

Projekterings-PM Hydrogeologi, Postenparkeringen

Huvuddokument



Ändringsförteckning

Ver	Datum	Ändringsbeskrivning	Granskad	Godkänd av
1	2023-06-09		Hans Fridholm	
2	2023-08-23	Justering efter extern granskning		

Sweco Sverige AB
Uppdrag
Uppdragsnummer
Kund
Upprättad av
Datum
Dokumentreferens

556767-9849
Posten tillstånd vattenverksamhet
30051416
Falun kommun
Iris Engström
2023-08-23
230823_projekterings pm hydrogeologi

Innehållsförteckning

1	Bakgrund och syfte.....	4
2	Underlag	4
3	Planerad anläggning	5
4	Utförda undersökningar	5
5	Förutsättningar	5
	5.1 Geotekniska och geologiska förhållanden	5
	5.2 Hydrologiska förhållanden.....	6
	5.3 Hydrogeologiska förhållanden.....	7
	5.4 Vattenkvalitet.....	10
6	Beräkningar	12
	6.1 Avsänkning.....	12
	6.2 Inläckage.....	13
7	Karakteristiska grundvattennivåer	13
	7.1 Metod	13
	7.2 Resultat	14
	7.2.1 Karakteristiska nivåer för byggskede.....	15
	7.2.2 Karakteristiska nivåer för driftskede.....	15
8	Utvärdering dämningrisk.....	15
9	Förslag åtgärder	15
	9.1 Täthetskrav byggskede	15
	9.2 Täthetskrav driftskede.....	16
	9.3 Kontroll	16
10	Rekommendation vidare utredningar	16
11	Källor	16

Bilagor

Bilaga 1 – Hydrogeologiska fältförsök och utvärderingar

Bilaga 2 – Hydrogeologiska beräkningar

1 Bakgrund och syfte

Falu kommun planerar att utveckla stadskärnan med fler bostäder och ett parkeringsgarage under mark på Postenparkeringen, se Figur 1. Fastigheten nyttjas idag som parkering och kommer benämnas Postenparkeringen i detta PM. När parkeringen ersätts av bostadshus önskar kommunen byta ut den markförlagda parkeringsplatsen med ett parkeringshus under mark för att möjliggöra tre nya bostadshus ovan mark och fler parkeringsplatser.

Arbetet innebär att schakt och sprängning av berg behöver genomföras under grundvattennivån i området och under arbetstiden krävs tillfällig bortledning av grundvattnet från platsen för parkeringsgaraget. Bortledning av grundvatten utgör vattenverksamhet enligt 11 kap. miljöbalken, vilket är en tillståndspliktig verksamhet om det inte är uppenbart att grundvattensänkningen inte påverkar enskilda eller allmänna intressen. Falu Kommun planerar att söka tillstånd för grundvattensänkningen. Syftet med detta PM är att beskriva de hydrogeologiska förutsättningarna i området och redovisa projekteringsförutsättningar för planerad konstruktion. Detta PM ska ej användas som underlag för bygghandling, förfrågningsunderlag eller biläggas tillståndsansökan.

Använt höjdsystem är RH2000 och koordinatsystem SWEREF99 15 45.



Figur 1. Översiktskarta med fastighetsgränser. © Lantmäteriet

2 Underlag

Kunskap om områdets topografiska, hydrologiska, geologiska och hydrogeologiska förhållanden har inhämtats dels från befintligt underlag, dels från kompletterande hydrogeologiska fältundersökningar. De hydrogeologiska fältundersökningar som utförts inom ramen för det aktuella projektet redovisas i Bilaga 2 - Hydrogeologiska fältarbeten.

Bl.a. följande underlag ligger till grund för de geologiska och hydrogeologiska bedömningarna:

- MUR samt PM Geoteknik Posten 10 2022 och 2023, Sweco
- Arkivmaterial geotekniska undersökningar, Sweco
- Arkivmaterial geoteknik och grundläggning, Falu kommun
- Jordartskarta, SGU

- Jorddjupskarta, SGU
- Information om brunnar från SGU:s brunnsarkiv (uthämtat november 2022), SGU
- Byggnader och fastighetsgränser, Falu kommun
- PM Dagvatten, Gamla Postenparkeringen, MAVACON, 2023
- Miljöteknisk markundersökning inom Posten 10, Ensucon, 2022
- PM Stödkonstruktion, Geoteknologi, 2023

3 Planerad anläggning

På Postenparkeringen planerar Falu kommun att anlägga ett parkeringsgarage med två våningar under mark. En markyta på ungefär 5 800 kvadratmeter kommer att påverkas av garagets byggnation.

För att kunna anlägga garaget behövs en stödkonstruktion som planeras genomföras med borrarad pålvägg alternativt sekantpålvägg. Utredning huruvida schakt ska ske med en s.k. "Top-down" lösning eller konventionell "Bottom-up" lösning med bakåtriktade stag pågår. För utförligare beskrivning av alternativen och de olika schaktmetoderna, se PM Stödkonstruktion. Själva garageväggarna och bottenplattan kommer att anordnas i betong. Hela garaget kommer att förses med ett tätskikt för att minimera inläckage av grundvatten under driftskedet.

Under tiden som urschaktning och anläggning sker kommer det grundvatten som läcker in inom stödkonstruktionen att behöva ledas bort genom läns hållning.

Schaktbotten och lägsta nivå för grundvattenbortledning under byggskedet förutsätts ligga på nivå +102,7. Förslag på specifika täthetskrav utifrån risk för omgivningspåverkan och inläckage framgår av detta PM.

4 Utförda undersökningar

Nedan är en sammanfattning av de hydrogeologiska undersökningar som utförts i området inom ramen för detta projekt. Utöver de undersökningar som listas nedan har även ett antal tidigare undersökningar utförts. För en utförligare sammanställning av resultat från undersökningarna, se Bilaga 1.

- Installation av grundvattenrör skedde i samband med geotekniska undersökningar 2022 för att mäta grundvattennivåer i området.
- Installation av PEH-rör i övre magasin skedde 26 april 2023 för att undersöka förekomst av ett övre grundvattenmagasin i fyllnadsmaterialet på Postenparkeringen
- Installation av krysspets med tillhörande provtagning och korta infiltrationsförsök i syfte att undersöka de vattenförande lagren i profilen skedde 26 april 2023. De tagna proverna har siktats och permeabilitet har beräknat utifrån erhållna siktcurvor.
- Sluttester utfördes under perioden 26 april till 3 maj 2023 i syfte att funktionskontrollera installerade grundvattenrör samt få en bättre uppfattning om den hydrauliska konduktiviteten i området.
- Mätningar av grundvattennivåer har skett under perioden juni 2022 – maj 2023. Under april gjordes två mätningar per vecka för att följa upp vårfloden, därefter har mätningar skett månadsvis. Mätning av grundvattennivåer kommer att pågå under hela 2023.

5 Förutsättningar

5.1 Geotekniska och geologiska förhållanden

Falun är beläget i en dalgång som förbinder sjön Varpan och sjön Runn. Jordlager i sänkan utgörs av avlagringar från den senaste istiden. Genom staden löper en ås i riktning från nordväst mot sydost och omgivande höjdområden utgörs av morän och ställvis berg i dagen (Falu Stad, Okänt årtal), se Figur 3. Åskärnan bedöms ligga strax väster om Åsgatan och friktionsjordens mäktighet uppgår till 10–15 meter. Isälvs materialet överlagras generellt av fastare ler- och siltjordar under det

fyllnadsmaterial som ligger närmast markytan. Mot öst övergår isälvs materialet till en grusig siltig morän, det finns uppgift om att denna morän är vattenförande (Falun Stad, 1938).

Förekomst av mäktigare postglaciala leror har observerats under kvarteret Slöjdskolan vid geotekniska undersökningar utförda 1932. Sättningskänsliga leror har observerats under kvarteret Hattmakaren, beläget väster om Åsagatan intill Faluån (VIK, 1976).

Postenparkeringen ligger mellan Åsagatan och Trotzgatan, strax öster om åskärnan. Geotekniska undersökningar inom kvarteret utförda av Sweco 2022 och 2023 visar på en jordlagerföljd bestående av 1–2,5 meter fyllnadsmaterial följt av 1–2,5 meter silt och lera. Därefter följer 2–7 meter friktionsmaterial bestående av grus, silt och lera ovan berg. Markytan stiger mot väst och friktionsjordens mäktighet ökar. Bergövertytan består av 0,5–1,5 meter rösberg följt av berg. Jorddjupen uppskattas till ca 10 meter. För utförligare beskrivning av de geotekniska förutsättningarna hänvisas till MUR och PM Geoteknik som utförda av Sweco 2022 och 2023.

På SGU:s berggrundskarta redovisas två svaghetszoner i berg, en följer Magasinsgatan och är belägen ca 500 meter norr om Postenparkeringen och en i höjd med Tisken ca 700 meter söder om parkeringen. Svaghetszonerna går ungefär i nordost-sydväst riktning, se Figur 2.



Figur 2. Berggrundskarta hämtad från SGU, 2023 (Skala 1:10000). I området dominerar bergarten Ryölit (det gula området). Deformationszonernas lägen är inte exakta utan anvisar bara ungefärligt läge.

5.2 Hydrologiska förhållanden

Centrala Falun är belägen intill Faluån mellan sjön Varpan och sjön Tisken, som i sin tur ligger direkt uppströms sjön Runn. Vid utloppet i Runn har Faluån ett avrinningsområde på ungefär 535 km enligt SMHI:s vattenwebb (hämtat 2023). Faluåns nivå kontrolleras av vattennivåerna i sjön Varpan uppströms samt Tisken nedströms.

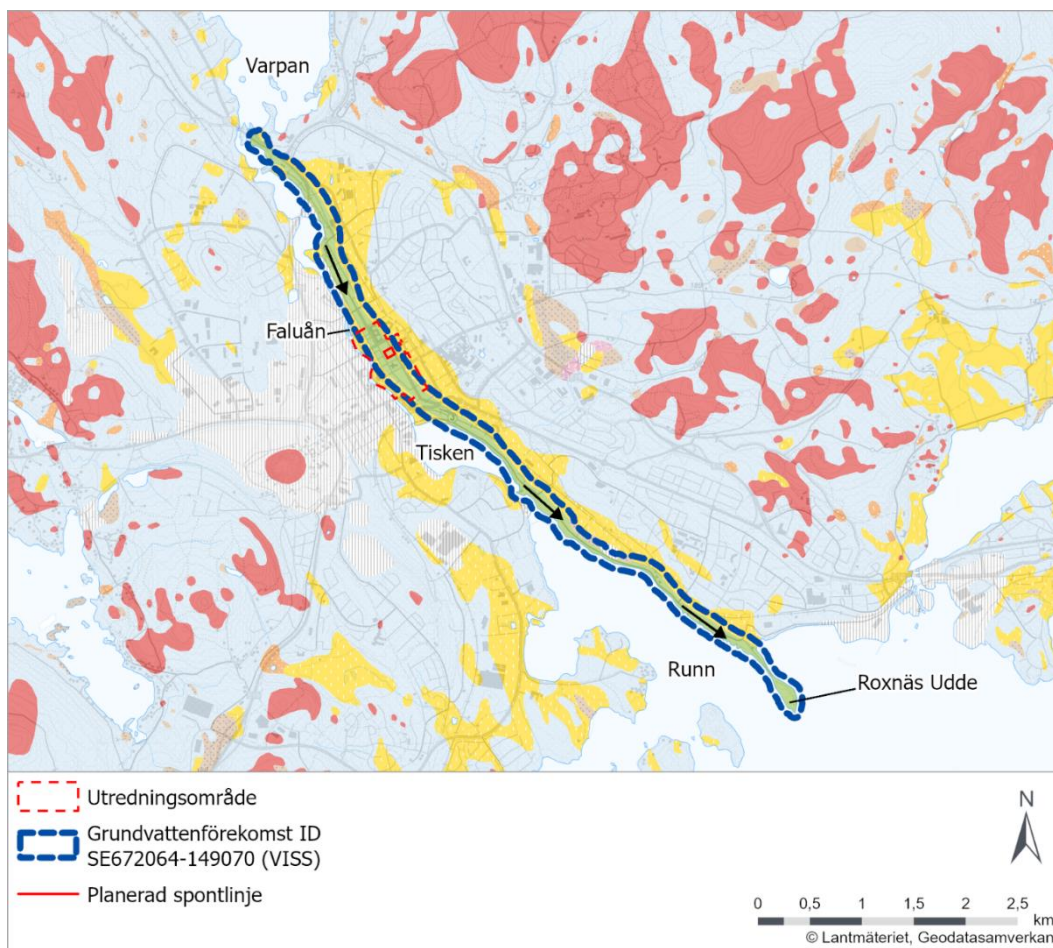
Dagvattenutredningen utförd av MAVACON (2023) visar att ungefär 100 l/s avleds från Postenparkeringen vid ett 10-års regn respektive 214 l/s vid ett 100-års regn med en varaktighet på 10 minuter. Kvarteret Posten lutar i dagsläget mot nordost och avvattnas huvudsakligen genom

gallerbrunnar. Vid mindre regn förväntas dock en del av dagvattnet infiltrera i marken innan det når brunnarna. En del av dagvattnet avrinner längsmed asfaltsytorna norr och söder om parkeringen och ut på Trotzgatan i nordost.

Före 1898 rann en mindre bäck (Trumbäcken) parallellt med Trotzgatan och vidare ner till Tisken och Runn. Bäckens kulverterades för att ge plats åt en växande stadskärna. Enligt en pågående skyfallskartering för Falun tätort (SMHI, 2023) kommer mycket vatten att flöda längsmed Trotzgatan vid stora skyfall och riskerar att bli stående. Det vatten som däms upp vid en sådan regnhändelse riskerar att översvämma den nordöstra delen av parkeringen.

5.3 Hydrogeologiska förhållanden

Postenparkeringen är belägen mitt på Faluåsen. Faluåsen är en isälvsavlagring som sträcker sig från sjön Varpan i norr och genom Falun längs Åsgatan till Roxsnäs udde i söder där åsen går ut i Runn, se Figur 3. Faluåsen är en av VISS (Vatteninformation Sverige) utpekad grundvattenförekomst (ID SE672064-149070) och har enligt SGU en bedömd uttagsmöjlighet på 5–25 l/s. Åsen nyttjas inte idag och planeras inte heller nyttjas för framtida dricksvattenförsörjning (mailkorrespondens med FEV, 2023).



Figur 3. Översikt av Faluåsen och grundvattenförekomstens utbredning. Jordartskartan är hämtad från SGU där de gröna områdena motsvarar isälvsmaterial, gula lera, blåa morän, rött berg i dagen och grå skrafferat område är fyllnadsmaterial.

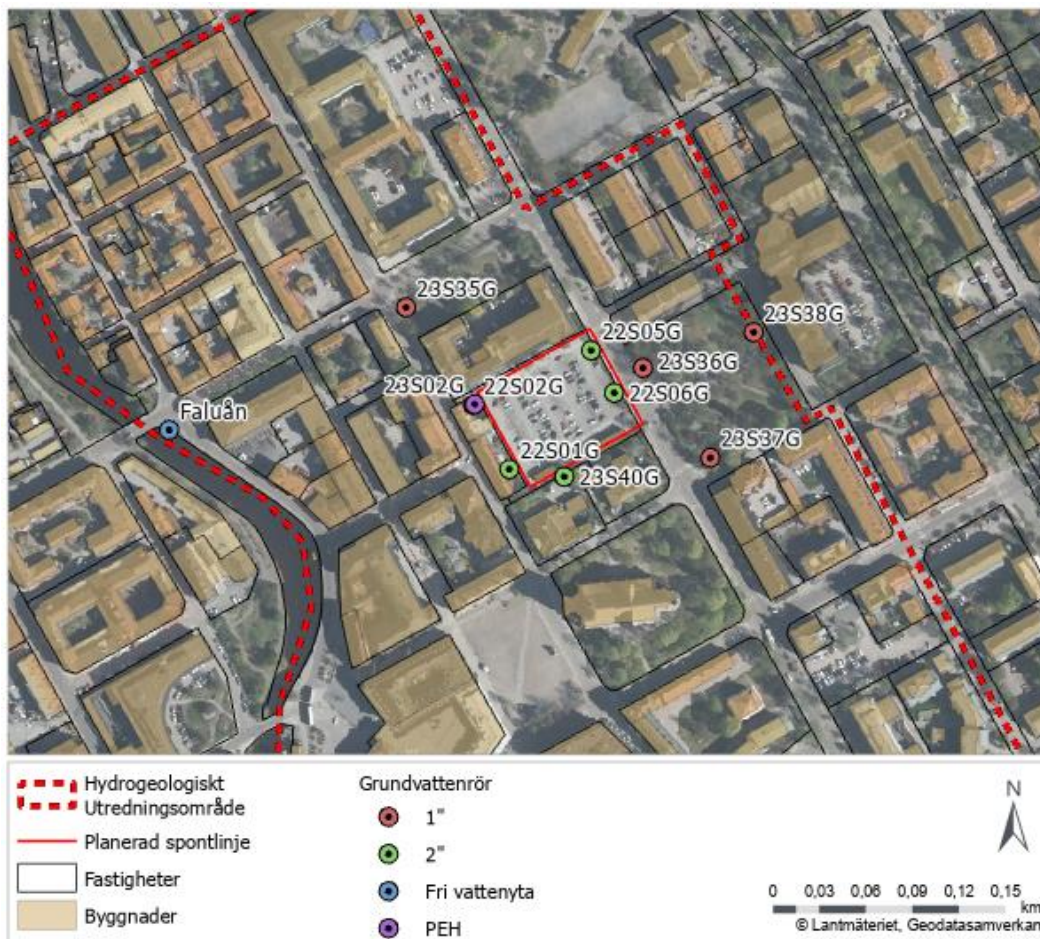
Grundvattennivåerna i åsen bedöms styras av vattenståndet i omgivande ytvatten. I norr bedöms grundvattennivåer i åsen ligga i nivå med Varpan på ca +114 i och faller till +108 i höjd med Tisken i söder. Vid mätning visar sig grundvattennivåer på området och ytvattennivåer i Faluån variera på liknande sätt vilket indikerar en hydraulisk kontakt, se Figur 5 och Figur 6. Grundvattennivåerna inom Postenparkeringen bedöms utifrån utförda mätningar av yt- och grundvatten generellt ligga ca 0,4 – 0,5 meter över Faluåns vattenstånd.

Tio grundvattenrör är installerade kring planerat parkeringsgarage, se Figur 4. Grundvattennivåer har mätts under perioden juni 2022 till maj 2023 och uppmätta nivåer redovisas i graferna i Figur 5 och Figur 6. På parkeringen varierar grundvattennivåerna kring +108,35. De högsta nivåerna som uppmätts under perioden inföll vid vårfloden kring den 12e maj samt vid stormen Hans som förde med sig stora vattenmängder i augusti. I augusti uppmätts en vattennivå i Faluån (+108,5) som ligger nära tidigare högsta uppmätta vattennivå (+108,6) för den höstflod som inföll 1957.

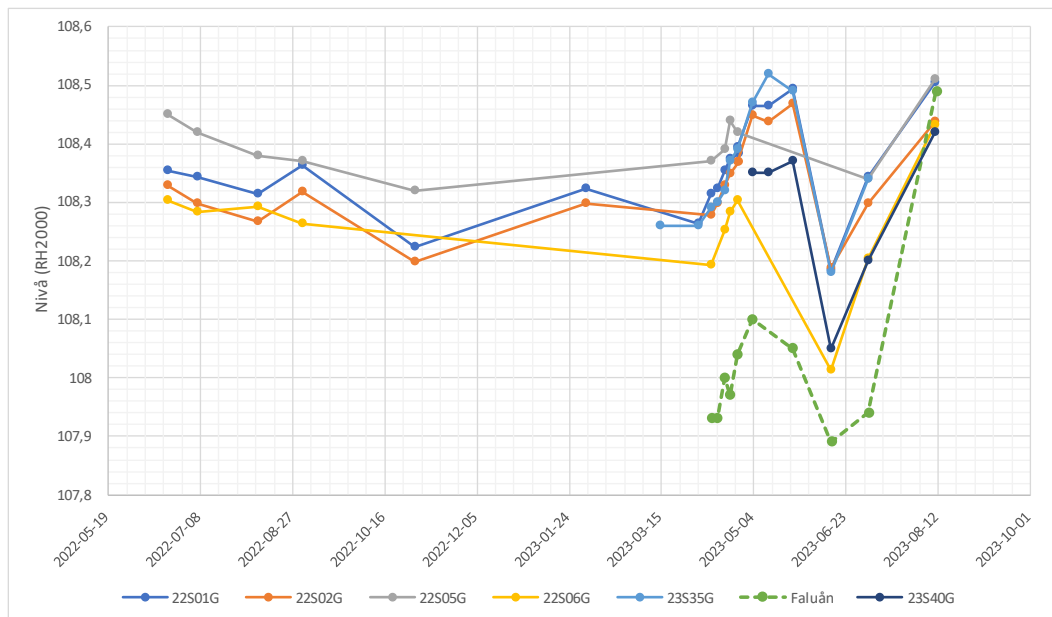
De små nivåvariationerna i grundvattenrören belägna inom åsens utbredning (22S01G, 22S02G, 22S05G, 22S06G, 23S35G och 23S40G) tyder på att grundvattenrörens filter sitter i kontakt med isälvs materialet. Rör 23S36G och 23S37G som är placerade i Läroverksparken har ett avvikande fluktuationsmönster och vid funktionskontroll visades att de inte fungerar som de ska. Rören har därför plockats bort från graferna i denna rapport.

Grundvattenrör 23S38G, beläget närmast Kristinegymnasiet i öst, har varit torrt på +109,5 vid samtliga mättillfällen. Detta grundvattenrör kunde inte neddrivas djupare på grund av berg eller täta jordar. Grundvattenmagasinet under Postenparkeringen bedöms kunna avgränsas i nivå med detta rör i östlig riktning.

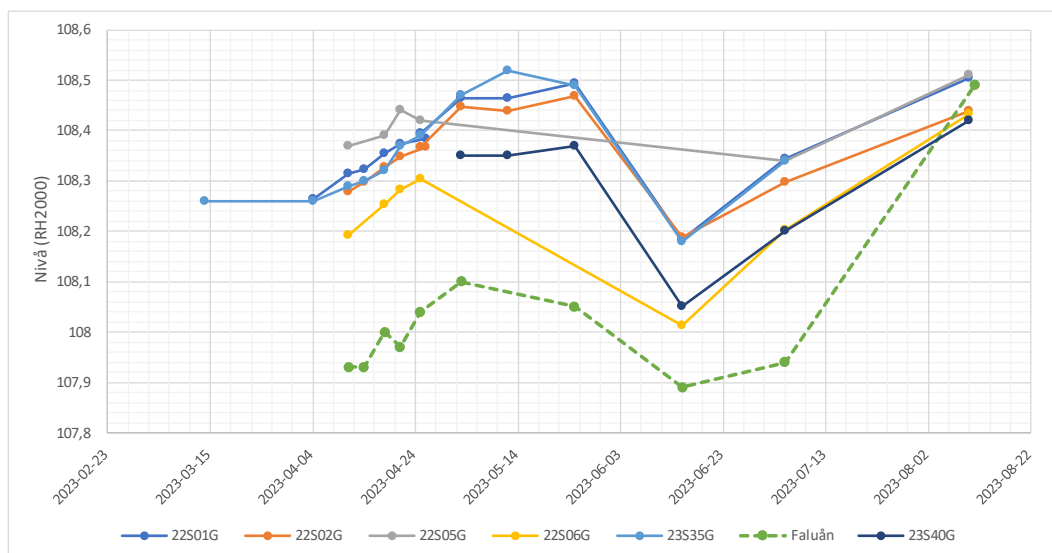
Vid mätning av grundvattenrör 23S02G som sitter med spets i fyllnadsmaterialet ovan leran observerades en vattenyta i ett övre magasin ca 1,5 meter under markytan på nivå +112,4. Det övre magasinet styrs av nederbörd och kan troligtvis stå tomt i perioder.



Figur 4. Läge för grundvattenrör samt mätpunkt i Faluån.



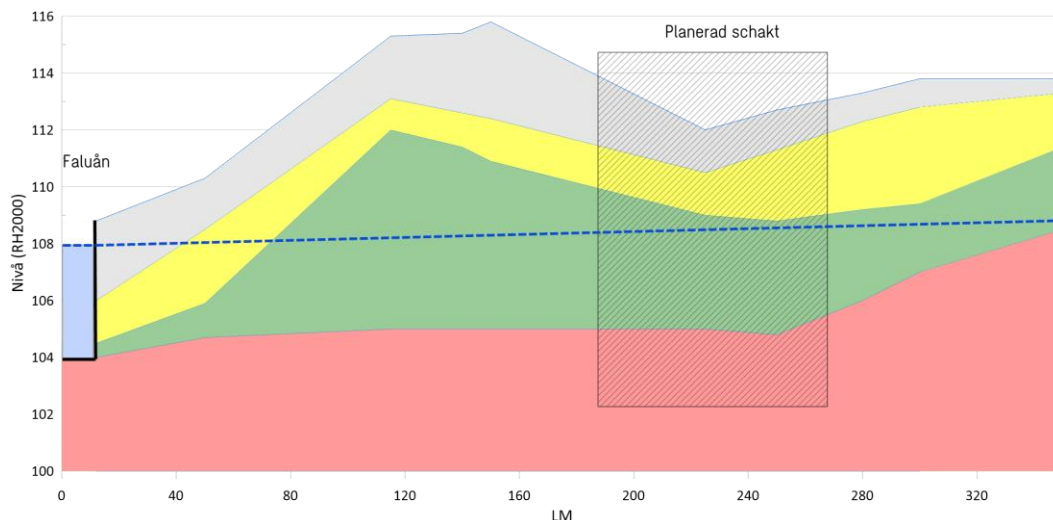
Figur 5. Nivåvariationer i grundvattenrör samt i Faluån från juni 2022 till augusti 2023. Grundvattenrör 23S36G och 23S37G redovisas ej då de inte bedöms fungera som de ska. Grundvattenrör 23S38G har varit torrt på +109,5 vid samtliga mättillfällen och redovisas inte heller.



Figur 6. Nivåvariationer i grundvattenrör samt i Faluån under perioden mars-augusti 2023.

Vid installation av grundvattenrör 23S40G gjordes infiltrationstest och jordprovtagning på varje meter under grundvattenytan för att studera hur vattenföringen förändras i profilen. De vattenförande lagren kunde lokaliseras till de två nedersta metrarna motsvarande nivå +103,7 till +105,8 där över 1,4 l/s kunde infiltreras. Jordlagren i denna del av profilen utgörs av grusig sand. Ovan denna nivå var infiltrationskapaciteten lägre och en konstant vattennivå vid rörtopp erhöles med ett flöde om 0,13–0,23 l/s. Slugttester utförda i grundvattenrör 22E01G, 22E02G och 23S40G med filter placerade i det bedömt mest vattenförande lagret visar på en hydraulisk konduktivitet runt 1 till 2e-3 m/s. Mot öster indikerar slugttester utförda i grundvattenrör 22S05G och 22S06G att jordens genomsläpplighet minskar till runt 1e-5 m/s. Dessa rör sitter med filter något högre upp i jordprofilen och ej mot berg. Förekomst av finmaterial indikerar att åsmaterialet övergår till morän mot öster något tidigare än utbredningen i SGU:s jordartskarta.

En utförligare redovisning av utförda fälttester finns i Bilaga 1 Hydrogeologiska fältförsök.



Figur 7. Konceptuell modell över jordlagerföljden i en profil som löper från Faluån i väst mot höjdområdet i öst. Grått motsvarar fyllnadsmaterial, gul lera, grönt friktionsmaterial och rosa berg.

5.4 Vattenkvalitet

Vattenkvalitet har analyserats vid två tillfällen, dels vid markmiljöundersökningen som utfördes av Ensucan under 2022, dels under sommaren 2023. Syftet med den kompletterande vattenprovtagningen var att analysera ytterligare parametrar än de som analyserades 2022 i syfte att jämföra halterna med halterna i recipienten Faluån och riktvärden för vattenkvalitet.

Falu kommuns dagvattenstrategi innehåller inga riktvärden för enskilda parametrar, utan hänvisar till att recipienters kemiska status ej får försämrats, därför har värden jämförts med VISS miljökvalitetsnormer för recipienterna Faluån (SE672129-149015) och Runn (VISS ID SE670563-148814). Riktvärden för prioriterade ämnen för recipienterna presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Beskrivning av grundvattenförekomsterna och de prioriterade ämnena för respektive ytvattenförekomst som ej uppnår god status, information hämtat från VISS.

Prioriterat ämne	Faluån (SE672129-149015)	Runn (VISS ID SE670563-148814)
Diklorvos	Ej prioriterat ämne för ytvattenförekomsten	Medelvärde vid utförda provtagningar bedöms till 0,33 µg/L vilket ligger över gränsvärdet 0,0006 µg/L (årsmedelvärde). 2018 uppmättes halten inte över rapporteringsgränserna (0,0005 µg/L)
Bromerad Difenyyleter (PDBE)	Ämnet är undantaget från att uppnå god status.	Ämnet är undantaget från att uppnå god status.
Nonylfenol	Ej prioriterat ämne för ytvattenförekomsten	Medelvärde vid utförda provtagningar bedöms till 0,05 µg/L vilket ligger under gränsvärdet 0,3 µg/L (årsmedelvärde).
Bly	Ämnet är undantaget från att uppnå god status.	Uppmätt värde 2015 var 0,012 µg/L vilket ligger under gränsvärdet 1,2 µg/L. Ämnet är undantaget från att uppnå god status. Halter skall dock ej understiga mätvärden från 2015.
Kadmium	Ej prioriterat ämne för ytvattenförekomsten	Uppmätt värde vid SRK-undersökningar 2016–2018 var 0,040 µg/L vilket ligger under gränsvärdet 0,08 µg/L. Ämnet är undantaget från att uppnå god status. Halter skall dock ej understiga mätvärden från 2015.

Kvicksilver

Ej prioriterat ämne för ytvattenförekomsten

Ämnet är undantaget från att uppnå god status. Halter skall dock ej understiga mätvärden från 2015.

Tributyltenn föreningar (TBT)	Ej prioriterat ämne för ytvattenförekomsten	Uppmätt värde 2018 låg under detektionsgränsen (0,00004 µg/L) vilket ligger under gränsvärdet 0,0002 µg/L
-------------------------------	---	---

En jämförelse med riktvärden för utsläpp till dagvattennätet enligt Göteborgs stads riktvärden (Göteborgs stad, 2020), har gjorts för att få en jämförelse av fler parametrar som brukar ingå vid släpp av länshållningsvatten till dagvattennätet, se Tabell 2. Dessa riktvärden är inte förankrade med Falu Energi och vatten (FEV) eller Falu stads Miljökontor och har endast använts för jämförelse i tidigt skede. Resultat från båda provtagningarna tillsammans med riktvärden presenteras i Tabell 2.

Tabell 2. Riktvärden för utsläpp till dagvattennätet enligt Göteborg stads riktlinjer jämfört med uppmätta värden vid provtagning 2022-11-10 och 2023-07-13.

	Enhet	Riktvärde	22S01G	22S01G	22S02G	22S02G	22S40G	Faluån
		Göteborgs stad	22-11-10	23-07-13	22-11-10	23-07-13	23-07-13	23-07-13
Arsenik	µg/l	16	1,16	0,15	<1	0,85	0,31	0,27
Bly Pb	µg/l	28	<1	<0,01	<1	<0,01	<0,01	0,76
Kadmium Cd	µg/l	0,9	<2	<0,004	<2	<0,004	0,006	0,35
Koppar Cu	µg/l	10	1,20	0,062	<1	0,098	0,2	16
Krom Cr	µg/l	27	<5	0,15	<5	0,12	0,11	0,072
Kvicksilver Hg	µg/l	0,07	<0,02	<0,1	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1
Nickel Ni	µg/l	68	3,16	0,32	<3	2,7	0,47	0,52
Zink Zn	µg/l	30	<2	0,97	2,15	19	4,4	370
Oljeindex	mg/l	1	<10*	<0,10	<10*	<0,10	<10	0,21
Suspenderande ämnen	mg/l	25		18		40	12	5,1
pH		6,5–9	7,0		6,8			
Fosfor	µg/l	50						
Kväve	µg/l	1250		1100		960	780	270
Bens(a)pyren, indikator för PAH	µg/l	0,27	<0,01		<0,01			
Bensen	µg/l	50	<0,2		<0,2			
Metyl-tert-butyleter (MTBE)	µg/l	2600	<0,2		<0,2			
Polyklorerade bifenyler (PCB)	µg/l	0,014	<0,00365		<0,00365			
TOC	mg/l	12						
Tributyltenn (TBT)	µg/l	0,0015						
Triklöretylen	µg/l	10						
Summa canc PAH	µg/l	1	<0,035		<0,035			

Summa övriga PAH	µg/l	1	0,054	0,029		
PFAS11	µg/l	0,09	0,027	0,09	0,025	0,0026
PFOS	µg/l	0,02	0,0026	0,0078	0,0015	0,00022

Analyserna visade att grundvattnet inte överskrider detektionsgränsen för kvicksilver, kadmium eller bly, vilka är de prioriterade ämnen som inte uppnår god kemisk status för recipienterna Faluån och Runn. Provtagningen visar dock att halter av bly och kadmium i Faluån som mynnar i Runn överstiger uppmätta halter i Runn. Bromerad difenyleter (PDBE) som är en parameter som inte uppnår god kemisk status för vare sig Runn eller Faluån, har inte analyserats.

I punkt 22S01G ligger den uppmätta halten PFAS på gränsvärdet 0,09 µg/l och halten PFOS överstiger riktvärdet något. Detta behöver följas upp för att avgöra eventuellt reningsbehov för länshållningsvattnet.

Vid Ensucons undersökningar noterades förhöjda halter av zink i grundvatten och risk för utlakning av zink från jord till grundvatten vid infiltration. Detta bedöms dock inte ha någon betydelse för länshållningsvattnet då länshållning av grundvatten kommer ske när de övre jordlagren grävs bort. Uppmätta halter av zink överstiger inte Göteborgs stads riktvärden.

6 Beräkningar

Beräkningar har gjorts i syfte att bedöma storlek hos avsänkning och inläckage för olika täthetskrav på spont.

Modellering har gjorts för tre typer av täthetskrav på spont:

1. Stålspont utan ytterligare tätning av lås och vissa glipor i låsen (kan vara en konventionell stålspont där vissa spontlås inte jackar i)
2. Stålspont utan tätade lås utan glipor (kan vara en RD-pålvägg)
3. Spont med tätade lås utan glipor (kan vara en sekantpålvägg eller RD-pålvägg där låsen tätats med exempelvis bitumen innan installation)

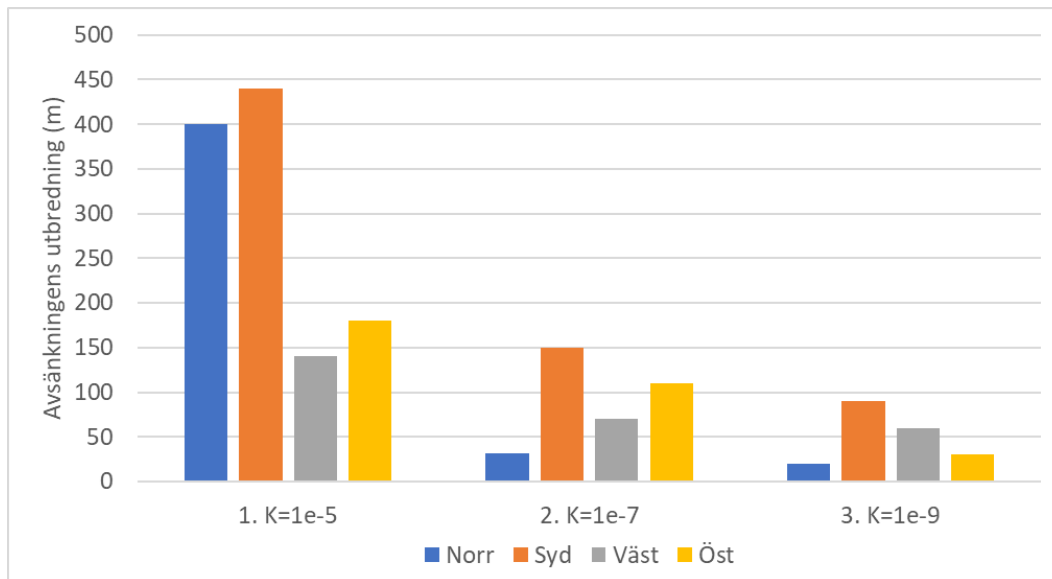
Tabell 3. Olika modellerade fall av täthet för spont.

Sponttyp	Motsvarighet i modell	Motsvarighet i verkligheten (ungefärlig)
1. Läckande spont	1 m slurryvägg med en hydraulisk konduktivitet om 1e-5 m/s	En slagen stålspont med otätade lås där glipor uppstått i låsen
2. Spont utan tätade lås utan glipor	1 m slurryvägg med en hydraulisk konduktivitet om 1e-7 m/s	En slagen stålspont med otätade lås
3. Spont med tätade lås utan glipor	1 m slurryvägg med en hydraulisk konduktivitet om 1e-9 m/s	Sekatpålvägg eller RD-pålvägg med lås tätade av exempelvis bitumen

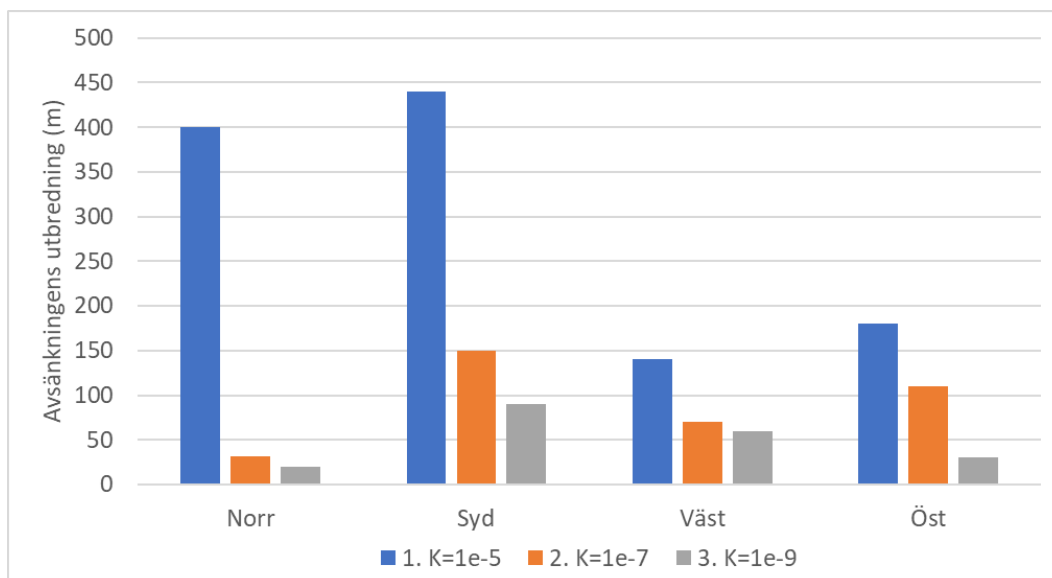
Nedan redovisas kortfattat resultat från utförda beräkningar av avsänkning och inläckage. För utförligare beskrivning av beräkningar och analys av resultat, se Bilaga 2. För en utförligare beskrivning av sponttyperna se PM Stödkonstruktion.

6.1 Avsänkning

Påverkansområdet i byggskedet uppskattas till upp till 400 meter från spont vid 0,3 meter avsänkning för Fall 2, och över 1000 meter med en helt otätad spont. En sammanställning av resultatet redovisas i Figur 8 och Figur 9. En avsänkning om 0,3 meter bedöms ligga inom den naturliga variationen för grundvattennivåerna.



Figur 8. Sammanställning av avsänkningens utbredning vid 0,3 m avsänkning för olika tätning av spont grupperat per fall.



Figur 9. Sammanställning av avsänkningens utbredning vid 0,3 m avsänkning för olika tätning av spont grupperat per riktning från schakt.

6.2 Inläckage

För fall 1 bedöms inläckaget kunna uppgå till 100 000 l/min, för fall 2 bedöms inläckaget kunna uppgå till runt 6 000 l/min men understiger för fall 3 100 l/min.

De stora inläckagen som erhålls utan spont och med en läckande spont tyder på att brister i spontutförandet kan få stora konsekvenser för mängden inläckande vatten.

7 Karakteristiska grundvattennivåer

7.1 Metod

Karaktäristiska nivåer har tagits fram genom den så kallade "Chalmersmetoden" som också rekommenderas enligt TK Geo 2019. Metoden utgår från jämförelse mellan en kortare mätserie och tidsserien hos ett referensrör med en längre mätserie. För utförlig beskrivning av metoden se ex (Cedergren, 2022). Rören behöver ligga i samma hydrogeologiska förhållanden och vara belägna max 50 km från varandra för att säkerställa att de påverkas av ungefär samma temperatur- och

nederbördsförhållanden. Karakteristiska nivåer för 10, 100 och 200 år har tagits fram för att bedöma karaktäristiska nivåer för bygg- respektive driftskedet. Som referensrör har SGU:s grundvattenrör Säter_1 (station 126_1) använts. Röret ligger ca 20 km från Postenparkeringen.

Tabell 4. Egenskaper hos valt referensrör.

Område- och stationsnummer	126_1
Stationens namn	Säter_1
Första datum i mätserien	2019-07-10
Sista datum i mätserien	2023-05-25
Jordart	sand
Akvifertyp	jord, öppet magasin
Topografiskt läge	intermediärt område



Figur 10. Referensrörets läge i förhållande till Postenparkeringen. Avståndet mellan referensröret och Postenparkeringen är ca 25 km.

Mätperiod för både observationsrör vid Postenparkeringen samt valt referensrör är begränsad vilket kan påverka beräkning av nivåer. Det noterade sambandet mellan grundvattennivåer i observationsrören och Faluån har därför använts där grundvattennivåer på parkeringen antas ligga 0,5 m ovan vattenståndet i Faluån. Historiska data för vattenstånd i Faluån har studerats och finns presenterade i Bilaga 1.6.

7.2 Resultat

I Tabell 5 redovisas resultat från utförda beräkningar. De beräknade nivåerna baseras på relativt korta mätserier och därför ska resultatet tolkas med försiktighet.

Tabell 5. Prognosticerade grundvattennivåer med en återkomsttid om 10, 100 samt 200 år. Nivåer anges i RH2000.

ID	Uppmätt max	10 år	100 år	200 år
22S01G	108,49	108,66	108,76	108,79
22S02G	108,47	108,60	108,69	108,71

22S05G	108,45	108,60	108,66	108,68
22S06G	108,30	108,64	108,77	108,80

7.2.1 Karakteristiska nivåer för byggskede

Karakteristiska nivåer för byggskede används för dimensionering av spont i byggskedet och motsvarar de högsta nivåer som kan förväntas i närtid motsvarande 10 års återkomsttid.

Vid en återkomsttid om 10 år ligger den beräknade nivån på kring +108,6. Då mätserierna är relativt korta bedöms det vara motiverat att ansätta en karakteristisk grundvattennivå på +108,8 motsvarande 100- och 200-års återkomsttid utifall höst, eller vårflood blir högre under byggtiden än under referensperioden.

7.2.2 Karakteristiska nivåer för driftskede

Karakteristiska grundvattennivåer för driftskede motsvarar de högsta nivåer som går att förvänta med återkomst om 100–200 år och används för dimensionering av förankring för upplyft.

De beräknade karakteristiska nivåerna har jämförts med uppmätta högvattennivåer i Faluån. De högsta uppmätta nivåerna i Faluån under perioden 1956–1975 (efter regleringen i Trängslet 1955–1960) ligger på +108,8 vilket ger en möjlig grundvattennivå på +109,3 som överstiger de statistiskt beräknade nivåerna. Tillgängliga tidsserier för nivåer i Faluån omfattar inte högvattennivåer som skett under 2000-talet och av den anledning har en ytterligare säkerhetsmarginal på 0,3 meter lagts på. Detta ger en karakteristisk vattennivå för driftskede på +109,6.

8 Utvärdering dämningrisk

Då åsens utbredning är begränsad finns viss risk för dämning till följd av planerat parkeringsgarage som kommer att vara tätt hela vägen ner till berg i permanentskede. Dämning kan innebära en permanent höjning av grundvattennivåer norr om planerat parkeringshus till följd av att strömning i åsen däms av med risk för översvämning i källare som följd. Under kvarteret Posten 6 precis norr om Postenparkeringen ligger en kulvert vars underkant ligger på nivå +109.

Dämningseffekten för den permanenta konstruktionen bedöms uppgå till ca en decimeter uppströms (norr om) schakt vilket innebär en lokal höjning av medelgrundvattenytan från ca +108,3 till +108,4, se beräkningar i Bilaga 2. Det modellerade fallet är ett värsta scenario då vatten i modellen inte kan ta sig runt anläggningen på det sätt som det kan i verkligheten.

Det bedöms därmed inte finnas någon risk för permanent påverkan på kulverten under Posten 6. Vid extrema situationer kan vattennivåer nå upp till nivå +109 något tidigare än de annars skulle göra. Detta kommer i så fall bli en temporär påverkan och bedöms inte vara orsakat av dämningen från anläggningen. Det bedöms inte finnas anledning att vidta ytterligare åtgärder för att hantera dämning.

9 Förslag åtgärder

9.1 Täthetskrav byggskede

Beräkningar visar på att det kan få stora konsekvenser om konstruktionen inte kan fås tillräckligt tät. Då spontgropen är stor och följaktligen blir ett stort antal lås som ska utföras bedöms det vara en stor risk att använda en spont utan tätade lås. En spont enligt Fall 3 (spont med tätade lås utan glipor) rekommenderas därför även om Fall 2 (spont utan tätade lås och utan glipor) också får en acceptabel avsänkning och inläckage. Vid val av spont bör möjlighet att åtgärda eventuella glipor i samband med installation vägas in.

Då spont inte kommer kunna drivas ner i berg och bergövertytan utgörs av rösberg behöver tätning ske i övergången mellan jord och berg samt ner i berg. Förberedelse för skyddsinfiltation ska finnas i samband med att grundvattenbortledning påbörjas.

9.2 Täthetskrav driftskede

Den permanenta konstruktionen ska utföras så att eventuella inläckage blir försumbara både med hänsyn till omgivningspåverkan och det vatten som behöver omhändertas i konstruktionen vilket bedöms vara under 10–50 l/min till hela schaktet. Täthetskravets rimlighet behöver ses över tillsammans med entreprenör.

9.3 Kontroll

Oavsett val av utförande av schaktmetod (Top-down eller Bottom-up) ska provpumpning utföras för att verifiera spontens täthet innan grundvattenbortledning påbörjas. Hur en sådan kontroll ska utföras bör bestämmas i samråd med entreprenör i ett senare skede. Om sponten inte uppnår tillräcklig täthet kan ytterligare tätning behövas innan schaktning, alternativt kan beredskap för ytterligare tätning hållas under byggnation. Flera provpumpningar kan behövas för att verifiera en tätningsåtgärd.

I byggskede ska grundvattennivåer i omkringliggande grundvattenrör samt volymen länshållet grundvatten registreras löpande för att observera eventuella avvikelser och behov av tätningsåtgärder eller om andra åtgärder för att minska omgivningspåverkan krävs. Om aktuellt ska även volymer infiltrerat vatten också dokumenteras. Inför byggstart ska ett kontrollprogram där nödvändig övervakning framgår tas fram.

10 Rekommendation vidare utredningar

För vidare projektering och framtagande av handlingar för miljöprövning rekommenderas bland annat att vidare:

- Förankra riktvärden för utsläpp av länshållningsvatten till dagvattennät, spillvattennät.
- Undersöka möjligheter till skyddsinfiltration i åsen för att minska risk för omgivningspåverkan samt säkerställa att det finns vatten för att utföra en sådan åtgärd.
- Undersöka möjligheten att återinfiltrera länshållet vatten till åsen i stället för att släppa det på dagvattennätet.
- Kontrollera vilken påverkan olika spont-typer kan få på vattenkvalitet i åsen.

11 Källor

Cedergren, A. (2022). *Prognostisering av dimensionerande grundvattennivå - En fallstudie av Chalmersmodellen och hur referensrör med olika hydrogeologiska egenskaper påverkar modellens tillförlitlighet.*

Falu Stad. (1938). *Geotekniks undersökning Kv Slöjdskolan.*

Falu Stad. (Okänt årtal). *Falu stads generalplan.*

Göteborgs stad. (2020). *Riktlinjer och riktvärden för utsläpp av förorenat vatten till dagvattennät och recipient.*

SMHI. (2023). *SKYFALLSKARTERING FALUN TÄTORT.*

VIK. (1976). *Geoteknisk undersökning, Kv Hattmakaren.*