



RAPPORT

Handläggare
Jonas Pedersen
Tel

Mobil
+46722278499
E-post
jonas.pedersen@afconsult.com

Datum
2019-05-06
Projekt-ID
762898

Halmstads kommun, Samhällsbyggnadskontoret, Mark och exploateringsavdelningen

Sårbarhetsutredning, Galgbergets vattenskyddsområde



RAPPORT

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	3
2	Metod / Tillvägagångssätt	3
2.1	Underlag	3
2.2	Potentiella riskområden	3
2.3	Uppmätt grundvattennivå	3
2.3.1	Observationspunkter	3
2.4	Fältundersökningar	4
3	Galgbergets vattenskyddsområde	4
3.1	Läge och förhållanden	4
3.2	Vattentäkter Galgberget	5
3.2.1	Observationsbrunnar Galgberget	5
3.2.2	Hallands sjukhus Halmstad, Reservvattentäkt	6
3.3	Geologi och hydrogeologi	6
3.3.1	Jordlagerföljd	7
3.3.2	Grundvattenmagasin	7
4	Vattenkvantitet	8
4.1	Observationsrör och grundvattennivåer	8
4.2	Interpolering av grundvattenyta	8
5	Infiltrometertest	9
5.1	Provpunkter	9
5.2	Metod infiltrometertest	9
5.3	Resultat	10
5.4	Utvärdering av mätning	11
6	Risikanalyser grundläggning	12
6.1	Risker från byggnation (Ekan 15)	12
7	Sårbarhetsanalys	12
8	Rekommenderade skyddsåtgärder under byggtiden	15



RAPPORT

1 Bakgrund

Halmstad kommun ska i detaljplan pröva fastigheten Ekan 15 för vård, parkering och gata. Området består idag av en komplex sjukhusbebyggelse.

Planområdet ligger inom sekundär skyddszon för Galgbergets vattentäkt. Sjukhuset äger även en egen uttagningspunkt för vatten ("blå källa") som ligger inom planområdet.

ÅF har fått i uppdrag av Halmstad kommun att genomföra en sårbarhetsanalys för Galgbergets vattentäkt och sjukhusets egna uttag benämnd blå källa.

I uppdraget ingår utöver sårbarhetsutredningen även en översiktlig geoteknisk utredning för fastigheten Ekan 15.

Syftet med denna utredning är att utvärdera hur ett nybygge vid fastigheten Ekan 15 kan påverka vattentäkten Galgberget. I detta ingår även att utvärdera effekterna av en potentiell grundvattensänkning i och med schaktning.

2 Metod / Tillvägagångssätt

2.1 Underlag

Risken och sårbarheten med en potentiell grundvattensänkning i samband med grundläggning av byggnationer kommer att utredas. Underlag för detta kommer att vara observerad grundvattennivå tillsammans med underlag framtaget från geoteknisk undersökning. Tidigare undersökningar utförda i området har också studerats för att få en bättre helhetsbild över förutsättningarna. Jordartslagerföljd kommer att etableras med hjälp av skruvprovtagningar, JB-sonderingar samt hejarsondering.

2.2 Potentiella riskområden

Grundläggning av byggnader kan medföra risker för närliggande vattentäkter då grundvattennivån kan behöva sänkas av i samband med schaktning. Grundvattennivån kommer därför att observeras för att undersöka hur lägsta grundläggningsnivå förhåller sig till denna. Lägsta grundläggningsnivå för nybyggnationerna i Ekan 15 planeras till 30,8 m.ö.h.

Utöver detta så är nybyggnation förknippad med flertalet risker under byggnadsfas. Exempelvis spill eller läckage av maskiner i form av hydraulolja och diesel vid tankning av maskiner. Ledningar som är placerade i området är också en risk som behöver tas i åtanke, framförallt i byggnadsskede så att inte oansvarig schaktning leder till läckage av ledning och dylikt. Det är därför av största vikt att byggnadsarbetet utförs korrekt utefter de restriktioner och föreskrifter som listas i författningssamlingen från länsstyrelsen (13 FS 2011: 13) gällande Galgbergets vattentäkt.

Något ytterligare som kommer att undersökas är hur potentiella föroreningar av sjukhusets reservvattentäkt kan tänkas påverka övriga vattentäkter inom Galgbergets vattenskyddsområde.

2.3 Uppmätt grundvattennivå

2.3.1 Observationspunkter

Inför sårbarhetsanalysen installerades två stycken grundvattenrör i närheten av sjukhuset för att observera nivån för grundvattenytan i området. Utöver dessa två rör har även LBVA tillhandahållit grundvattennivåserier för observationsrör kopplade till



RAPPORT

kringliggande vattentäkter i Galgbergets vattenskyddsområde. Dessa observationspunkter har använts för att uppskatta en gradient för grundvattennivån i området kring sjukhuset. Hallands sjukhus egna uttagningspunkt "Blå källa" har även den använts för att observera grundvattennivån vid datum 2019-02-19.

2.4 Fältundersökningar

För detaljerad information angående utförda geotekniska fältundersökningar för Ekan 15, se MUR geoteknik, kapitel 7, upprättat för samma projekt.

Ett grundvattenrör har satts på ett djup av 22 meter under markytan i punkt AF02, tillsammans med ett andra grundvattenrör som sattes 20 meter under markyta vid punkt AF06. Dessa punkter är inkluderade i figur 2 nedan, och finns även utmärkta i bilaga 18311-G01, geoteknisk undersökning. Båda rören stötte på ett mycket hårt lager av okänt material på 20 meters djup och kunde inte drivas djupare. Grundvattenytan nåddes inte vid dessa djup. En slutsats som däremot går att dra av de torra grundvattenrören är att grundvattennivån är minst 20 meter under marknivå för hela fastighet Ekan 15.

För att få åtminstone en mätning av grundvattenytan under Ekan 15 så mättes istället nivån direkt i brunnen Blå källa, sjukhusets reservvattentäkt.

Utöver detta har en infiltrationsmätning utförts på plats med en infiltrometer, för att utvärdera markens förmåga att infiltrera dagvatten. Resultaten för detta redovisas nedan i kapitel 5.

3 Galgbergets vattenskyddsområde

3.1 Läge och förhållanden

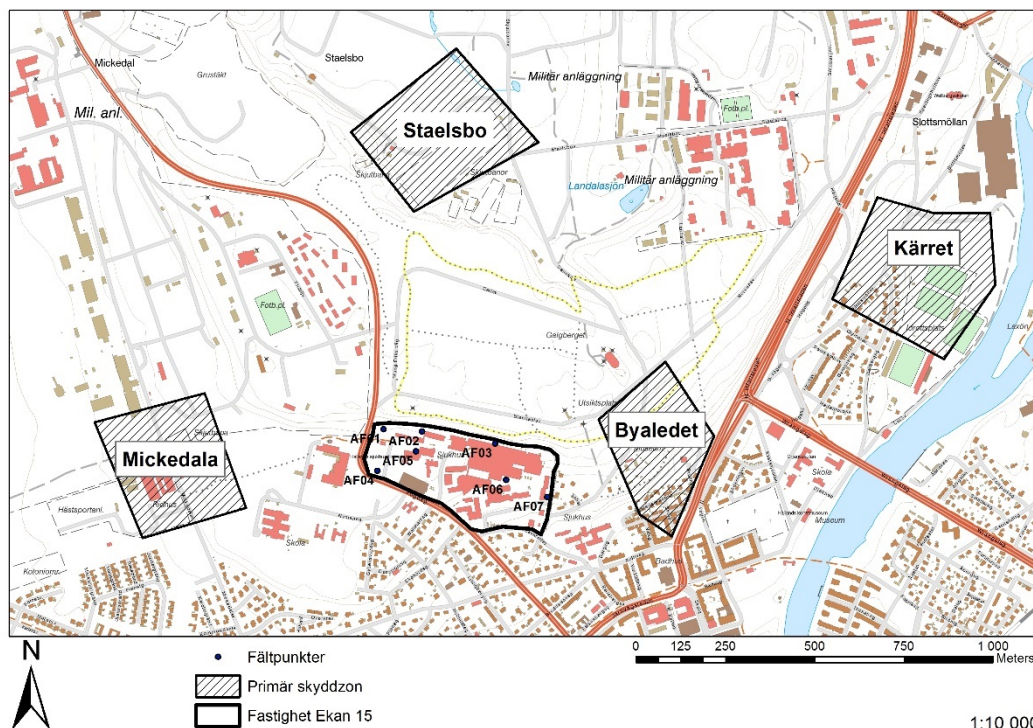
Galgberget ligger direkt norr om Hallands sjukhus Halmstad och består till större delen av en rullstensås med isälvsmaterial. Galgberget utgör även till stor del ytan för Galgbergets vattenskyddsområde, med fyra tillhörande vattentäkter. Figur 1 nedan visar en översiktlig bild över området, med de fyra områdena som utgör vattentäkter markerade som primära skyddszoner.

Resterande delar av vattenskyddsområdet som ej ingår i primära skyddszoner tillhör den så kallade sekundära skyddszonen. Även här gäller regleringar om tillåten verksamhet inom området, men inte lika stränga som i fallet för primär skyddszon. Hallands sjukhus i Halmstad, tillsammans med fastigheten Ekan 15, är belägen inom sekundärzonen för Galgbergets vattenskyddsområde.



RAPPORT

inom dessa zoner med ett undantag, Kä06, som ligger öster om Byaledets primärzon. De angivna namnen för vattentäckernas olika observationsbrunnar redovisas nedan i kapitel 4.1, tabell 1. Utöver detta är även sonderingspunkter använda för fältundersökningar inkluderade i figur 2.



Figur 2. Översiktlig karta över området med de olika observationsbrunnarnas placering.

3.2.2 Hallands sjukhus Halmstad, Reservvattentäkt

Hallands sjukhus Halmstad är beläget precis söder om området Galgberget och har en egen reservvattentäkt installerad, som för tillfället ej är i bruk. Reservvattentäkten för Hallands sjukhus Halmstad består av två stycken borrhåar på ca 40 meter, vilka är försedda med djupbrunnspumpar. Dessa är placerade i en källare, i sjukhusets nordöstra del. Brunnarna tar sitt vatten från ett stort grundvattenmagasin där grundvattenytan ligger ca 27 meter under marknivå. Uttagskapacitet för brunnarna har vid en tidigare undersökning uppmäts till 60 m³ / h. Detta gjordes genom ett kapacitetsprov utfört som korttidsprov där det pumpats upp ca 1 m³ från vardera borrhål.

De potentiella riskkällor som bedöms existera för sjukhusets reservvattentäkt är främst relaterade till olika föroreningskällor. Oljecisterner och ledningar som kan vara placerade i närheten på grund av bebyggelse är även de potentiella risker.

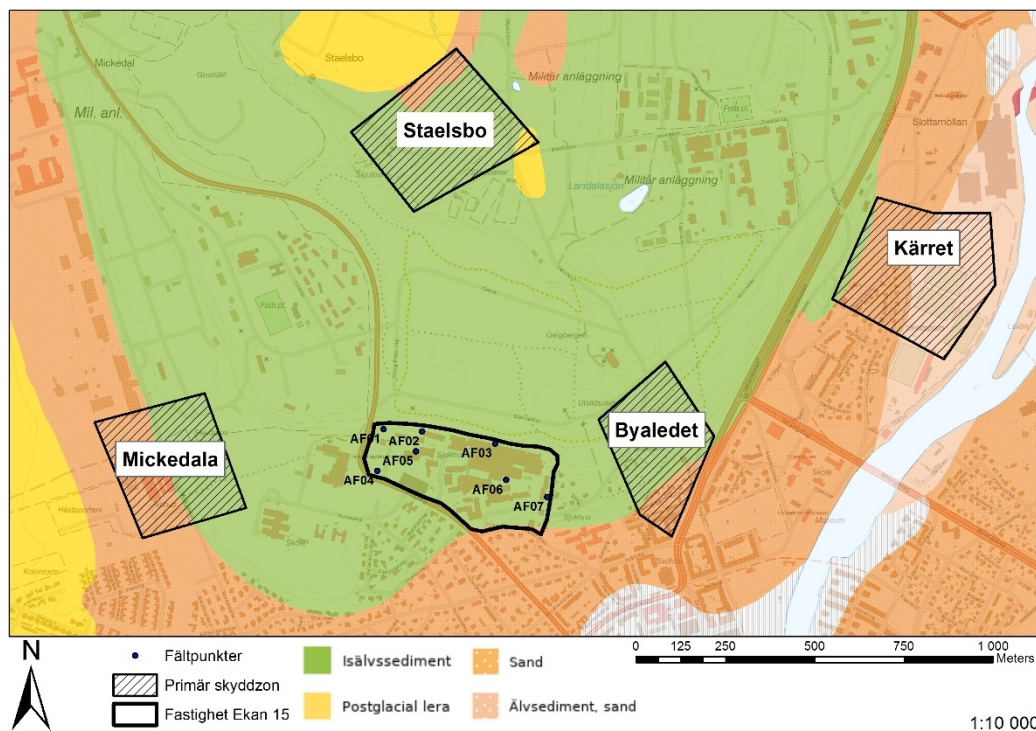
3.3 Geologi och hydrogeologi

Galgberget är en rullstensås bestående av isälvsavlagring som i sin tur till större delen består av välsorterade lager av grus och sand. Det finns för tillfället inga grundvattenrör eller brunnar installerade i områdets högst belägna delar. Grundvattenytans nivå är därför ej känd i dessa delar av Galgberget. Grundvattennivån för vattentäckerna inom Galgbergets vattenskyddsområde mäts månadsvis i observationsrör. Halmstad sjukhus, och fastighet Ekan 15, ligger i den



RAPPORT

sydligaste delen av den stora isälvsavlagringen. Figur 3 nedan redovisar en jordartskarta för området, hämtad från SGU.



Figur 3. Jordartskarta för Galgbergets vattenskyddsområde.

Galgbergets vattenledande förmåga, transmissivitet, har tidigare undersökts av Sweco i en utredande rapport från 2010. Vid utvärdering av en stegprovpumpning beräknades transmissiviteten för Byaledets vattentäkt till $9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Genom samma metod uppskattades transmissiviteten för Mickedala vattentäkt till $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Galgbergets isälvsavlagring tros utgöra ett i stort sett öppet grundvattenmagasin. Det förekommer dock inom flera delar lager av lera. Dessa agerar som akvitarer för underliggande grundvatten, vilket leder till att det troligtvis även finns slutna, eller delvis slutna, grundvattenmagasin inom området.

3.3.1 Jordlagerföljd

För att undersöka jordlagerföljden kring Halmstad sjukhus utfördes skruvprovtagning, hejarsondering samt JB-sondering.

Hejarsondering utfördes ner till ett djup av 20 meter. Enligt tolkning utförd av geotekniker bedömdes jordarten för samtliga provpunkter till sand. Däremot vid installation av grundvattenrör upptäcktes ett mycket hårt lager på runt 20 meters djup. Detta gick ej att penetrera med grundvattenrör och det är i nuläget svårt att uppskatta vad det består av. Utifrån de geotekniska fälttester som genomförts så är slutsatsen att jordarten i området, med undantag för det hårda lagret, näst intill helt och hållet består av sand, blandat med grusig sand.

3.3.2 Grundvattenmagasin

Grundvattenuttaget för Galgberget görs från isälvsavlagringarna som utgör de i stort sett enda betydande grundvattenmagasinen i området. I princip skulle hela



RAPPORT

isälvsavlagringen från Älvasjö, norr om Halmstad, ned till en bit söder om Galgberget kunna ses som ett enda stort grundvattenmagasin, då det troligen finns en hydraulisk kontakt mellan randbildningarna undertill i isälvsaterialet. Variationer i mäktighet, sammansättning samt huruvida isälvsavlagringarna täcks av finsediment eller ej gör dock att olika delar kommer att stå i betydligt bättre kontakt med varandra än andra.

Inom området som utgör Galgbergets vattentäkt finns goda förutsättningar för nybildning av grundvatten, då isälvsaterialets höga genomsläpplighet tillåter en snabb tillförsel av nytt vatten ner till grundvattenmagasinet för området.

Till skillnad från exempelvis morän och urbergsområden så kan grundvattenytan för ett område dominerat av isälvsmaterial inte enbart bestämmas utifrån topografin. Materialets genomsläpplighet gör istället att grundvattennivån många gånger kan återfinnas långt under markytan i höjdområden, vilket så också är fallet för Galgbergets vattentäkt. Det som istället i många fall styr grundvattennivån är nederbörd, geologiska variationer samt läge och storlek på grundvattenuttag.

4 Vattenkvantitet

4.1 Observationsrör och grundvattennivåer

Nedan redovisas samtliga grundvattenrör med observerade grundvattennivåer i området kring sjukhuset. Observera att mätningen för punkt ST03 ej är från samma datum som resten av mätningarna, då denna mätning ej gick att få tag i. Dessa observationsbrunnar är placerade kring tillhörande vattentäkt och dess närområde.

Tabell 1. Redovisning av grundvattennivå för de olika observationsbrunnarna.

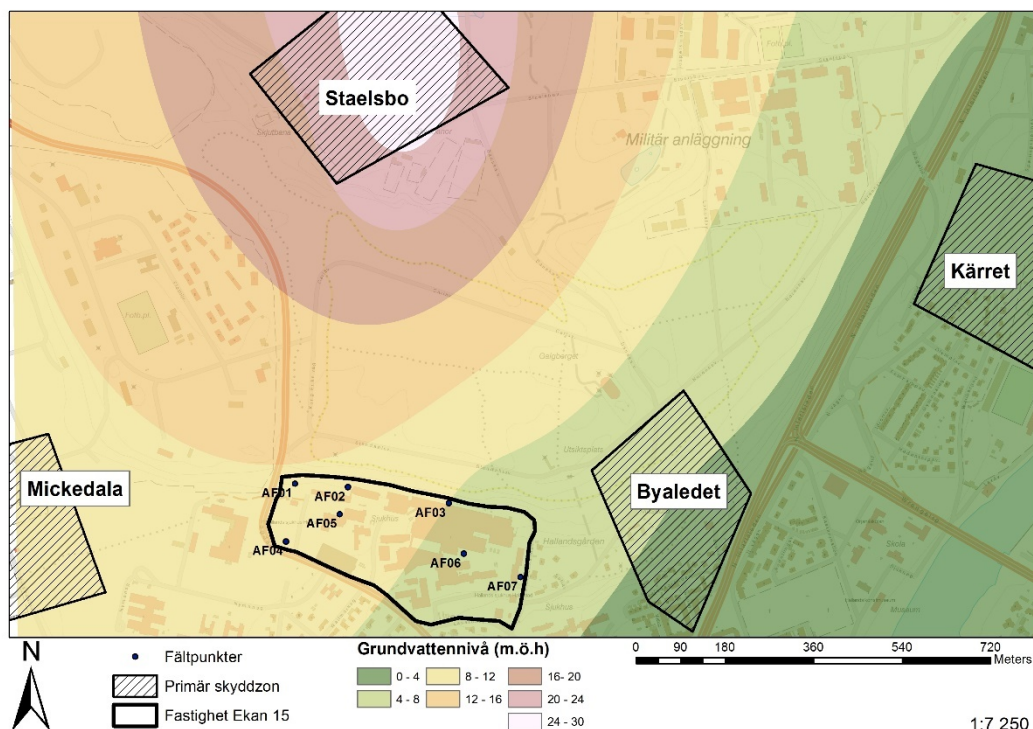
Observationsbrunn	Marknivå (m.ö.h)	Nivå GV-yta (m.ö.h)	Datum
Blå Källa (Sjukhuset)	33	6.01	2019-02-19
ST01 (Staelsbo)	38.95	20.87	2019-02-19
ST03 (Staelsbo)	36.39	30.73	2018-01-04
ST06 (Staelsbo)	36.92	22.09	2019-02-19
Mickedala GV1	26.43	10.07	2019-02-19
Mickedala GV2	27.45	9.05	2019-02-19
Kä05 (Kärret)	2.76	0.8	2019-02-19
Kä06 (Kärret)	6.15	2.65	2019-02-19
Kä8801 (Kärret)	4.35	1.44	2019-02-19
By01 (Byaledet)	9.92	2.78	2019-02-19

Skillnaden i grundvattenyta mellan Staelsbo vattentäkt och resterande är enligt mätningarna mycket stor. Upphovet till detta är idag inte helt känt, då ingen utredning gjorts för att fastställa anledningen till detta. Den skarpa gradienten skulle kunna indikera att grundvattenmagasinet för Staelsbo ej är samma som för resterande vattentäkter, då grundvattennivåerna skiljer sig så väsentligt från varandra.

4.2 Interpolering av grundvattenyta

För att på bästa sätt kunna uppskatta grundvattnets flödesriktning i området gjordes en interpolering av uppmätt grundvattennivå för respektive observationsbrunn. Resultatet av detta presenteras i figur 4 nedan.

RAPPORT



Figur 4. Interpolering av grundvattenyta för Galgbergets vattenskyddsområde.

Som kan ses ovan i figuren, så sjunker grundvattennivån i en sydostlig riktning, fallande mot Nissans vattendrag. Ett rimligt antagande är att grundvattnets flödesriktning följer gradienten visualiserad i figur 4, vilket då innebär att flödesriktningen för Galgberget är i en sydostlig riktning.

5 Infiltrometertest

5.1 Provpunkter

Två infiltrometertest utfördes inom det berörda området för att utvärdera markens naturliga förmåga att infiltrera dagvatten. De två försöksytorna är belägna vid den stora parkeringsplatsen väster om sjukhuset (AF05) och den andra provpunkten är belägen vid parkeringen till akutmottagningen på sjukhusets östra sida (AF07). Försöken utfördes 2019-01-15 under kyliga förhållanden med lätt nederbörd av snöblandat regn. Den svaga nederbörden bedöms inte väsentligt ha påverkat mätningens resultat.

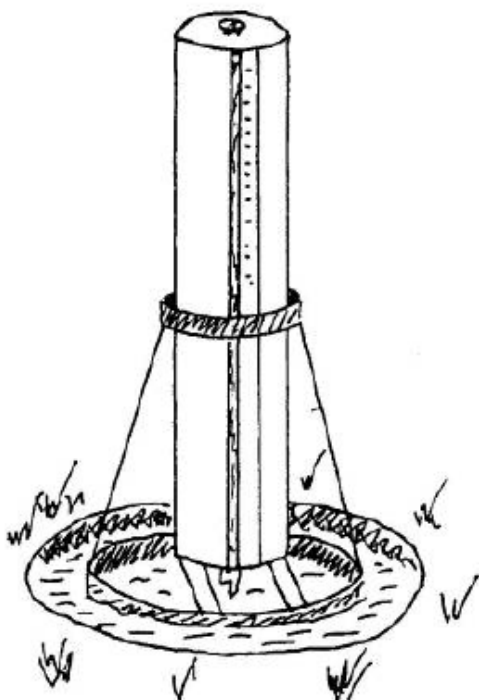
5.2 Metod infiltrometertest

Testen utfördes med en dubbelringinfiltrometer enligt följande procedur:

- Det översta växtlagret och ca 5 cm yttjord grävs bort och planas av med spade på en yta ca 10 cm större än infiltrometers ring.
- Infiltrometerringen slås ned i marken ca 10 cm.
- Cylindern fylls med vatten.
- Det urgrävda området utanför infiltrometerringen fylls med vatten.
- Kranen vid cylinderns botten öppnas: infiltrometerringen fylls upp till cylindermynningen tills ingen luft kan komma in i cylindern.
- Vattennivån i cylindern läses av och tid noteras

RAPPORT

- När vatten infiltrerar i jorden sjunker vattennivån inom infiltrometerringen så att luft kommer in i cylindern, varpå vatten automatiskt fylls på i ringen.
- Det urgrävda området utanför infiltrometerringen fylls på med vatten manuellt.
- Vattennivå avläses ca var 3:e minut.
- Testet fortgår tills avsänkingshastigheten i cylindern har stabiliserats, eller tills cylindern är tom.



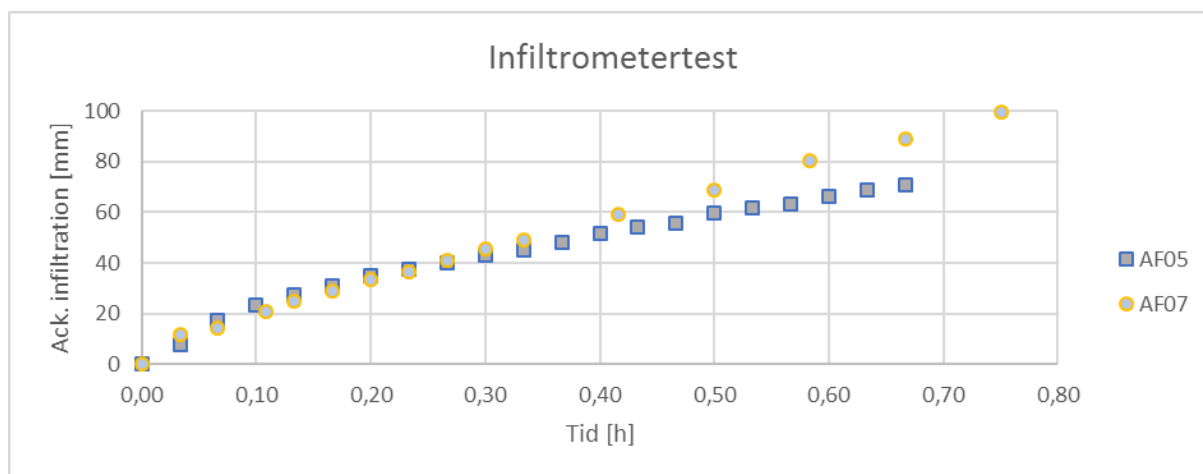
Figur 5. T.v. skiss över infiltrometer. T.h. exempel på installerad infiltrometer.

5.3 Resultat

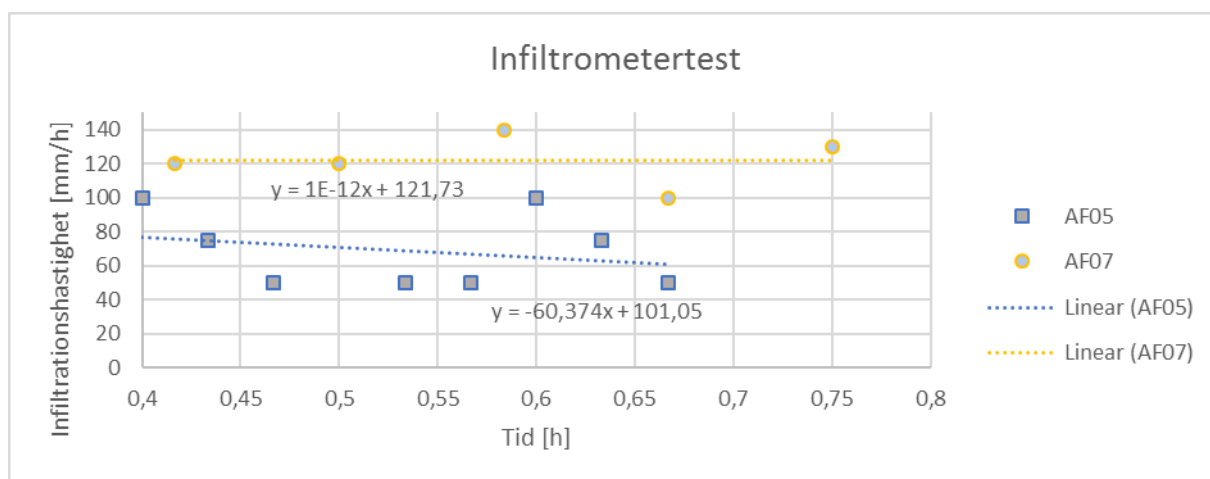
Resultatet för undersökningen redovisas i Figur 6 som visar den uppmätta ackumulerade infiltrationen över tid från provpunkterna AF05 och AF07. I Figur 7 redovisas enbart de mätvärden där infiltrationshastigheten bedöms vara stabil och vid jämvikt. Vid långvarig infiltration bedöms infiltrationshastigheten vara ca. 100 – 120 mm/h.



RAPPORT



Figur 6. Resultat ifrån infiltrationstest utförda vid provpunkt AF05 och AF07.



Figur 7. Resultat ifrån infiltrationstest vid provpunkt AF05 och AF07 som visar de mätvärden där infiltrationshastigheten bedömdes vara stabil. Notera att grafen presenterar infiltrationshastighet och inte ackumulerad infiltration.

5.4 Utvärdering av mätning

Vid installation av infiltrationsmetern noterades att det översta jordlagret består av medel till grovkornig sand vid de båda provpunkterna AF05 och AF07. Det var även vanligt förekommande med rundade stenar med en diameter av ca. 5 cm samt rötter ifrån närliggande växtlighet.

Typiska värden på infiltrationshastigheter för olika jordarter redovisas i Tabell 2. Det uppmätta resultatet bedöms vara trovärdigt och vara en god indikator på vilka infiltrationshastigheter man kan förvänta sig inom området. Under förutsättningarna att det översta sedimentlagret utgörs av medel till grovkornig sand av samma typ som observerades vid provpunkt AF05 och AF07. Den erhållna infiltrationshastigheten ifrån de båda provpunkterna ligger runt 100 – 120 mm/h vid jämviktsförhållanden och kan således vara något högre vid torra markförhållanden. Den uppmätta infiltrationshastigheten stämmer även överens med empiriska värden över infiltrationen för grovkornig sand (tillochmed högre än empiriska värden, framförallt AF07). Detta innebär att området har en relativt hög infiltrationshastighet.



RAPPORT

Tabell 2. Litteraturvärden för infiltrationshastighet i vattenmättad jord för olika jordarter¹.

Jordart	Infiltrationshastighet (mm/h)
Morän	47
Sand	68
Silt	27
Lera	4
Matjord (>10 cm)	25

6 Riskanalys grundläggning

6.1 Risker från byggnation (Ekan 15)

Lägsta grundläggningsnivå för nybyggnation är planerad till 30,8 m.ö.h. Markytan varierar mellan 46,7 m.ö.h (nordvästra delen av fastigheten) till 31,8 i m.ö.h östra delen. Grundvattennivån i området för fastighet Ekan 15 har uppmätts till 6,01 m.ö.h, genom lodning av grundvattennivå i brunnen blå källa. Brunnen är lokaliserad inomhus i en källare under sjukhusbyggnaden i nordöstra delen av Ekan 15.

Grundvattennivån är uppmätt till 6,01 m.ö.h och lägsta grundläggningsnivå är planerad till 30,8 m.ö.h. Detta innebär att grundvattennivån befinner sig ca 24 meter under lägsta grundläggningsnivå. Därför förekommer ingen risk för påverkan av Galgbergets vattenskyddsområde i form av en grundvattensänkning vid schaktning.

Stor vikt ligger dock vid att förhindra föroreningar i samband med byggnation. Föroreningar som kan infiltrera marken i området vore mycket svåra att sanera på grund av markens höga naturliga genomsläpplighet. Detta innebär att ifall utsläpp och föroreningar skulle ske under byggnadsskedet så har dessa en mycket stor risk att nå grundvattenytan och därmed förorena grundvattenmagasinet för Galgberget, vilket används av flertalet vattentäkter i området.

7 Sårbarhetsanalys

Utöver riskanalysen rörande grundvattenavsänkning undersöktes även sårbarheten för vattentäkten rörande föroreningsspridning. Begreppet sårbarhet i detta fall beskriver motståndskraften inom ett mark och vattenområde mot föroreningar.

Ett naturligt förekommande skydd kan fördröja eller i vissa fall förhindra en förorening från att nå t.ex. grundvattenytan. Det naturliga skyddet beror på flera olika parametrar, men för ett vertikalt skydd har jordlagrens genomsläpplighet och mäktighet störst betydelse.

Lera och silt är jordarter med låg genomsläpplighet och som ger ett mycket gott naturligt skydd. Jordlagrets läge under markytan har också betydelse för hur skyddande den tätande effekten faktiskt är. Ett lerlager beläget djupare har större potential att vara tätande, då leran i större utsträckning är vattenmättad.

Som nämnt tidigare så bedöms Galgberget som ett område med generellt mycket hög genomsläpplighet. Detta betyder i sin tur att föroreningar som sprids i området relativt snabbt kommer att infiltrera ner till grundvattenmagasinet. Områden med

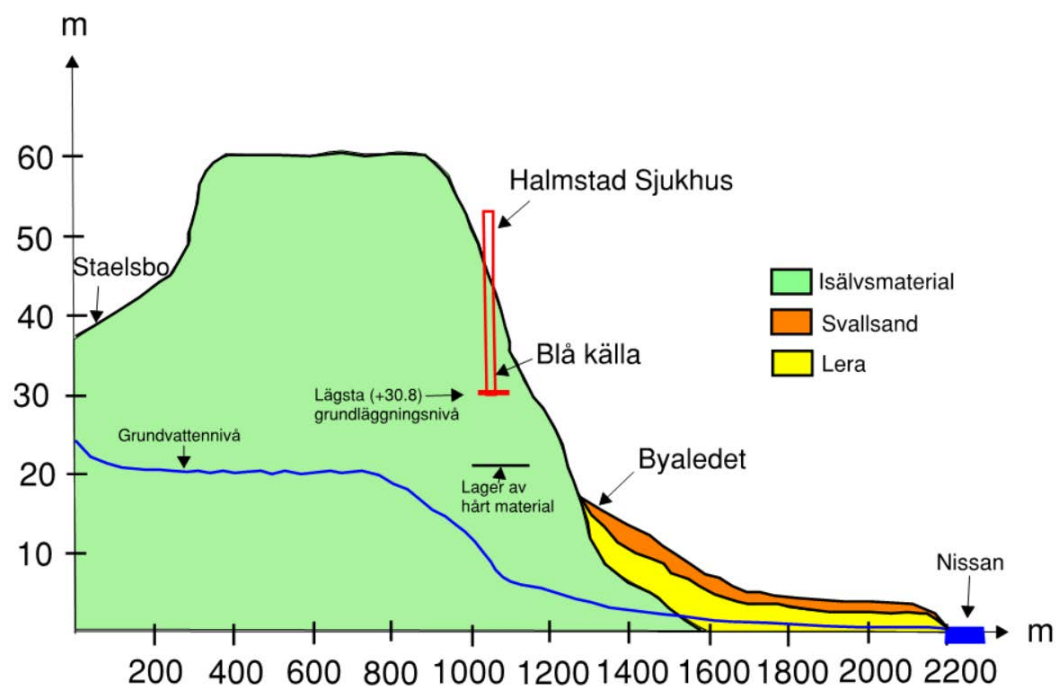
¹ VAV, 1983. *Lokalt omhändertagande av dagvatten – LOD*. Svenska vatten- och avloppsföreningen-publikation P46, Stockholm.

RAPPORT

isälvsmaterial, som Galgberget, kan därför betecknas som mycket sårbara för en potentiell spridning av föroreningar. Det förekommer dock sannolikt skyddande lager av lera inom vissa delar av Galgbergets vattenskyddsområde. Dessa lagrets utbredning och hur de hänger samman är däremot inte utrett, vilket gör det svårt att definiera områden med lägre sårbarhet.

Galgberget omges av områden med lera, vilka är delvis överlagrade med svallsand. Vid dessa områden med stora lerbager är det undre grundvattenmagasinet beläget under leran skyddat mot föroreningar.

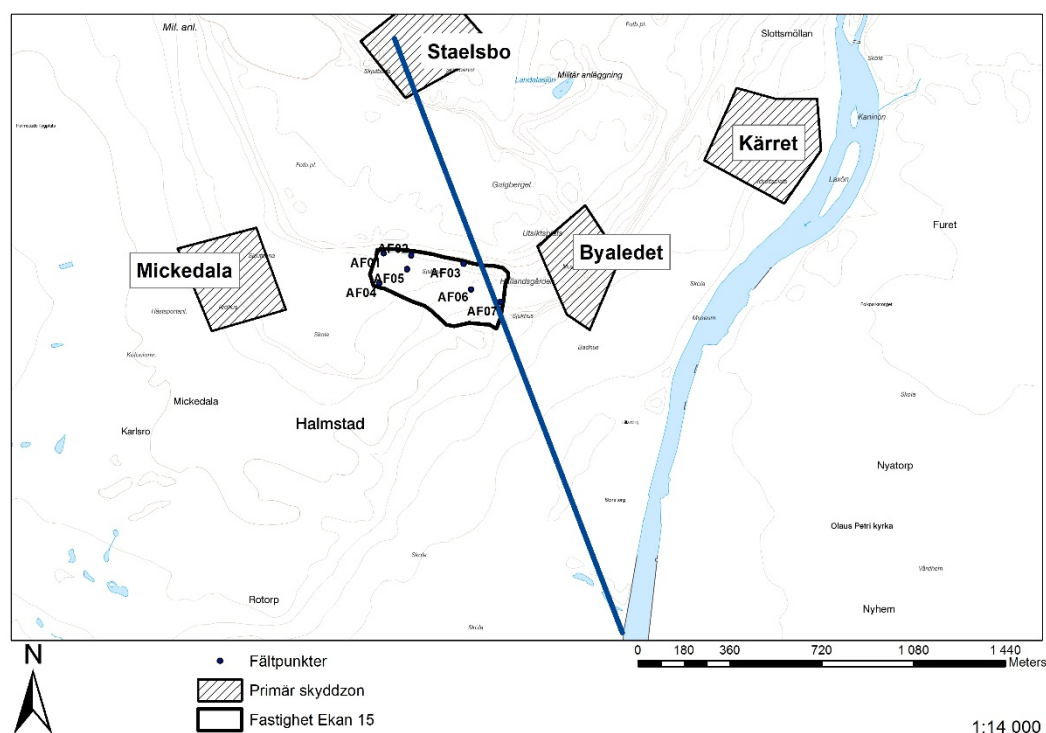
Vid installation av grundvattenrör så noterades ett mycket hårt lager vid 20 meters djup, vilket var omöjligt att penetrera med grundvattenrören. Detta lager skulle kunna agera som ett tätande lager för såväl grundvatten som föroreningar. Däremot är inte tillräckligt mycket känt kring detta lager (utsträckning, är det faktiskt tätande osv) i nuläget för att detta ska kunna bedömas utgöra ett tätande lager för föroreningsspridningar. Utifrån detta så bedöms området som mycket sårbart för föroreningar av olika slag.



Figur 8. Tvärsektion över Galgbergets vattenskyddsområde, ned till Nissans flodbank.

Bilden ovan är skapad utifrån Swecos tekniska underlag till vattentäkt (2010), tillsammans med information från SGUs jordartskarta och grundvattenmätningar i området. Den visar en tvärsektion från observationsrör Staelsbo 01, i sydostlig riktning ner till Nissan. Utöver detta är även lägsta grundläggningsnivå för planerad byggnation inlagd, för att möjliggöra jämförelse mot grundvattennivå. Vad som framgår av figur 8 är sjukhusets placering inom det sårbara isälvsmaterialet. Föroreningar vid denna punkt skulle troligtvis först färdas vertikalt nedåt till grundvattenmagasinet, och sedan vidare med grundvattnet mot byaledets vattentäkt. Figur 9 nedanför visar även tvärsektionens linje sedd ovanifrån, tillsammans med konturlinjer för topografin i ljusgrått.

Som kan ses i figur 9 nedan så går inte tvärsektionen direkt igenom byaledets vattentäkt. Dess position i relation till längdsträckningen valdes dock ändå att inkluderas, för att ge en bättre överblick över tvärsektionens läge.



Figur 9. Tvärsektionens riktning samt sträckning sedd ovanifrån.

Som nämnt tidigare är det främst olika sorters föroreningar som är den största bedömda riskfaktorn för sjukhusets Blå källa och Galgbergets vattenskyddsområde. Därför undersöktes hur en potentiell förorening vid Blå källa skulle kunna påverka vattenkvaliteten hos de övriga vattentäkterna runt Galgberget. För att göra detta så behövde grundvattenflödets riktning och hastighet undersökas. Detta gjordes först genom att interpolera mellan den uppmätta nivån för grundvatten från de olika vattentäkterna. Detta skapade en kontinuerlig grundvattenyta som kunde användas för att uppskatta grundvattnets flödesriktning och gradient. Resultatet är visat ovan i kapitel 4.2, figur 4.

En grov uppskattning av grundvattnets flödeshastighet kan göras om den hydrauliska gradienten i och den hydrauliska konduktiviteten K för materialet är kända. Från Swecos rapport från 2010 erhöles värden för transmissivitet för Mickedala och Byaledets vattentäkter. Den hydrauliska konduktiviteten kan beräknas med hjälp av transmissiviteten T tillsammans med akvifärens tjocklek b genom sambandet nedan:

$$K = \frac{T}{b}$$

För Byaledets vattentäkt med ett antaget jorddjup på 20 meter uppskattades den hydrauliska konduktiviteten till $4.5 \cdot 10^{-4}$ m/s. För Mickedala vattentäkt med ett antaget jorddjup på 45 meter så uppskattades konduktiviteten till $2.88 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Den hydrauliska gradienten i uppskattades genom följande ekvation:

$$i = \frac{dh}{dl}$$

Där dh är skillnaden i grundvattennivå mellan två punkter, i detta fall positioner för vattentäkter, och dl är avståndet mellan dessa.



RAPPORT

Som figur 4 visar så är det främst vattentäkten byaledet och dess tillhörande brunnar som ligger i flödesriktningen som följer efter Blå källa. Det anses därför inte troligt att grundvatten som passerar Blå källa ska kunna färdas på naturlig väg till resterande brunnar för vattentäkterna. Utifrån detta så antogs att den hydrauliska konduktiviteten för Byaledet är mest representativ för beräkningarna då Mickedala befinner sig i motsatt riktning från vattenflödet. Detta är antaget utifrån att de aktiva brunnarna vid Mickedala ej skapat ett avsänkingsområde som drar till sig vatten från ett större område. Detta verkar dock inte vara fallet utifrån uppmätta grundvattennivåer.

För att uppskatta en hydraulisk gradient mellan sjukhusområdet och Byaledets vattentäkt användes uppmätta grundvattennivåer för blå källa och observationsbrunnen by01 vid Byaledet. Avståndet mellan Blå källa och observationsbrunn by01 i byaledets vattentäkt uppmättes till 458 meter. Enligt mätning av grundvattennivå 2019-02-19 låg grundvattennivån för Blå källa på 6,01 m.ö.h och för by01 på 2,78 m.ö.h. Detta kombinerat med det uppmätta avståndet mellan punkterna gav en hydraulisk gradient på 0,007 för sträckan. Den hydrauliska konduktiviteten tillsammans med gradienten ger då en flödes hastighet på $3,15 \cdot 10^{-6}$ m/s mellan blå källa och byaledet.

Med denna flödes hastighet skulle det uppskattningsvis ta grundvattnet 1862 dagar eller 4,6 år att färdas mellan blå källa och byaledets vattentäkt. Dessa transporttider anses ge en relativt god tidsmarginal för att hinna med skyddsåtgärder i form av barriärer eller liknande, för att på så sätt kunna stoppa en förorening som transporteras med hjälp av grundvattnet. Däremot så befinner sig reservvattentäkten blå källa fortsatt i en mycket sårbar situation ifall en förorening skulle uppstå runt sjukhusområdet.

8 Rekommenderade skyddsåtgärder under byggtiden

Grundvattensänkning i samband med schaktning bedöms inte bli aktuellt på grund av den låga grundvattennivån i området. Det bedöms därför ej som ett problem ur risksynpunkt, och behöver inte vidtas åtgärder för i samband med byggnation.

Infiltrationstest tyder på att området har en relativt hög infiltrationshastighet, och därmed en hög sårbarhet för föroreningsspridning. Det anses därför extra viktigt därför att undvika alla sorters föroreningar via spill på markytan då dessa kan färdas snabbt genom omättad zon, vilket gör det svårt att hinna sanera. Fokus bör därmed ligga på att vidta försiktighet vid byggnation, för att undvika spill och föroreningar till största möjliga grad.

Vid framtagandet av vattenskyddsområdet Galgberget 2011 fastställdes försiktighetsåtgärder kring hantering av skadliga ämnen och miljöfarlig verksamhet. Dessa går att hitta i länsstyrelsens författningssamling med skyddsföreskrifter för vattenskyddsområdet, beslutat 2011 (13 FS 2011: 13). För tillfället är sjukhusområdet och Blå källa placerad i den sekundära zonen. Men då föroreningar vid Blå källa har en teoretisk risk att påverka Byaledets och Kärrets vattentäkter anses det motiverat att använda skyddsåtgärder för primär zon även för sjukhusområdet under tiden som byggnation pågår. Inte minst med tanke på att Blå källa i nuläget har en hög sårbarhet gentemot en spridning av föroreningar.

Transporttiden från blå källa till andra vattentäkter för föroreningar via grundvattnet är dock på skalan över flera år. Detta ger ett tidsutrymme att vidta åtgärder om en



RAPPORT

förorening faktiskt skulle ske. Högsta prioritet bör dock givetvis vara att undvika föroreningar över huvud taget.

Enligt försiktighetsåtgärder från ovan nämnda författningssamling får inte schaktningsarbete ske inom området utan att en anmälan först görs till kommunens nämnd för miljöfrågor. Samtliga försiktighetsåtgärder finns att läsa i författningssamlingen rörande Galgbergets vattentäkt, denna är bifogad som en bilaga till sårbarhetsanalysen.

Skyddsåtgärder för byggskedet kring området Blå källa bör tas fram i dialog med miljöförvaltningen, men nedan följer ett antal förslag på skyddsåtgärder som anses befogade:

- Lås och stängsel kring arbetsområdet för att undvika sabotage
- Om lagring av farliga ämnen sker inom sårbart område, anlägg ett sekundärskydd som kan lagra hela volymen
- Om tankning ska tillåtas inom sårbart område, anlägg en invallning så att ev. spill kan omhändertas och saneras
- Uppställning av maskiner bör ske på tätt underlag för att samla upp läckage vid olycka
- Kontrollprogram och beredskapsplanering ska utformas av Entreprenören.
- De fordon som rullar/bandar på jobb bör endast vara tankade med den mängd bränsle som uppskattas gå åt för dagens arbete
- Gällande skyddsdatablad för kemikalier ska beaktas
- Okulär besiktning av arbetsfordon/maskin ska genomföras innan påbörjat pass

Sammanfattningsvis är Blå källa alltså ej en primär skyddszon, och planeras heller inte behöva göras om till sådan. Det är enbart under byggtid som skyddsföreskrifter för primär skyddszon även bör tillämpas på sjukhusområdet. Detta för att minimera riskerna att en olycka sker. Utöver detta är det endast under aktuell byggtid som föreslagna skyddsföreskrifter gäller. Efter att byggnationen är färdig finns ingen anledning att anta att riskbilden har ändrats från nuvarande tillstånd.