



PM hydrogeologiska beräkningar, kvarter Diametern, Huddinge kommun

R-Infra 23084

Författare: Viktor Plevrakis & Ashutosh Singh

Rejlers AB

2023-03-17

Uppdragsnummer 179484	R-Infra 23084	Datum 2023-03-17	Antal sidor 12	Antal bilagor 3
Uppdragsledare Tommy Lundberg		Beställares referens Hugo Dammert		Beställares ref nr
Beställare Viktoria Kungens kurva AB				
Rubrik PM hydrogeologiska beräkningar, Diametern 2 m.fl., Huddinge kommun				
Underrubrik				
Författad av Viktor Plevrakis & Ashutosh Singh				Datum 2023-03-17
Granskad av Tommy Lundberg				Datum 2023-03-17
Rejlres Sverige AB www.rejlers.se Org.nr: 556051 – 0272				

Innehåll

PM hydrogeologiska beräkningar, kvarter Diametern, Huddinge kommun	1
1 Uppdraget	4
2 Hydrogeologiska förhållanden	6
3 Numerisk modellering för grundvattenpåverkan under bygg- och driftskede	7
3.1 Förutsättningar och antaganden	7
3.2 Modelleringsresultat	8
3.2.1 Byggskede	8
3.2.2 Driftskede	8
3.3 Skadeobjekt	9
4 Skyddsåtgärder	11
5 Vattenverksamhet	11
6 Slutsatser och rekommendationer	11
Referenser	12
 Bilaga 1 Högsta beräknade grundvattennivåer	
Bilaga 2 Beräknad hydraulisk konduktivitet	
Bilaga 3 Modellering	

1 Uppdraget

Rejlers AB har på uppdrag av Victoria Kungens Kurva AB upprättat föreliggande PM inför planerad vattenverksamhet i form av bortledning av grundvatten i samband med en del av genomförandet av detaljplan Diametern 2 m.fl. DP 1. i Huddinge kommun.

Detaljplanen medger genomförande av 7 bostadskvarter, innehållande tre förskolor och en skola samt allmän platsmark (gator, ledningar, park m m), se figur 1-1.



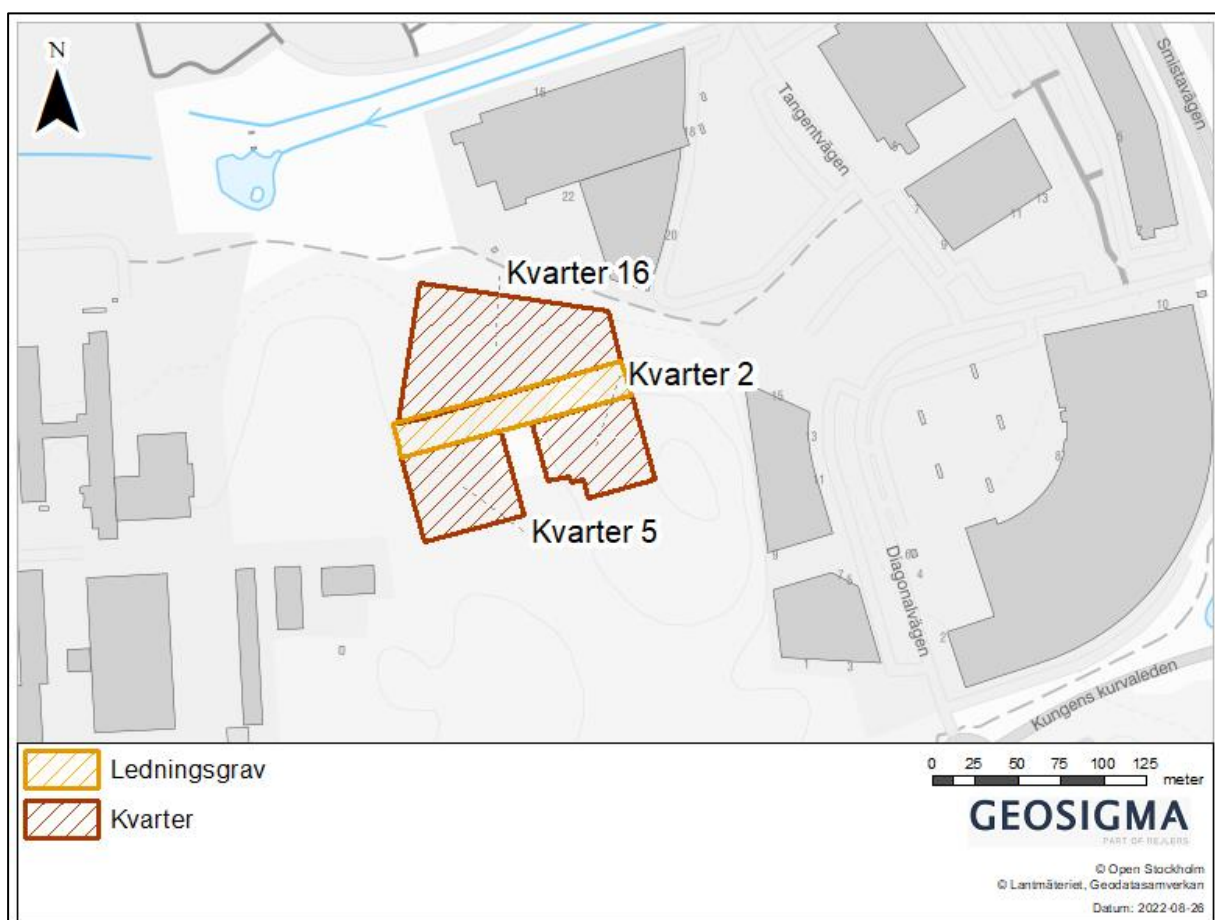
Figur 1-1. Plankarta med de kvarter 2, 5 och 16 som är aktuella för vattenverksamhet inom blå polygon. Ledningsschakt som medför vattenverksamhet sker i gatumarken direkt söder om kvarter 16 i ost-västlig riktning.

Uppdraget har fokuserat på den del av planområdet som helt eller delvis kommer att grundläggas under grundvattennivån, närmare bestämt kvarter 2, 5 och 16 samt för en planerad ledningsgrav i gata 6 direkt söder om kvarter 16, se figur 1-2. Hydrogeologiska beräkningar har utförts i syfte att utreda utbredningen av eventuella påverkansområden som ett komplement till bedömningar i en tidigare utredning utförd av Structor (2021). Rejlers och Structors PM är endast i vissa delar jämförbara på grund av ändrade förutsättningar, bl a vad gäller grundläggningsnivåer för de aktuella kvarteren.

Påverkansområden har beräknats för både byggskede och driftskede. Utredningen syftar även till att undersöka om några allmänna eller enskilda intressen kan komma att ta skada av en eventuell grundvattenavsänkning.

De hydrogeologiska beräkningarna har utförts både för beräkning av influensområden och påverkansområden. Ett influensområde kännetecknas av hela det området runt en brunn eller ett schakt, där grundvattennivåerna påverkas av vattenuttaget. Ett påverkansområde är däremot ett avgränsat område utifrån en bestämd avsänkning av grundvattennivåerna. I detta PM baseras beräknade påverkansområden på de områden utanför de planerade schakterna där grundvattenavsänkningen är minst 0,1 m. En grundvattenavsänkning som är mindre än 0,3 m anses vara jämförbar med den naturliga säsongsvariationen under året, och anses inte utgöra någon risk för sättningsskador på byggnader eller infrastruktur under byggskedet. I detta PM har dock använts ett mer konservativt tröskelvärde på 0,1 m på grund av närheten till Gömmarens naturreservat direkt söder om planområdet.

Samtliga höjder i PM hydrogeologi är angivna i höjdsystemet RH 2000.

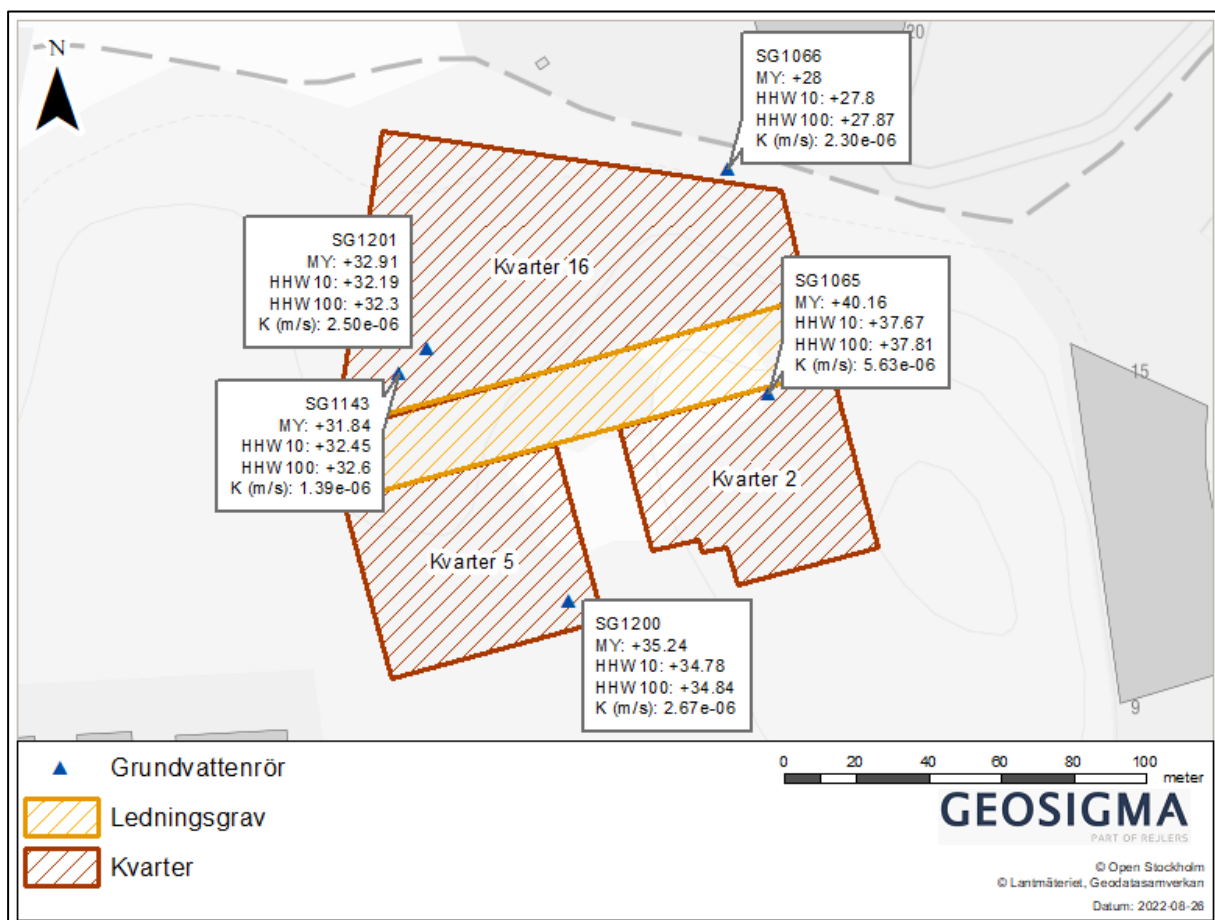


Figur 1-2. Planerat läge för kvarter 2, 5 och 16 samt planerad utsträckning för ledningsgraven (Lantmäteriet, 2022c).

2 Hydrogeologiska förhållanden

Som en del av den hydrogeologiska utredningen har hydrauliska tester i form av slugtester utförts i fem grundvattenrör intill planerat läge för de tre kvarteren och ledningsgrav, se figur 2-1 för grundvattenrörens placering. Slugtest utförs för att undersöka jordens förmåga att leda vatten, även kallat hydraulisk konduktivitet. Den hydrauliska konduktiviteten vid respektive grundvattenrör beror av vilken typ av jordart som röret installerats i. Slugtesterna har utvärderats i Aqtesolv med olika beräkningsmetoder beroende på de hydrogeologiska förhållandena vid respektive grundvattenrör.

De dimensionerande grundvattennivåerna på 10 och 100 års sikt som presenteras för respektive grundvattenrör i figur 2-1 har beräknats enligt Bilaga 1. De dimensionerande grundvattennivåerna är inte relevanta för modellering av grundvattenpåverkan (här har i stället använts medelgrundvattennivåer) utan är relevanta för val av tät konstruktion och dräneringsnivå för olika byggnader.



Figur 2-1. Grundvattenrör där hydrauliska tester i form av slugtester utförts. MY avser markyta, HHW10 och HHW100 avser beräknad dimensionerande grundvattennivå på 10 respektive 100 års sikt, K avser beräknad hydraulisk konduktivitet i det vattenförande jordlagret (Lantmäteriet, 2022c).

3 Numerisk modellering för grundvattenpåverkan under bygg- och driftskede

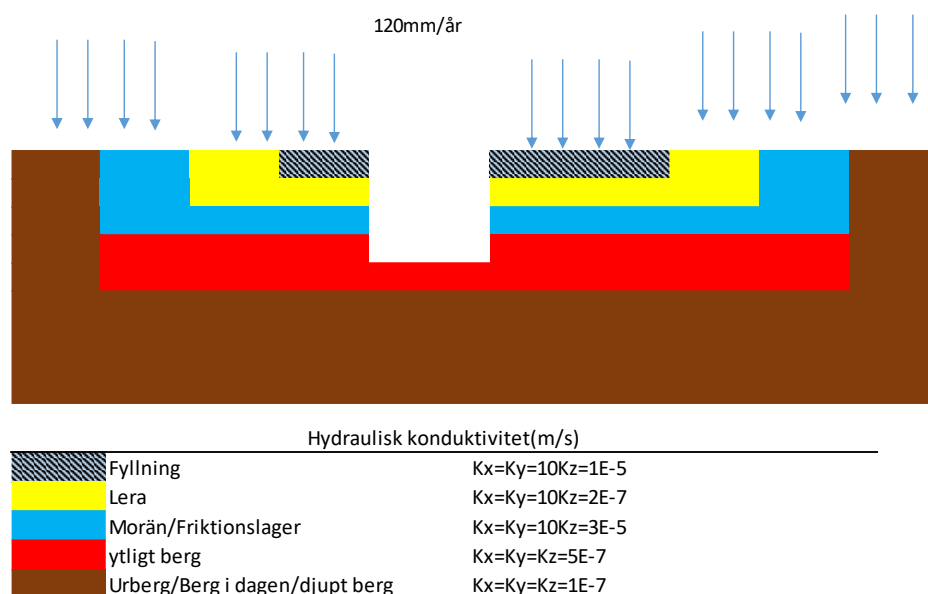
3.1 Förutsättningar och antaganden

En tredimensionell konceptuell grundvattenmodell har använts för att beräkna grundvattenpåverkan. I den konceptuella modellen förekommer 5 olika skikt: från marknivån och neråt förekommer fyllning, lera, morän, ytligt berg och djupt berg. I varje plats inom planområdet kan det förekomma från ett till fem av dessa skikt.

Den konceptuella modellen har omvandlats till en numerisk modell (Modflow) där det undersökta området består av celler i ett kvadratisk rutnät med 5 meter cellstorlek i plan. Modelldjupet är 80 till 100 meter uppdelat i 5 lager mot djupet. Marknivådata har använts från Lantmäteriet, jordlagerföljd från SGU och de geotekniska sonderingarna från projektet, grundvattennivåer från de uppmätta medelgrundvattennivåerna, nederbörd har satts till 120 mm/år (konservativt antagande) som max leder till 100–120 mm/år grundvattenbildning när det är morän i dagen, hydraulisk konduktivitet har använts konservativt baserat på bibliografi (från Bovin med flera, 2015, och Ericsson med flera, 2006) och utförda slugtester i planområdet (Bilaga 3).

Det har antagits att eventuellt förekommande spont under byggskedet **inte** kommer att vara tät och att inga andra tätande åtgärder (tätspont, jetinjektering, ridåinjektering mm) kommer att utföras för att begränsa grundvattenflödet mot schaktet.

I Figur 3–1 redovisas ett tvärsnitt efter alla skikt där schaktet är i vitt och skär de fyra översta skikten till ytligt berg.



Figur 3-1. Konceptuell modell för simulering av påverkansområde. Varje färg symboliserar ett skikt (jordart eller berg) med egen hydraulisk konduktivitet. I vitt symboliseras schaktet. För jordarterna och fyllningen har det antagits att den horisontella hydrauliska konduktiviteten är 10 gånger högre än den vertikala. För berg har det antagits att mediet är isotropiskt (vertikal och horisontell konduktivitet är samma).

Tabell 3–1. Parametrar för beräkning av påverkansområde under bygg- och driftskede.

Parameter	Kv. 2	Kv. 5	Kv. 16	Gata 6 Öster	Enhet
Avsänkingsnivå byggskede	+35,1	+33,3	+30,3	+35,5	m
Avsänkingsnivå driftskede	+36,1	+34,3	+31,3	+36,0	m

**Avsänkingsnivå för kvarteren i byggskede har antagits vara 2 m under färdigt golv i garage. Avsänkingsnivå för kvarteren i driftskede har antagits vara 1 m under färdigt golv. För gata har antagits avsänkingsnivå 2,5 m under marknivå i byggskede och 2 m under marknivå i driftskede.*

3.2 Modelleringsresultat

De beräknade påverkansområdena under bygg- och driftskedena redovisas i Figur 3–2 och 3-3. Påverkansområde från samtliga schakt för kvarter 2, 5, 16 samt östra delen av gata 6 är sammanslagna och redovisas tillsammans.

3.2.1 Byggskede

Påverkansområdet har beräknats under förutsättning att schaktarbetet utförs utan tätspont och att grundvatten kan strömma in från sidor av schaktet och/eller från schaktbotten.

Påverkansområdet är som störst under byggskedet, ca 50 000 m², och sträcker sig mot max ca 180 m från södra delen av kv 16 mot söder, max 80 m från västra delen av kv 16 mot väst och max ca 70 m från kv 16 mot öst. Mot norr är påverkansområdet mindre (som max ca 15 m från norra delen av kv 16). Detta beror av att längst i norr och norrut är schaktbehovet mycket begränsat och grundvattennivåerna ligger betydligt lägre än schaktbotten.

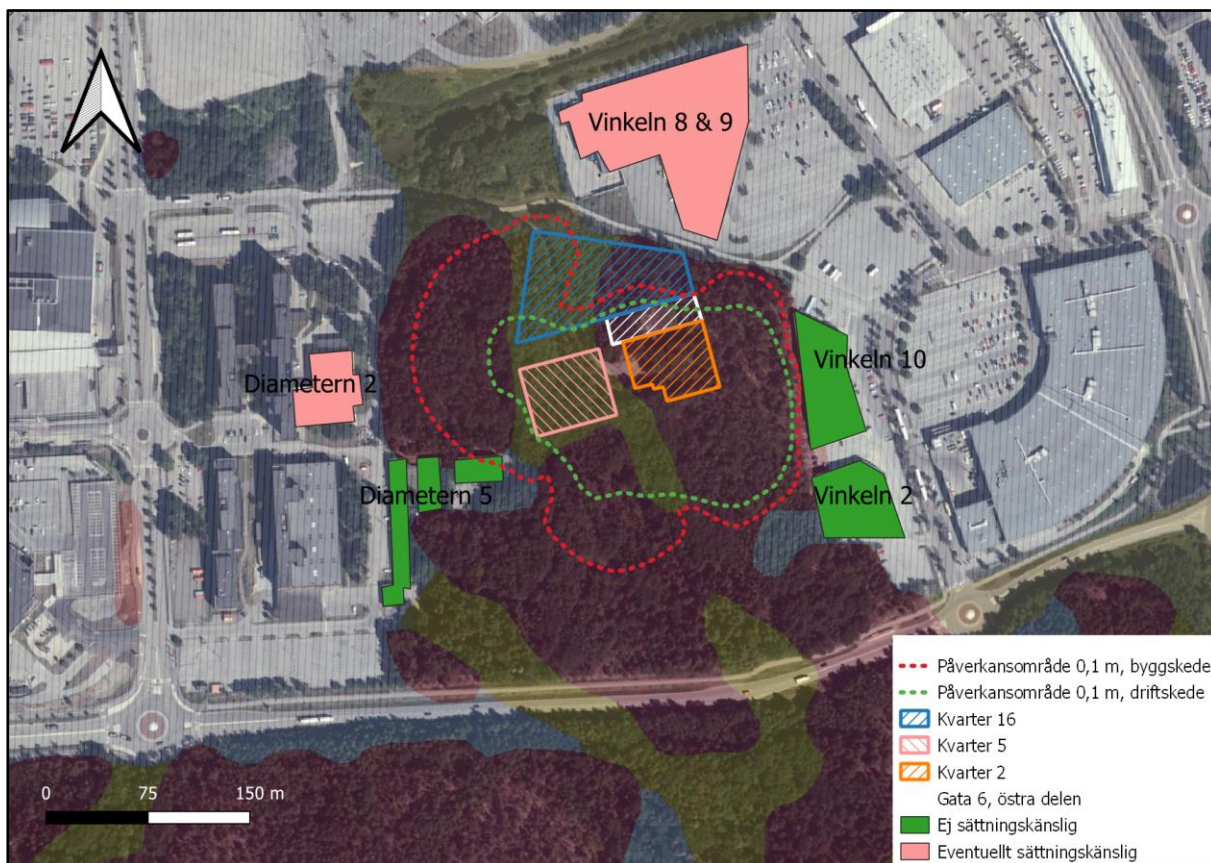
I öster finns en hög bergsskärning. Byggnaderna i Huddinge Vinkeln 2 och 10, direkt öster om bergsskärningen (se Figur 3–2), ligger mycket lägre än den planerade schaktnivån för det nya planområdet. Därmed uppstår ingen direkt påverkan på grundvattennivåerna i det låglänta området. Påverkansområdet är i stället störst åt söder och väster eftersom det här lutar ned mot, och sker en viss grundvattenströmning till, schaktområdena i kvarter 2, 5, och 16.

Inom påverkansområdet under byggskedet finns inga grundvattenberoende objekt som kan skadas i samband med grundvattensänkning, se avsnitt 3.3 och Figur 3-3.

3.2.2 Driftskede

Påverkansområdet under driftskedet är mindre i alla riktningar, ca 26 000 m², och redovisas i grönt i Figur 3–2 och 3-3. Detta påverkansområde är beräknat med förutsättningen att man dränerar permanent med dräneringsledningar runt husen med en dräneringsnivå 0,5 m under färdigt golv i garage.

Inom påverkansområdet under driftskedet finns inga vattenberoende objekt som riskerar skadas i samband med den permanenta grundvattensänkningen, se avsnitt 3.3 och Figur 3-3.



Figur 3-2. Påverkansområde under byggskede (i rött) och driftskede (i grönt) i samband med byggnation av kv. 2, 5 och 16 samt östra delen av gata 6 (i orange, rosa, blått respektive vitt, skrafferade områden). Bakgrunden är ortofoto med SGU:s halvgenomskinliga jordartskarta där berg i dagen redovisas i rött, lera i gult, morän i blått (närmare grått då lagret är delvis genomskinligt) och fyllning randigt grått.

3.3 Skadeobjekt

Påverkan på grundvatten under byggskede uppstår så fort schakt under grundvattennivå utförs och länshållning av vatten används för att hålla schaktet torrt. Där schaktarbeten under grundvattennivå sker i sättningskänslig lera, silt eller organiskt material finns risk för sättningskador på byggnader, vägar och annan infrastruktur (SGI, 2022).

I Tabell 3–2 redovisas grundläggningsinformation för berörda byggnader, jordart, samt bedömning om byggnaderna är känsliga för sättningar eller ej. För hus 14, inom fastighet Diametern 2, samt byggnad inom Diametern 5, har inga uppgifter om grundläggning framkommit. En stor del av byggnaden inom Diametern 2 är belägen på lera och bedöms därför vara känslig för sättningar. Byggnader inom Diametern 5 är belägna på berg och morän och bedöms därmed ej som sättningskänsliga. För resterande fastigheter har konstruktionsritningar med information om grundläggning hittats i Huddinge kommuns tjänst för arkivsök.

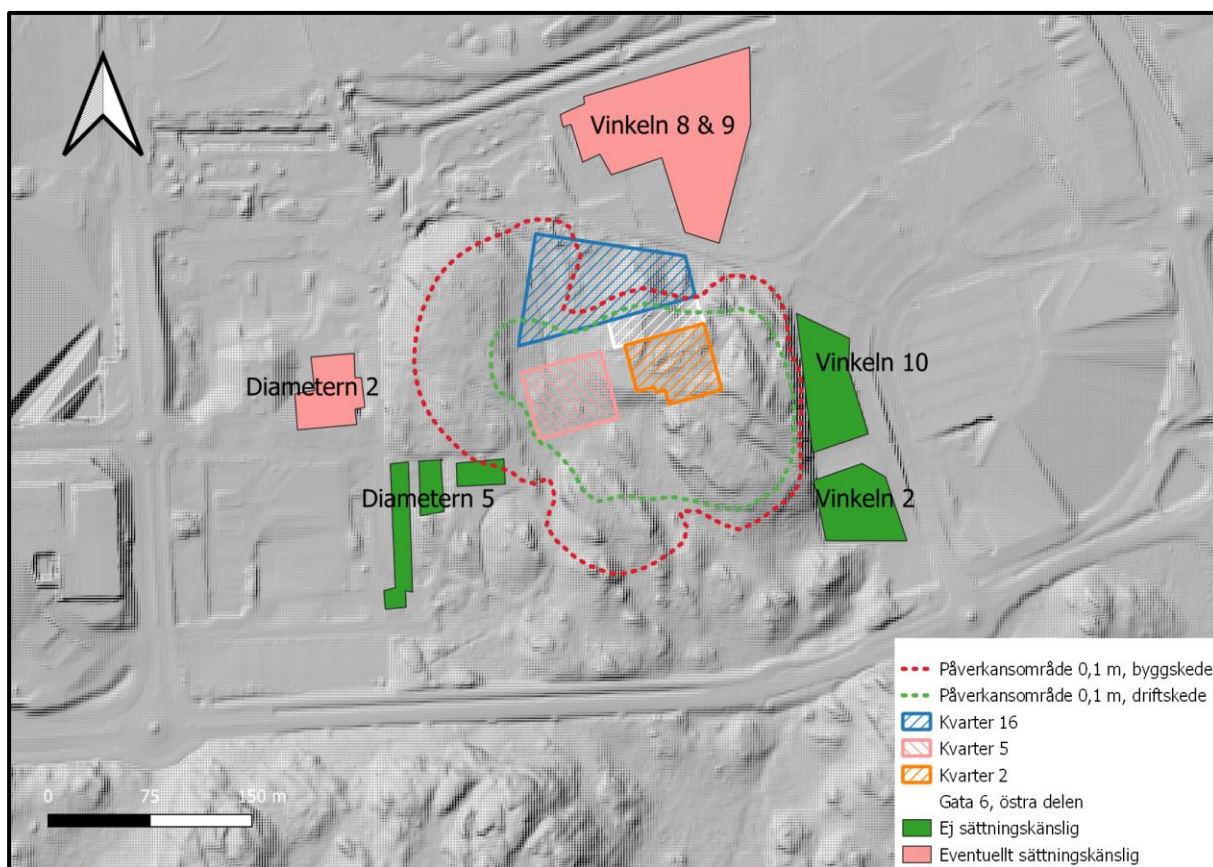
Byggnad inom fastigheterna Vinkeln 8 och Vinkeln 9 är grundlagd med betongpålar, det framgår dock inte om pålarna är grundlagda på berg eller i jord. Enligt jordartskartan är byggnaden belägen på organiskt material och bedöms därmed vara sättningskänslig. I det fall uppgifter framkommer om att betongpålarna är grundlagda på berg kan byggnaden avskrivas som sättningskänslig. Enligt SGU:s brunnarkiv förekommer även en brunn med okänt användningsområde inom fastigheten Vinkeln 8.

I detta PM har grundläggning för ledningar och gator i närområdet ej kartlagts.

Tabell 3–2. Grundläggningsuppgifter för närmaste liggande byggnader men utanför påverkansområden.

Fastighet	Grundläggning	Jordart	Bedömning	Källa
Diametern 2, hus 14	Okänd grundläggning	Lera/morän	Känslig grundläggning	-
Diametern 5	Okänd grundläggning	Berg/morän	Ej känslig grundläggning	-
Vinkeln 2	Fundament på packad sand eller packad sprängbotten, samtliga fundament på fast botten	Lera/morän	Ej känslig grundläggning	Hamiconsult a/s, 1998
Vinkeln 8	Betongpålar	Organiskt material	Känslig grundläggning	Ikast Byggeindustri A/S, 1997
Vinkeln 9	Betongpålar	Organiskt material	Känslig grundläggning	Ikast Byggeindustri A/S, 1997
Vinkeln 10	Packad sprängbotten på berg	Berg/morän	Ej känslig grundläggning	AB Jacobson & Widmark, 1998

I Figur 3–3 redovisas de olika påverkansområdena under byggskede tillsammans med berörda byggnader. Som synes så ligger sättningskänsliga byggnader utanför det modellerade påverkansområdet i såväl bygg- som driftskede. Någon sättningsrisk föreligger därmed inte.



Figur 3–3. Utsträckning för beräknade påverkansområden under bygg- respektive driftskede med information om grundläggning för byggnader inom påverkansområdena.

4 Skyddsåtgärder

Projektet rekommenderas att upprätta ett egenkontrollprogram där grundvattennivåerna övervakas innan och under byggskedet. Innan påbörjad byggnation bör grundvattennivåerna kontrolleras minst en gång per månad för att sedan förtätas till minst en gång per vecka under byggskedet.

Länshållning av grundvatten under byggskedet kommer att bli nödvändigt. Därför bör kemiska analyser på grund- och länshållningsvatten utföras innan, under och efter schaktarbetet för att säkerställa vattenkvaliteten under projektet. SVOA har riktvärden för mottaget länshållningsvatten till dagvattennätet och det är även möjligt att kvalitetskrav kommer att ställas vid infiltration av länshållningsvatten. Mängden länshållningsvatten bör även övervakas och dokumenteras.

Tätspons i syfte att undvika omgivningspåverkan är, utifrån utförd modellering, uppenbarligen onödigt.

5 Vattenverksamhet

Miljöbalken (MB) reglerar vattenverksamhet och om tillstånd för vattenverksamhet behövs eller inte. All förändring, bortledning av grundvatten eller tillförsel av vatten till grundvattnet är en vattenverksamhet som därmed kräver tillstånd. Däremot finns en undantagsregel i MB 11 kap. 12 § som säger att tillstånd inte behövs om det är uppenbart att vare sig allmänna eller enskilda intressen skadas genom vattenverksamhetens inverkan på vattenförhållandena.

Resultaten från modelleringen visar att undantagsregeln bör kunna tillämpas för samtliga tre kvarter eftersom ingen påverkan på allmänna och enskilda intressen kan förutses. Faktum kvarstår dock att vattenverksamhet i form av avsänkning och avledning av grundvatten kommer att bedrivas. Det rekommenderas därför att tillstånd för vattenverksamhet söks då det ger verksamhetsutövaren en rättighet att utföra verksamheten enligt ett givet tillstånd och de villkor som följer av detsamma. På så sätt undviks risk att en anmälan om skada ska leda till ett föreläggande från tillsynsmyndigheten om att avbryta grundvattenbortledning till dess att man visat att man inte förorsakat skada (regeln om omvänd bevisbörda). Ett tillstånd är ofta förknippat med möjlighet för en berörd att åberopa ersättning för oförutsedd skada under viss tid men då har bevisbördan i hög grad flyttats till den som säger sig vara skadedrabbad.

6 Slutsatser och rekommendationer

- Byggnation av kvarter 2, 5, 16 samt ledningsgraven i den östra delen av gata 6 (den del av gata 6 som medför schakt i grundvattenzonen) kommer att medföra en grundvattensänkning under byggskedet. Påverkansområdet avgränsas i huvudsak till detaljplaneområdet. Inga sättningskänsliga byggnader eller andra skadeobjekt ligger inom påverkansområdet.
- Byggnation av kvarter 2, 5 och 16 kommer att medföra en permanent grundvattensänkning (driftskede) enligt tabell 3–1 (ned till +36,1/+34,3/+31,3 för kvarter 2, 5 och 16) om dräneringsledningar anläggs runt husen ca 1 m under färdigt golv i garage. Påverkansområdet är mindre än det för byggskedet och det finns inga skadeobjekt som kan skadas i samband med en grundvattensänkning. Fastställande av slutlig dräneringsnivå får göras i kommande detaljprojektering.
- Anläggning av ledningar inom planerad gata 6 kommer i driftskedet att medföra en permanent grundvattensänkning i den östra delen av gatan på grund av genomsläppligt material i ledningsgravar. När väl avsänkningen skett så kommer det kvarstående flödet vara litet och avvattnas väster och därefter vidare norrut i gata 2 ned till gata 10 och det flacka området. Påverkansområdet är dock litet och det finns ingen risk för skador för allmänna eller enskilda intressen i det fall en permanent avsänkning kvarstår i ledningsschaktet under

gatan. Det är dock viktigt att vatten som avrinner i ledningsschakt hanteras så att inte risk för upptryckning ur mark uppstår i lågpunkt. Avsänkningen kan vid behov minimeras och avrinningen fördröjas genom att anlägga bentonitskärmar tvärs ledningsgraven i gata 6 och 2.

- Dimensionerande grundvattennivåer (Bilaga 1) har tagits fram som underlag för projektering av till vilken nivå som tät grundläggning kan behöva utföras i det fall dränering inte kan anses som tillräcklig. Structor (2021) har bedömt att det kan vara svårt att anordna en fullgod dränering för den sydöstra delen av kvarter 16, varför en tät konstruktion till nivån +34 kan krävas för byggnader i den östra delen av kvarter 16. För kvarter 2 och 5 torde dränerande konstruktion fungera och vara tillräckligt samt inte medföra någon omgivningspåverkan på grund av en måttlig permanent avsänkning. Structors bedömningar motsägs inte av utförd modellering och framstår som rimliga men behöver utredas vidare inom ramen för projektering.
- Projektet rekommenderas att upprätta ett egenkontrollprogram enligt avsnitt 4.

Referenser

AB Jacobson & Widmark, 1998. Konstruktionsritning Kungens kurva Kv. 6 m. fl. Sektion genom byggnad D. Ritningsnr. 539 872.

Bovin, K., Vikberg, E. och Morén, I., 2015. Tätande jordlager – en kunskapssammanställning. SGU-rapport 2015:32

Carlsson, L. & Gustafson, G. (1991) Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik, R66:1991, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Ericsson, L.O., Holmén, J., Rhen, I. och Blomquist, N., 2006. Storregional grundvattenmodellering – fördjupad analys av flödesförhållanden i östra Småland. SKB Rapport R-06-64.

Hamiconsult a/s, 1998. Konstruktionsritning Kv. Vinkeln 2, Kungens kurva, Fundamentsplan, Bygning B. Ritningsnr. 10.111C

Ikast Byggeindustri A/S, Kv. Vinkeln Nr. 8, Huddingen, Pæleplan 1. Ritningsnr. 10.101C.

Lantmäteriet, 2022a. Fastighetsindelning visning WMS. Hämtad 2022-06-20.

Lantmäteriet, 2022b. Ortofoto visning WMS. Hämtad 2022-07-01.

Lantmäteriet, 2022c. Topografisk webbkarta visning WMS. Hämtad 2022-08-26.

Naturvårdsverket, 2022. Markanvändning WMS. Hämtad 2022-06-20.

Scalco, 2022. Scalco Live. Hämtad 2022-06-20.

SGI, 2022. Sättningar i småhus. url: <https://www.sgi.se/sv/kunskapscentrum/om-geoteknik-och-miljogeoteknik/geoteknik-och-markmiljo/sattningar-i-smahus/>. Hämtad 2022-07-05.

SGU, 2022a. Databasen brunnar. url: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-brunnar.html>. Hämtad 2022-07-04.

SGU, 2022b. Jordartskartan visning WMS. Hämtad 2022-07-01.

Structor, 2021. *PM Geohydrologi – Grundvattenförhållanden och planerade konstruktioner Kungens kurva, nya bostäder Dp1, G17012*. STRUCTOR GEOTEKNIK STOCKHOLM AB.

Bilaga 1

Högsta beräknade grundvattennivåer

Vid uppförandet av byggnader som planeras finnas kvar på platsen under en lång tid framöver är det viktigt att dimensionera byggnadernas grundläggning efter framtida grundvattennivåer. Högsta framtida grundvattennivåer, även kallade dimensionerande grundvattennivåer på 100 års sikt, kan beräknas utifrån de mätserier som finns för området.

Högsta framtida nivåer har beräknats enligt Svensson & Sällfors (1988), se ekvation 1–3 och Tabell 1 för samtliga beräkningssteg och parametrar. För att göra en framtida prognos av grundvattennivån i ett rör (prognosrör) behövs en lång sammanhängande mätserie från ett annat rör (referensrör). Referensröret ska vara installerat i liknande hydrogeologiska förhållanden och klimat. För aktuella beräkningar har data inhämtats från referensrör Haninge 3 i Haninge kommun (SGU, 2022). Resultat av beräknade 100 års värden (HHW 100) tillsammans med uppmätta min, medel och maximivärden redovisas i Tabell .

$$Y_{\max}^T = \bar{Y} - t_T \cdot S_{\max} \quad (\text{ekvation 1})$$

$\bar{Y}$ = medelvärde av de årliga maximivärdena.

$S_{\max}$ = Standardavvikelsen.

t_T = frekvensfaktor, se Tabell 1.

Tabell 1. Frekvensfaktor, t_T , för 10, 20, 50 och 100 år.

T (år)	t_T
10	1,28
20	1,64
50	2,05
100	2,33

$$S^{T(\text{år})}_R = |Y_{\max}^T - Y^{T(\text{år})}_{\max}| \quad (\text{ekvation 2})$$

där

$Y_{\max}^T$ = maximinivå för referensröret under beräkningsperioden.

$Y^{T(\text{år})}_{\max}$ = maximinivå för referensröret med återkomsttiden T (år).

$$P^{T(\text{år})}_{\max} = P_{\max} - S^{T(\text{år})}_R \cdot (r_p/r_R) \quad (\text{ekvation 3})$$

där

$P_{\max}$ = maximinivå i prognosröret under beräkningsperioden.

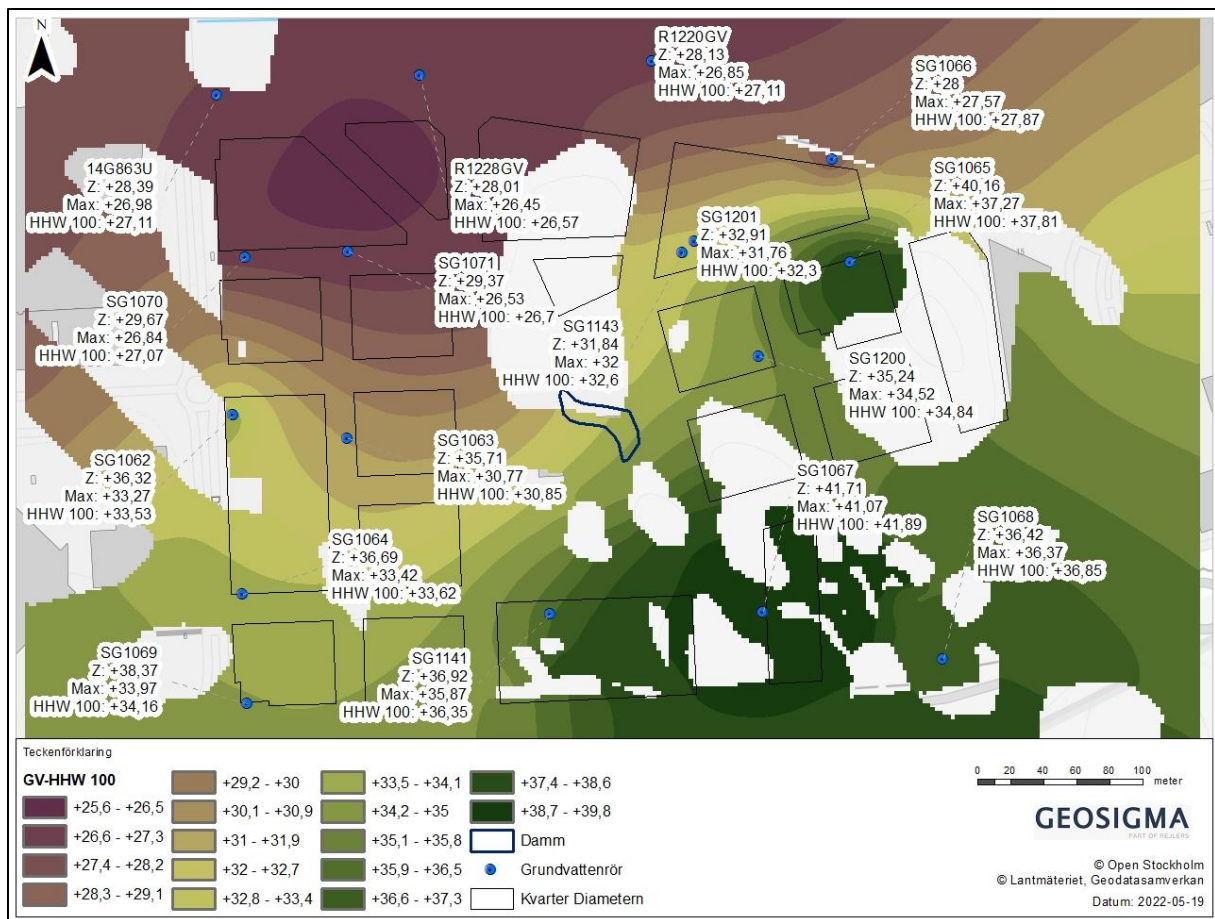
r_p = variationsbredden hos grundvattennivån i prognosröret under beräkningsperioden.

r_R = variationsbredden hos grundvattennivån i referensröret under samma period.

Tabell 1. Redovisning av uppmätta min, medel, max och beräknade HHW 100-nivåer för grundvattenrör inom kvarter Diametern.

Källa	Namn	Första	Senaste	Antal	MY	Spetsnivå	Min	Medel	Max	HHW 100
Trafik-verket	14G863U	2014-12-02	2018-08-22	246	+28,39	+24,12	+25,31	+26,08	+26,98	+27,11
Geomind	R1220GV	2012-02-15	2019-05-21	12	+28,13	+13,63	+25,98	+26,17	+26,85	+27,11
Geomind	R1228GV	2012-02-15	2019-08-02	18	+28,01	+21,51	+25,94	+26,27	+26,45	+26,57
Geomind	SG1062	2018-07-19	2022-02-03	43	+36,32	+30,04	+31,92	+32,41	+33,27	+33,53
Geomind	SG1063	2018-07-19	2022-02-03	43	+35,71	+29,30	+30,35	+30,53	+30,77	+30,85
Geomind	SG1064	2018-07-19	2022-02-03	44	+36,69	+29,49	+32,39	+32,83	+33,42	+33,62
Geomind	SG1065	2018-07-19	2022-04-12	44	+40,16	+33,96	+34,50	+36,37	+37,27	+37,81
Geomind	SG1066	2018-07-19	2022-04-12	47	+28,00	+24,60	+26,02	+26,87	+27,57	+27,87
Geomind	SG1067	2018-07-19	2022-04-12	31	+41,71	+36,87	+37,25	+39,24	+41,07	+41,89
Geomind	SG1068	2018-07-19	2022-04-12	47	+36,42	+32,79	+33,90	+35,48	+36,37	+36,85
Geomind	SG1069	2018-07-19	2021-11-26	41	+38,37	+29,17	+32,97	+33,54	+33,97	+34,16
Geomind	SG1070	2018-07-19	2022-02-03	41	+29,67	+23,87	+25,67	+26,07	+26,84	+27,07
Geomind	SG1071	2018-07-19	2022-02-03	40	+29,37	+22,47	+25,63	+26,13	+26,53	+26,70
Geomind	SG1141	2019-07-29	2022-04-12	36	+36,92	+31,23	+33,39	+34,95	+35,87	+36,35
Geomind	SG1143	2019-07-26	2022-04-12	32	+31,84	+26,18	+28,88	+30,72	+32,00	+32,60
Geomind	SG1200	2020-05-18	2022-04-12	9	+35,24	+32,24	+34,15	+34,43	+34,52	+34,84
Geomind	SG1201	2020-05-18	2022-04-12	21	+32,91	+29,67	+29,75	+30,99	+31,76	+32,30

I Figur illustreras en interpolation av de högsta beräknade nivåerna, hur nivåerna skulle kunna bli över hela kvarteret på 100 års sikt. Hålen i interpolationen är berg i dagen. I figuren redovisas även marknivå och högsta uppmätta grundvattennivå för respektive grundvattenrör.



Figur 1. Läge för samtliga grundvattenrör, tidigare placering dagvattendamm samt interpolation av högsta beräknade grundvattennivåer inom en 100 års period. Svarta polygoner är de olika planerade kvarteren inom planområdet.

Referenser

Lantmäteriet, 2021b. Topografisk webbkarta visning WMS. Hämtad 2021-04-23.

Scalco, 2021. Scalco Live. Hämtad 2021-10-08.

Svensson, C. och Sällfors, G., 1988. Beräkning av dimensionerande grundvattentryck, 2. Stockholmsregionen. Chalmers tekniska högskola. ISSN 0347-8165.

SGU (2022). Kartvisare och diagram för mätstationer (sgu.se) [2022-05-19]

Bilaga 2

I tabell 1–1 redovisas beräknad hydraulisk konduktivitet för respektive rör, vilken beräkningsmetod-modell har använts för att beräkna den hydrauliska konduktiviteten, vilken jordart som rören installerats i, samt vilken typ av grundvattenmagasin rören är belägna i.

Tabell 1-1. Beräknad hydraulisk konduktivitet för respektive grundvattenrör, beräkningsmetod i Aqtesolv, jordart utifrån sonderingar samt information om typ av grundvattenmagasin.

Gv-rör	K [m/s]	Beräkningsmetod	Jordart vid filter	Grundvattenmagasin
SG1065	$5,63 \cdot 10^{-6}$	Dougherty-Babu	Morän	Slutet
SG1066	$2,30 \cdot 10^{-6}$	Dougherty-Babu	Morän	Slutet
SG1143	$1,39 \cdot 10^{-6}$	KGS	Sprängt berg	Öppet
SG1200	$2,67 \cdot 10^{-6}$	KGS	Morän	Öppet
SG1201	$2,50 \cdot 10^{-6}$	Dougherty-Babu	Morän	Slutet

Bilaga 3

1 Modellering

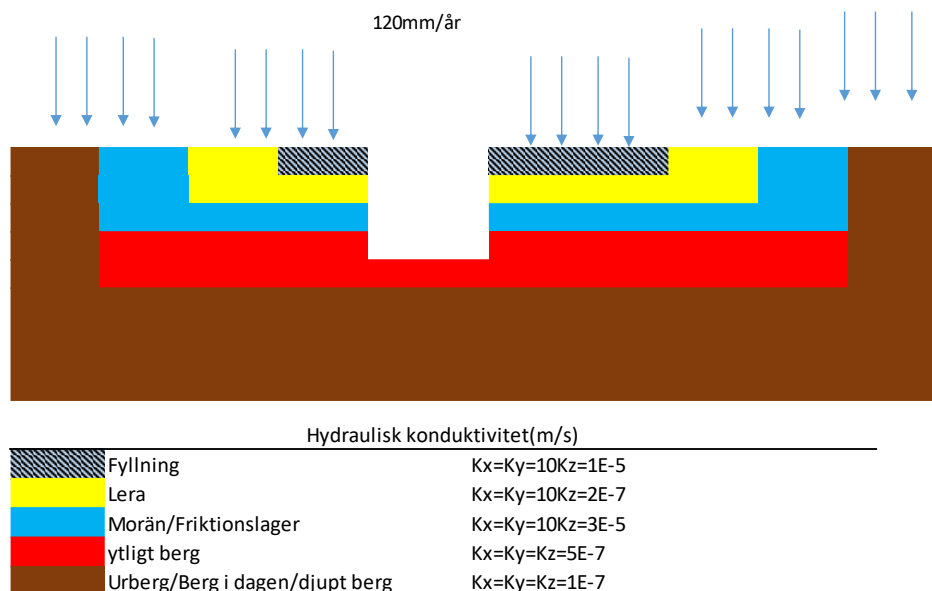
För att beräkna grundvattenpåverkan skapas först en konceptuell grundvattenmodell med stöd av befintliga underlag som inkluderar de styrande faktorerna för grundvattennivåer och flöden i planområdet. Den konceptuella modellen omvandlas sedan till en numerisk modell.

1.1.1 Konceptuell modell

En tredimensionell konceptuell grundvattenmodell har använts för att beräkna grundvattenpåverkan. Tvärsnittet till modellen byggs på nettonederbörd och en geologisk modell enligt Figur 1-1. Antaget värde för hydraulisk konduktivitet i friktionsjord baseras på resultat från hydrauliska tester (slugtester) genomförda inom eller alldeles intill kvarter 2, 5 och 16. För att göra en mer konservativ beräkning av influensområdet har den hydrauliska konduktiviteten antagits vara högre än den som var beräknat utifrån slugtesterna.

Antagna värden för hydraulisk konduktivitet i lera och berg är tagna från Bovin m.fl. (2015) respektive Ericsson m.fl. (2006) och konservativt antagna till $1 \cdot 10^{-7}$ och $5 \cdot 10^{-7}$ m/s för urberg respektive ytligt berg.

Markmodell och jordartsinformation från lantmäteriet respektive Sveriges Geologiska Undersökning har använts i modellen. Jordlagerföljd och bergnivåer framgår av utförda geotekniska undersökningar. 120 mm/år nederbörd har använts till beräkning.



Figur 1-1. Konceptuell modell för simulering av påverkansområde.

1.1.2 Numerisk modell

Den numeriska grundvattenmodellen för det undersökta området består av celler i ett kvadratisk rutnät med 5 meter cellstorlek i plan. Modelldjupet är 80 till 100 meter uppdelat i 5 lager mot djupet.

Grundvattenpotential, definierad som grundvattennivå i cellen, beräknas genom att lösa grundvattenflödesekvationen nedan.

$$-\nabla \cdot (Kh \nabla h) = q_{in/out} \quad \text{Ekvation (1)}$$

$$q_{in/out} = \text{Nettonederbörd} - \text{drn.} (h - h_{drn}) \quad \text{Ekvation (2)}$$

med randvillkor:

$$h = \hat{h} \text{ vid } T_1$$

$$n \cdot \nabla h K = \hat{q} \text{ vid } T_2$$

∇ : divergens, h [L]: grundvattenpotential, K [LT⁻¹]: hydraulisk konduktivitet, $q_{in/out}$ [LT⁻¹]: nettonederbörd eller sänkning, h_{drn} [L]: dräneringsnivå till en anläggning, n : enhetsvektor vinkelrätt mot randen T_2 , $\hat{h}$ [L]: ständig grundvattenpotential, $\hat{q}$ [LT⁻¹]: specifika flöden vid ränder.

För att lösa ovanstående grundvattenflödesekvation vid varje cell i modellen och därmed beräkna grundvattenpotentialen har grundvattenmodelleringskod Modflow-NWT använts (Niswonger m.fl., 2011).

- $\hat{h}$ [L] är definierat som 1,5 meter under markytan vid modellgränsen.
- $\hat{q}$ [LT⁻¹] lika med noll används vid modellgräns i modellen och motsvarar ett 'no flow'-randvillkor.
- h_{drn} [L] motsvarar 1,5 meter under marknivå som tillämpas vid varje cell 1,5 meter under markytan för att beräkna initiala grundvattennivåer.
- Initiala grundvattennivåer beräknas genom att lösa grundvattenekvationen.
- För att beräkna dränerade nivåer används h_{drn} [L] till schakter under bygg och drift utan någon åtgärd exempelvis tät spont och injektering för att beräkna avsänkta nivåer.

Påverkansområde 0,1 meter grundvattenavsänkning som visas i Figur 3-2 och Figur 3-3 i huvudrapporten beräknas som skillnaden mellan initial och dränerad grundvattennivå för bygg- respektive driftskede.

1.1.3 Osäkerheter i modelleringen

Det finns vissa osäkerheter vid grundvattenmodellering och i detta fall ligger de största i parametrarna hydraulisk konduktivitet och grundvattenbildning. Osäkerheten avseende den hydrauliska konduktiviteten beror dels på att bergmatrisen i modellen beskrivs som ett poröst medium, i själva verket sker vattenflödet i huvudsak i spricksystem, dels på att bergets hydrauliska konduktivitet inte har testats. För jordlagret har konduktiviteten testats i ett fåtal punkter, här består osäkerheten i stället i att resultatet från dessa punkter har extrapolerats för att gälla i hela modellen.

2 Resultat för beräknat påverkansområde grundvatten i jord

Dränering byggskede

För byggskedet har det antagits en dränering till nivåer som redovisas i tabell 3-1 i huvudrapporten. Denna dränering innebär en grundvattennivåsänkning från de initiala, beräknade grundvattennivåerna.

Grundvattennivån ligger delvis under den planerade schaktnivån och därmed kommer ingen grundvattensänkning att ske i samband med byggnationen. Skillnaden i hydraulisk konduktivitet mellan berg och jord inom beräkningsmodellens utbredning utesluter koppling mellan de två grundvattenmagasinen, men bergschaktens resulterande förändring av topografin ger en ökad hydraulisk gradient i jord med grundvattenavsänkning söder om schakten.

En sammantagen simulering med de antagna dräneringsnivåerna ger ett påverkansområde (>0,1 meter avsänkning) som huvudsakligen håller sig innanför planområdet. Endast väster om kvarter 16 sträcker sig påverkansområdet något utanför planområdet och då i berg utan överlagrande jordtäckte.

Inom det beräknade påverkansområdet finns inga skadeobjekt som kan skadas under bygg- eller driftskede.