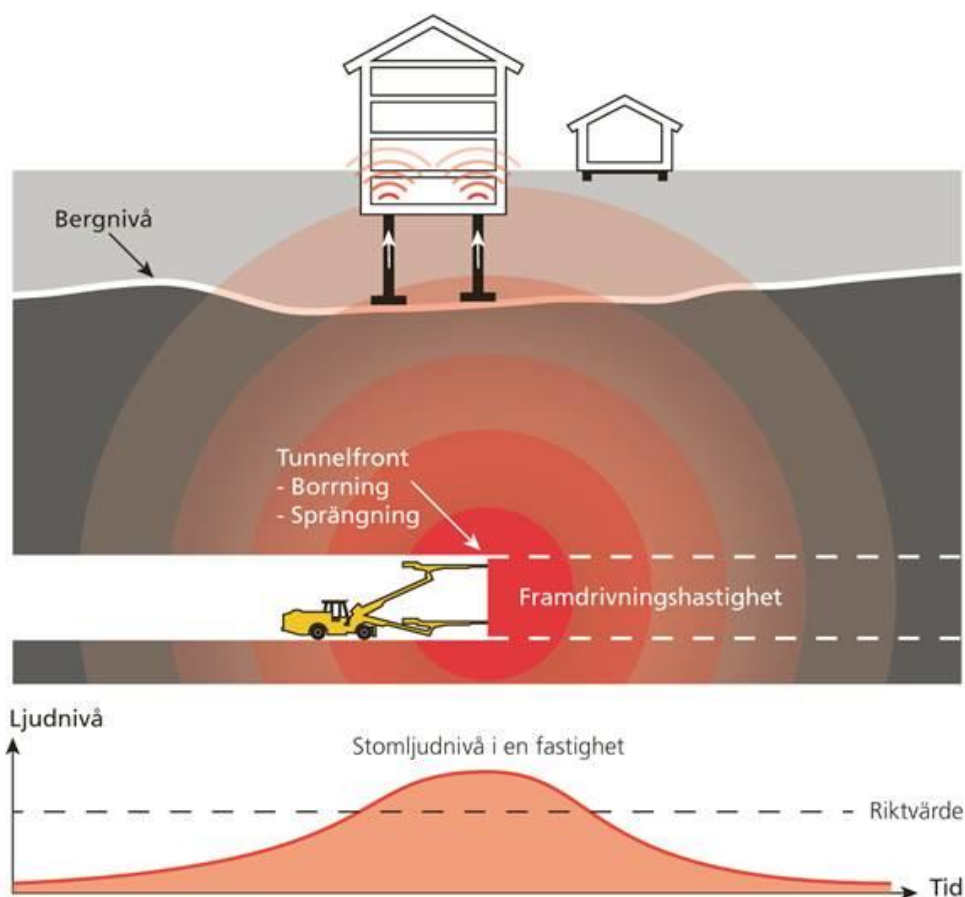
Beräkningar för stomljuds nivåer från borrar har gjorts för hela tunnelsträckan inklusive arbetstunnlar, se figur 51-53. Beräkningen baseras på projekterad tunnel och beräknade avstånd till ovanliggande byggnader. I beräkningen ligger ett antagande om homogent berg och byggnader som är grundlagda på berg vilket innebär ett värsta scenario. Beräkningarna är gjorda för första våningen där de högsta stomljuds nivåerna uppstår. För varje våningsplan avtar stomljuden med cirka 2 dB(A).

7.1.5.1 Konsekvenser nollalternativet

Nollalternativet innebär att den planerade tunnelbanan inte byggs och därmed uppkommer inget stomljud till följd av tunneldrivande. Det stora och ökande resebehovet till och från Odenplan, Hagastaden och Arenastaden medför ett stort behov av kollektivtrafik. Utan tunnelbanan kommer sannolikt detta tillgodoses av ökad busstrafik. Utökad busstrafik kan komma att innebära vissa ombyggnader av gatumiljöer, exempelvis korsningar, men dessa ombyggnader bedöms inte generera stomljud. Huruvida det kommer genomföras andra undermarksarbeten som genererar stomljud är i dagsläget inte känt. Förutom eventuella mindre ombyggnader för utökad busstrafik bedöms nollalternativet motsvara dagens bullersituation med höga trafikbullernivåer under de år då tunnelbanan skulle ha byggts. I drifttiden bedöms nollalternativet medföra högre trafikbuller jämfört med idag och jämfört med utbyggnadsalternativet.

7.1.5.2 Konsekvenser under byggtiden

Framdriften för spår- och arbetstunnlar är 5-25 meter per vecka. Det innebär att de som bor eller arbetar rakt ovanför tunneln kan uppleva stomljud först ganska lågt, därefter starkare och sedan successivt avtagande, se figur 50.



Figur 50. Illustration över hur stomljusnivåer förändras över tiden vid tunnelbyggande.

Vasastaden

Flera av de arbetsmoment som genomförs i öppet schakt, exempelvis borrar av rörspons och borrar för bergschakt genererar förutom luftburet buller, även stomljus.

Många bostäder, och även kontor och lokaler som ofta ligger i markplan, kommer att få höga stomljusnivåer. I byggnader nära spårtunneln, som är grundlagda direkt på berg, visar beräkningar på stomljusnivåer från borrar på upp till 60 dB(A) inomhus. Detta är 15 dB(A) över riktvärdet inomhus dagtid 45 dB(A), se figur 11. Högst stomljusnivåer kommer uppstå i byggnader längs Karlbergsvägen väster om korsningen med Dalagatan. På denna sträcka kan riktvärdet 45 dB(A) komma att överskridas upp till fyra månader.

Även några skolor och förskolor kommer att få stomljusnivåer över 45 dB(A), bland annat Vasa Real som beräknas få stomljusnivåer på 60 dB(A). Riktvärdet beräknas komma att överskridas under cirka två månaders tid.

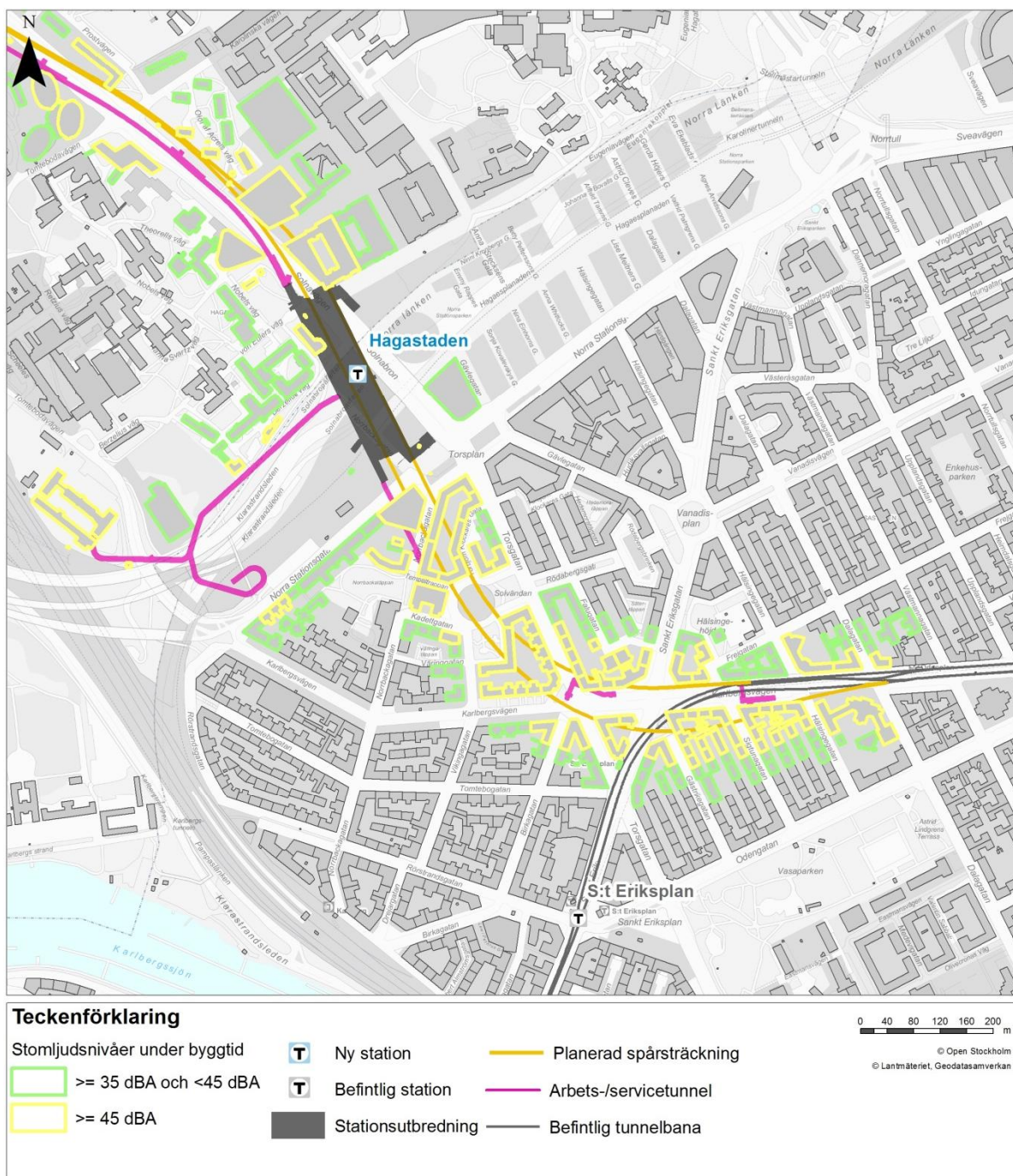
Byggtiden bedöms medföra stora störningar i bostäder, skolor, kontor och lokaler. För boende kan det uppstå behov av tillfälliga vistelser och tillfälliga boenden. Eftersom det inte finns någon möjlighet att dämpa stomljus kan det, beroende på vilken tid på året som byggtiden genomförs, bli nödvändigt med en tillfällig flytt av verksamheten i Vasa Real. SLL har kontakt med kommunen för att utreda bästa lösningen för skolor och förskolor som påverkas av stomljus och byggbuller under byggtiden.

Vartefter tunneln byggs västerut så ökar avståndet till närliggande byggnader. Närmare Norra Stationsgatan beräknas stomljusnivåerna vara över 55 dB(A) för de nedre våningsplanen. Många

bostäder, men även kontor och lokaler, som ofta ligger i markplan, kommer få höga stomljuds-nivåer. Se sammanställning av konsekvenser i tabell 8.

Hagastaden

Vid Hagastaden är avståndet mellan tunnlar och markyta cirka 20-30 meter. I den nya sjukhusbyggnaden i Nya Karolinska Solna (NKS) som ligger närmast Solnavägen beräknas samtliga våningsplan, varav sex plan med vårdavdelningar, få stomljuds-nivåer som överskrider 45 dB(A), se figur 51. De nedre vårdavdelningarna beräknas få nivåer upp mot 55-60 dB(A) i några veckor. Riktvärdet 45 dB(A) beräknas överskridas i cirka 2-3 månader. I den intilliggande sjukhusbyggnaden beräknas 45 dB(A) överskridas upp till våning sex. Övriga nya sjukhusbyggnader beräknas få under 45 dB(A).



Figur 51. Stomljuds-nivåer inomhus från tunneldrivning i områden väster om Odenplan och fram till och med Hagastaden.

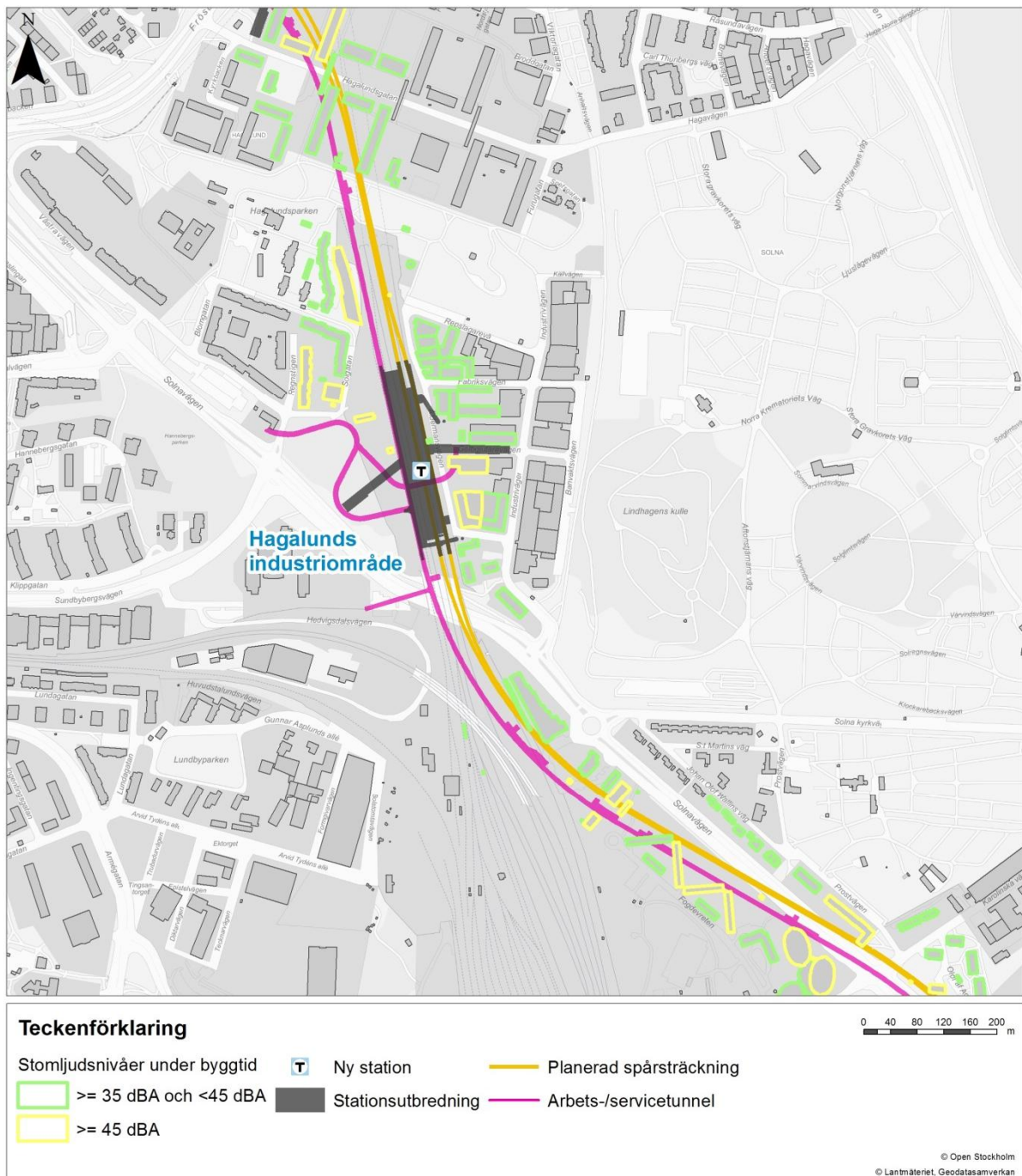
Delar av Karolinska Institutet, bland annat Nobel Forum och nya aulan, samt den forskningsbyggnad som byggs precis norr om NKS får stomljuds nivåer på upp mot 55-60 dB(A), vilket innebär att riktvärdet dagtid 45 dB(A), överskrids. I forskningsbyggnaden överskrids riktvärdet 45 dB(A) under cirka 2-3 månader.

Byggtiden bedöms medföra stora störningar för NKS, samt i bostäder, skolor, förskolor, kontor och lokaler. För boende bedöms behovet av tillfällig vistelse eller annan vistelseplats bli stort. Eftersom det inte finns någon möjlighet att dämpa stomljud, och flytt till annan lokal inte bedöms vara en realistisk åtgärd för sjukhuset, kan det komma att krävas begränsningar vad gäller arbetstiden för störande arbeten. Det är en av de åtgärder som redovisas i *Åtgärdsplan för buller och stomljud under byggtiden*. Se sammanställning av konsekvenser i tabell 8.

Hagalund

På västra sidan om tunneln kommer bostadsbebyggelse längs Solgatan, Regnstigen och Fogdevreten påverkas av stomljuds nivåer, se figur 52. På Solgatan finns en förskola som kommer få stomljuds nivåer över riktvärdet. Vissa av byggnaderna på dessa gator beräknas få stomljuds nivåer över 45 dB(A). Riktvärdet inomhus kommer att överskridas under cirka 2 månaders tid.

På östra sidan om tunneln kommer bebyggelse inom Hagalunds industriområde få stomljuds nivåer mellan 35-45 dB(A), bortsett från de verksamheter som ligger i direkt närhet till stationsentrén mot Industrivägen, där stomljuds nivåerna kommer bli över 45 dB(A).



Figur 52. Stomljuds nivåer från tunnelndrivning i områden längs med Solnavägen norr om Hagastaden.

Arenastaden

Viss bebyggelse längs Hagalundsgatan samt kring och norr om Södra Långgatan kommer få stomljuds nivåer som högst beräknas vara strax under 45 dB(A) vilket innebär att riktvärdet dagtid klaras, se figur 53.

Samtlig bostadsbebyggelse längs med Råsundavägen samt bostadsbebyggelse på Norra vägen samt förskolorna Klöver och Fyrklöver bedöms få stomljuds nivåer upp emot 50 dB(A) vilket innebär att riktvärdet inomhus överskrids under cirka ett års tid. Förskolan Juvelen beräknas få stomljuds nivåer över riktvärdet under tunnelndrivningen av arbetstunneln, vilket motsvarar ungefär 1-2 månaders tid. Gymnasiesärskolan Haga VIP i Hagalund kommer få stomljuds nivåer nära

riktvärdena. Se sammanställning av konsekvenser i tabell 8.



Figur 53. Stomljuds nivåer från tunneldrivning i Hagalund, Råsunda och Arenastaden.

Tabell 8. Samlad bedömning av effekter och konsekvenser av stomljud från tunneldrivning, utan åtgärder.

Delområde	Känslighet	Effekt	Konsekvenser
Vasastaden	Hög känslighet <i>Tättbebyggt område med många boende och ett litet antal skolor.</i>	Stora negativa effekter. <i>Höga stomljuds nivåer under relativt lång tid.</i>	Stora negativa konsekvenser <i>Ett stort antal boende och personer i verksamheter m.m. bedöms bli störda under relativt lång tid.</i>
Hagastaden	Måttlig känslighet <i>Få boende men många känsliga verksamheter som sjukhus, universitet och forskning.</i>	Stora negativa effekter. <i>Höga stomljuds nivåer under relativt lång tid.</i>	Stora negativa konsekvenser <i>Stor risk för störning i NKS som är en känslig verksamhet.</i>
Hagalund inklusive Fogdevreten	Måttlig känslighet <i>Områden med medelstor mängd boende och ett litet antal skolor och förskolor.</i>	Måttligt negativa effekter. <i>Måttligt höga stomljuds-nivåer under begränsad tid.</i>	Måttliga negativa konsekvenser <i>En medelstor mängd boende bedöms bli störda under begränsad tid.</i>
Arenastaden	Hög känslighet <i>Tättbebyggt område med många boende och känsliga verksamheter som förskola och skola.</i>	Måttligt negativa effekter. <i>Måttligt höga stomljuds-nivåer lång tid.</i>	Måttliga-stora negativa konsekvenser <i>Ett stort antal boende bedöms bli - störda under relativt lång tid.</i>

7.1.6 Kumulativa konsekvenser av bullerstörningar

De flesta områden längs med sträckan kommer endast att påverkas av stomljud från tunneldrivningen. I framför allt områdena runt stationerna finns vissa områden som kommer att påverkas av både stomljud och byggbuller från ovanmarksarbeten. Dessa områden utgörs av:

- Viss bebyggelse längs Karlbergsvägen
- Karolinska Institutet och NKS närmast Solnavägen samt Nobel Forum, och
- Bebyggelse vid Hagalundsgatan samt Råsundavägen och Dalvägen.

Sammantaget för ovanstående områden bedöms risken vara stor för att betydande störningar kan komma att påverka boende samt känslig verksamhet i NKS. Med åtgärder som begränsar bullerstörningar, se *Åtgärdsplan för buller och stomljud under byggtiden*, Bilaga B2, bedöms bullerstörningarna kunna minskas.

7.2 Vibrationer och luftstötståg

Konsekvenser: Vibrationer

- Vibrationskraven i Svensk standard kommer att följas.
- Kulturhistoriskt värdefulla byggnader beaktas enligt särskild åtgärdsplan.

7.2.1 Allmänt om vibrationer och luftstötståg

Vid sprängningar uppkommer vibrationer i marken, vilka fortplantar sig som en våg. Vibrationerna är störst närmast sprängningen och avtar med avståndet från källan. Vibrationer uppkommer också vid spontning och pålning. Sådana vibrationer är normalt mindre än vid sprängning.

Höga vibrationer kan orsaka sprickor i hus och anläggningar, samt påverka vibrationskänslig utrustning.

Under byggtiden uppkommer påverkan dels från sprängning dels från spontning och pålning. För dessa arbeten finns standarder formulerade. "Svensk Standard, SS 460 48 66:2011 – Riktvärden för sprängningsinducerade vibrationer i byggnader" och Svensk Standard, SS 02 52 11 – Riktvärden och mätmetod för vibrationer i byggnader orsakade av pålning, spontning, schaktning och packning.

De svenska standarderna föreskriver ett arbetssätt, som SLL avser att följa, se Bilaga B3 *Åtgärdsplan för vibrationer gällande kulturbyggnader*. Där förekommer begreppen inventeringsområde och besiktningsområde. Inventeringsområdet omfattar de byggnader som utreds med avseende på vibrationer. Besiktningsområdet omfattar de byggnader som besiktas före och efter vibrationsalstrande arbeten utförs. Både för inventeringsområdet och för besiktningsområdet har SLL valt att utöka dessa i förhållande till standarderna. Avseende besiktningsområdet föreskrivs i standarden att byggnader grundlagda på berg eller lera ska besiktigas inför sprängningsarbeten inom ett område på 50 meter om var sida från tunnelbanan.

Spontnings-, pålnings-, schaktnings- och packningsarbeten alstrar lägre vibrationer än sprängningsarbeten. Det är därför brukligt att begränsa inventeringsområdet till byggnader och konstruktioner på avstånd 20-50 meter från arbetena.

Erfarenheterna från större infrastrukturprojekt i Stockholmsområdet är att inventerings- och besiktningsområdet i de svenska standarderna är tillräckligt tilltagna vad avser risk för skador på byggnader och anläggningar. Däremot kan vibrationerna upplevas "skrämmande" och kännas av på stora avstånd även om det inte finns någon risk för skada på byggnader eller anläggningar. Detta har medfört att inventeringsområdet valts till 150 meter i flera stora infrastrukturprojekt i Stockholm vilket även SLL valt som avstånd i utbyggnaden av tunnelbanan. De avstånd som angetts ovan och även i fortsättningen, om inte annat anges, avser horisontella mått.

Erfarenheterna från anläggandet av Citybanan talar för att det inte finns någon anledning att utöka inventeringsområdet för kulturminnesmärkta byggnader. Ett inventeringsområde på 150 meter täcker mer än väl även denna typ av byggnader.

Vid tunnelsprängning uppstår en luftstöt våg som utbreder sig i tunnelmynningens riktning och som kan bli mycket kraftig. Luftstöt vågor kan skada byggnader och är ohälsosamma för människor och djur.

7.2.2 Bedömningsskala

Någon bedömningsskala redovisas inte för konsekvenser av skador från vibrationer eftersom arbetssättet utgår ifrån att bebyggelse inte ska skadas.

7.2.3 Konsekvenser nollalternativet

I och med att den planerade tunnelbanan inte byggs i nollalternativet uppstår inte några vibrationer från tunneldrivning.

En trolig ökning av busstrafiken kan medföra risk för ökade vibrationer.

7.2.4 Konsekvenser under byggtiden

En riskanalys håller på att tas fram för byggnader inom 150 meter från spårtunneln och för byggnader nära jordschakter, för att ta reda på vilka byggnader som kräver särskilda åtgärder för att minska risken för skador från vibrationer. Riktvärde gällande vibrationer räknas fram för varje byggnad i enlighet med svensk standard SS 4604866:2011. Riktvärdet sätts så att byggnadsskador ska undvikas och baseras på grundläggningsförhållanden, byggnadens konstruktion och användning samt avstånd till tunneln.

Kulturhistoriskt värdefulla byggnader har identifieras inom 150 meter på vardera sidan om tunneln linjen, för att kunna bedöma om behov finns av särskilt varsam sprängning i närheten av dessa eller av andra åtgärder för att säkra de kulturhistoriska värdena. Se figur 13 för Stockholms stadsmuseums klassificering av bebyggelsens kulturhistoriska värden i Stockholm samt kulturhistoriska värdefulla miljöer och bebyggelse i Solna. Arbetet sker enligt Bilaga B3 "Åtgärdsplan för vibrationer gällande kulturbyggnader". Förutom byggnader krävs försiktighet vad gäller vibrationer för byggarbeten i närheten av befintlig tunnelbana, Citybanan och andra undermarksanläggningar. På hela sträckan mellan Odenplan och Hagastaden krävs försiktig sprängning på grund av korta avstånd till bebyggelse och Grön linje.

Beroende på anläggningarnas komplexitet och närhet till bebyggelse finns det risk för att mindre skador uppkommer. Eventuella skador kommer att åtgärdas.

Med ovanstående arbetssätt bedöms risken för permanenta skador på byggnader som liten och de negativa konsekvenserna blir därmed små eller obefintliga. I närliggande byggnader bedöms det dock finnas risk för negativa konsekvenser i form av att människor upplever obehag till följd av vibrationer från byggarbetena.

Luftstöt vågor kan framför allt medföra obehagskänslor där avståndet mellan tunnelmynning och fastigheter bara är några 10-tals meter. Avstånd mellan arbetstunnlarnas mynningar och närliggande byggnader är längre än 10 meter och därför bedöms luftstöt vågor inte utgöra något problem.

7.3 Masshantering och transporter

7.3.1 Generell masshanteringsplan

SLL har tagit fram en generell masshanteringsplan, se Bilaga B1. Masshanteringsplanen syftar till att redovisa de berg- och jordmassor som uppstår i de olika delprojekten inom tunnelbaneutbyggnaden, regionens behov av bergmassor och möjliga användningsområden. Strategin utgör underlag för hur delprojekten ska arbeta med masshantering.

I Stockholms län finns ett stort behov av bergmassor till infrastruktur och bostadsbyggande. Behovet ligger på cirka tolv miljoner ton per år. Eftersom det finns ett stort behov av bergmassor är bergmassor som uppkommer vid byggande av bergtunnlar en biprodukt som både har ett ekonomiskt värde och är en efterfrågad produkt i regionen.

För att minimera de kostnader, utsläpp och omgivningsstörningar som transporter genererar kommer det att eftersträvas att i första hand hantera massorna lokalt, och när det är möjligt utan tillfälliga upplag och krossning. Att massorna kommer till direkt användning i ett närbeläget projekt är den möjlighet som först ska utvärderas. Det är inte alltid möjligt att transportera massorna direkt till ett byggprojekt. När det inte är möjligt att transportera massorna till ett mottagningsprojekt transporteras massorna till en mottagningsanläggning.

Krossning av bergmassor i närheten av arbetstunnlarna kan vara ett alternativ. Att minimera störningarna för de närboende är då en mycket viktig faktor. Sådan krossning är inte en del av den här prövningen, utan det hanteras i så fall genom en anmälan till berörd kommun.

Både alternativet där SLL skriver avtal med mottagare av massor och alternativet där berg-entreprenörerna själva ansvarar för masshanteringen är fungerande lösningar. Att undvika en reglering av vart massorna ska transporteras, ökar dock möjligheten till lokala lösningar och minskade transporter. Förutsättningarna kommer att se olika ut inom de olika entreprenaderna, till exempel vad gäller tillgång till ytor för upplag och krossning samt närhet till samtida byggprojekt, och det innebär att det finns fördelar med en styrning som medger en flexibilitet i hur massorna ska hanteras. Då kan lösningarna anpassas efter de lokala premisserna.

För att skapa goda förutsättningar för lokala lösningar är det viktigt att ha en nära dialog med berörda kommuner. Genom ett tätt samarbete med kommunerna ökar möjligheterna att massorna kan återanvändas i de projekt som planeras inom kommunen.

7.3.2 Transporter

Byggandet av den Gula linjen kommer att kräva transporter av stora mängder bergmassor och byggmaterial. Även mindre mängd jordmassor behöver transporteras bort. Bergmassorna kommer att transporteras ut via de tre arbetstunnlarna.

Bergmassorna transporteras med lastbil från arbetstunnlarna och vidare till mottagningsanläggningar och/eller anläggningsverksamheter såsom väg- eller bostadsbyggen. Antalet fordon per dygn kommer att styras av vilken mängd som kan transporteras per fordon. Ju större lastbilar desto färre antal transporter. Större fordon ger samtidigt högre buller. Vilken mängd massor som kan transporteras per fordon beror på vilka bärighetsklasser som respektive väg har. Ju högre bärighetsklass desto tyngre fordon kan köras på vägen (mer vikt per lastbil). Vilka fordon som väljs beror också på entreprenörernas tillgång till fordon.

Utöver transporter från arbetstunnlarna kommer mindre mängder berg och jord transporteras bort från de platser där ovanmarksanläggningar byggs.

Under de första åren kommer masstransporter att dominera transportflödet, men under de sista åren kommer det att vara mer intransport av byggmaterial. Exakt vilka vägar som kommer att användas som transportvägar är inte möjligt att närmare ange i detta skede.

7.3.3 Hantering av förorenade massor

Fyllningsjord kan ofta uppvisa förhöjda halter av framförallt metaller och PAH, medan naturlig jord som lera och morän generellt innehåller låga halter av exempelvis metaller.

I de områden där provtagning hittills utförts, i huvudsak vid planerade schakter för blivande stationslägen, påvisas ställvis förhöjda halter av metaller och PAH i fyllningsjord. Generellt är halterna under Naturvårdsverkets riktvärde för MKM (mindre känslig markanvändning), vilket motsvarar nuvarande markanvändning. Den påvisade föroreningsnivån bedöms som normal för fyllningsjord i storstadsmiljö.

Hantering av uppschaktad jord beror av föroreningsinnehåll. Om förhöjda halter påvisats kan denna jord inte återanvändas utan måste köras till deponi. Inför schakt kommer därför viss kompletterande provtagning och analyser behöva utföras för att säkerställa att massorna hanteras korrekt miljömässigt avseende transport, mottagningsanläggningars krav och eventuell återanvändning.

7.4 Luftkvalitet

Luftföroreningar med anledning av tunnelbaneutbygganden uppkommer både i byggskedet och i driftskedet.

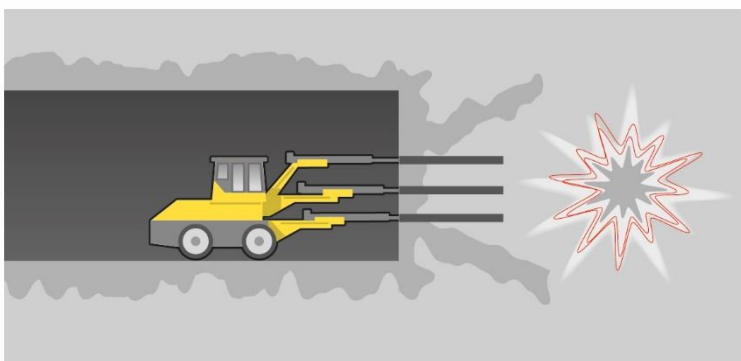
Under byggtiden genomförs ett antal aktiviteter som medför direkta och indirekta utsläpp till luft. Till exempel kan vissa arbetsmoment orsaka emissioner av partiklar till utomhusluft, exempelvis maskiner som utför schaktarbete ovan jord och lastbilar som genomför transporter. Tunnel-drivning ger upphov till spränggaser (kolmonoxid och kväveoxider) och kvävehaltigt damm. Byggverksamhet ovanmark ger upphov till damning,

Utifrån produktionstidplanen har de första två produktionsåren identifierats som de år som medför störst utsläpp till luft och följaktligen dimensionerande för bedömning av eventuella överskridanden av miljökvalitetsnormen.

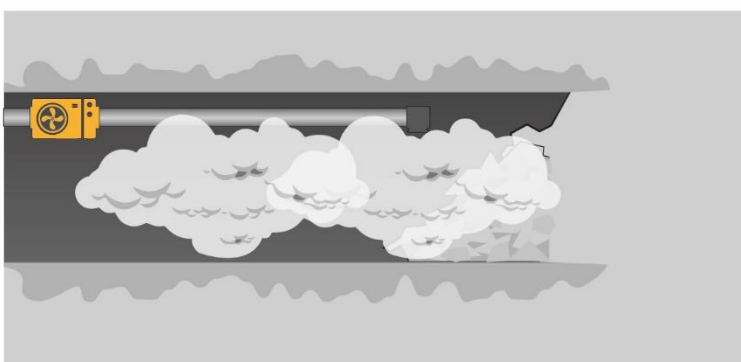
Miljökvalitetsnormer (MKN) för luft är gränsvärden för föroreningsnivåer som inte får överskridas i utomhusluften. I urban miljö är framförallt miljökvalitetsnormerna för kvävedioxid och partiklar relevanta att undersöka. Miljökvalitetsnormerna gäller inte inom arbetsområden men ska klaras utanför dessa.

7.4.1 Tunneldrivning

För att tunnelarbetena ska kunna utföras på ett för arbetsmiljön acceptabelt sätt krävs att spränggaserna i tunnarna ventileras ut, se figur 54. Radon kan avgå från berg till luft i samband med tunneldrivning. Även denna gas kommer att vädras ut med ventilationen. Utvädring av tunnelluften kommer att ske vid arbetstunnelmyningar och eventuella ventilationsschakt. Arbetstunnarna kommer att förses med fläktar vid myningarna som via ventilationstrummor leder ned friskluft samt trycker ut spränggaser, avgaser från fordon och radon.



Sprängning



Spränggasventilering

Figur 54. Illustration av spränggasventilering.

Halterna av spränggaser varierar mellan olika sprängningstillfällen beroende på utsläppens storlek, avståndet till källan och väderlek. Skillnader i vindförhållanden har en avgörande betydelse för vilka halter som uppkommer i omgivningen. Högst halter uppkommer vid svag vind, medan spränggaserna sprids och blandas ut snabbt när det blåser.

En lukt av spränggaser kommer troligtvis att kännas efter varje sprängning i närheten av de platser där spränggaserna ventileras ut. Förhöjda halter av kvävedioxid och andra luftföroreningar avklingar successivt och efter cirka 60 minuter är halterna tillbaka till normala värden. De halter av kvävedioxid som kan uppkomma utanför arbetsområdena bedöms inte leda till att några miljö kvalitetsnormer överskrids⁶.

Utvädning av spränggaser kan upplevas som störande om ventilationen mynnar i direkt anslutning till bostadsområden eller annan bebyggelse. Från tunnelmynningen är avståndet till bostäder cirka 80 meter. Från tunnelmynningen vid Dalvägen är avståndet till bostäder, skola och förskola cirka 60-100 meter. Höjdskillnaden mellan bebyggelsen och tunnelmynningen är stor och bebyggelsen

⁶ För Citybanan gjordes följande bedömning: Med utgångspunkt från de mätningar som genomfördes vid byggandet av Södra Länken var bedömningen att spränggaserna kan medföra en högsta halt av kvävedioxid (maxvärde för entimmesmedelvärden) på upp till 270 µg/m³ inom ett område av 50 meter från de mest utsatta tunnelmynningarna. Entimmesmedelvärdet som 98-percentil bedömdes dock bli lägre, för Södra Länken uppmättes halter kring 70 µg/m³. Med utgångspunkt från ovanstående bedöms miljö kvalitetsnormen för kvävedioxid, 90 µg/m³ räknat som timmedelvärde 98-percentil, inte överskridas. De halter som uppkommer bedöms inte ge någon betydelsefull påverkan på hälsan för de människor som utsätts för dem. (Banverket, 2007)

ligger dessutom högre än tunnelmynningen. Båda områdena kring mynningarna bedöms ha relativt god utvädring. Ventilationsförhållandena på platserna är därför goda. Risken för luktstörning från sprängningsarbeten bedöms som mycket liten.

Från tunnelmynningen vid Västra vägen är det cirka 30 meter till närmaste bostäder. Vissa bostäder ligger även i förhärskande vindriktning. Utan åtgärder bedöms det finnas en risk för luktstörning från sprängningsarbeten. Med åtgärder i form av ett ventilationstorn som för upp spränggaserna på högre höjd kan störningarna minska.

7.4.2 Ovanmarksarbeten och transporter

Inom etableringsytor och arbetsområden uppkommer luftföroreningar från fordon och arbetsmaskiner. Detta kommer att bidra till försämrad luftkvalitet på lokal nivå. Påverkan på luftkvalitet och risken för störningar bedöms vara liten.

När byggtrafiken kommer ut på det allmänna vägnätet bedöms den vara liten i förhållande till trafiken på berörda gator och vägar. Byggtrafiken kommer därför endast att medföra en obetydlig ökning av luftföroreningshalterna. Byggtrafiken kommer dock att nyttja vägar och gator där halter av luftföroreningar redan är höga. Det är därför viktigt att planera byggtrafiken samt att ställa krav på de fordon, maskiner och bränslen som används under byggtiden.

Byggarbeten ger upphov till damning som kan vara störande för närliggande bostäder. För att minska dammbildning kommer arbetsområden, etableringsytor och massor bevattnas vid torr väderlek.

8 Indirekta konsekvenser av sökt verksamhet

I detta avsnitt beskrivs de storskaliga och långsiktiga indirekta miljökonsekvenserna som alltså inte är direkt kopplade till grundvattenbortledningen. De indirekta miljökonsekvenserna är kopplade till drifttiden som sträcker sig över lång tid och bedöms som varaktiga.

8.1 Klimat

Ett nollalternativ innebär att den planerade tunnelbanan inte byggs. Att bygga ut och driftsätta tunnelbanan skapar bättre möjligheter att resa till och från Odenplan och Arenastaden än nollalternativet. Projektet bedöms öka utsläppen av klimatgaser på kort sikt eftersom det i samband med byggskedet kommer ske stora men tillfälliga utsläpp av klimatgaser, både indirekt via de material som används och direkt från arbetsmaskiner, transporter med mera. Projektet skapar samtidigt förutsättningar för mindre buss- och biltrafik jämfört med om Gul linje inte byggs ut. På lång sikt bedöms utbyggnad av Gul linje kunna medföra mindre utsläpp av klimatgaser från transportsektorn jämfört med om den inte byggs.

8.2 Människors hälsa

Utbyggnaden och driften av tunnelbanan innebär bättre möjligheter att resa mellan Odenplan och Arenastaden med kollektivtrafik än nollalternativet. Därmed finns det en potential för att minska transporter med personbil och buss från andra delar av regionen. Under drifttiden kommer hela sträckningen av den nya tunnelbanan mellan Odenplan och Arenastaden station ligga under mark. Med stomljusdämpande åtgärder under spår och/eller byggnader så undviks störningar som annars riskerar uppstå under anläggningens drifttid. Anläggningar som exempelvis ventilationsschakt utformas så att Naturvårdsverkets riktlinjer för externt industribuller klaras.

Konsekvenserna av Gula linjen är positiva för människors hälsa, då utsläpp av föroreningar, påverkan från buller och påverkan från partiklar från vägslitage kan minska i förhållande till nollalternativet.

Sammantaget bedöms de indirekta konsekvenserna för människors hälsa under drifttiden av det aktuella projektet som positiva.

8.3 Hushållning med mark och landskap

Genom att bygga ut kollektivtrafiken med tunnelbana och att i möjligaste mån förlägga såväl tunnlar och anläggningar under mark hushåller SLL med marken i Stockholmregionen. Marken kan då användas för andra ändamål som är angelägna i en expansiv storstadsregion, till exempel nya bostäder, arbetsplatser eller rekreationsområde.

Sammantaget bedöms den indirekta konsekvensen för hushållningen med mark och landskap under drifttiden av det aktuella projektet som positiv i relation till nollalternativet.

9 Samlad bedömning

Tunnelbaneutbyggnaden ger i sin helhet positiva konsekvenser för det regionala klimatet genom att resande med tunnelbana släpper ut mindre växthusgaser än motsvarande resor med personbil och buss. Utbyggnaden ger också positiva konsekvenser för hälsan, då utsläpp av föroreningar, påverkan från buller och partiklar kan minska i förhållande till nollalternativet.

Den samlade bedömningen för vattenverksamheten är att det blir små negativa konsekvenser av grundvattenbortledning till Gula linjens anläggning under bygg- och drifttid. Nedan (tabell 9) redovisas en sammanställning av de konsekvenser som kan uppstå av vattenverksamheten. Konsekvenserna redovisas inklusive de skyddsåtgärder som SLL kommer att genomföra.

Tabell 9. Samlad bedömning (med vidtagna skyddsåtgärder) av konsekvenser av grundvattenbortledning under bygg- och drifttid samt övergående störningar under byggtiden.

Miljöaspekt	Skyddsåtgärder	Konsekvenser
Grundvattenbortledning		
Grundvatten i jord	Skyddsinfiltration genomförs vid behov under bygg- och drifttid för delar av sträckan. Potentiella infiltrationsområden har tagits fram.	En samlad bedömning för mark, byggnader och anläggningar i jord på grund av en grundvattenbortledning är att det med vidtagna skyddsåtgärder bedöms bli små negativa konsekvenser under både bygg- och drifttid, men variera inom de olika lerområdena bland annat på grund av sättningskänslighet och avstånd till tunneln.
Grundvatten i berg	Utgångspunkten är att fastighetsägare med brunnar ska få kompensation för den påverkan som eventuellt kan ske.	Det är inte möjligt att i förhand förutse vilka brunnar som kan påverkas. De negativa konsekvenserna bedöms som måttliga. Inga skyddsåtgärder kommer att vidtas.
Spridning av föroreningar		Då ingen spridning av förorenat grundvatten bedöms ske till nya områden under varken bygg- eller drifttiden bedöms konsekvenserna av spridning av föroreningar på människors hälsa och naturmiljö generellt bli liten. Vid Arenastaden bedöms dock de negativa konsekvenserna för människors hälsa på byggarbetsplatsen under byggtiden bli måttliga då grundvatten förorenat med klorerade alifaterna kan rinna till schaktgroparna innan de hinner bli helt tätade. Då rening av tillrinnande vatten till schaktgroparna renas på plats och skickas till spillvattennätet kan det bidra till positiva konsekvenser för miljön i området då en del av den befintliga föroreningen renas och pumpas bort.

Miljöaspekt	Skyddsåtgärder	Konsekvenser
Ytvatten	Rening av dränvatten i en VA-anläggning. Separat rening sker av klorerade alifater vid Arenastaden. Vid behov kan dränvattnet skickas till spillvattnet istället för dagvattnet och vidare till recipienten Ulvsundasjön.	Utsläpp av dränvatten från Gul linje till Ulvsundasjön under drifttiden bedöms ge små negativa konsekvenser och inte påverka dess status, inte ens tillfälligt. Utsläppet kommer därmed inte att påverka möjligheten att följa MKN för Ulvsundasjön.
Naturmiljö	Skyddsinfiltration av vatten kan vid behov tillämpas.	En potentiell grundvattenbortledning i övre grundvattenmagasin under byggtiden bedöms totalt ge små negativa konsekvenser på naturmiljön inklusive trädbestånden. Ingen påverkan sker under drifttiden.
Kulturmiljö	Inga skyddsåtgärder förslås.	Det är enbart ett fornminnesobjekt som har identifierats som känsligt för en eventuell grundvattensänkning. För RAÄ Solna 106 bedöms den negativa konsekvensen bli liten under både bygg- och drifttid.
Övergående störningar under byggtiden		
Buller	Åtgärdsplan för buller och stomljud används för att minska störningarna. Bland annat erbjuds tillfällig vistelse där behov finns.	Luftburet buller kommer att orsaka störningar för flera bostadsområden. Byggandet av station Arenastaden sker i närheten av bostadsbebyggelse vilket bedöms ge upphov till betydande bullerstörningar. Stora negativa konsekvenser bedöms uppstå och risken för bullerstörning bedöms som stor. Byggandet av station Hagastaden bedöms ge upphov till störningar i verksamhetsbyggnader, bland annat Nya Karolinska Solna. Måttliga – stora negativa konsekvenser bedöms uppstå.
Stomljud	Åtgärdsplan för buller och stomljud används för att minska störningarna. Bland annat erbjuds tillfällig vistelse där behov finns.	Stomljud kommer att orsaka störningar för flera bostadsområden, framför allt inom Vasastaden. Stora negativa konsekvenser bedöms här och ett stort antal boende och personer i verksamheter m.m. bedöms bli störda under relativt lång tid. Även vid Hagastaden bedöms det bli stora negativa konsekvenser med stor risk för störning i NKS som är en känslig verksamhet. I övriga områden bedöms de negativa konsekvenserna som måttliga.

Miljöaspekt	Skyddsåtgärder	Konsekvenser
Vibrationer	Åtgärdsplan för vibrationer gällande kulturbyggnader används. Vibrationskänslig verksamhet och utrustning skyddas.	Med planerat arbetssätt bedöms risken för skador på byggnader som liten och de negativa konsekvenserna blir därmed små eller obefintliga. I närliggande byggnader bedöms det dock finnas risk för negativa konsekvenser i form av att människor upplever obehag till följd av vibrationer från byggarbetena.
Masshantering	SLL Masshanteringsplan kommer att användas.	Bergmassorna från utbyggnaden kommer att återanvändas inom regionen så det blir små positiva konsekvenser.
Luftkvalitet	Ventilationstorn som för upp spränggaserna på högre höjd.	Byggprocessen förväntas inte orsaka mer än ytterst marginella effekter på totalhalter av kvävedioxid och partiklar. Det blir inget överskridande av miljökvalitetsnormerna. Från tunnelmynningen vid Västra vägen är det dock cirka 30 meter till närmaste bostäder. Vissa bostäder ligger även i förhärskande vindriktning. Utan åtgärder bedöms det finnas en risk för luktstörning från sprängningsarbeten.

10 Miljömål

10.1 Nationella miljömål

De nationella miljö kvalitetsmålen består av ett generationsmål, 16 miljö kvalitetsmål samt flera etappmål. Generationsmålet utgör målet och inriktningen för Sveriges miljö politik: "Det övergripande målet för miljö politiken är att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljö problemen i Sverige är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser".

Målet ger både stöd i arbetet att skydda naturvärden samt vägledning i den samhällsomställning som behöver göras för att klara målet. Enligt generationsmålet ska svensk miljö politik bland annat arbeta för att "Andelen förnybar energi ökar och att energianvändningen är effektiv med minimal påverkan på miljön".

Miljö kvalitetsmålen anger det tillstånd i miljön som miljö arbetet ska leda till. De miljö mål som är mest relevanta för ansökan om tillstånd för grundvattenbortledning i projektet har skrivits med fetstil nedan.

1. Begränsad klimatpåverkan
2. Frisk luft
3. Bara naturlig försurning
4. Giftfri miljö
5. Skyddande ozonskikt
6. Säker strålmiljö
7. Ingen övergödning
8. Levande sjöar och vattendrag
9. Grundvatten av god kvalitet
10. Hav i balans samt levande kust och skärgård
11. Myllrande våtmarker
12. Levande skogar
13. Ett rikt odlingslandskap
14. Storslagen fjällmiljö
15. God bebyggd miljö
16. Ett rikt växt- och djurliv

I *Tabell 10* beskrivs de utvalda målen och projektets bedömda inverkan på möjligheten att nå miljö målet.

Tabell 10. Relevanta miljömål för ansökan om tillstånd för grundvattenbortledning i projektet och projektets bedömda inverkan på möjligheten att nå miljömålet.

Miljömål	Riksdagens definition	Projektets bedömda inverkan på möjligheten att nå miljömålet
Begränsad miljöpåverkan*	Halten av växthusgaser i atmosfären ska i enlighet med FN:s ramkonvention för klimatförändringar stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig. Målet ska uppnås på ett sådant sätt och i en sådan takt att den biologiska mångfalden bevaras, livsmedelsproduktionen säkerställs och andra mål för hållbar utveckling inte äventyras. Sverige har tillsammans med andra länder ett ansvar för att det globala målet kan uppnås.	Genom att projektet möjliggör för klimateffektiv kollektivtrafik i Stockholms stad och Järfälla kommun bidrar projektet till att nå målet.
Frisk luft*	Luften ska vara så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas.	Projektet skapar förutsättningarna för att människor ska välja att använda kollektivtrafiken och väntas därmed leda till mindre bilåkande än om utbyggnaden inte genomförs, vilket bidrar positivt till målet.
Giftfri miljö*	Förekomsten av ämnen i miljön som har skapats i eller utvunnits av samhället ska inte hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden. Halterna av naturfrämmande ämnen är nära noll och deras påverkan på människors hälsa och ekosystemen är försumbar. Halterna av naturligt förekommande ämnen är nära bakgrunds nivåerna.	Projektet bidrar till måluppfyllelsen genom krav på val av kemikalier i byggtiden samt genom krav på kemiska ämnen i byggnadsmaterial.
Levande sjöar och vattendrag	Sjöar och vattendrag ska vara ekologiskt hållbara och deras variationsrika livsmiljöer ska bevaras. Naturlig produktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljövärden samt landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion ska bevaras, samtidigt som förutsättningar för friluftsliv värnas.	Projektets föreslagna skyddsåtgärder minimerar negativ påverkan på vattendragen och måluppfyllelsen bedöms inte försvåras.
Grundvatten av god kvalitet	Grundvattnet ska ge en säker och hållbar dricksvattenförsörjning samt bidra till en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag.	Projektets föreslagna skyddsåtgärder minimerar negativ påverkan på grundvattennivåer. Grundvattenkvaliteten försämras inte
Myllrande våtmarker	Våtmarkernas ekologiska och vattenhushållande funktion i landskapet ska bibehållas och värdefulla våtmarker bevaras för framtiden.	Flera våtmarker berörs av projektet. De negativa konsekvenser för de naturvärden som är knutna till dessa bedöms vara inga eller små, varför projektet inte bedöms påverka miljömålet negativt.

Miljömål	Riksdagens definition	Projektets bedömda inverkan på möjligheten att nå miljömålet
God bebyggd miljö*	Städer, tätorter och annan bebyggd miljö ska utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en god regional och global miljö. Natur- och kulturvärden ska tas till vara och utvecklas. Byggnader och anläggningar ska lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktigt god hushållning med mark, vatten och andra resurser främjas.	Utbyggnad under mark minimerar intrång i naturmiljöer. Projektet möjliggör för ökad tillgänglighet mellan Stockholms stad och Järfälla kommun, vilket bidrar positivt till miljömålet.
Ett rikt växt- och djurliv*	Den biologiska mångfalden ska bevaras och nyttjas på ett hållbart sätt, för nuvarande och framtida generationer. Arternas livsmiljöer och ekosystemen samt deras funktioner och processer ska värnas. Arter ska kunna fortleva i långsiktigt livskraftiga bestånd med tillräcklig genetisk variation. Människor ska ha tillgång till en god natur- och kulturmiljö med rik biologisk mångfald, som grund för hälsa, livskvalitet och välfärd.	Utbyggnad under mark minimerar intrång i naturmiljöer. Bortledningen av dräneringsvatten under drifttiden från tunnlarna är så liten att den inte kommer att orsaka några förändringar av naturmiljön. Målpuppfyllelsen bedöms inte försvåras. Projektet bedöms inte påverka målet negativt.

* Miljömål prioriterade av Länsstyrelsen i Stockholms län (2013).

10.2 Lokala miljömål

Kommunerna har i sin tur brutit ner de nationella miljömålen till kommunal nivå. Här redovisas relevanta kommunala miljömål.

Stockholms stad

Stockholms stad presenterar de lokala miljömålen i Stockholms miljöprogram 2016-2019 som antogs av kommunfullmäktige den 4 april 2016. Miljöprogrammet är uppbyggt kring sex övergripande miljömål som utgör en lokal precisering av de 16 nationella miljökvalitetsmålen som är mest relevanta för Stockholm:

- Hållbar energianvändning
- Miljöanpassade transporter
- Hållbar mark- och vattenanvändning
- Resurseffektiva kretslopp
- Giftfritt Stockholm
- Sund inomhusmiljö

Tunnelbaneutbyggnaden bidrar till att uppfylla målen Hållbar energianvändning, Miljöanpassade transporter och Hållbar mark- och vattenanvändning, genom att:

- Tunnelbana är ett energieffektivt och miljöanpassat sätt för människor att transportera sig på och för att den inte tar mark i anspråk som kan användas till annat.

Inom projektet finns mål om att utbyggnaden aktivt ska styra bort från gifter i byggnadsmaterial vilket styr mot målet Giftfritt Stockholm. Övriga miljömål berörs inte.

Solna stad

Solna stad har tagit fram ett miljöprogram. Programmet lägger fast strategier för hur Solna stad ska arbeta med miljöfrågor för att kunna uppfylla EU-direktiv, nationella och regionala miljö- och hälsomål, samt stadens vision och mål. Totalt omfattar programmet fyra fokusområden som utgår från de miljöaspekter som är mest relevanta för Solna stad:

- Kretsloppsanpassad avfallshantering
- Hållbar energi- och transportanvändning
- Hållbart stadsbyggande
- Sunda inomhusmiljöer

Tunnelbaneutbyggnaden kopplar till områdena Hållbar energi- och transportanvändning och Hållbart stadsbyggande genom att:

- Det är ett energieffektivt sätt för människor att transportera sig på och för att den inte tar mark i anspråk som kan användas till annat.

Övriga miljömål berörs inte.

11 Kontrollprogram

Innan byggstart kommer kontrollprogram att upprättas för att säkerställa kontroll och uppföljning av vattenverksamheten och den påverkan som kan uppkomma i omgivningen. Kontrollprogrammen beskriver vilka kontroller som ska utföras, när åtgärder ska vidtas och hur resultat ska redovisas och kommuniceras med tillsynsmyndigheterna.

Under byggtiden kommer bland annat följande kontroller att utföras:

- Mätning av inläckage till bergtunnlar och schakt
- Mätning av grundvattennivåer i jord och berg
- Mätning av sättningrörelser i byggnader, anläggningar och mark
- Mätning av volym infiltrerat vatten
- Mätning av luftburet buller och stomljud
- Mätning av vibrationer
- Kvalitetskontroll av länshållningsvatten

11.1 Grundvatten

Mätning av parametrar avseende grundvatten påbörjas i förskedet för att erhålla erforderlig referensdata. Ett kontrollprogram för byggtiden upprättas i samråd med tillsynsmyndigheten. Nedan beskrivs de parametrar som kontrollprogrammet för grundvatten omfattar.

11.1.1 Inläckage till bergtunnlar och schakt

Kontroll av volym inläckande grundvatten till tunnlar och schakt utförs genom registrering av volym bortpumpat vatten, volym använt processvatten samt genom mätningar i anlagda mättdammar och pumpgropar i tunnarna. För inläckage till bergtunnlar kommer det att ansättas en åtgärdsnivå som styr när kompletterande tätningsåtgärder ska vidtas.

11.1.2 Grundvattennivåer i jord och berg

Grundvattennivåmätningar i jord och berg utförs i observationspunkter inom influensområdet för att säkerställa att inga skadliga nivåsenkningar uppkommer. Åtgärdsnivåer bestäms för observationspunkter kopplade till sättningskänsliga objekt och styr när en åtgärd, företrädesvis infiltration, måste vidtas. Nivåmätningar i berg kommer att innefatta nivåmätningar i energibrunnar inom influensområdet.

11.1.3 Sättningsrörelser i byggnader, anläggningar och mark

Sättningskontroller utförs inom lerområden där det finns sättningskänsliga objekt genom att precisionsavväga dubbar på byggnader och konstruktioner, markpegel och markförlagda konstruktioner.

11.1.4 Infiltration

När infiltration utförs kontrolleras denna genom att mäta flöde och volym infiltrerat vatten.

11.2 Miljöfarlig verksamhet

Ett kontrollprogram för byggtiden upprättas i samråd med tillsynsmyndigheten. Nedan beskrivs de parametrar som kontrollprogrammet för miljöfarlig verksamhet omfattar.

11.2.1 Byggbuller

Mätning av luftburet buller görs, i första hand, vid fasad vid byggnader i entreprenadernas närhet. Mätningarna utförs i samband med att ett bulleralstrande arbetsmoment påbörjas, stickprovvis och för att följa upp klagomål. Stomljudsmätningar utförs i fastigheter i närhet till tunnelfront. Urval av mätpunkter görs utifrån identifiering av känsliga miljöer samt beräkningar av buller-och stomljuds nivåer. Åtgärder hanteras enligt störningstrappa (7.1.3), där exempelvis dämpning av ljudet vid källan ingår.

11.2.2 Vibrationer

Byggnader känsliga för vibrationer, inom 150 meter från anläggningen, för- och efterbesiktigas. Riktvärden för vibrationsnivåer tas därefter fram och vibrationer mäts vid vibrationsalstrande arbetsmoment med hjälp av vibrationsgivare på utvalda objekt. Om ett riktvärde överskrids kan vibrationsdämpande åtgärder utföras, till exempel förändrad sprängningsplan inför kommande sprängningar.

11.2.3 Kvalitetskontroll av länshållningsvatten

Länshållningsvatten genomgår rening i lokala anläggningar innan bortledning. För att kontrollera kvaliteten på det vatten som leds bort genomförs vattenkemiska analyser på utgående vatten. Om uppmätta halter överskrider ansatta krav utreds anledningen till detta. Om överskridandet kan kopplas till ett specifikt arbetsmoment ses arbetsmetoden över. Överskridanden kan också åtgärdas genom att implementera ytterligare reningssteg i reningsanläggningen.

12 Samråd

Samråd för denna ansökan om tillstånd för vattenverksamhet enligt 11 kap. miljöbalken har samordnats med samråd för järnvägsplanen och dess MKB. Samrådsredogörelsen som redovisas i Bilaga B4 är därför gemensam för båda dessa processer. Genom så kallat samordnat planförfarande kan samråden också tillgodoräknas planprocessen enligt Plan- och bygglagen.

Samråd har hållits sedan arbetet med tunnelbana Odenplan till Arenastaden påbörjades. Processen inleddes sommaren 2014 och pågick till och med 15 januari 2016 då det samråd som hölls med allmänheten december 2015/ januari 2016 avslutades. Ett kompletterande samråd hölls under perioden 26 oktober till och med 15 november 2016. Kompletteringen redovisade det nya stationsläge för Arenastaden och en ny trafikeringslösning för Gula linjen som knyter ihop Solna med söderort samt utredningen av nytt stationsläge i Hagalunds industriområde. Ytterligare ett kompletterande samråd hölls under perioden 9 januari till och med 22 januari 2017. Detta samråd utfördes med anledning av att arbetet med utformningen av station i Hagalunds industriområde hade kommit längre samt för att redovisa de fördjupade studierna av arbets- och servicetunnlarna i Hagastaden.

Samrådsprocessen har varit löpande med många möten och omfattande skriftväxling. Samråds-serier har utförts med allmänheten, myndigheter, organisationer och intressenter. Samrådsmöten har hållits kontinuerligt under hela samrådsprocessen. För allmänheten har tre samrådsperioder hållits, en 2014, en 2015/2016 och det sista kompletterande samrådet i november 2016. De allmänna mötena har vid de tre samråden hållits i form av öppna hus. Vid det första samrådet 2014 anordnades öppna hus med allmänheten på Solna bibliotek den 25 november 2014, på Karolinska Institutet den 27 november 2014 och i Gustaf Vasa kyrka den 2 december 2014. Inför det andra samrådet genomfördes två allmänna möten i december 2015. Öppet hus med allmänheten ordnades den 9 december 2015 i Solna bibliotek och den 10 december 2015 i lokal 7 A Odenplan på Norrtullsgatan 6. Det tredje samrådet hölls den 8 november 2016 i Vasa Real (Vasastan) och den 10 november 2016 i Mall of Scandinavia (Arenastaden). Inbjudan till samtliga samråd och information om projektet har skickats till fastighetsägare, hushåll och företag i Solna och Stockholm och även funnits tillgängligt på förvaltningen för utbyggd tunnelbanas hemsida. Inför samråden öppnades även en webbenkät på SLLs hemsida som varit tillgänglig för allmänheten att besvara.

En sammanfattning av alla inkomna synpunkter under hela samrådsperioden redovisas i samrådsredogörelsen i Bilaga B4.

12.1 Samråd med tillsynsmyndigheter

Myndigheter har delgivits underlag och möjlighet att inkomma med synpunkter under samrådsperioderna, se Bilaga B4 till ansökan. Vid sidan av detta har SLL också hållit specifika samrådsmöten med de myndigheter som är särskilt berörda, som tillsynsmyndighet eller sektorsansvarig myndighet, av utbyggnaden av tunnelbanan. Nedan redogörs för genomförda samrådsmöten med myndigheter som är specifika för vattenverksamheten.

Ett formellt samrådsmöte hölls 2015-06-09 med Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholms stad och Solna stad, tillsynsmyndigheterna för tunnelbana till Arenastaden. Sundbybergs stad var inbjudna till detta möte och delgavs samrådsunderlaget men deltog inte. Mötet syftade till att informera om upplägget av miljöansökan, ta del av tillsynsmyndigheternas synpunkter och diskutera tillsynsansvar. Under mötet diskuterades hantering av risker och skadeförebyggande

åtgärder, potentiella riskobjekt längs tunnelbanesträckningen för Gul linje, hantering av omgivningsstörningar (miljöfarlig verksamhet) som utsläpp av vatten, buller och vibrationer samt upplägg och avgränsning av MKB för tillståndsansökan. Vidare diskuterades också tillsynsmyndigheternas uppdelning av tillsynsansvar.

2015-09-07 hölls ett samrådsmöte med länsstyrelsen med syfte att diskutera prövningsupplägg och villkorsformulering för utbyggnaden av tunnelbanan. Sammanfattningsvis ansåg länsstyrelsen att arbetssättet är bra, men att de vill diskutera villkorsupplägget vidare. Det är viktigt att villkoren går att följa upp.

2015-10-06 hölls ett samrådsmöte med Solna stad om prövnings- och villkorsupplägg för utbyggnaden av tunnelbanan. Avseende villkor för buller rekommenderar Solna stad att avsteg från normala arbetstider ska ske i samråd med kommunen och inte efter ett godkännande eftersom det senare gör processen svårarbetad. Tillsynsmyndigheten vill vara delaktig i alla frågor som rör tunnelbanans vattenhantering. De är av åsikten att villkor för länshållningsvatten inte ska innefatta några haltangivelser, halter ska hanteras i kontrollprogram.

2015-11-12 hölls ett samrådsmöte med Stockholms stad om prövnings- och villkorsupplägg för utbyggnad av tunnelbanan. Diskussion fördes bland annat om villkorformulering för buller. Stockholms stad hänvisar till de allmänna råden för buller från byggplatser. De har i andra projekt medgett avsteg från de allmänna råden på vardagkvällar. Stockholms stad anser inte att avsteg från riktvärdena ska medges under lördagar. Stockholms stad framför också att det är viktigt att ha en samordning avseende bullerfrågor med andra projekt som bedrivs samtidigt som tunnelbaneutbyggnaden.

2016-06-29 – 2016-07-01 hölls samrådsmöten med Solna stad, Stockholm stad och länsstyrelsen med anledning av ett optimeringsarbete som pågått under våren. De förändringar av anläggningen som optimeringsarbetet lett till och hur det påverkar olika miljöaspekter redovisades. Vidare diskuterades det kontrollprogram som SLL tar fram för miljöfarlig verksamhet.

Specifika samråd för tillståndsansökan har även hållits med Naturvårdsverket, Riksantikvarieämbetet, Statens geotekniska institut och Sveriges geologiska undersökning. En sammanställning av alla samråd redovisas i Bilaga B4.

13 Referenser

Regional utvecklingsplan för Stockholms regionen, RUF 10, R 2010:5 (Antagen av landstingsfullmäktige 2010)

Ekologigruppen AB, 2016, *Trädinventering Dalvägen, Solna, Biologiska värden, Slutversion 2016-01-07*

Förvaltning för utbyggd tunnelbana, 2015, *PM Provtagning av vatten i tunnelbanan – Analys av vattenkemi och jämförelse med riktvärden, 2015-08-28*

PM Arkeologi och grundvattenpåverkan, Arbetsmaterial, WSP, 2015-10-16.

Banverket, 2007, Citybanan i Stockholm, Spårtunnel Tomtebodan – Riddarholmen, *Tillståndsansökan för vattenverksamhet, Bilaga 3 PM Hydrogeologi, Spårtunnel Tomtebodan – Riddarholmen, 2007-02-28, F07-2141/AL20*

SGU, 1997, *Grundvatten i Stockholm, Tillgång, sårbarhet, kvalitet. Utfört på uppdrag av Stockholms miljöförvaltning.*

www.smhi.se

Solna stad, 1988, *Kulturminnesvårdsprogram för Solna*

Länsstyrelserna, 2016-2017, *VISS - vatteninformationssystem i Sverige*,
<http://www.viss.lansstyrelsen.se/>

Mark- och miljödomstolen, 2015, gällande tillstånd, undersökt oktober 2015

Solna stad 2015, *Miljöpolicy för Solna stad*

Stockholms läns landsting. *Miljöprogram 2017-2021. Antaget av landstingsfullmäktige 2016-11-15.*

Naturvårdsverkets rapport 4638, *Generella riktvärden för förorenad mark.*

Naturvårdsverket, 2004, *Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggplatser, NFS 2004:15*

Stockholms stadsmuseums byggnadsklassificering:
kartor.stockholm.se/bios/dpwebmap/cust_sth/kul/klassificering/DPWebMap.html

Solna stads bullerkartläggning:
<https://www.solna.se/sv/boende-miljo/inomhusmiljo/buller/buller-fran-trafik/>

Stockholms stads bullerkartläggning:
<http://www.stockholm.se/TrafikStadsplanering/Trafik-och-resor-/Trafik-och-miljo/Trafikbuller/Bullerkartor/>

Stockholms läns landsting, 2015-11-20, *Åtgärdsplan för buller och stomljud under byggtiden*

Stockholms stadsmuseum 2007 och Riksantikvarieämbetet, *Byggnadsregistret 1998*

Generella riktvärden för förorenad mark. Naturvårdsverkets rapport 4638.

Alla tiders Stockholm. Riksintressen för kulturmiljövården, Stockholmia förlag, 2014

Stockholms läns landsting, Teknisk beskrivning, 2017-01-18, *Tillståndsansökan enligt miljöbalken för tunnelbana mellan Odenplan och Arenastaden*

Stockholms läns landsting, PM hydrogeologi, 2017-01-18, *Miljöprovning för tunnelbana från Odenplan till Arenastaden*

Stockholms läns landsting, 2015, *Miljökonsekvensbeskrivning, Järnvägsplan gällande utbyggnad av tunnelbana mellan Odenplan och Arenastaden, samrådshandling 2015-11-26*

Stockholms läns landsting, *PM Arkeologi och grundvattenpåverkan, Arbetsmaterial 2016-12-20*

Stockholms läns landsting; Trafikförvaltningen, *PM Provtagning av vatten i tunnelbanan. 2016.*

Stockholm Vattens riktlinjer för länshållningsvatten.

Stockholms läns landsting har ansvar för att genomföra tunnelbanans utbyggnad inom ramen för 2013 års Stockholmsförhandling. Det innebär planering, projektering och byggnation av ny tunnelbana och nya stationer på fyra olika sträckor. För att kunna genomföra projektet behöver också depåkapaciteten ökas och nya tåg köpas in. Byggstarten beräknas kunna ske 2018 och byggtiden beräknas vara sex till åtta år.