BILAGA 3. HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

NORRKÖPINGS KOMMUN

Inre hamnen åtgärd övrigt
UPPDRAGSNUMMER 1181097000

HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN I INRE HAMNEN NORRKÖPING
ETAPP 1 GASVERKSOMRÅDET -PÅVERKAN UNDER SCHAKTSANERING

Rev. 2017-09-14
2016-12-15

Sweco Environment AB

MILJÖ NYKÖPING/NORRKÖPING

FREDRIK MOSSMARK, FREDRIK PALM, INGVAR RHÉN
GRANSKARE: YVONNE STIGLUND

Sammanfattning

Föreliggande rapport beskriver hydrogeologiska förhållanden i Norrköping med fokus på Inre hamnen samt grundvattenpåverkan under framtida schaktsanering inom det tidigare gasverket. Inre hamnen ligger någon kilometer uppströms från Motala ströms utlopp till Bråviken och karakteriseras av mångårig småskalig industriell verksamhet och hamnverksamhet och därmed av en heterogen föroreningssituation. Området vid det tidigare gasverket kommer efter sanering att bebyggas med bl.a. bostäder.

Genom geologiska processer under och efter istiden och sentida industriell verksamhet kom området vid Inre hamnen att erhålla en platt topografi med ett ytligt, relativt tunt (någon till några meter) lager av fyllnadsmaterial och svämsediment. Dessa underlagras av relativt mäktiga lager av lera och friktionsjord. Båda lagren varierar från ett tiotal meters mäktighet i sina tunnaste delar till några tiotals meter. Under friktionsmaterialet förekommer morän som direkt överlagrar berggrunden.Den beskrivna generella lagerföljden förekommer i ett område som sträcker sig från de östra delarna av Norrköpings centrum och ut mot Bråviken.

Det finns två huvudsakliga grundvattenmagasin; ett i ytliga lager i fyllnadsmaterial/svämsediment och ett i djupliggande friktionsmaterial/isälvssediment. Dessa är i Inre hamnen separerade av lerlagret, men strax väster om området har isälvssediemntet hydraulisk kontakt med Motala ström och går därefter, väster om Norrköpings centrum, upp i markytan.

I delar av både det djupliggande och det ytliga grundvattenmagasinet förekommer samvariation med Motala ström. Grundvattenytan i det ytliga, öppna magainet har ganska liten lutning (gradient) i Inre hamnen. Området har heterogena ytegenskaper, men bedöms generellt ha en ganska låg grundvattenbildning.

Schaktsanering planeras ske till c:a 4 m under markytan och inom ett ungefär 20000 m^2 stort område. För att kunna schakta säkert och för att minimera grundvattenpåverkan kommer området att omgärdas av spont.

Baserat på modellering av grundvattensänkning under schaktsanering bedöms ett område som sträcker sig ett par tiotals meter från sponten få en avsänkning större än 0,3 m. Påverkansområdets storlek är dock beroende av hydrauliska egenskaper i marken och spontens täthet, vilka kan variera. Ett värmeverk beläget väster om det planerade schaktområdet bedöms kunna ligga inom påverkansområdet för grundvattensänkningen. Inläckage till det spontade området och nederbörd bedöms ge upphov till c:a 50 m^3 länsvatten per dygn under förutsättning att avsänkning sker till 4 m under markytan i hela området samtidigt. Eftersom schaktning kommer att genomföras etappvis bedöms mängden länsvatten vanligtvis under saneringsperioden vara mindre än 50 m^3/dygn, men framförallt kraftiga nederbördstillfällen kan periodvis ge upphov till betydligt större volymer.

Sweco
Skånegatan 3
Box 5397
SE 402 28 Göteborg, Sverige
Telefon +46 31 62 75 00

www.sweco.se

Sweco Environment AB
Org.nr 556346-0327
Styrelsens säte: Stockholm

Fredrik Mossmark

Mobil +46 (0)703 18 76 90
fredrik.mossmark@sweco.se

Innehållsförteckning

1	**Inledning**	**3**
2	**Syfte**	**3**
3	**Genomförande**	**4**
4	**Geologiska förhållanden i Norrköping och i Inre hamnen**	**5**
4.1	Geologiska förhållanden i Norrköping	5
4.2	Geologisk beskrivning av Inre hamnen	5
5	**Meteorologiska data och uppmätta grundvattennivåer**	**6**
6	**Hydrogeologiska förhållanden**	**9**
6.1	Grundvattennivåer och grundvattenströmning	10
7	**Vattenkemiska förhållanden**	**11**
8	**Föroreningssituation**	**13**
9	**Konceptuell modell**	**13**
10	**Planerad schaktsanering**	**16**
10.1	Planerat schakt	17
10.2	Spont	17
11	**Bedömt påverkansområde -datorbaserad modellering**	**18**
11.1	Kalibrerad modell nuvarande förhållanden	18
11.2	Förväntad påverkan under schaktsanering	20
11.3	Grundvattenpåverkan vid oväntat ofördelaktiga förhållanden	21
11.4	Länshållning	22
11.5	Hantering av länshållningsvatten	22
12	**Byggnader, externa sakägare och befintligheter inom påverkansområde**	**23**
12.1	Byggnader	24
12.2	Ledningar	24
12.3	Kajen	24

13 Konsekvenser av grundvattenbortledningen 25
13.1 Konsekvenser för omgivande markytor 25
13.2 Konsekvenser för ledningar 25
13.3 Konsekvenser för byggnader 25
13.4 Konsekvenser för kajkonstruktionen 25
13.5 Konsekvenser i form av föroreningsspridning 26
13.6 Övriga konsekvenser 26

14 Egenkontroll och förberedande motåtgärder 26

15 Slutsatser 27

Referenser 29

Bilagor

Bilaga 1 -PM Grundvattenmodellering
Bilaga 2 -Sammanställning grundvattenrör
Bilaga 3 -Hydrogeologiska fältundersökningar -enhålsförsök
Bilaga 4 -Kornstorleksfördelning -siktanalys
Bilaga 5 –Borrprotokoll

1 Inledning

Norrköpings kommun avser att förvandla området Inre hamnen i Norrköping, som idag består av småindustrier, handel och hamnverksamhet, till en del av den centrala staden med en blandning av bostäder, service, handel, arbetsplatser och restauranger.

Ett antal miljötekniska markundersökningar har sedan tidigare genomförts inom området. Några större saneringsåtgärder har ännu inte förekommit.

Inom området har olika industriella verksamheter bedrivits, vilket har gett upphov till varierade föroreningar av jord och grundvatten. Området är dessutom utfyllt med förorenade massor. Höga föroreningshalter finns i synnerhet vid det gamla gasverket och den gamla skeppsdockan.

Omvandlingen av Inre hamnen kommer att ske under en längre tid vilket innebär att föroreningar kommer att saneras etappvis.

I området vid gasverket och den gamla skeppsdockan finns djupare liggande föroreningar, vilka kräver spontning för att kunna schaktsaneras utifrån stabilitetsförhållanden och för att minimera grundvattenpåverkan. Saneringen kommer att innebära avledning av grundvatten för att arbetena skall kunna genomföras i torrhet.

2 Syfte

Föreliggande rapport är upprättad av Sweco på uppdrag av Norrköpings kommun. I rapporten sammanfattas och utvärderas genomförda undersökningar, modelleringar och sedan tidigare tillgängliga data avseende geologi och hydrogeologi i följande syften:

- Beskriva geologiska och hydrogeologiska förhållanden i östra Norrköping med fokus på den inre hamnen.
- Bedöma påverkansområde för grundvatten vid avledning under planerad schaktsanering inom fastigheterna Skeppsdockan 1, 4 och 5 samt mängder länsvatten som måste hanteras.
- Utgöra underlag för ansökan om tillstånd för vattenverksamhet.

3 Genomförande

Föreliggande PM baseras på undersökningar genomförda under våren 2016 (se Bilaga 3 och 4) där också relevanta resultat från tidigare undersökningar och publikationer också sammanfattas. Området är väl undersökt och underlagsrapporter omfattar bl.a. miljötekniska markundersökningar, geotekniska undersökningar, sättningsberäkningar, byggnadsinventering, riskbedömningar och fördjupade riskbedömningar, hydrogeologiska undersökningar, dagvattenmodellering osv. Bland de rapporter som har utgjort underlag kan särskilt nämnas:

- *PM – Miljöteknisk och hydrogeologisk undersökning (WSP, 2009)*
- *Miljöteknisk markundersökning med provtagning av jord och grundvatten inom området Inre hamnen i Norrköping (Sweco, 2015b)*
- *Geotekniskt PM Östra Saltängen (Sweco, 2015a)*
- *PM Angående schaktning för sanering (Sweco, 2015c)*

Vidare har Sveriges geologiska undersöknings (SGU) kartering och relaterade publikationer använts för att förstå jordlagerföljd, jordars bildningssätt, hydro- samt berggrundsgeologiska förhållanden (Müllern, 2005; SGU, 1973; SGU, 1975). För att vidare förstå förhållanden på plats har statsgeolog Mattias Gustafsson intervjuats.

Klimatologiska data samt väderdata från SMHI:s station i Norrköping har använts för att tolka yt- och grundvattennivåvariationer. Batymetriska och topografiska data har erhållits från Norrköpings kommun. Vidare har grundvattennivåer från konsultrapporter och från Norrköpings kommuns mätningar använts.

I syfte att erhålla tillräckligt med information avseende områdets beskaffenhet har kompletterande mätningar och undersökningar genomförts under våren 2016. Dessa har innefattat kontinuerlig mätning av grundvattennivåer, genomförande av enklare hydrogeologiska undersökningar samt provtagning för vattenkemisk analys.

Tillgängligt underlag har utvärderats för att presentera en samlad geologisk konceptuell modell över Norrköping med fokus på Inre hamnen. Den konceptuella modellen har vidare nyttjats i datorbaserade grundvattenmodeller för att kunna prognosticera påverkan under schaktsanering samt mängder länsvatten som behöver hanteras.

Där inte annat anges redovisas plankoordinater i SWEREFF99 16 30 och nivåer i RH 2000.

4 Geologiska förhållanden i Norrköping och i Inre hamnen

4.1 Geologiska förhållanden i Norrköping

Berggrundsgeologiska förhållanden i Norrköpings närhet är skiftande och det förekommer både sedimentära, metamorfa och massformiga bergarter. En tydlig förkastningslinje/deformationszon genomkorsar den västra delen av staden i en sydostlig-nordvästlig riktning. Väster om denna linje utgörs berggrunden i huvudsak av äldre (prekambriska) graniter samt av sedimentära bergarter, främst sandsten, av varierande ålder. Öster om förkastningslinjen, dominerar inom tätorten kvartsrika vulkaniter såsom ryolit och dacit. Ytterligare österut förkommer glimmerrika sedimentära bergarter, bl.a. lerskiffer (Wikström, 1975).

Jordlagerföljden är, som vanligtvis förekommande i Skandinavien, formad av tidigare, glaciation med påföljande isavsmältning och landhöjning. Enligt SGU:s kartering är 1-2 m morän överlagrandes berg vanligt inom området, men mäktigheten är osäker inom områden där morän överlagras av andra jordarter. Isälvssediment förekommer i ett stråk av rullstensåsar i nordvästlig-sydostlig riktning. I Norrköpings närhet följer dessa och täcker delvis den i området dominerande förkastningslinjen. I Norrköpings centrala delar förekommer öster om den nämnda åsbildningen 10-15 m mäktiga isälvssediment som har en relativt flack ytform. Enligt Müllern (2005) består dessa flackare isälvssediment i huvudsak av sand och sträcker sig under Motala Ström mot Blixholmen.

I den östra delen av staden förekommer också glacial och postglacial lera av varierande mäktighet. Dessa överlagrar de relativt flacka isälvssedimenten men har som regel en större utbredning. I den östra delen av staden är även gyttlelera vanligt förekommande som inslag i den postglaciala leran. Svämsediment är vanligt förekommande längs Motala ström, framförallt i de östra delarna av Norrköping. Enligt Wikström (1973) består svämsedimenten främst av finkorniga sediment. Förekomst av sandiga svämsediment i området Inre hamnen bedöms dock som troliga (Gustafsson, personlig kommunikation).

4.2 Geologisk beskrivning av Inre hamnen

I området Inre hamnen sluttar berggrundsöverytan kraftigt från att vara synlig i ytan som häll c:a 7-800 m norr om hamnen till att vara belägen några tiotals meter under markytan vid Motala ström. Detta hällområde utgör den sydligaste delen av en bergrygg som sträcker sig norrifrån mot Motala ström och är till större delen täckt av ett tunt moränlager. På väst- syd och ostsidan av ryggen förekommer isälvsediment som är överlagrade av glacial och postglacial lera. Isälvssedimentens mäktighet är vanligen 10-15 m, medan finsedimenten har en varierande tjocklek. I Sweco (2015a) visas den geotekniska bedömningen av jordlagerföljd längs en profil som sträcker sig från Norra Promenaden genom gasverkstomten till kajen.

Den befintliga fyllningen bedöms främst bestå av sand, silt och grus, men innehåller ställvis även aska, tegel, lera och mull. Fyllningens heterogena karaktär gör att dess hydrogeologiska egenskaper varierar.

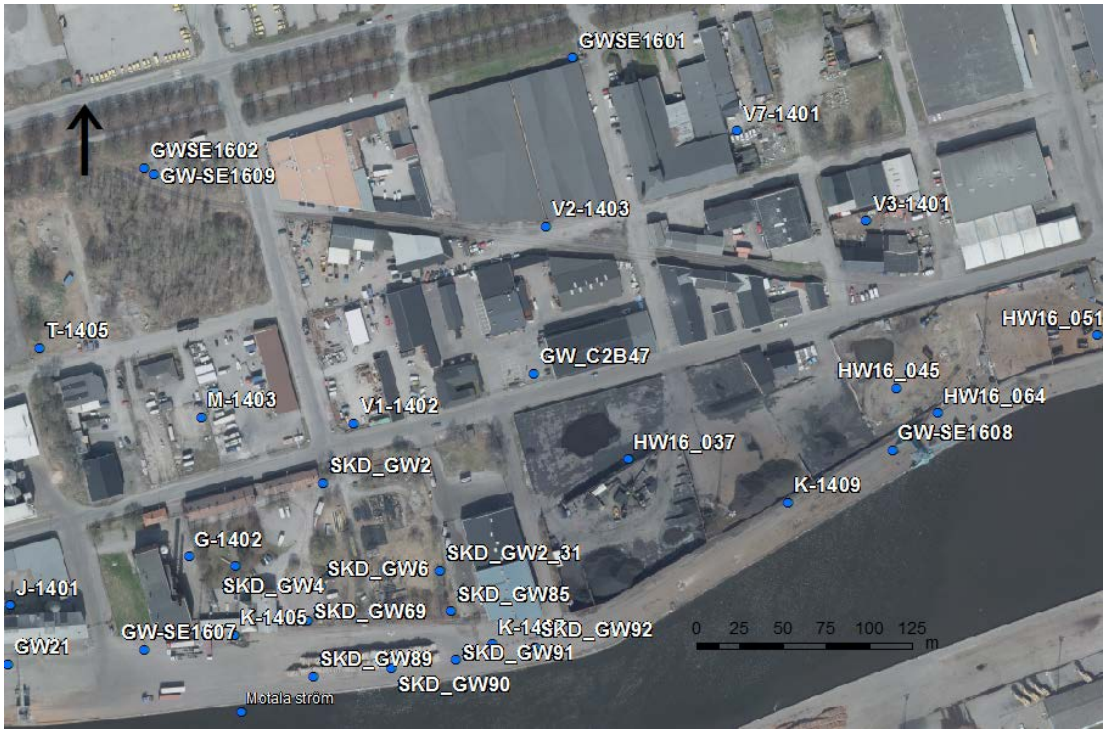
Under fyllnadsmassorna påträffas torrskorpelera, lera, områden med siltiga och gyttjiga leror samt ställvis av svämsediment. De geotekniska fältundersökningarna och installationer av grundvattennivåer visar att leran har en mäktighet varierande mellan 10 och 30 m inom det aktuella området. Leran underlagras av silt som övergår till friktionsjord av varierande kornfraktion som i huvudsak bildats såsom isälvssediment. Gränsen mellan lera och silt är utifrån genomförda undersökningar svår att bestämma exakt. Isälvssedimentets mäktighet varierar inom Inre hamnen och är som mest strax sydväst om gasverksområdet några tiotals meter men tunnar ut norrut mot Norra Promenaden (där berget ligger ytligare) och mot Bråviken (där det överlagras av mäktiga lerlager).

5 Meteorologiska data och uppmätta grundvattennivåer

I Tabell 1 jämförs månadsvisa medelvärden för temperatur och nederbörd för våren 2016 med normalvärden för perioden 1961-1990 (SMHI, 2016). Jämfört med normalvärdena var våren 2016 torrare och varmare än normalt. Enligt SMHI var medelårsnederbörden i Norrköping för perioden 1961-1990 469.6 mm (smhi, 2016). Enligt Brandt (1994) var årsmedelavrinningen från området c:a 200 mm. Baserat på dessa data uppskattas medelevapotranspirationen till c:a 250-300 mm och den potentiella grundvattenbildningen till 200 mm årligen. Eftersom området Inre hamnen utgörs av stor andel hårdgjorda ytor kan ett troligt intervall på grundvattenbildningen där ligga på 50 - 200 mm/år. Grundvattennivåer har mätts i ett ganska stort antal observationspunkter, deras lokalisering i området presenteras i Figur 1. De enskilda rörens egenskaper presenteras i Bilaga 2.

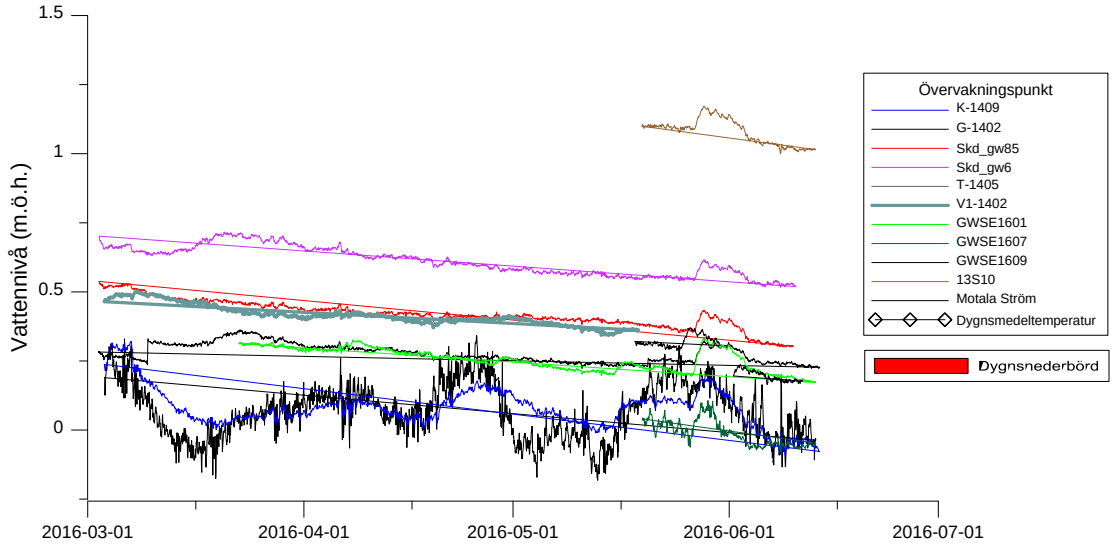
Tabell 1. Sammanställning av temperatur- och nederbördsdata för Norrköping. Våren 2016 var torrare och varmare jämfört med normalvärden för perioden 1961 och 1990 (SMHI, 2016).

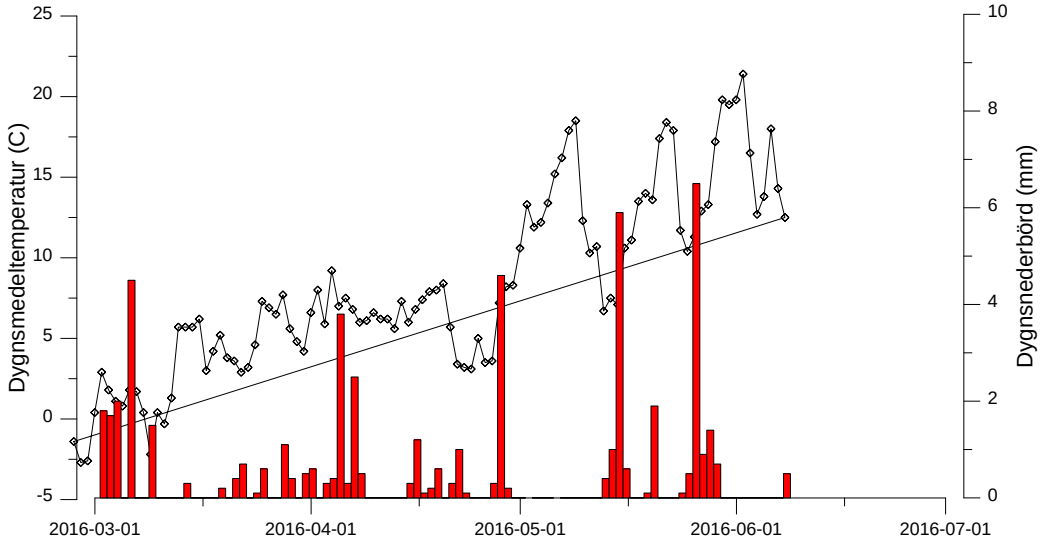
Månad	Nederbörd 2016 (mm)	Normalvärden för nederbörd (mm, 1961-1990)	Medeltemperatur 2016 (C)	Normalvärden för temperatur (C, 1961-1990)
Februari	26.1	24.8	0.3	-3.1
Mars	15.8	26.7	3.2	0.1
April	17.3	30.6	6.2	4.9
Maj	20.0	34.5	13.1	10.5
Juni	35.1	46.8	16.5	15.2



Figur 1. Observationspunkter för grund- och ytvattennivåer i Norrköpings inre hamn.

Grundvattennivåer, nederbörds- och temperaturdata för undersökningsperioden mars till juni 2016 visas i Figur 2. Perioder med mycket nederbörd orsakade stigande nivåer i både Motala Ström och i grundvatten. Samvariation mellan stora nederbördsmängder och höjning av Motala Ströms nivå orsakade stigande grundvattennivåer i både djupliggande (isälvssediment/morän) och ytliga (fyllnadsmaterial/svämsediment) magasin. Även samvariation mellan Motala Ström och grundvatten är påtaglig i både djupliggande och ytliga övervakningspunkter. Detta gäller främst för punkter belägna i närheten av strömmen, se exempelvis GWSE1607 och K-1409 i Figur 2. Samvariationen visar på att det finns hydraulisk kommunikation mellan både ytligt fyllnadsmaterial och djupliggande isälvssediment. Korttidsvariationer i övervakningspunkter som är belägna längre från Motala ström påverkas främst av varierande grundvattenbildning till följd av nederbörd, snösmältning och avdunstning. En gradvis sjunkande tendens förelåg generellt i området under våren 2016. Detta bedöms bero på säsongsmässiga variationer (gradvis ökande avdunstning) och på att våren 2016 hade mindre nederbörd och var varmare än normalt, se Tabell 1.



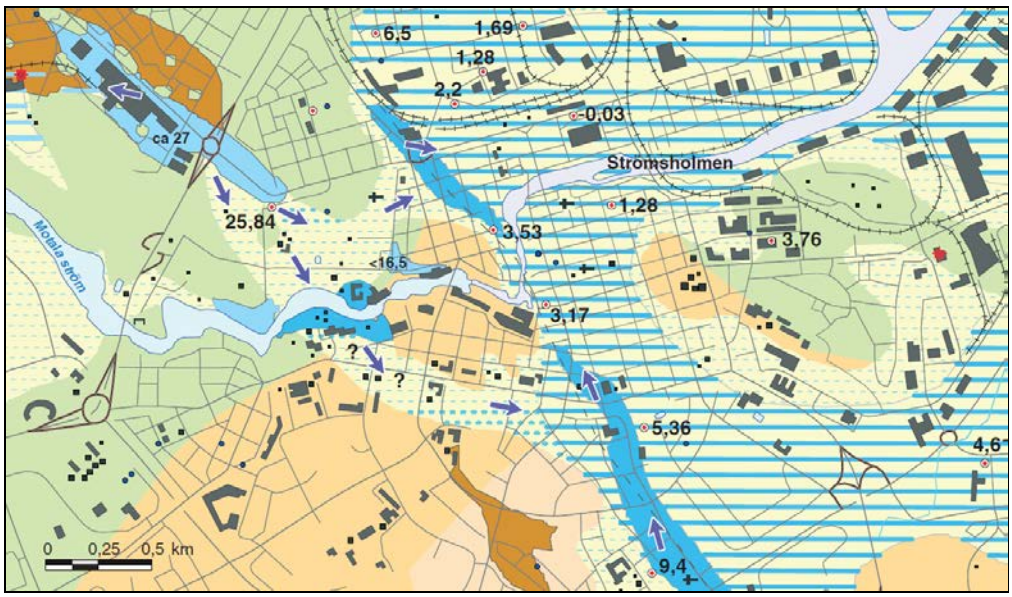


Figur 2. Grund- och ytvattennivåer från kontinuerlig mätning i olika delar av Norrköpings Inre hamn samt dygnsmedeltemperatur och dygnsnederbörd (SMHI, 2016).

6 Hydrogeologiska förhållanden

De hydrogeologiska förhållandena styrs av hydrologiska, geologiska förhållanden samt topografi. Under de förhållanden som råder i Norrköping sker grundvattenflöde i spricksystem i berggrunden samt i porer i jordlager. Enligt Brunnsarkivet (2016) är uttagsmöjligheterna från berggrunden liten och därmed möjlighet för grundvatten att flöda i berggrunden begränsad. Uttagsmöjligheter från brunnar borrade till c:a 100 m djup har med några få undantag ej högre än några hundra liter per timme. I den bergart som karterats vid Inre hamnen finns enbart tre bergborrade brunnar där uttagskapacitet rapporteras till SGU:s Brunnsarkivet, dessa har en uttagskapacitet 100-780 l/timme (Brunnsarkivet, 2016).

Isälvssediment framträder såsom en ås längs det blåfärgade stråket i Figur 3, medan det i delområdet med horisontella blåa streck förekommer isälvssediment som överlagras av andra jordarter. Till följd av att de överlagrande jordarterna vanligtvis innefattar glacial och postglacial lera är grundvattenbildning samt utströmning relaterat till denna del av isälvssedimentet begränsat. I Figur 4 presenteras observerad jordlagerföljd i borrpunkter i centrala Norrköping. Enligt Müllern (2005) bedöms utströmning från isälvssedimentet till Motala ström ske i närheten av Strömsholmen (se Figur 3).

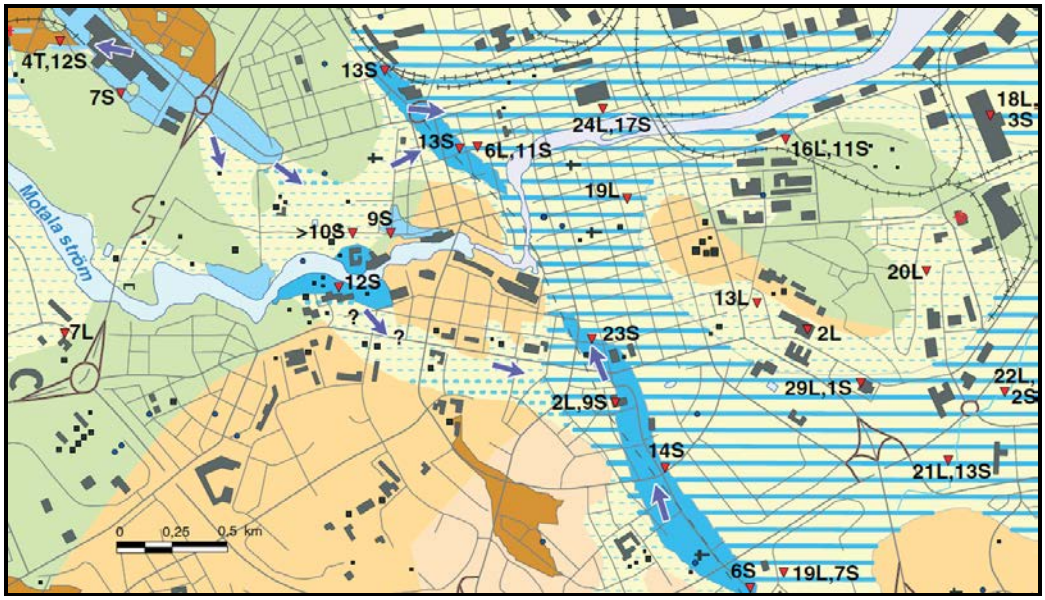


Figur 3. Grundvattenkarta över Norrköpings centrala delar. I de streckade delarna förekommer isälvssediment som överlagras av kohesionsjordar. Lodade grundvattennivåer anges som siffror i kartan (Müllern, 2005).

Det finns två huvudsakliga grundvattenmagasin i området. Ett övre, öppet magasin i fyllningen och ett undre, slutet magasin i friktionslagret under den täta leran, som separerar de båda grundvattenmagasinen. Genomförda fältförsök (slugtest) visade att fyllningens hydrauliska konduktivitet (permeabilitet) ligger mellan $1x10^{-5}$ och $1x10^{-4}$ m/s,

se Bilaga 3. Dessa resultat är samstämmiga med tidigare undersökningar, se WSP (2009). Leran bedöms ha en hydraulisk konduktivitet som är lägre än 10^{-9} m/s.

Beräkning av hydraulisk konduktivitet i isälvssedimentet har gjorts. Dessa baseras på siktanalys av prover som togs i samband med installation av djupliggande rör (se bilaga 4). Baserat på beräkningarna bedöms isälvssedimentets hydrauliska konduktivitet vara mellan $5x10^{-4}$ och $1x10^{-3}$ m/s. En av de djupliggande punkterna visar på en lägre hydraulisk konduktivitet $2x10^{-5}$ m/s, men den bedöms representera övergången mellan kohesionsjord (lera) och friktionsjord (isälvsediment) och utgörs enligt kornstorleksfördelningen av siltig sand.



Figur 4. Grundvattenkarta över Norrköpings centrala delar. I de streckade delarna förekommer isälvssediment som överlagras av kohesionsjordar. Observerad jordlagerföljd från sonderingar presenteras där siffrorna anger djup som meter av respektive sand (S) och lera (L) (Müllern, 2005).

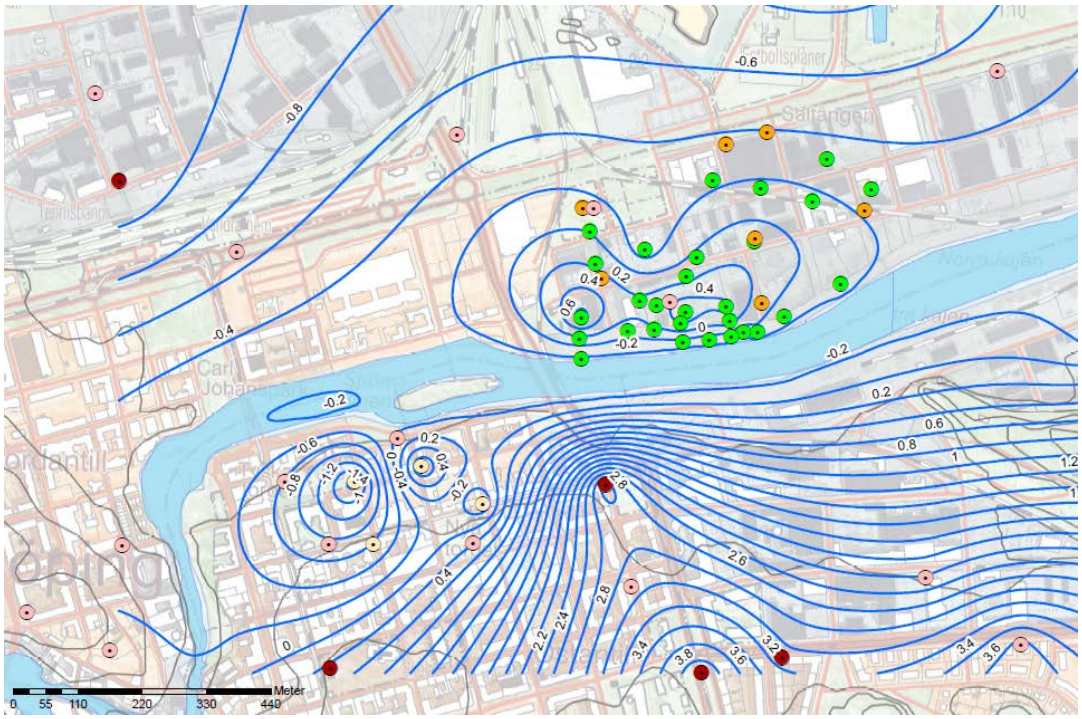
6.1 Grundvattennivåer och grundvattenströmning

Figur 5 visar en karta med interpolerade nivåer för ytligt grundvatten i östra och centrala Norrköping. Kartan visar på ett allmänt flöde från det planerade saneringsområdet mot Motala Ström i ytliga lager. Det bör beaktas att området är heterogent och att exempelvis grundläggning av tidigare byggnader och gasklockor påverkar. Detta mönster är dock osäkert norr om Saltängsgatan på grund av få observationspunkter där den interpolerade grundvattenkartan indikerar strömning mot Norra Promenaden.

Grundvattennivån i det övre magasinet på och invid kajen samvarierar med och har liten gradient mot Motala Ström ytvattenstånd. Kajen bedöms därmed som genomsläpplig och utgör inget hinder för vattenutbyte med Strömmen. Eftersom det enbart finns fyra fungerande observationspunkter i undre magasin har ingen interpolerad karta upprättats.

Den djupbelägna observationspunkt som är belägen i sydväst (GWSE1607) samvarierar med och har liten nivåskillnad mot Motala Ström. Tillsammans med övriga observationspunkter (GWSE1608 och 13S010) tolkas en sydvästlig gradient. Detta bekräftar tolkningar i underlag att det djupliggande grundvattenmagasinet har kontakt med och utströmning till Motala ström strax väster om Hamnbron.

Inom både gasverksområdet och området för den gamla skeppsdockan har uppmätta grundvattennivåer varit i spannet ca -0,2 m till +0,8 m.



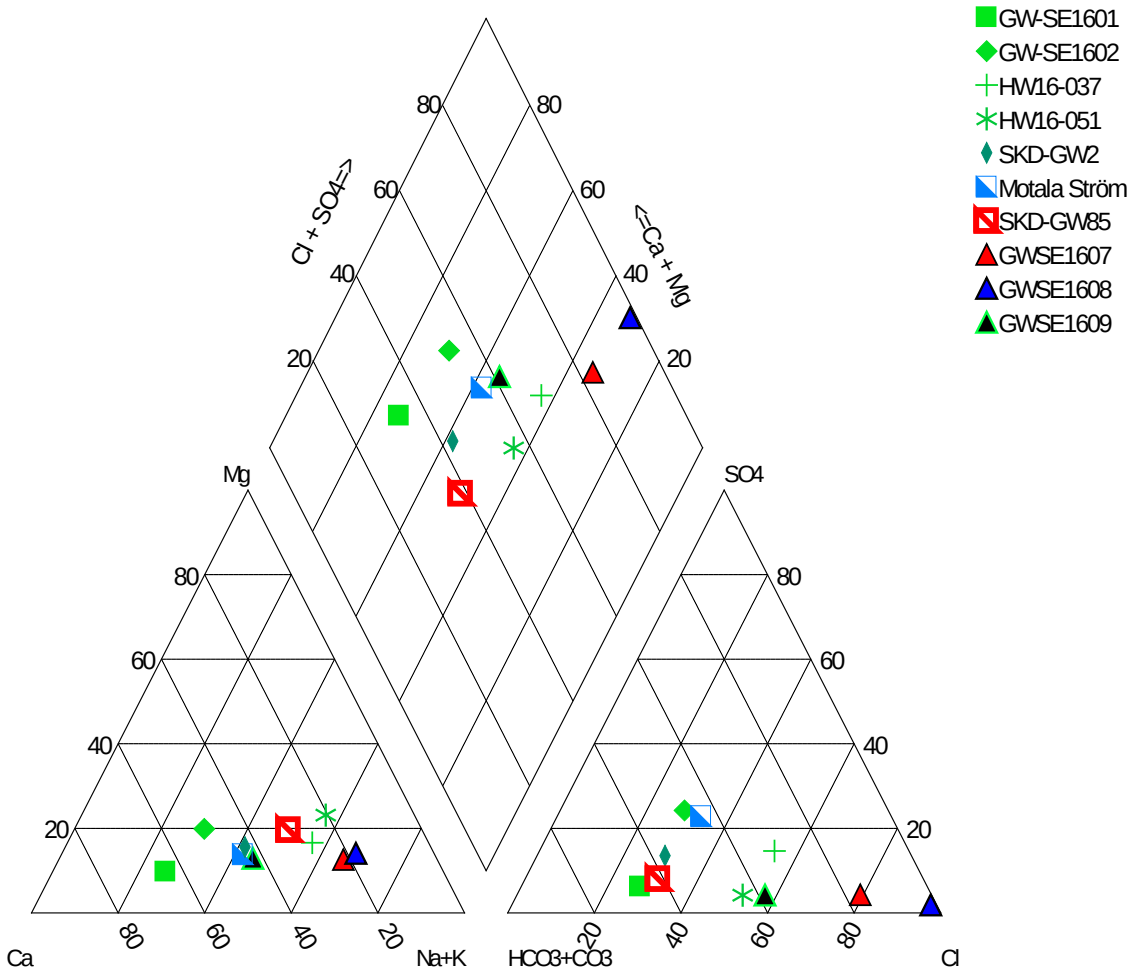
Figur 5. Interpolerad nivåkarta över ytligt grundvatten i Norrköpings Inre hamn. Gröna och röda punkter representerar egna respektive externa parters grundvattenrör som är inkluderade i interpolationen. Orangea rör är egna rör som exkluderats från interpolation då dessa har bedömts ha osäker funktion.

7 Vattenkemiska förhållanden

Provtagning av grund- och ytvatten med påföljande analys av fysikaliska-kemiska har genomförts. De provtagna observationspunkterna finns presenterade i Figur 1. Vattenkemiska egenskaper kan användas för att bedöma hydrogeologiska förhållanden såsom hydrauliska kontakter, pågående inträngning av havsvatten m.m. Förhållanden i stora delar av området är tydligt påverkade av mänskliga aktiviteter. Detta genom skapandet av ett heterogent fyllnadsmaterial, ytor med varierande hydrauliska egenskaper samt genom direkt förorening. Vidare inverkar närhet till Östersjön, dess

tidigare transgressioner och varierande förhållanden vid Motala Ström. I Figur 6 presenteras ett Piperdiagram för utvalda grundvattenrör samt Motala Ström.

Vattenkemisk beskaffenhet i de djupliggande grundvattenrören (GWSE1607, GWSE1608 och GWSE1609) uppvisar påverkan från Östersjön alternativt fördröjd vattenavgång efter tidigare transgression. Dessa rör har samtliga låga natriumkoncentrationer jämfört med klorid samtidigt som kalciumkoncentrationerna är höga. Detta samband kan bero på att ett tidigare salt grundvatten håller på och ersättas med ett sött. Denna gradvisa vattenkemiska förändring i kombination med att grundvattennivåerna samvarierar med Motala Ström utgör grund för att kontakt med Motala Ström och Bråviken är sannolik.



Figur 6. Piperdiagram över utvalda grundvattenrör samt Motala Ström.

Grundvattenrören inom kolgårdskajen (HW16-037 och HW16-051) uppvisar också höga natrium- och kloridkoncentrationer som kan bero på det Östersjönära läget. I övriga delar

av området kan även vägsaltning orsaka tydlig vattenkemisk påverkan. Enligt Lundberg (2016) och Ljungholm (2016) används främst NaCl för halkbekämpning inom Inre hamnen. Längs Norra Promenaden används Kalciummagnesiumacetat (CMA, ($CaMg_2(CH_3COO)_6$) för att minimera påverkan på växtlighet. De ytliga grundvattenrör som finns invid Norra Promenaden har en vattenkemisk sammansättning som är präglad av höga kalciumkoncentrationer, vilket kan bero på vald metod för halkbekämpning. Enbart begränsad omfattning av halkbekämpning har utförts på kajer i Inre hamnen. Även fyllnadsmaterialets beskaffenhet med troliga inslag av cementrester kan påverka vattenkemiska förhållanden och bidra till bl,a, höga kalciumkoncentrationer.

8 Föroreningssituation

I området för det gamla gasverket finns föroreningar från bl.a. gastillverkningen kvar i höga halter även flera meter ner i marken (dock främst i fyllningen). Det är framförallt PAH, bensen och ställvis även cyanid som påträffats. Även i grundvattnet har höga halter tungmetaller, PAH och bensen mätts upp. För tungmetaller är det enstaka punkter med höga halter. I delar av gasverksområdet är halterna av organiska föroreningar så höga att de bedöms finnas som fri fas i jorden. Föroreningssituationen i området finns i detalj beskriven i bl.a. Sweco (2015b).

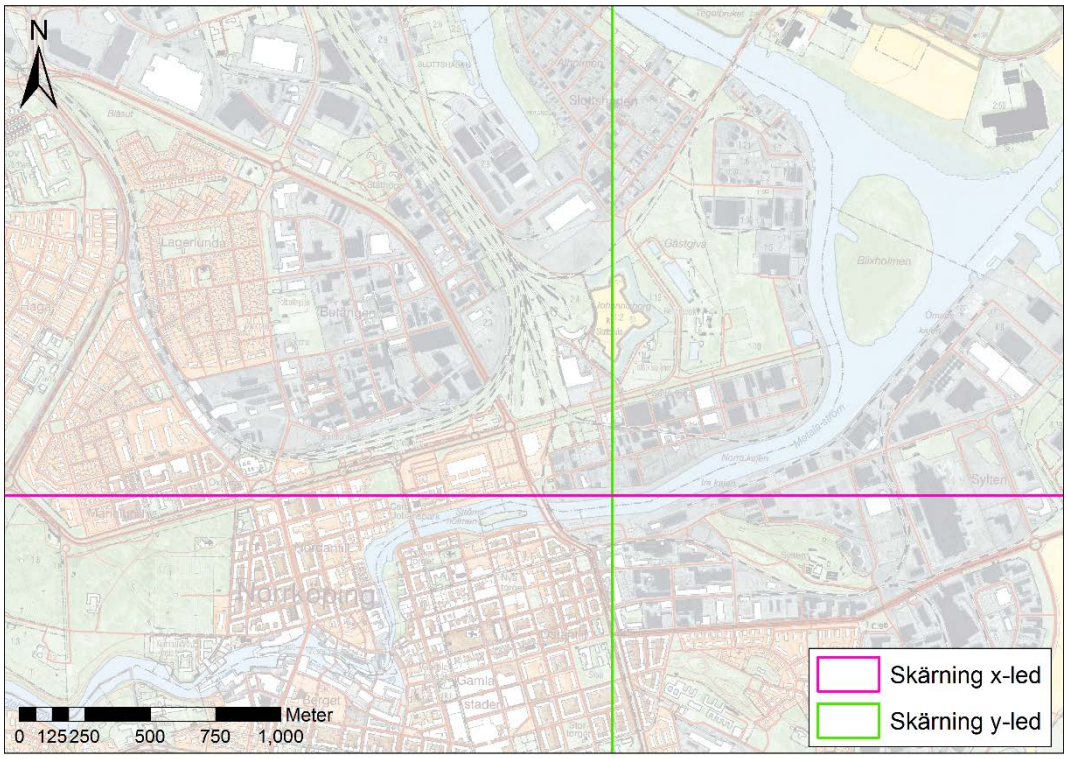
9 Konceptuell modell

Föreliggande konceptuella modell över geologiska och hydrogeologiska förhållanden har tagits fram baserat på sonderingar, geologiska kartor och expertbedömningar. Modellen har sammanfogats med ett digitalt underlag som sedan redigerats baserat på bedömningar av faktiska förhållanden. Visualiseringar har gjorts i Visual Modflow Flex, vilket sedan utgjort indata för grundvattenmodellering. Två 3D-illustrationer ur modellen presenteras i Figur 8 och Figur 9 vars sträckningar genom Norrköping presenteras i Figur 7.

I den konceptuella modellen har förenklade och huvudsakliga jordartsgeologiska enheter ansatts baserat på data och bedömningar. De antagna geologiska enheterna utgörs av:

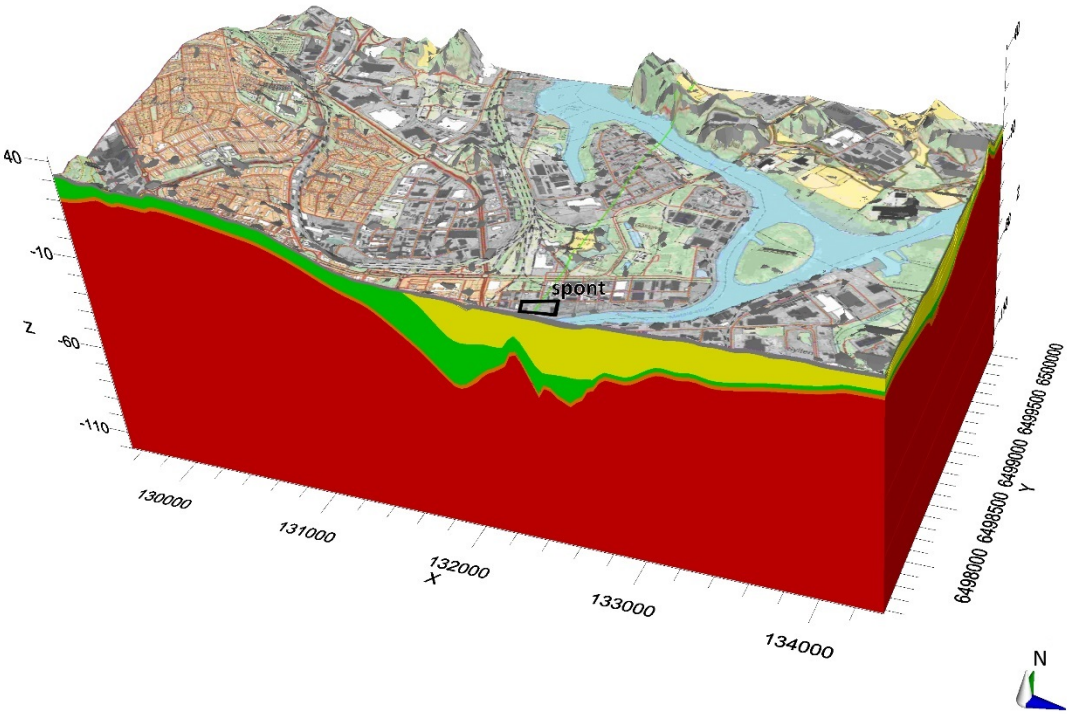
- berg (röd)
- Friktionsjord/morän (grön)
- Lera (gul)
- Fyllnadsmaterial/svämsediment (grå)

Den konceptuella modellen utgörs av en tredimensionell datormodell som förenklat beskriver förhållanden i olika delar av området. En viktig aspekt av modellen är att ansätta hydraulisk kontakt mellan de geologiska enheterna och ytvatten. Modellens utbredning har valts så att den utgör av lämplig del av ett ytavrinningsområde, detta för att enklare kunna nyttja den konceptuella modellen som indata för datorbaserad grundvattenmodellering.



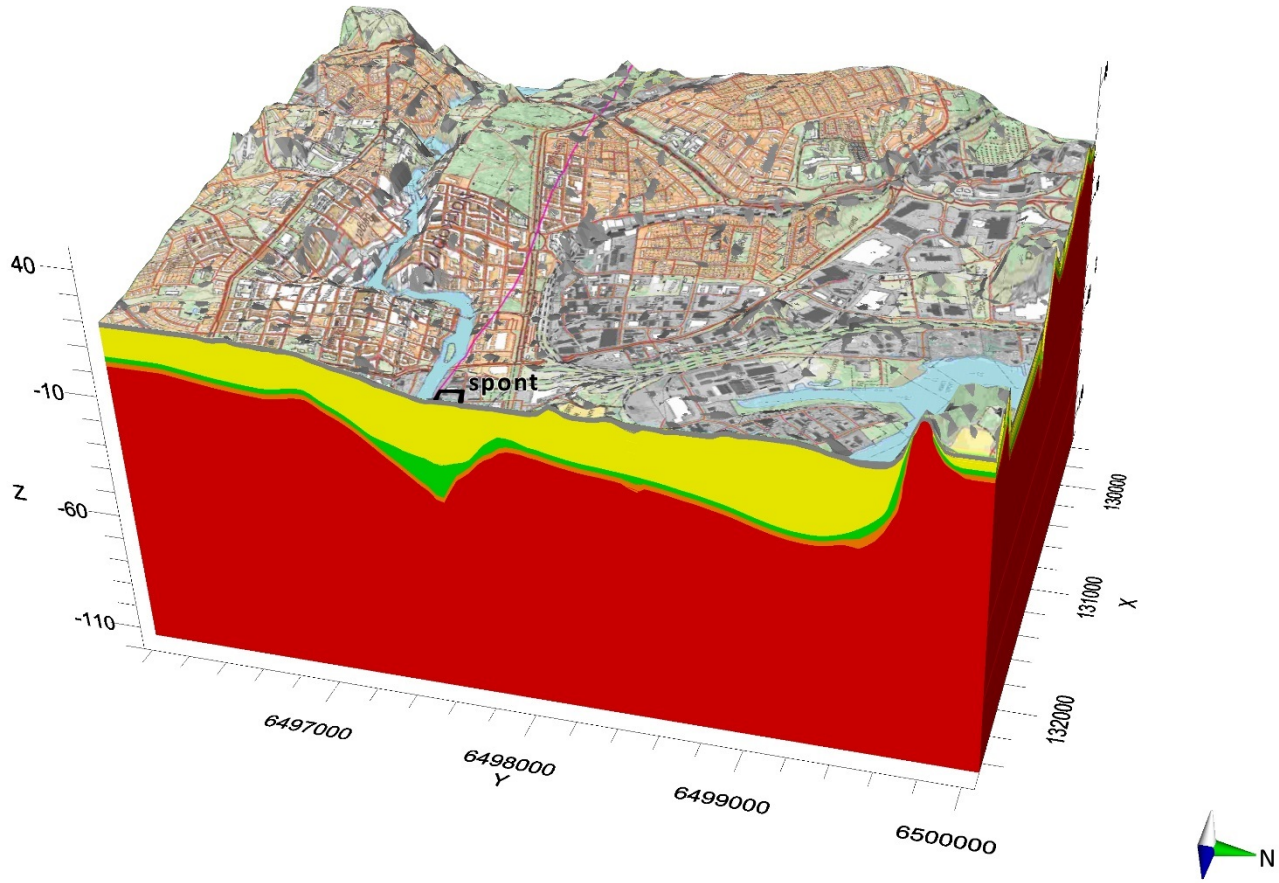
Figur 7. Karta över centrala Norrköping. Profilens sträckning representeras av den rosa linjen.

Figur 8 visar del av den konceptuella modellen med tvärsnitt i öst-västlig riktning. I den västra (vänstra) delen av tvärsnittet syns åsbildningen som sträcker sig i nordvästlig-sydostlig riktning strax väster om centrala Norrköping. Åsbildningen är belägen på en bergrygg. Berggrunden genomkorsas av en svaghetszon längs Motala Ström. Friktionsjordar som bedöms främst vara bildade som isälvssediment har stor geografisk utbredning inom området, se det gröna lagret i Figur 8 och i Figur 9. I den östra delen av området är dessa genomgående täckta av glacial och postglacial lera (gult i modellen) medan de är synliga i ytan i den västra delen.



Figur 8. Konceptuell modell som beskriver geologiska och hydrogeologiska förhållanden I Norrköpings Inre hamn. Tvärsektion i öst-västlig riktning.

Inom Inre hamnen bedöms lerlagret vara kontinuerligt men av varierande mäktighet. I den västra delen av gasverksområdet är lermäktigheten mindre än 10 m medan de mäktigaste lagren med mer än 30 m lera återfinns invid kolkajen, se Figur 8. I den nord-sydliga profilen (Figur 9) framträder en försänkning i berggrunden vid Motala ström som till stor del har fyllts upp av sediment (jord), både isälvssediment och lerlager är som mäktigast här.



Figur 9. Konceptuell modell som beskriver geologiska och hydrogeologiska förhållanden I Norrköpings Inre hamn. Tvärsektion i nord-sydlig riktning.

10 Planerad schaktsanering

Inre Hamnen i Norrköping kommer i samband med omvandling till ett nytt bostadsområde att marksaneras. Sanering och byggnation kommer att ske etappvis och undersökningar har därför fokuserat på de delområden där arbeten kommer att inledas under de första skedena. Föreliggande rapport fokuserar på förhållanden vid det tidigare gasverksområdet och den igenfyllda skeppsdockan, se Figur 10.

10.1 Planerat schakt

Schaktsaneringen innebär att förorenade massor grävs upp och behandlas alternativt körs till deponi. Därefter utförs återfyllning med rena massor, antingen nya som transporterats till platsen eller sådana som har efterbehandlats.

Föroreningar inom de två aktuella områdena återfinns från markytan och ner till ca 4 m djup i de flesta delar. Förorening har dock påträffats på djup ner till 8 m under markytan. Föroreningssituationen har sammanfattats i flera olika rapporter varav den senaste är upprättad av Sweco (2016b). Behov av sanering i olika delar av området presenteras i bl.a. rapport om åtgärdsmål (Sweco, 2016c).

10.2 Spont

För att kunna genomföra saneringen krävs spont runt saneringsområdena i delområdena vid gasverkstomten och den igenfyllda skeppsdockan. Sponten krävs av flera olika skäl:

- Tillfredställande kontroll av saneringsarbetet.
- Underlätta borttagande av förorenade byggnadsdelar eller andra konstruktioner under mark.
- Underlätta packning av återfyllningsmaterial.
- Begränsa avsänkning av grundvattennivåer utanför spont.
- Begränsa mängden vatten som måste länshållas.
- Skydda ev. byggnader, gator och ledningar som ska bevaras, i föreliggande fall utanför spont.

Sponten kommer att utföras som stålspont (typ PU 12). Sponten kommer att förankras c:a 1 m under befintlig markyta med hammarband och dragstag samt ankarplattor. Ankarplattorna skall installeras 6 - 8 m bakom sponten. Spontens maximala utbredning presenteras översiktligt i Figur 10. För en mer detaljerad beskrivning av spontens läge, se teknisk beskrivning, bilaga 1 till ansökan om tillstånd.

Enligt figur 10 kommer två kortare sträckor av saneringsområdets södra del direkt angränsa till Motala ströms kajkant. I dessa fall kommer placering av ny spont inte vara möjlig utan befintlig kaj-spont kommer att utnyttjas. Den befintliga kaj-spontens skick är okänd men kan antas vara mindre tät än den beskrivna nya stålsponten ovan.

Figur 10. Spontens maximala planerade utbredning vid schaktsanering.

11 Bedömt påverkansområde -datorbaserad modellering

Datorbaserade modeller har gjorts baserat på indata från undersökningar och expertbedömningar som sammanfogats i den konceptuella modellen, se avsnitt 9. I ett första steg har grundvattenförhållanden före sanering återskapats i syfte att bygga en modell som kunnat kalibreras mot uppmätta grundvattennivåer. I ett andra steg har sannolik påverkan (grundvattennivåer och flöden) under planerad schaktsanering modellerats.

11.1 Kalibrerad modell nuvarande förhållanden

Baserat på den datorbaserade konceptuella modellen skapades ett grid (ett nät av kvadratiska celler) som därefter användes vid grundvattenmodelleringen. Modellen delas in i fem olika lager för att representera olika egenskapsområden, detta åskådliggörs i Figur 11. I vissa fall är dessa egenskapslager indelade i dellager för att beskriva djupberoende hydrauliska konduktivitet.

- Överst: Ett lager med fyllnadsmassor (grått)
- Två lager som beskriver lera (gult)

- Två lager som beskriver friktionslagret (grönt)
- Ett lager som beskriver moränen (orange)
- Underst: Flera lager för berggrunden (rött)

Lager	Geologi
1	Fylle
2	Lera
3	
4	Friktion
5	
6	Morän
7	Berg
8	

Figur 11. Principiell lagerföljd i den datorbaserade modellen.

De olika enheterna i modellen parametersattes med initialvärden för

- magasinskoefficienter (jordlagrens förmåga att avge vatten)
- hydrauliska konduktiviteter (jordlagrens förmåga att leda vatten (m/s))
- grundvattenbildning (grundvatten som bildas från exempelvis ytvatten eller nederbörd som infiltrerar (mm/(m^3·år)))
- randvillkor (förhållanden vid modellens kanter ansätts)

Kalibrering utfördes tills dess att modellparameterar valts så att de modellerade grundvattennivåerna optimerades mot de uppmätta. Under kalibreringen var fokus att uppnå representativa grundvattennivåer och flödesbilder samt en korrekt återgivning av Motala ström vid en ostörd situation. Parametrar ansattes baserat på en kombination av uppmätta data och expertbedömningar.

I modelleringen återskapades en grundvattennivå och grundvattenyta inom området. Kända grundvattennivåer och bedömda grundvattennivåer återspeglades i grova drag i grundvattenmodellen.

Vid området Inre hamnen är gradienten på grundvattenytan liten, vilket har kalibrerats i modellen genom att anta högre hydraulisk konduktivitet i norra delen, i höjd med Norra Promenaden, jämfört med området nära Motala ström. Detta antagande kan förklaras av att det troligtvis förekommer sediment och fyllnadsmassor relaterat till en tidigare å-fåra i delar av området. En bidragande orsak till de låga gradienterna kan också vara att dräneringar kan förekomma inom fastigheterna i området.

11.2 Förväntad påverkan under schaktsanering

Den kalibrerade modellen för opåverkade förhållanden utgjorde indata för att modellera påverkan under schaktsanering. Den planerade sponten i Figur 10 representerades i modellen med antaganden av dess förväntade hydrauliska egenskaper.

Enligt Thyssen Krupp (2016) kan en sponts hydrauliska egenskaper uppskattas och i modellen representeras av en porös jordvägg enligt Ekvation 1.

$$\boldsymbol{K} = \frac{\boldsymbol{\rho} \cdot \boldsymbol{d}}{\boldsymbol{b}} \qquad \text{Ekvation 1}$$

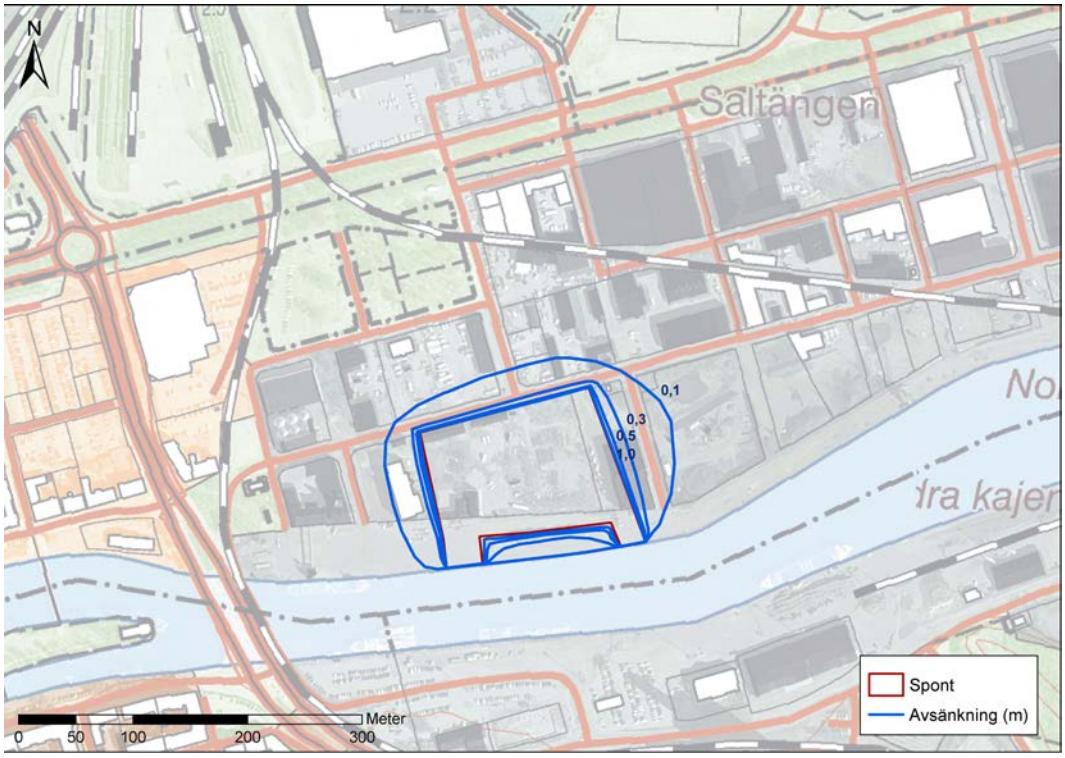
Där
K representerar effektiv hydraulisk konduktivitet vinkelrät mot spontvägg, motsvarande av **K** och en tjocklek d av ett poröst material. (m/s).
ρ representerar inversen av spontlåsens täthet (m/s).
d representerar tjocklek på ekvivalent slurrywall (jordvägg) (m).
b representerar horisontellt avstånd mellan spontlås (m).

Baserat på antaganden av att spont av typen PU12 kommer att användas, preliminärt utan kompletterande tätning, bedöms denna representeras av en 1 m bred slurrywall (jordvägg) med hydraulisk konduktivitet 10^{-7} m/s.

Den befintliga sponten längs Motala ströms kajkant antas vara i sämre skick än den planerade sponten kring saneringsområdet. Den befintliga sponten antas ha ca 10 gånger större inläckage än tidigare beskrivna stålspont. Detta motsvarar en 1 m bred slurrywall med hydraulisk konduktivitet ca $4 \cdot 10^{-6}$ m/s i modellen.

Schaktning har i det modellerade scenariot antagits till 4 m u.m.y. i hela det spontade området. Vidare förutsätts att schaktningen genomförs i torrhet med grundvattensänkning till samma nivå som schaktbotten.

Modellerad grundvattenpåverkan visas i Figur 12. Påverkansområde med mer än 0,1 m avsänkning begränsas till mindre än 60 m från spont. Större avsänkning, mer än 0,3 m, förväntas enligt modellen närmare än 15 m från spont. Påverkansområde sträcker sig i västlig, nordlig och ostlig riktning från området som ska schaktsaneras. I riktning mot Motala ström påverkas grundvattennivåer av förekommande vattendrag och påverkansområde i sydlig riktning blir därför litet.



Figur 12. Modellerat påverkansområde vid schaktsanering. Modellen förutsätter att schaktning och grundvattensänkning sker till 4 m u.m.y. samtidigt i hela området.

Schaktsanering planeras ske etappvis och ej i hela det spontade området samtidigt. I vissa delar kommer schaktning enbart att göras i ytliga lager. Vidare kommer avsänkning av grundvattennivåer att fokuseras till de delar där schaktning pågår för stunden. Det modellerade påverkansområdet kan således betraktas som det maximala området som förväntas påverkas under olika tidpunkter under saneringen. Det bör dock beaktas att det föreligger osäkerheter om markens hydrauliska egenskaper och om sponten kommer att erhålla förväntad funktion.

11.3 Grundvattenpåverkan vid oväntat ofördelaktiga förhållanden

I föreliggande modelleringssteg har grundvattenpåverkan vid avsaknad funktion i spont studerats, i övrigt har samma modell som i avsnitt 11.2 använts. Sponten har enbart antagits ha en strukturell funktion, men nästan helt sakna tätande funktion. I modellen har den representerats av en 1 m bred slurrywall med hydraulisk konduktivitet 10^{-5} m/s. Däremot har den befintliga sponten längs Motala ströms kajkant behållits i modellen med en 1 m bred slurrywall (jordvägg) med hydraulisk konduktivitet $4 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Under antagna förutsättningar utan fungerande spont föreligger risk att områden belägna mer än 500 m från spont påverkas. Modellen är mer ingående presenterad i Bilaga 1.

Spontens funktion kommer noggrant att bedömas före det att schaktsanering och grundvattensänkning påbörjas. Vidare kommer ett kontrollprogram med krav på övervakning av grundvattennivåer att föreligga. Kontrollprogrammet kommer att innehålla larmnivåer och motåtgärder vid oväntat stor grundvattenpåverkan. Det modellerade påverkansområdet i fallet med oväntat ofördelaktiga förhållande kan således ej betraktas som ett trovärdigt värsta-fall-scenario. Däremot ger modellen en fingervisning om vilka områden som skulle kunna påverkas om inga grundvattenskyddande åtgärder eller övervakning vidtogs.

11.4 Länshållning

Länshållning bedöms kunna genomföras med anläggande av pumpgropar och nyttjande av dränkbara pumpar. Grundvattenmodelleringen av trolig påverkan under schaktsanering (avsnitt 11.2) visar att de volymer som bedöms läcka in till schaktgropen kommer att vara c:a 104 m^3/dygn. Till detta tillkommer nederbörd som faller inom det schaktade området. För beräkning av nederbördstillskott har nettonederbörd 250 mm/år antagits. Totalt bedöms c:a 13 m^3/dygn behöva omhändertas under ett medeldygn. Modelleringsresultaten avseende länsvatten visas i Tabell 2. Det bör beaktas att detta modelleringsresultat förutsätter avsänkning till 4 m u.m.y. inom hela det spontade området. Vid en mindre omfattande avsänkning inom spont blir följaktligen inläckaget mindre. Det föreligger dock osäkerheter om markens hydrauliska egenskaper och om sponten kommer att erhålla förväntad funktion.

Vidare redovisas förväntat inläckage vid oväntat ofördelaktiga förhållanden exemplifierat med att sponten helt skulle sakna tätande egenskaper, se avsnitt 11.3. Under sådana förhållanden skulle enligt modellen 340 m^3/dygn behöva omhändertas vid en avsänkning till 4 m u.m.y. inom det spontade området. Vidare visar modellerings-resultaten att mer än hälften av det inläckande vattnet under sådana förhållanden skulle härröra från Motala ström.

Tabell 2. Vattenmängder som enligt grundvattenmodellering behöver länshållas.

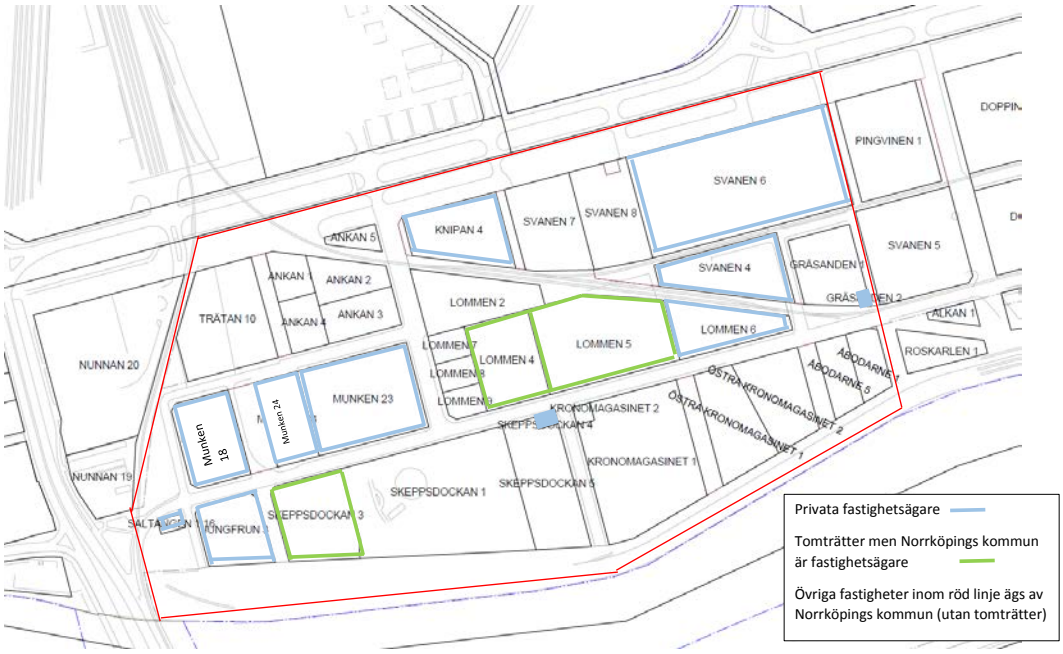
Ursprung	Spontfunktion: täthet 10^{-7} m/s	Spontfunktion: Täthet saknas (10^{-5} m/s)
Inläckage grundvatten	104 m^3/dygn	327 m^3/dygn
Nettonederbörd	13 m^3/dygn	13 m^3/dygn
Total mängd länsvatten	117 m^3/dygn	340 m^3/dygn

Nederbördsmängder varierar över tid och vid kraftiga regn kan stora mängder länsvatten behöva omhändertas. Ett 24-månadersregn under två timmar skulle ge ett tillskott i tillägg

till det inläckande grundvatten motsvarande 11 l/s. Detta motsvara ett tillskott på c:a 80 m^3 under de två timmar ett sådant regn varar.

12 Byggnader, externa sakägare och befintligheter inom påverkansområde

Figur 14 presenterar fastigheter samt olika kategorier av sakägare i saneringsområdets närhet. Det förekommer både fastigheter som ägs av Norrköpings kommun men som besitts genom tomträtt, privatägda fastigheter samt kommunalägd mark. Två av de tre fastigheterna inom området där schaktsanering planeras ägs av Norrköpings kommun. En av fastigheterna (Skeppsdockan 4) ägs av en privat fastighetsägare. Denna fastighet omfattar enbart 170 m^2, är bebyggd med en transformatorstation (nätstation), se Figur 14.



Figur 13. Fastigheter och sakägare inom närhet till området för schaktsanering.

Enligt grundvattenmodelleringen bedöms fastigheterna närmast utanför det planerade området för schaktsanering att påverkas. Omedelbart väster om schaktsaneringsområdet ligger fastigheten Skeppsdockan 3, denna har en tomträtt som har sagts upp. Ytterligare fastigheter som bedöms påverkas är Munken 23 och Munken 24 som är privatägda, samt Lommen 4 och Lommen 5 som har gällande tomträtter. Övriga områden som bedöms kunna påverkas av grundvattensänkning under schaktsaneringen ägs av Norrköpings kommun.

12.1 Byggnader

På fastigheten Skeppsdockan 3 finns en hetvattencentral som uppfördes i slutet av 1960-talet. Byggnadens består av fyra våningar plus källare och är uppförda på en betongplatta. Denna är i sin tur grundlagd på träpålar. Hetvattencentralen tillhör energibolaget E.ON. På fastigheten Skeppsdockan 3 ligger också det gamla gasmästarkontoret.

På fastigheten Skeppsdockan 1 finns flera av gasverkets byggnader från 1920-1940-talen kvar, dessa planeras att rivas under saneringsskedet. Tidigare fanns även två gasklockor på fastigheten Skeppsdockan 1. Dessa har tagits bort, men kvar i marken finns rester av grundläggning beståendes av runda bassänger. Den ena fylldes ut med bl.a. kolbottenaska och sand och asfalterades på 1990-talet. Platsen där de runda gasklockorna tidigare låg kan avläsas på marken och framträder på flygfoton.

På fastigheten Skeppsdockan 5 finns en större relativt nyuppförd lagerbyggnad. Även denna kommer att rivas under saneringsskedet. Byggnaden på Skeppsdockan 3 kommer att finnas kvar under nuvarande planerad schaktsanering, men kommer att rivas och saneras i kommande utbyggnadsetapper. Även Skeppsdockan 4 kommer att saneras.

12.2 Ledningar

Längs södra sidan av Saltängsgatan finns ett stråk med markförlagda ledningar, bl.a. vatten- och el-ledningar. Vissa av dessa ledningar följer en förgrening längs Brännerigatan och vidare västerut längs kajen.

Inom de fastigheterna som bedöms komma att påverkas av grundvattensänkning finns fiberledningar (tillhörande Skanova och Tele2) samt fjärrvärmeledningar (tillhörande E.on). Vidare finns inom de berörda fastigheterna vattenledningar till hetvattencentralen och byggnaderna vid Brokikargatan (kajen) och Brännerigatan. Ledningar inom saneringsområdet (innanför sponten) kommer att tas bort, de påverkar enbart försörjning till byggnader som ska rivas.

12.3 Kajen

Kajen inom området vid gasverket utgörs av en betongkaj på träpålar. Den yttersta delen består av en järnspont som når hela vägen ner till vattendragets botten. Kajkonstruktionen är bakåtförankrad med dragstag (ca 6-8 m långa) i en pålad förankringsbalk. Dragstagen sitter med ca 3 m mellanrum. Kajkonstruktionen, främst järnsponten, är relativt genomsläpplig och utbyte mellan ytvattnet och det ytliga grundvattenmagasinet sker här.

13 Konsekvenser av grundvattenbortledningen

13.1 Konsekvenser för omgivande markytor

Inom påverkansområdet för grundvattensänkningen bedöms påverkan på vegetation som liten. Vissa gräsbevuxna ytor kan bli observerbart torrare i området strax utanför planerat schaktområde. Ingen skyddsvärd vegetation kommer att påverkas. Grundvattensänkningen kommer att vara tidsbegränsad till saneringsskedet, eventuella sättningar kommer ej att negativt påverka markytor.

13.2 Konsekvenser för ledningar

Grundvattenbortledningen bedöms inte innebära risk för sättningsskador på ledningar. De ledningar som ligger inom spontväggarna kommer däremot påverkas av själva markarbetena och kommer att tas bort. Ledningsstråket längs Saltängsgatan som enligt ritning ligger alldeles utanför planerad spontvägg kan komma att påverkas av markarbeten och de förankringar som krävs vid spontning.

13.3 Konsekvenser för byggnader

Enbart enstaka byggnader i den planerade spontens närhet förväntas riskera att påverkas av grundvattenrelaterade förändringar under saneringsskedet. Hetvattencentralens pålgrundläggning bedöms vara känslig för grundvattensänkning. Icke reversibla mikrobiella nedbrytningsprocesser kan starta om träpålar exponeras för luft och därför får inte grundvattnet sänkas under pålarnas högsta nivå. Byggnadsritningar anger att grundplattans överyta är på nivå ca +0,9 m och dess underyta på cirka +0,3. Pålgrundläggningens överyta bedöms vara i närheten av normal grundvattennivå.

Grundvattennivåer inom fastigheten Skeppsdockan 3 kommer att övervakas inom ramen för kontrollprogrammet, i vilken också larmnivåer och motåtgärder vid för låga nivåer kommer att preciseras. Eventuellt kan tätning av spontlås övervägas längs en delsträcka för att minimera grundvattenpåverkan inom fastighet Skeppsdockan 3.

I det bedömda påverkansområdet finns också byggnader inom fastigheterna Munken 23, Munken 24 (privatägda), samt Lommen 4 och Lommen 5 (tomträtter). Dessa bedöms ej vara känsliga för kortvariga, små grundvattensänkningar. Behov av övervakning och motåtgärder kommer att presenteras i kontrollprogram.

13.4 Konsekvenser för kajkonstruktionen

Grundvattennivåerna invid kajkonstruktionen styrs främst av nivåer i Motala ström och bedöms därför inte påverkas av grundvattensänkning under genomförandet av schaktsaneringen. Hydrauliska gradienter bedöms däremot påverkas, framförallt när schaktsanering görs i kajens närhet med relaterad grundvattensänkning. De ändrade gradienterna innebär följaktligen att flödet och vattenutbytet genom kajen förändras. Vidare kan de vattenkemiska förhållandena ändras när vatten från Motala ström bildar grundvatten och flödar mot schaktgropen.

13.5 Konsekvenser i form av föroreningsspridning

Grundvattensänkningen orsakar flöde mot det schaktade området. Det grundvattenflöde som orsakas genom avsänkning vid schaktsanering och länshållning medför därför ingen spridning av föroreningar från området som saneras under period som sanering pågår. Detta grundvattenflöde kan däremot medföra att eventuella föroreningar utanför det schaktade området kan spridas mot saneringsområdet.

Vid installation av sponten föreligger liten risk att kortvariga hydrauliska kontakter skapas mellan fyllnadsmaterial och eventuellt förekommande mer djupliggande silt/sandlinser alternativt om det djupliggande friktionsmaterialet lokalt skulle vara ytligare beläget än förväntat. Leran bedöms dock relativt snabbt återsluta och sannolikhet att sponten förs ned i mer djupliggande vattenförande lager bedöms som liten.

13.6 Övriga konsekvenser

Länshållningsvattnet kommer att innehålla varierande koncentrationer av föroreningar samt partiklar och behöver därför renas före det att vattnet infiltreras eller släpps till recipient (Motala ström). Maximala koncentrationer och/eller massfluxer behöver ansättas och kontinuerligt övervakas inom ramen för kontrollprogrammet för att minimera risken för oacceptabel föroreningsspridning.

14 Egenkontroll och förberedande motåtgärder

Inför saneringsarbetet ska ett kontroll- och åtgärdsprogram upprättas avseende både geoteknik, grundvatten och förorening.

En del av de befintliga grundvattenrören kommer att avvecklas till följd av de planerade åtgärderna. För noggrann kontroll av grundvattennivåer utanför och i närheten av schakterna kommer ett antal nya grundvattenrör behöva installeras. Under tiden som schakten skall hållas öppen bör aktuella rör vara försedda med digitala trycknivågivare som loggar grundvattennivåer med täta mellanrum. För varje rör bör en larmnivå anges, underskrider grundvattenytan den bör saneringsarbetet avbrytas och eventuella åtgärder såsom t.ex. skyddsinfiltration sättas in.

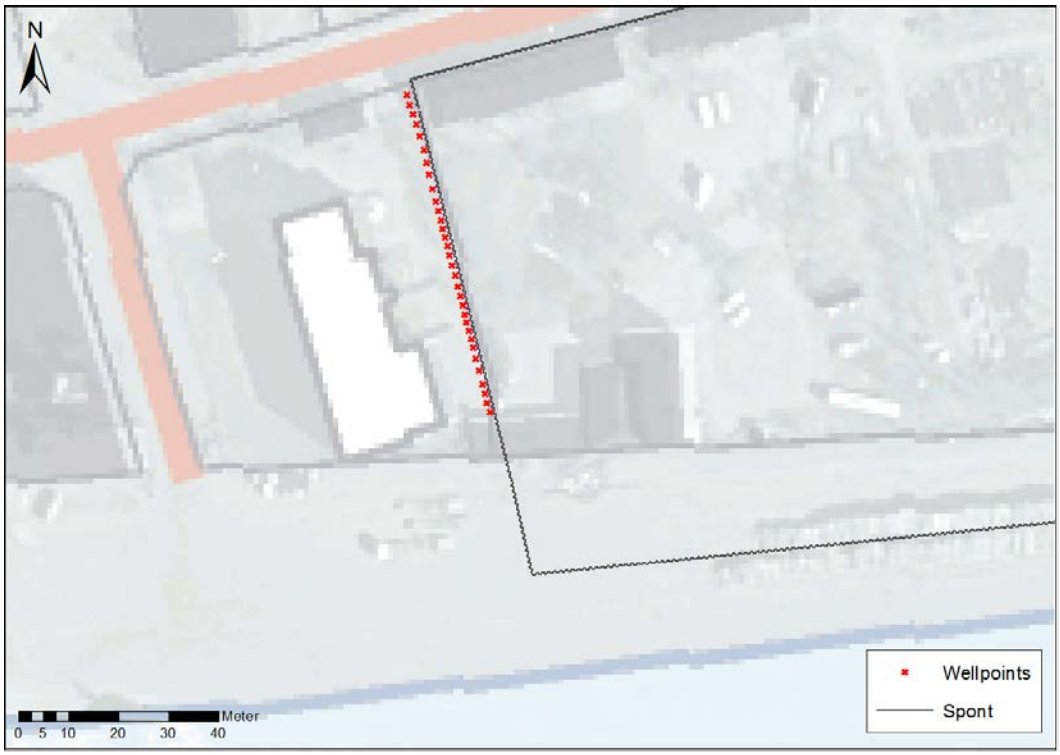
Utöver detta föreslås kontroll av marksättningar och rörelser (främst med avseende på bottenupptryckning), exempelvis kan markpeglar installeras på lämpligt avstånd från schakterna samt vid eventuella grundvattenberoende skyddsobjekt. Även geotekniska mätningar bör specificeras i ett kontrollprogram.

14.1 Skyddsinfiltration

För att motverka negativ påverkan från grundvattensänkning under schaktsaneringen kan skyddsinfiltration vara nödvändig. Då grundvattensänkningen i stor utsträckning påverkar de översta jordlagren kan infiltration av vatten i enkla filterbrunnar eller wellpoints användas för att driva upp grundvattennivån. Metoden wellpoint innebär att flertalet

seriekopplade brunnar på nära avstånd från varandra används. Fördelen med wellpoint är att den fungerar bra på formationer med lägre konduktivitet så som finsand och silt då den ger en jämn påverkan på grundvattnet över området. Dessutom är metoden relativt enkel att installera och den kan utföras efter behov under schaktsaneringsprocessen. För att tillämpa skyddsinfiltration med wellpoint under en schaktsanering på bör dessa wellpoints optimalt placeras strax utanför sponten som omger schakten.

För schaktsaneringen på Gasverkstomten ser man i Figur 12 att t.ex. fastigheten Skeppsdockan 3 åt väst kan komma att påverkas av en sänkt grundvattennivå. För att motverka denna påverkan kan man med wellpoint-metoden placera wellpoints ex. 1 meter utanför sponten (se skiss i Figur 14 nedan). På samma sätt kan oönskad påverkan från grundvattensänkningen behandlas på andra platser runt om schakten efter behov.



Figur 14. Principskiss över hur wellpoint-metoden kan placeras för att vid behov motverka sänkta grundvattennivåer på fastigheten Skeppsdockan 3. Skissen är ej skalenlig.

15 Slutsatser

Inom Inre hamnen förekommer ett ytligt, öppet grundvattenmagasin i ett heterogent, några meter mäktigt, lager av fyllnadsmaterial och svämsediment. Detta överlagrar ett inom området kontinuerligt, 10-30 m mäktigt, relativt tätt lerlager som innehåller lokala

sandlinser. Under lerlagret förekommer ett lager med friktionsjord som bedöms utgöras av främst isälvssediment som innehåller ett djupliggande, slutet grundvattenmagasin. Detta lager är också inom området kontinuerligt och tiotals meter mäktigt.

Genomförda undersökningar och modelleringar visar att schaktsanering och spontning kommer att tydligt påverka grundvattennivåer i det ytliga, öppna magasinet inom ett begränsat delområde, några tiotals meter från spont. Övervakning av grundvattennivåer och förberedande av motåtgärder krävs, framförallt för Skeppsdockan 3. Eventuellt bör kompletterande tätning av spont övervägas längs en delsträcka. Övriga skyddsobjekt bedöms ej påverkas negativt av grundvattensänkning, men ledningar strax utanför den planerade sponten kan riskera att skadas under grundvattensänkning. Spridning genom ett ökat grundvattenflöde mot spont bedöms ej orsaka förorening av ej tidigare förorenade områden.

Grundvattenmodelleringen visar att länshållning av ca 104 m^3 förväntas under ett medeldygn. Denna mängd kan dock bli betydligt större under perioder med stora nederbördsmängder. System för länsvattenhantering, rening och eventuell infiltration bör därför avpassas för större volymer. Återinfiltration bedöms vara möjlig i infiltrations-bassäng, men kräver relativt stora ytor. Rening av länsvatten före ev. infiltration eller avledning till recipient kommer att vara nödvändig.

Referenser

Brunnsarkivet, 2016, Sveriges geologiska undersökning.

Gustafsson, Mattias. Sveriges geologiska undersökning. Telefonsamtal 2016-01-27.

Hoechs sealing systems, 2016.

Lundberg, Fredrik. Norrköpings hamn. Telefonsamtal 2016-06-29.

Ljungholm, Gill. Norrköpings kommun. Telefonsamtal 2016-06-29.

Müllern, C.-F., 2005. Beskrivning till karta över grundvattentillgångar i Norrköpings kommun. Sveriges geologiska undersökning.

Wikström, A., 1975. Beskrivning till Berggrundskartan Norrköping NO. Sveriges geologiska undersökning.

SMHI, 2016. Datasammanställning tillgänglig på www.smhi.se 2016-06-29.

Sweco, 2015a. Geotekniskt PM. Norrköpings kommun Inre hamnen.

Sweco, 2015b. Miljöteknisk markundersökning med provtagning av jord och grundvatten inom området Inre hamnen i Norrköping. Norrköpings kommun.

Sweco, 2015c. PM Angående schaktning för sanering. Norrköpings kommun.

Sweco, 2016. Schakt för sanering -teknisk beskrivning. Norrköpings kommun.

Sweco, 2016c. Mätbara åtgärdsmål vid efterbehandling av gasverksområdet inom inre hamnen. Norrköpings kommun.

WSP, 2009. PM – Miljöteknisk och hydrogeologisk undersökning.

BILAGA 1

NORRKÖPINGS KOMMUN

Inre hamnen åtgärd övrigt
UPPDRAGSNUMMER 1181097000

MODELLERINGSRAPPORT

2016-12-15

Sweco Environment AB

Miljö Nyköping/Norrköping

FREDRIK PALM, FREDRIK MOSSMARK, INGVAR RHÉN

Innehåll

1 Bakgrund 3

2 Schakt 3

3 Topografi 3

4 Hydrologi 3

5 Geologi och hydrogeologi 3

6 Hydrogeologisk modell 4

6.1 Numerisk grundvattenflödesmodell 4
6.2 Modellområde 4
6.3 Lageruppbyggnad 5
6.4 Kvartärlagermodell 5
6.5 Bergmodell 6
6.6 Egenskaper och egenskapsområden 6
6.7 Randvillkor 7
6.8 Nybildning av grundvatten 7
6.9 Motala ström 7
6.10 Schakt 7

7 Kalibrering och verifiering 7

7.1 Översikt 7
7.2 Kalibreringsresultat 8
7.3 Känslighetsanalys 9

8 Resultat 10

8.1 Schakt 10

9 Diskussion 12

9.1 Grundvattenmodell 12
9.2 Schakt 13
9.3 Referenser 13

1 Bakgrund

Syftet med denna rapport är att beskriva den grundvattenmodell som är upprättad för området Inre hamnen i Norrköping. Grundvattenmodellen avser att vara ett hydrogeologisk stöd vid undersökningarna i Inre hamnen, modellen ska öka förståelsen för det hydrauliska systemet i stort och ge en möjlighet göra prognoser för framtida scenarion.

Specifikt kommer ett scenario för planerad schaktsanering i Inre hamnen undersökas i denna rapport. Inför saneringen finns det intresse av att undersöka vilken påverkan på omgivningen en schakt med avsänkt grundvattenivå får med och utan spont. I modelleringen ska även inflöde till schaktgropen beräknas för att uppskatta hur stor mängd grundvatten som behöver länspumpas under byggskedet.

2 Schakt

I Inre hamnen planeras en schaktsanering inom fastigheterna Skeppsdockan 1, 4 och 5 där förorening har påträffats ner till ca 4 meter under markytan (m u my). För att kunna genomföra schaktningen krävs en spont runt om saneringsområdet. Sponten kommer utföras som stålspont ner till ca 8 m u my.

3 Topografi

Centrala och östra delarna av Norrköping är relativt kuperade. Från norr, väster och söder sluttar markytan mot Motala ström i mitten. Området Inre hamnen norr om Motala ström är däremot relativt flack. Motala ströms nivå är ca + 0 meter över havet (möh) och inom 2500 meter nordväst och sydväst om strömmen finns höjder på uppåt 50 möh.

4 Hydrologi

Årsmedelnederbörden över området är 469.6 mm/år och årsavdunstningen bedöms vara ca 250-300 mm/år (SMHI, 2016).

5 Geologi och hydrogeologi

I östra delen av Norrköping sluttar bergrundsöverytan från att vara synlig i ytan ca 1000 meter norr om Motala ström till att några tiotals meter djup under strömmen. Söderut går berget upp i dagen igen några få hundra meter från Motala ström. I området är det vanligt att berget överlagras av 1-2 meter morän

Mitt över Norrköping går en åsrygg med isälvssediment i nord-sydlig riktning. I östra delarna överlagras detta isälvssedimentet av lera. Överst förekommer ett lager med fyllnadsmaterial kring området Inre hamnen. Fyllnadsmaterialet sammansättning är svårbestämd men bedöms främst bestå av sand silt och grus med inslag av aska, tegel, lera och mull.

Det finns två huvudsakliga grundvattenmagasin; ett i ytliga lager i fyllnadsmaterial/svämsediment och ett i djupliggande friktionsmaterial/isälvssediment. Dessa är i Inre hamnen separerade av lerlagret, men strax väster om området har isälvssediemntet

hydraulisk kontakt med motala ström och går därefter, väster om Norrköpings centrum, upp i markytan.

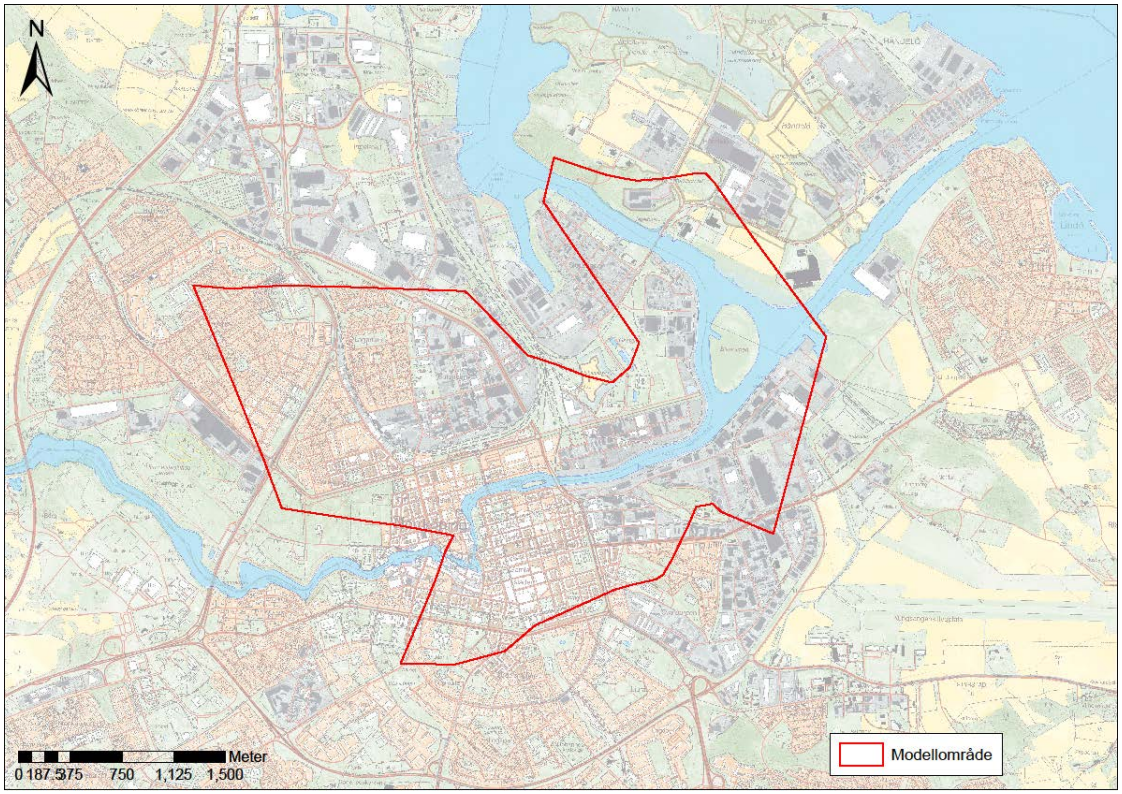
6 Hydrogeologisk modell

6.1 Numerisk grundvattenflödesmodell

Visual Modflow version 2011,1 Premium är den kod som nyttjats för att bygga den numeriska modellen. Koden är utvecklad av USGS och programmet är utvecklat av Schlumberger Water Services i Kanada och tillhör de internationella standardprogramvarorna vid grundvattenmodellering.

6.2 Modellområde

Modellområdet utgörs av ett ca 8,8 $\cdot 10^6$ m^2 (880 ha) stort område över centrala och östra delarna av Norrköping (se figur 1). I mitten av modellen finns Motala ström som enda vattendrag.



Figur 1. Modellområde.

6.3 Lageruppbyggnad

Grundvattenmodellen delas in i flera lager för att inkludera olika egenskapsområden i modellen, detta åskådliggörs i figur 2 nedan. Modellen består av fem olika egenskapslager. I vissa fall är dessa indelade i dellager för att beskriva ett djupberoende på den hydrauliska konduktiviteten.

- Överst: Ett lager med fyllnadsmassor (grått)
- Två lager som beskriver leran (gult)
- Två lager som beskriver friktionslagret (isälvssediement) (grönt)
- Ett lager som beskriver moränen (orange)
- Underst: Flera lager för bergsmassan (rött)

Lager	Geologi
1	Fyllnadsmassor
2	Lera
3	
4	Friktion
5	
6	Morän
7	Berg
8	
9	

Figur 2. Principiell skiss över lageruppbyggnaden.

6.4 Kvartärlagermodell

Det översta lagret i modellen är 2 meter djup och utgörs till stor del av fyllnadsmassor. Vid den västra delen av modellen representerar det översta lagret istället åsmaterial och i de områden där berg går upp i dagen motsvarar det berg.

Fyllnadsmaterialets hydrauliska konduktivitet har i tidigare fältundersökningar bestämts till ca 10^{-5} m/s vid Inre hamnen. I verkligheten kan dock egenskaperna i fyllnadsmaterialet variera kraftigt både horisontellt och vertikalt. I modellen har istället en något högre hydraulisk konduktivtet, speciellt vid Inre hamnen, för att väga in ex. ledningsgravar, dräneringar och andra högkonduktiva lager (se tabell 1).

Övriga kvartära lager i modellen representerar av lera, friktion och morän. Dessa är indelade i en eller två delar på djupet av modelleringstekniska skäl för att minska kontrasterna av den hydrauliska konduktiviteten i modellen. Leran är indelad i två lager där det understa lagret har högre konduktivitet än det övre, detta förklaras med att undre delen av leran till större del är uppblandat med grovt material.

6.5 Bergmodell

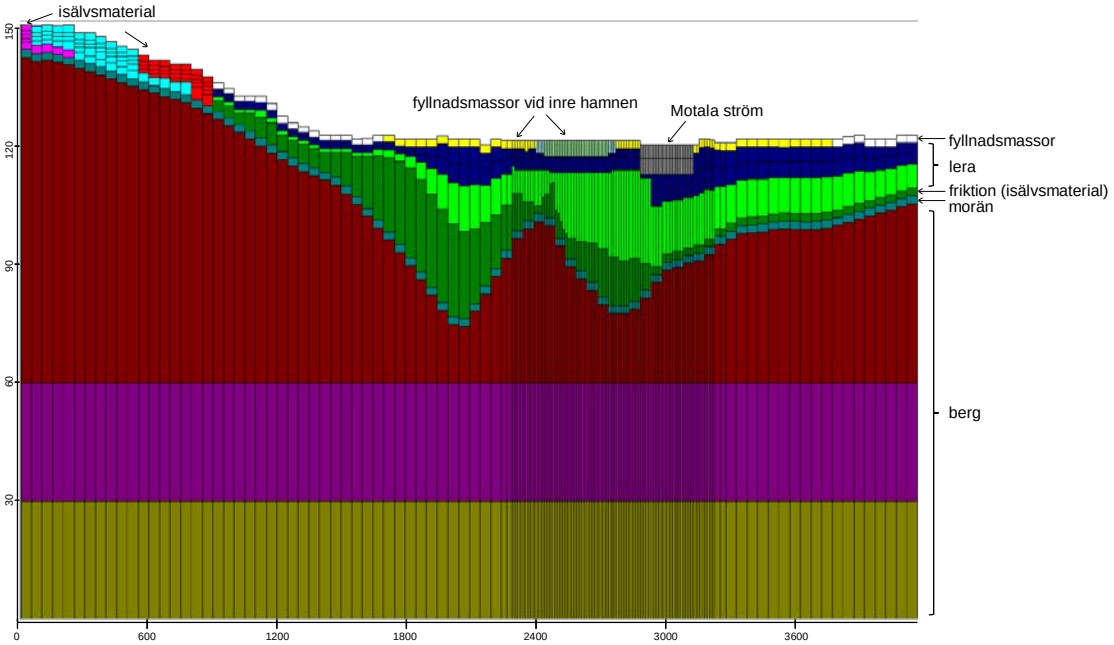
Bergmassan i modellen motsvarar samtliga förekommande bergarter i området då dessa antas ha liknande hydrauliska egenskaper. Bergets hydrauliska konduktivitet antas vara djupberoende enligt de erfarenheter som gjorts under undersökningar för ett slutförvar av kränbränsle (se Rhen m.fl. 2008).

6.6 Egenskaper och egenskapsområden

Valda värden för hydraulisk konduktivitet i modellen bygger delvis på kapitel 6 i huvuddokumentet för hydrogeologi och delvis är de justerade för att fungera modelltekniskt med övriga parametrar i modellen, ex. nybildning av grundvatten (se tabell 1).

Tabell 1. Generellt har följande värden och intervaller ansatts för egenskapsområdena i modellen.

Egenskapsområde	K (m/s)
Fyllnadsmassor	$9 \cdot 10^{-5}$ - $2 \cdot 10^{-4}$
Lera	$5 \cdot 10^{-9}$ - $5 \cdot 10^{-8}$
Friktion	$6 \cdot 10^{-4}$
Morän	$1 \cdot 10^{-5}$
Berg	$1 \cdot 10^{-7}$ - $5 \cdot 10^{-7}$



Figur 3. Skärning från Visual MODFLOW med hydraulisk konduktivitet för olika lager. Skala i meter.

6.7 Randvillkor

Modellen vertikala begränsningslinjer har valts så att de motsvarar ytvattendelare eller strömlinjer och har ansatts täta dvs. inget flöde antas ske över dessa. Även botten på modell har ansatts tät, vilket är rimligt då dels bergets vattengenomsläpplighet minskar mot djupet samt att modellens djupgående medför att det blir låga flöden i modellens djupare delar.

En trycknivå på +0 möh har satts på de delar i modellen som motsvaras av Motala Ström.

6.8 Nybildning av grundvatten

Över hela modellen antas en medelgrundvattenbildning på ca 80 mm/år. Grundvattenbildningen antas vara högre i den västra delen av modellen där det förekommer mycket åsmaterial och något lägre i de urbana delar som har mer hårdgjorda ytor. Nybildning kommer även vara hög där berg går upp i dagen och morän samt friktionsmaterial finns på sidan av berget. Givet dessa osäkerheter bör nybildningen ligga i intervallet 40-200 mm/år inom modellområdet.

6.9 Motala ström

Botten på Motala ström har ansatts till -7 m u my kring Inre hamnen och österut. Åt de västra delarna av modellen går nivån på botten gradvis upp till maximalt ca -1 m u my.

Både övre och undre grundvattenmagasinet har viss kontakt med Motala ström. Störst kontakt mellan undre magasinet och Motala ström finns i västra respektive norra delen av modellen.

6.10 Schakt

I modellen är schaktgropens yta ca 18700 m^2 med ett djup på 4 m u my. Kring schaktgropen kommer det finnas en spont ner till 8 m u my. Grundvattenytan sänks av till schaktgropens botten.

Två olika fall med spont och schaktgrop kommer att modelleras. Ett sk. ”worst case” där sponten representeras av en vägg som är 1 meter bred och har en hydraulisk konduktivitet på 10^{-5} m/s. Detta motsvarar i stort sätt ett fall där spont saknas helt. Det andra fallet är med en spont som i stället har en hydraulisk konduktivtet på 10^{-7} m/s. Detta motsvarar en standard stålspont utan extra tätningar.

I båda fallen kommer sponten längs Motala ströms kajkant motsvara den befintliga kaj-sponten. Denna spont har antagits vara av sämre skick än ovan nämda standardspont och kommer i modellen ha en hydraulisk konduktivete på $4 \cdot 10^{-6}$ m/s.

7 Kalibrering och verifiering

7.1 Översikt

En kalibrering är utförd tills dess att den uppsättning modellparameterar valts så att resulterande grundvattennivåer bäst efterliknar verkliga nivåer och att ingående parametrar bäst stämmer överens med uppmätta värden och våra egna expertbedömningar. Under kalibreringen

har fokus varit att uppnå representativa grundvattennivåer och flödesbilder samt en korrekt återgivning av Motala ström vid en ostörd situation.

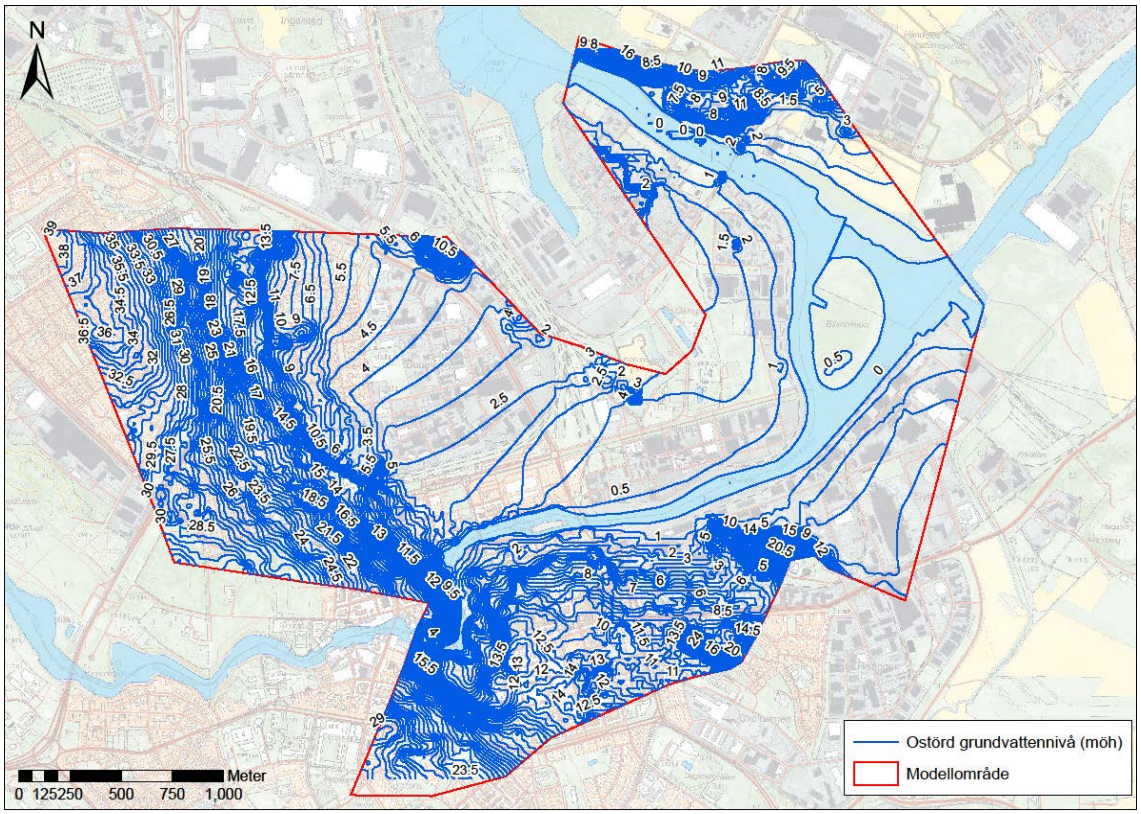
7.2 Kalibreringsresultat

En grundvattennivå och grundvattenyta har återskapats över modellområdet. Kända grundvattennivåer och sannolika grundvattennivåer återspeglas i grova drag i grundvattenmodellen. Fokus har i första hand legat på att återskapa grundvattennivåerna i och kring området Inre hamnen i mitten av modellen.

Vid området Inre hamnen är gradienten på grundvattnet liten vilket har kalibrerats i modellen genom att anta högre hydraulisk konduktivitet i norra delen, i höjd med Södra Promenaden, jämfört med området nära Motala ström. Detta antagande kan förklaras av att det troligtvis förekommer resten av en tidigare å-fåra i delar av området. Det kan dessutom bero på att dräneringar kan förekomma i fastigheterna i området eller att det förekommer större okända dränerande strukturer i berget i området.

Kontakten mellan undre magasin och Motala ström finns i västra respektive norra och lite i östra hörnet på modellen enligt SGUs jordartskarta. Under kalibreringsfasen framgår det att till viss del även angänsande områden och området kring Inre hamnen har delvis eller måttlig hydraulisk kontakt mellan undre magasin och strömmen.

Den ostörda grundvattennivån från modellen redovisas i figur nedan.



Figur 4 Ostörd grundvattennivå i översta lagret efter kalibrerad modell.

7.3 Känslighetsanalys

I denna rapport kommer sensisiviteten i modellparamertar och modellfunktioner beskrivas utifrån de erfarenheter som vunnits under själva modelleringsarbetet. Sensisiviteten beskrivs då modellparametrar och modellfunktioner har kalibrerats inom respektive sannolika intervall. I kapitlet beskrivs sensisivteten med en relativ skala med beteckningarna låg, måttlig och hög.

Låg sensivitet:

- K i lera och berg

Kommentar: Förändrad konduktivtet i lerlager och i berg ger en liten effekt på grundvattennivåerna i systemet.

Måttlig sensivitet:

- K i övre magasin.
- K i undre magasin
- Nybildning vid områden med fyllnadsmaterial

Kommentar: Generellt har K i övre magasinet, framförallt i fyllnadsmassorna, under kalibreringsfasen visat sig ha relativt liten effekt på grundvattennivåerna kring Inre hamnen. K i områden med isälvsmaterial har dock haft något större inverkan på nybildning av grundvatten, framförallt i de västra delarna av modellen.

Sensisiviteten för K i undre magasinet har inte studerats i någon större omfattning då fokus främst varit övre magasinet. De kalibreringspunkter som finns i undre magasinet har dock ej påvisat någon större effekt av ett ändrat K i undre magasin.

Hög sensivitet:

- Kontakt mellan undre magasin och Motala ström
- Nybildning av grundvatten vid områden med isälvsmaterial (främst vid åsbildning i västra delen av modellen).

Kommentar: Storleken på kontaktytan mellan undre magasin och Motala ström ger stor effekt på mängden vatten som kan föras ut ur systemet. Även placeringen på denna kontakt har stor betydelse på nivåerna i de olika delarna av modellområdet.

Den största delen av inflödande vatten i modellen kommer från nybildning i isälvsmaterial vid den västra delen. Storleken på nybildningen i detta område, samt även K för isälvsmaterialet, har således stor betydelse för nivåer i resten av systemet.

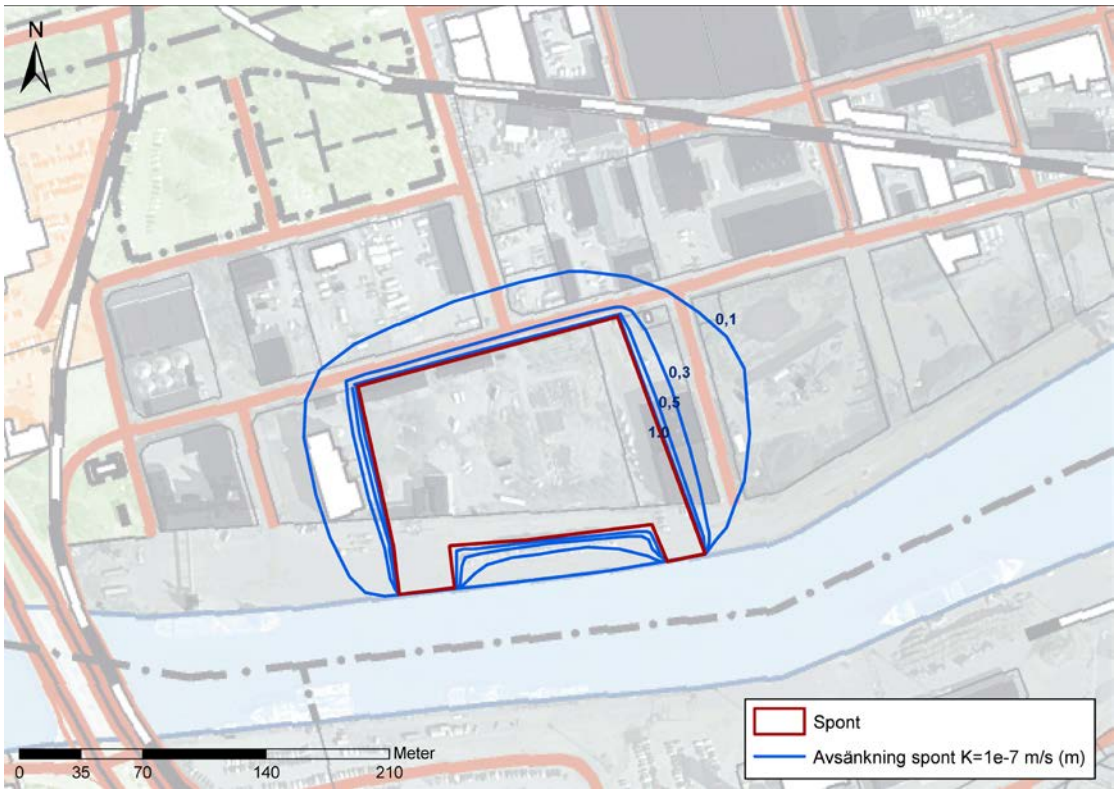
8 Resultat

8.1 Schakt

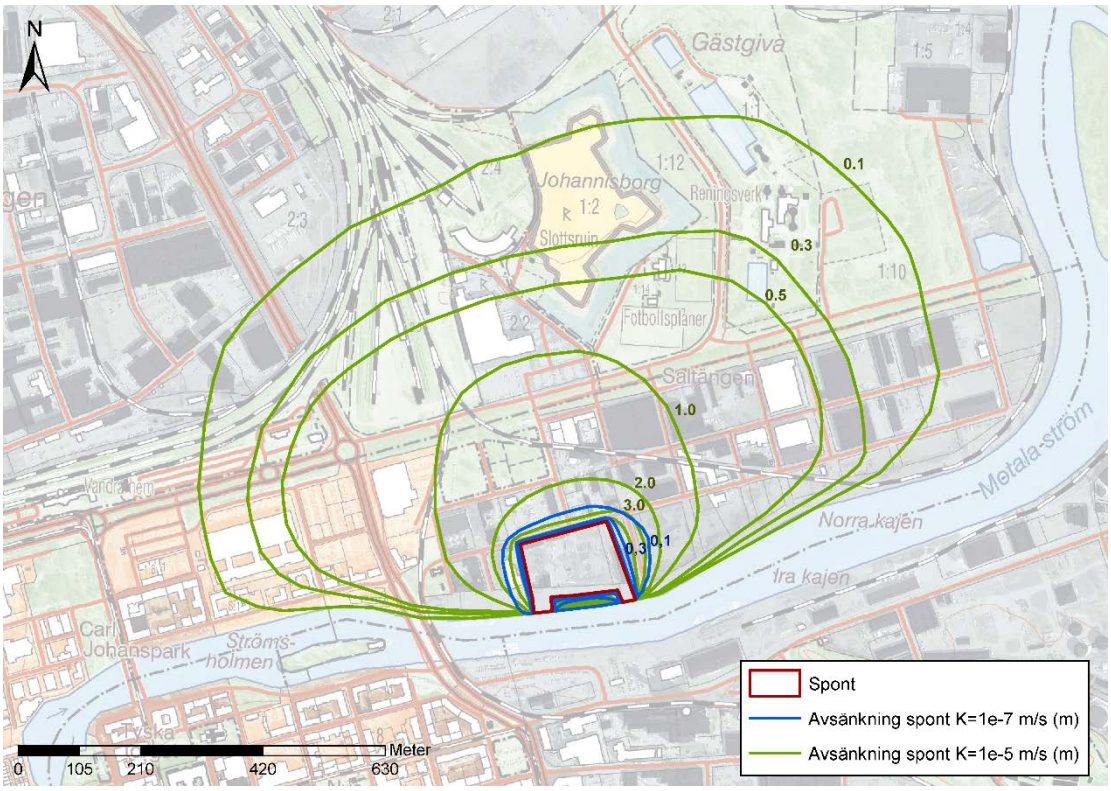
Det förväntade inflödet till schaktgropen via grundvatten och nederbörd blir totalt ca 340 m3/s utan (K_{spont} = 10^{-5} m/s) och 117 m3/s med spont (K_{spont} = 10^{-7} m/s) (se tabell). Det maximala avsänkningsområdet utan spont med 0.1 meter-avsänkning är ca 730 meter respektive 0.3 meter-avsänkning är ca 540 meter. Det maximala avsänkningsområdet med spont och 0.1 meter-avsänkning är ca 60 meter respektive 0.3 meter-avsänkning ca 15 meter (se figur 3 och 4).

Tabell 2. Inflöde till schaktgropen utan spont och med spont.

Inflöde	Utan spont (m3/s)	Med spont (m3/s)
Från sidan till schakt	147.5	18.2
Från Motala ström till schakt	173.6	80.0
Underifrån till schakt	5.0	5.1
Nederbörd	12.8	12.8
Totalt inflöde	339.9	117.2



Figur 5. Avsänkningsområde vid schakt med spont (K_{spont} = 10^{-7} m/s).



Figur 6 Avsänkningsområde vid schakt utan (Kspont = 10^{-5}) och med spont (K_{spont} = 10^{-7} m/s).

9 Diskussion

9.1 Grundvattenmodell

Nybildning av grundvatten har fördelats över modellen map hårda och mjuka ytor samt där isälvsmaterial förkommer. För att få balans i modellen har uppåt 200 mm/år krävts vid isälvsmaterialet längst västerut i modellen. Denna nybildning är på gränsen av vad som är rimligt men eftersom den är drygt 2000 meter infrån fokusområdet (Inre hamnen) bedöms det ej ha negativ påverkan på modelleringsresultatet.

Kring Inre hamnen är grundvattenbildningen i modellen betydligt lägre med områden på 40 mm/år. Framförallt är detta för att få ner gradienten i det övre magasinet närmast Motala ström. Data från observationspunkterna har tytt på att gradienten i det övre magasinet är liten vid Inre hammen. Observationerna är i vissa fall svårtolkade. En teori är att vissa observationspunkter är placerade i lämningar från tidigare industriell verksamhet vid Inre hamnen, eller påverkade på andra sätt av industrin. Detta kan ha lett till att vissa punkter har ovanligt hög grundvattennivå. Dock är den generella bilden över området att grundvattennivån är relativt nära markytan och har en låg gradient. Enligt historiska data har det gått en åfåra från Motala ström rakt genom

Inre hamnen. Lämningar från denna åfåra kan ha bidragit till en delvis högre hydraulisk konduktivitet i området. Dock har denna åfåra inte påträffats vid undersökningsborrningar. Andra teorier som förklarar den låga gradienten är att det kan förekomma dräneringar i vissa fastigheter närmare Norra Promenaden som sänker grundvattennivån där. Eller att det förekommer större dränerande strukturer, exempelvis tunnelstrukturer i berg, som ej är kända inom omfattningen av detta projekt. För att kompensera detta i modellen, som tidigare nämnts, har den hydrauliska konduktiviteten vid Inre hamnen gradvis höjts från Motala ström mot Johannisborgs slottsruin.

Enligt SGU's jordartskarta och hydrogeoliska karta har Motala ström "fläckvis" kontakt med det undre magasinet där strömmen svänger drygt 800 meter väst om Inre hamnen och även ca 1300 meter norr, medströms. För att kalibrera modellen har däremot ett större kontaktområde antagits i modellen. Det är osäkert hur kontakten är vid ex. Inre hamnen. Däremot visar mätningar i detta projekt på tydlig samvariation mellan nivåer i strömmen och grundvattennivåer på området. I modellen har det antagits en måttlig/låg kontakt just vid Inre hamnen.

9.2 Schakt

Den största delen av inflödet av grundvatten kan antas komma från Motala ström. I fallet utan spont redovisas i tabell 2 att ca 50 % av grundvatteninflödet kommer direkt från Motala ström. Dock är det endast det vatten som rinner direkt mellan strömmen och schaktgropen som syns i beräkningsresultatet. I verkligeheten kommer dock flödet även ta andra vägar till schaktgropen och det är troligt att det är en större andel som kommer från strömmen.

Avsänkningsområdet med och utan spont har antagit en väntad relativt cirkulär form. Undantaget är dock mot strömmen där gradienten av förklarliga skäl är mindre. I verkligheten är dock inte marken lika homogen och uniform som i modellen och en mer oregelbunden avsänkning är att vänta.

9.3 Referenser

Rhén I, Forsmark T, Hartley L, Jackson c. P, Roberts D, Swan D, Gylling B, 2008. Hydrogeological conceptualisation and parameterisation, Site descriptive modelling. SDM-Site Laxemar. SKB R-08-78, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SMHI, 2016. Datasammanställning tillgänglig på www.smhi.se 2016-06-29.

BILAGA 2

GWSE1601
V7-1401
V3-1401
HW16_051
HW16_064
GW-SE1608
HW16_045
K-1409
V2-1403
GW_C2B47
HW16_037
GWSE1602
GW-SE1609
V1-1402
SKD_GW2
SKD_GW2_31
SKD_GW6
SKD_GW85
K-14SKD_GW92
SKD_GW91
SKD_GW90
M-1403
G-1402
SKD_GW4
K-1405
SKD_GW69
SKD_GW89
T-1405
GW-SE1607
Motala ström
J-1401
GW21
0 25 50 75 100 125
m

Bilaga 2 -Sammanställning grundvattenrör

Punkt ID	X-koord	Y-koord	Z (rök)	Rök-my (m)	Z (my)	Rördjup (RÖK-botten)	Filternivå, mätt från RÖK	Filternivå, mätt från markyta	Medel GVY	Max GVY	MIN GVY	Nivåspann
G-1402	132374.2	6497647.1	1.913	-0.09	2.003	3.64	1,64-3,64	1,73-3,73	0.334	0.433	0.243	0.190
V1-1402	132471.9	6497720.6	1.896	0.36	1.536	2.94	1-3	0,74-2,74	0.462	0.596	0.311	0.285
V2-1403	132581.1	6497838.3	1.738	0.51	1.228	2.96	2-3	1,49-2,49	0.288	0.508	0.038	0.470
V3-1401	132770.4	6497837.1	2.311	0.70	1.611	3	1-3	0,3-2,3	0.810	0.931	0.516	0.415
V5-1403	132669.5	6497817.1	1.778	0.50	1.278	2.96	1-3	0,5-2,5	0.512	0.748	0.278	0.470
V7-1401	132694.3	6497888.6	1.847	-0.03	1.877	2.42	0,5-2,5	0,53-2,53	1.391	1.847	1.127	0.720
J-1401	132274.4	6497617.3	2.236	0.32	1.916	3	1-3	0,68-2,68	0.760	0.846	0.646	0.200
K-1403	132354.0	6497593.8	1.609	-0.06	1.669	4	2-4	2,06-4,06	0.253	0.439	-0.081	0.520
K-1405*	132399.1	6497597.6	1.871	0.20	1.671	1.8	1-2	0,8-1,8	0.299	0.460	0.181	0.279
K-1407	132552.1	6497592.2	2.092	0.51	1.582	4	2-4	1,49-3,49	0.128	0.462	-0.308	0.770
K-1408	132621.1	6497618.8	1.973	0.62	1.353	3.96	1-3	0,38-2,38	0.892	1.000	0.793	0.207
K-1409	132718.2	6497675.8	1.447	0.40	1.047	3	1-3	0,6-2,6	0.266	0.557	-0.053	0.610
M-1403	132383.1	6497733.6	2.026	0.64	1.386	2.89	2-3	1,36-2,36	-0.046	0.726	-0.314	1.040
GW-A1R1	132499.0	6497852.1	1.675	-0.05	1.725	1.98	1-2	1,05-2,05	0.853	0.955	0.615	0.340
GW21	132271.2	6497582.0	1.523	-0.06	1.583	3.44	?	?	0.326	0.503	0.113	0.390
SKD_GW89	132448.4	6497575.0	1.564	-0.06	1.624	2.99	1-3	1,06-3,06	0.259	0.544	-0.816	1.360
SKD_GW90	132493.2	6497579.5	1.553	-0.04	1.593	3	1-3	1,04-3,04	0.566	1.043	0.153	0.890
SKD_GW91	132530.9	6497584.4	1.514	-0.04	1.554	3	1-3	1,04-3,04	0.223	0.344	0.124	0.220
SKD_GW92	132576.4	6497591.9	1.455	-0.09	1.545	3	1-3	1,09-3,09	0.181	0.435	-0.110	0.545
SKD_GW6	132452.3	6497627.5	2.309	0.00	2.309	2.95	2-3	2,0-3,0	0.742	0.959	0.549	0.410
SKD_GW2	132453.7	6497687.4	1.856	0.31	1.546	2.95	1-3	0,69-2,69	0.287	0.476	0.121	0.355
SKD_GW69	132444.6	6497607.7	3.106	0.49	2.616	3.9	2-4	1,51-3,51	0.564	0.716	0.406	0.310
SKD_GW2_31	132521.9	6497636.6	1.932	0.08	1.852	3.97	3-4	2,92-3,92	0.57	0.84	0.36	0.485
GW_C2B47	132570.5	6497746.9	1.535	-0.02	1.555	2.42	1,4-2,4	1,42-2,42	0.299	0.535	0.125	0.410
SKD_GW4	132402.8	6497638.9	2.053	0.00	2.05	2.96	2-3	2,0-3,0	0.154	0.453	-0.107	0.560
SKD_GW1	132298.5	6497709.8	2.566	0.46	2.11	3.95	2-3	1,54-2,54	0.204	0.626	-0.339	0.965
SKD_GW85	132528.3	6497612.9	2.087	0.34	1.75	3.9	2-4	1,66-3,66	0.447	0.687	0.262	0.425
T-1405	132289.3	6497765.0	1.939	0.32	1.619	3.95	2-4	1,68-3,68	0.112	0.279	-0.076	0.355
GV1	132291.9	6497808.3	1.76	0.36	1.40	2.89						
13S3	132758.7	6497801.0	2.00	0.70	1.30	24.5			0.467	0.60	0.33	0.270
13S010**	132591.8	6497934.0	2.735	0.98	1.70	20.47			1.15	1.21	1.03	0.180
GWSE1606(HW16_037)	132630.9	6497701.3	1.093	-0.06	1.153	3.110	2,11-3,11	2.05				
GWSE1605(HW16_045)	132787.7	6497742.7	1.684	1.07	0.62	4	3-4	1,9-2,9				
GWSW1603(HW16_051)	132902.9	6497773.1	1.768	0.52	1.25	5	4-5	4.48				
GWSE-1601	132590.5	6497933.7	2.62	0.89	1.73	3	2-3	1,1-2,1				
GWSE-1602	132350.3	6497870.4	3.259	0.89	2.37	5	4-5	3,1-4,1				
GWSE-1607	132350.4	6497590.7	1.592									
GWSE-1608	132784.0	6497706.4	1.109									
GWSE-1609	132351.5	6497870.2	2.303									
Havsnivån (Spik kajen)	132274.7	6497546.8	-	-	1.538	-	-	-				

* Z (rök)= 1,871 ; Z (rök- my)= 0,20 under perioden 2014-10-15 till 2015-11-25

**Z (rök)= 2,7 ; Z (rök- my)= 1,03 under perioden 2013-08-06 till 2015-07-10.

BILAGA 3 -ENHÅLSFÖRSÖK

2016-08-25

Utvärderade egenskaper

Grundvattenrör, ID	Hydraulisk konduktivitet, K (m/s)
G-1402	5.80E-05
SKD-GW85	9.23E-06
SKD-GW6	8.91E-06
T-1405	9.01E-05
K-1403	2.35E-08
V2-1403	1.22E-04

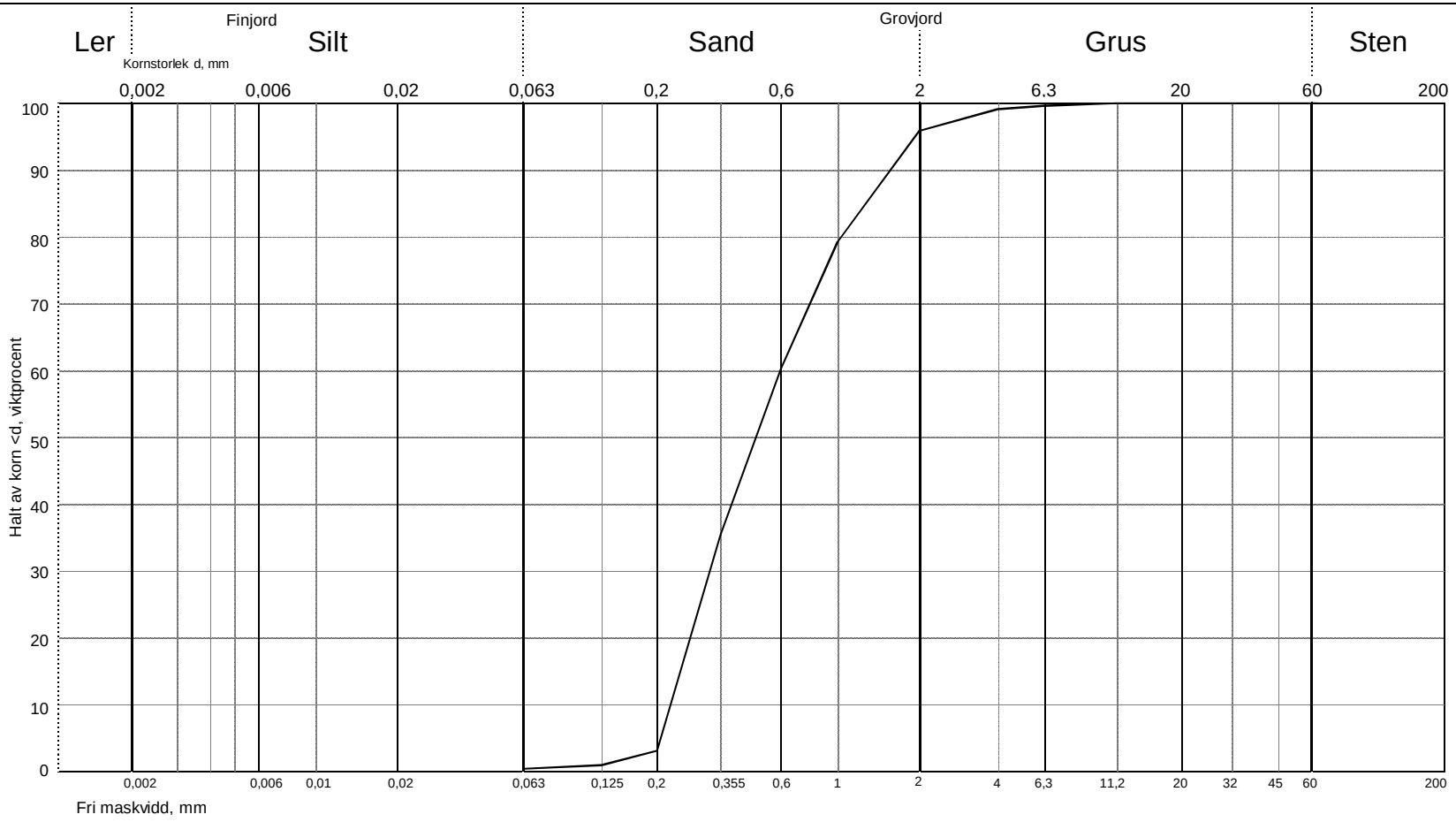
Sweco
Skånegatan 3
Box 5397
SE-402 28 Göteborg, Sverige
Telefon +46 31 62 75 00
Fax
www.sweco.se

Sweco Environment AB
Org.nr 556346-0327
Styrelsens säte: Stockholm

Fredrik Mossmark

Telefon direkt +46 (0)104 84 55 85
Mobil +46 (0)703 18 76 90
fredrik.mossmark@sweco.se

Bilaga 4 - Kornstorleksfördelning -siktanalys



PROV	Siktning				Sedimentering						Graderingstal $C_u = d_{60} / d_{10}$	
	Totalt lab prov g	Siktad provmängd g < 60 mm	Siktad provmängd g < 20 mm	Största korn-storlek mm	Provmängd g	Metod	Förbehandling Humus	Förbehandling Järn	Förbehandling Salter	Lerhalt % av mtrl < 0,06 mm		
———	1850,6		643,8									
.....												

PROV	Borrhål eller provgrop	Djup el Nivå	Benämning av material	Tjälfarl. klass	Mtrltyp enl. tab. 5.1-1. TK Geo 13
———	GWSE 1607	15,0 m	Brun SAND	1	2
.....					

Ramböll Sverige AB, Division Syd
Vädursgatan 6
BOX 5343, 402 27 GÖTEBORG
Telefon 010 - 615 60 00
geolab.goteborg@ramboll.se

Provtagningsredskap

PROVTAGNING
Datum:

Godkänd den 2016-04-27
Meraf Berhe

LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR
Datum: 2016-04-27 SIGN : Helena Seger

Uppdragsnr:

Tabellnr, planschnr el. likn

Uppdrag

Norrköping Saltängen

KORNFÖRDELNING
Fraktionsindelning 1981

Ramböll Sverige AB, Division Syd
Vädursgatan 6
BOX 5343, 402 27 GÖTEBORG
Telefon 010 - 615 60 00
geolab.goteborg@ramboll.se

PROVTAGNING
Datum:

Provtagningsredskap

LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR
Datum: 2016-04-27 SIGN : Helena Seger

Godkänd den 2016-04-27
Meraf Berhe

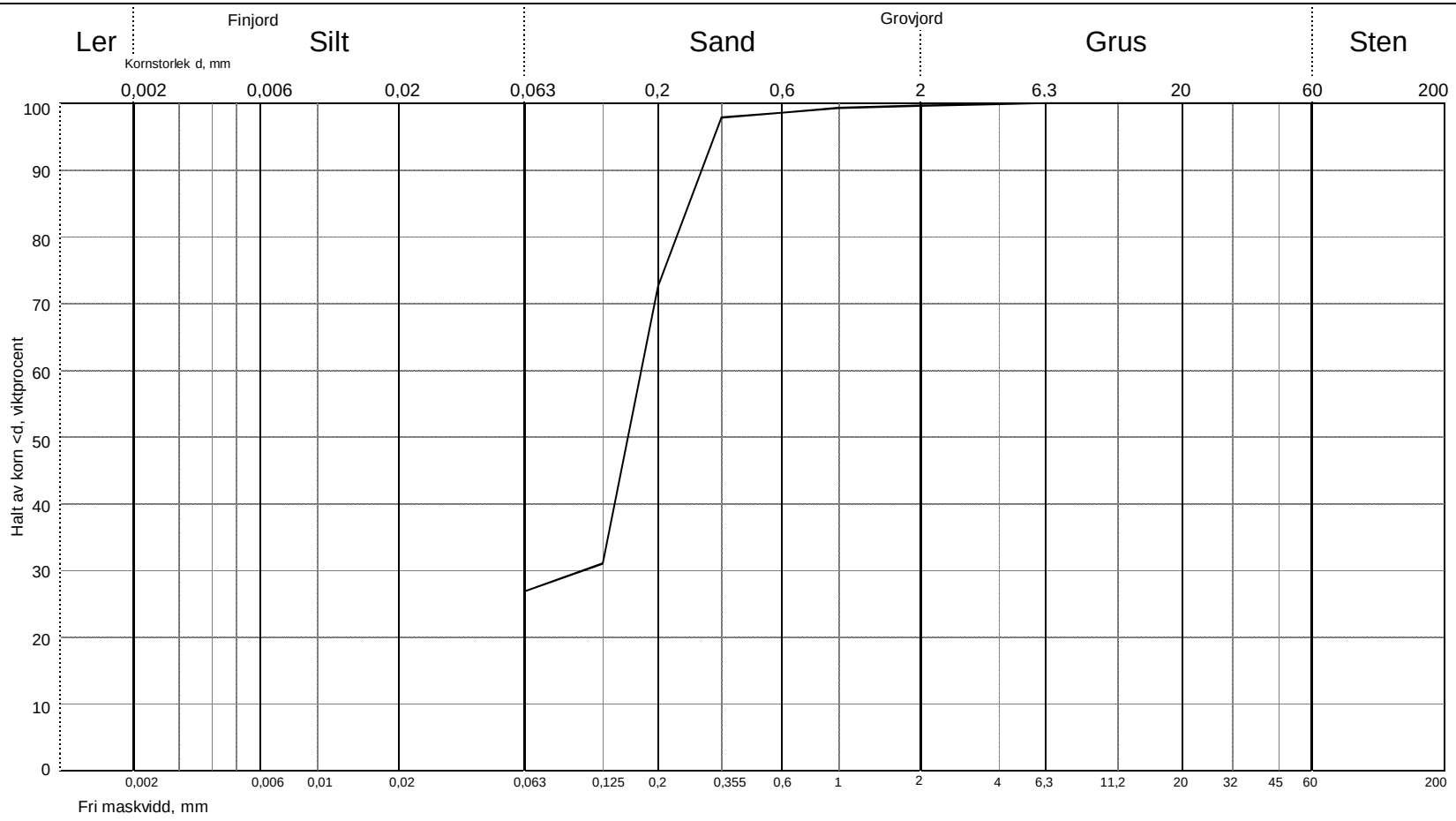
Uppdragsnr:

Tabellnr, planschnr el. likn

Uppdrag

Norrköping Saltängen

KORNFÖRDELNING
Fraktionsindelning 1981



PROV	Siktning				Sedimentering						Graderingstal $C_u = d_{60} / d_{10}$	
	Totalt lab prov g	Siktad provmängd g < 60 mm	Siktad provmängd g < 20 mm	Största korn-storlek mm	Provmängd g	Metod	Förbehandling Humus	Förbehandling Järn	Förbehandling Salter	Lerhalt % av mtrl < 0,06 mm		
———	1076,1		559,9									
.....												

PROV	Borrhål eller provgrop	Djup el Nivå	Benämning av material	Tjälfarl. klass	Mtrltyp enl. tab. 5.1-1. TK Geo 13
———	GWSE 1608	35,5 m	Brun siltig SAND	2	3B
.....					

Ramböll Sverige AB, Division Syd
Vädursgatan 6
BOX 5343, 402 27 GÖTEBORG
Telefon 010 - 615 60 00
geolab.goteborg@ramboll.se

Provtagningsredskap

PROVTAGNING
Datum:

Godkänd den 2016-04-27
Meraf Berhe

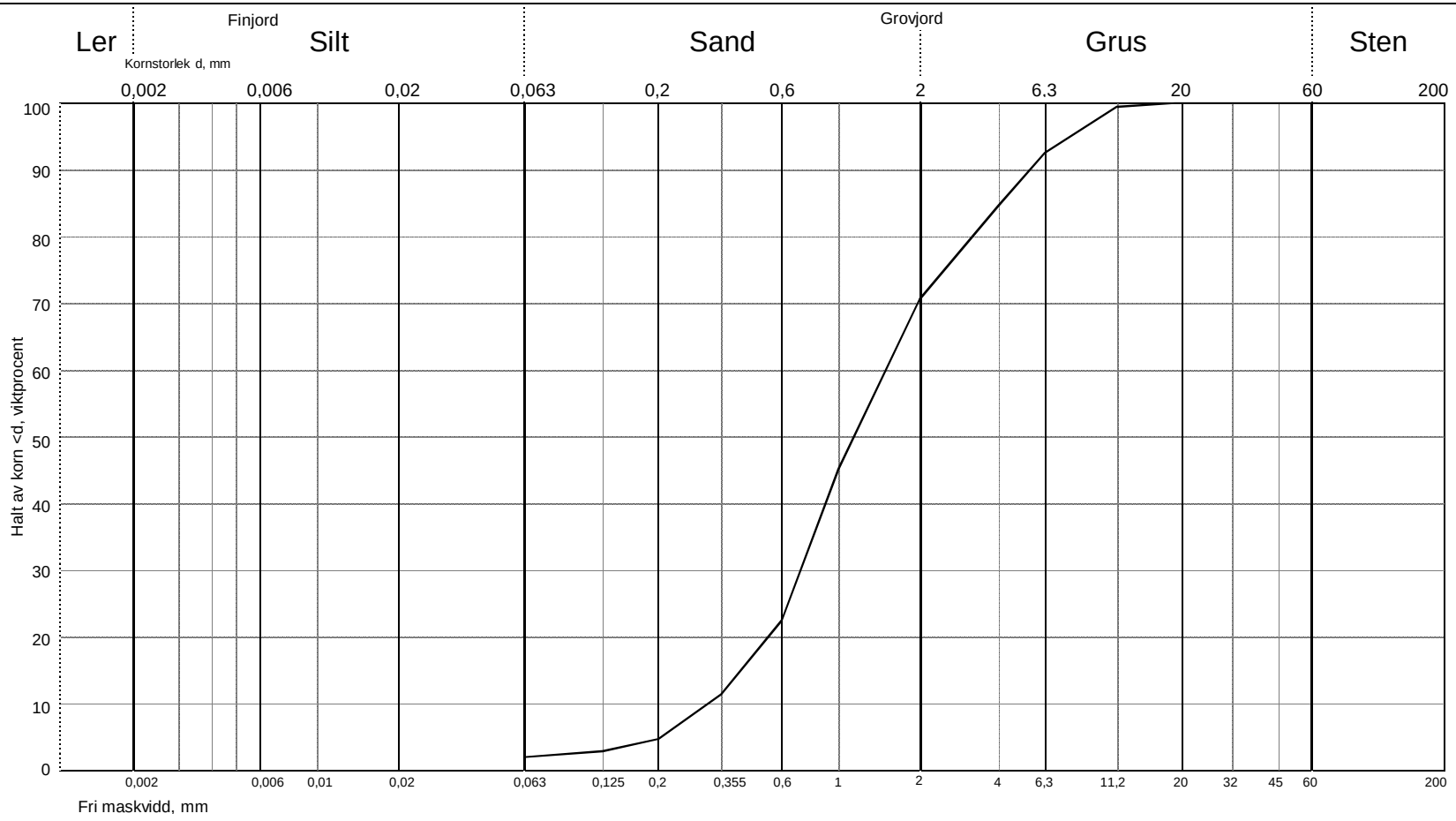
LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR
Datum: 2016-04-27 SIGN : Helena Seger

Uppdragsnr:

Uppdrag
Norrköping Saltängen

Tabellnr, planschnr el. likn

KORNFÖRDELNING
Fraktionsindelning 1981



PROV	Siktning				Sedimentering						Graderingstal $C_u = d_{60} / d_{10}$	
	Totalt lab prov g	Siktad provmängd g < 60 mm	Siktad provmängd g < 20 mm	Största korn-storlek mm	Provmängd g	Metod	Förbehandling Humus	Förbehandling Järn	Förbehandling Salter	Lerhalt % av mtrl < 0,06 mm		
———	340,3		340,3									
.....												

PROV	Borrhål eller provgrop	Djup el Nivå	Benämning av material	Tjälfarl. klass	Mtrltyp enl. tab. 5.1-1. TK Geo 13
———	GWSE 1609	9,9 m	Brun grusig SAND	1	2
.....					

Bilaga 5 - Borrprotokoll

SGU diarienr: 916548327

BRUNNS- OCH BORR-PROTOKOLL

Utskriftsdatum 2016-05-30

Borrningen avslutad datum 2016-04-28

Protnr: 18130

Borrföretag

FBB FINSPÅNGS BRUNNSBORRNING AB

INDUSTRIVÄGEN 2-4

BOX 2056,612 02 FINSPÅNG

Tel: 0122-10064

Fax: 0122-10062

E-post: INFO@Fbb.se

www.fbb.se

FBB Finspångs Brunnsborrning AB

BORRARE

Borrad enligt Normbrunn-07

Borrplatsens läge

Fastighetsbeteckning (namn och nummer): Saltängen 1:1	Ort: Norrköping
Församling:	Kommun: Norrköping
Borrplatsens läge:	Borrplatsens GPS-koordinater i system: ☐ SWEREF 99 TM ☐ SWEREF 99 (WGS 84) ☐ RT90 2,5 gon V
Borrplatsens adress: Jungfrugatan	Telefon (även riktnummer):

Ägare/Beställare

Ägares/beställares namn: Sweco Environment AB	Telefon (även riktnummer): 070-3187690
Utdelningsadress, om annan än borrplatsens adress ovan: Box 5397	Ortsadress (postnummer och ortsnamn): 402 28 Göteborg

Jordarter/bergarter m.m.

Djup under markytan från	till	Jordart/bergart	Färg	Anmärkningar (vattenförekomst, sprickor m.m.)
0.0	2.0	sand		
2.0	11.5	lera		
11.5	16.0	sand		
16.0	18.0	grus		

Tekniskt utförande

Borrmaskinstyp: [X] sänkhammare ☐ annan:

Tätning mellan foderrör och berg har skett med: ☐ cementering ☐ extra plaströrsfodring ☐ annan:

Borrhål fodrat	Ytterdiameter	Godstjocklek	djup från	till
[X] stålrör	139.7	x 5.0 mm	0.0	18.0 m
☐ annan rörtyp:		x mm		m

Totaldjup från markytan	Jorddjup från markytan (djup till berg)	Borrhålets bottendiameter
18.0 m	18.0 m	139.0 mm

Brunnens användning: ☐ hushållsvatten ☐ energi värme/kyla ☐ kommunalt vatten [X] övrigt: Observationsbrunn, -rör

Vattenanalys utförd: ☐ fys. kemisk ☐ bakteriologisk ☐ radon

Vattenflaska lämnad: ☐ ja ☐ nej

Analysresultat: ☐ bifogas ☐ insändes senare

Provpumpning m.m.

Typ av kapacitetsmätning: [X] blåsning ☐ flottörmätning ☐ pumpning

Pumpens maxkapacitet: liter/tim

Pump- eller blåsdjup under markytan	Pump- eller blåstid	Vattenmängd		Vid kapacitetsmätningen sjönk vattenytan (räknat från markytan) djup från	till
m	1.0 tim	liter/tim	[X] före tryckning	—	m
m	tim	liter/tim	☐ efter tryckning	—	m

Gv-nivå

Stabil grundvattennivå under markytan	Datum vid mätningstillfället	Mätning av grundvattennivån har skett	antal timmar
m		☐ före vattenuttag ☐ efter vattenuttag	

Anmärkningar

Anmärkningar: ☐ tryckning ☐ sprängning ☐ gradborrning, riktning:

Annan anmärkning: Rostfri sil monterad mellan 16,5 - 17,5 m, slitsvidd 0,75mm.

Uppmätt kloridhalt	konduktivitet	m under markytan
mg/l	mS/m	
mg/l	mS/m	
mg/l	mS/m	
mg/l	mS/m	

Konduktivitet anges i milliSiemens per meter, mS/m

Underskrift

Namnförtydligande: Tobias Koljo

Certifierad borrare nr: 0033/07

GEOTEC Svenska Borrentreprenörers Branschorganisation

BILAGA

Protokoll för markundersökning

SWECO	Uppdrag: Norrköping Inre hamnen	Uppdrag nr	Provtagningspunkt: GWSE1608
	Plats: vid Kolkajen	Koordinatangivelse enligt rikets nät: X = 132784.0034 Y = 6497706.38	

Undersökningsmetoder:

Datum	Klocka
160331	

Ansvarig provtagare:	Sign.

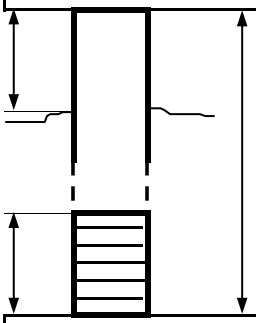
Medverkande personal:	Sign.
Janne Olsson	
Fredrik Mossmark	

	Material	Inre Ø [mm]	Yttre Ø [mm]
G.V.rör:	GWSE1608		
Filterspets:	Krysspets	50	
Skyddsrör:			
Tätning:	(Bentonitpellets, nivåer, mängder etc.)		

$Z_{rök}$ = +1.109 | Z_{my} = +

Punktens läge (beskrivning, kartskiss etc):

På kolkajen



Filterlängd 1m, kryss-spets, perforering 6-8 mm öppna borrade hål

Z_{ruk} = -34,4 | $GV_{murök}$ =

*) Lukt, skala 0 - 4, ingen/svag/tydlig/stark/mkt stark lukt.

Nivå [m]	Profil	Gvy, filter	Jordart (enl SGF)	Prov (typ,nr etc)	PID [ppm]	Lukt *	Anmärkningar
0			Fy				
1,5			Le				
2,5			Sa	x			
7,5			Le				
12			Le				Innehåller friktionsandel
13			Le				
34			Si				
35			Sa				

BILAGA

Protokoll för markundersökning

SWECO	Uppdrag: Norrköping Inre hamnen	Uppdrag nr:	Provtagningspunkt: GWSE1609
	Plats: vid Norra Promenaden	Koordinatangivelse enligt rikets nät: X = 132351.525 Y = 6497870.16	

Undersökningsmetoder: Foderrörsborrning

Datum	Klocka
160329	

Ansvarig provtagare:	Sign.

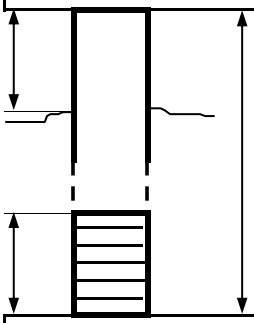
Medverkande personal:	Sign.
Janne Olsson	
Fredrik Mossmark	

	Material	Inre Ø [mm]	Yttre Ø [mm]
G.V.rör:	GWSE1609		
Filterspets:	Johnson filter, 0.5 mm	50	
Skyddsrör:			
Tätning:	(Bentonitpellets, nivåer, mängder etc.)		

$Z_{rök}$ = + 2,308 | Z_{my} = +

Punktens läge (beskrivning, kartskiss etc):

Vid parkeringsplats, installerad i deksel.



Filterlängd 1m, 0,5 mm slitsvidd Johnsonfilter

Z_{ruk} = -7,2 | $GV_{murök}$ =

*) Lukt, skala 0 - 4, ingen/svag/tydlig/stark/mkt stark lukt.

Nivå [m]	Profil	Gvy, filter	Jordart (enl SGF)	Prov (typ,nr etc)	PID [ppm]	Lukt *	Anmärkningar
0			Fy				
1,5			Le				
8			grSa	x			Prov taget, siktanalys
9,5							Stopp mot berg