



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Riskbedömning av Östads grundvattenmagasin

Kandidatarbete inom samhällsbyggnadsteknik

THEO ANDERSSON

JAKOB GUSTAFSSON

JOHANNA NILSSON

EMMA SAHLBERG

FILIP VESTERBERG

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

AVDELNINGEN FÖR GEOLOGI OCH GEOTEKNIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2021

www.chalmers.se

KANDIDATARBETE ACEX10-21-31

Riskbedömning av Östads grundvattenmagasin

THEO ANDERSSON

JAKOB GUSTAFSSON

JOHANNA NILSSON

EMMA SAHLBERG

FILIP VESTERBERG

Institutionen för Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Geologi och Geoteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021

Riskbedömning av Östads grundvattenmagasin

©Theo Andersson, 2021

©Jakob Gustafsson, 2021

©Johanna Nilsson, 2021

©Emma Sahlberg, 2021

©Filip Vesterberg, 2021

Handledare: Andreas Lindhe

Examinator: Lars Rosén

Kandidatarbete ACEX10-21-31

Institutionen för Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Geologi och Geoteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon +46 31 772 1000

Omslagsbild: Infart till Östad Säteri. Författarnas egen bild.

Göteborg, Sverige 2021

Sammanfattning

Östadavlagringen i Lerums kommun anses vara en betydande vattenresurs för Västra Götalandsregionen. Syftet med denna rapport är att utföra en riskbedömning för grundvattenmagasinet i Östad med avseende på värde, sårbarhet, sannolikhet och konsekvens av förorening. Riskbedömningen genomförs för att säkerställa att råvattnet kommer upprätthålla en tillräckligt god kvalitet för att kunna utvinnas till dricksvattenproduktion. En metod för genomförandet av riskbedömningen har utformats. Riskbedömningen består av en riskinventering, en riskanalys och en riskvärdering. Specifika riskobjekt i form av verksamheter i området Sjövik och Östad identifieras och analyseras. En fältundersökning genomförs i området som en del av riskinventeringen. En utvärdering av magasinets värde genomförs, samt en analys av magasinets sårbarhet för föroreningar med metoden DRASTIC. Riskanalysen resulterar i att varje objekt tilldelas ett riskvärde mellan 5–23 poäng. I riskbedömningen får jordbruk, djurhållning, väg 190 och aktivitet vid en grustäkt i området högst riskvärde. Sjöviks avloppssystem och reningsverk noteras även kunna utgöra en eventuell risk för grundvattnet på grund av de allvarliga konsekvenserna vid händelse av förorening. Sjöviks befintliga vattenskyddsområde anses efter utförd riskbedömning ej vara tillräcklig ifall ytterligare punkter för utvinning av grundvatten skulle upprättas i området. Metoden som tillämpats i arbetet anses välfungerande med syftet att utföra en generell riskbedömning av ett flertal riskobjekt i ett begränsat område. För att få ett mer tillförlitligt resultat och kunna applicera metoden på grundvattentillgångar generellt, anses ytterligare förbättringar av metoden vara nödvändiga. Slutsatserna från arbetet är att det finns ett flertal riskobjekt i området kring Östad som är relevanta med hänsyn till grundvattnet. Inga verksamheter eller objekt ansågs däremot så allvarliga att akuta åtgärder krävs för att säkerställa användandet av grundvattnet för dricksvattenproduktion.

Abstract

Riskassessment of the groundwater supply in Östad

The groundwater supply in Östad, located in Lerum municipality, is considered an important groundwater source for the region Västra Götaland. The purpose of this report is to conduct a risk assessment for the groundwater supply in Östad with respect to the value and vulnerability of the groundwater, as well as the probability and consequence of contamination. The risk assessment is carried out to ensure access to water of sufficient quality to be used for production of drinking water. A method for risk assessment is developed based on literature and data. The risk assessment process consists of three distinct steps: risk identification, risk analysis and risk evaluation. Risk objects, i.e. activities in the area around Östad, are identified and analysed. A field study is carried out in the surveyed area as a part of the risk identification. An analysis of the value of the ground water supply, as well as an analysis of the vulnerability to pollution based on the method DRASTIC is carried out. The risk analysis produces a total risk value between 5 and 23 points for each object. The risk assessment indicates that agriculture, animal farming, road 190 and activities at an extraction site for gravel constitutes a significant risk to the ground water supply. The wastewater treatment plant and sewage system in Sjövik is also noted to pose a potential risk for the groundwater due to the serious consequences in the event of pollution. The existing water protection area in Sjövik is considered insufficient according to the performed risk assessment in the case of additional points of extraction for groundwater were to be set up in the area. The applied method works well with the purpose of performing a general risk assessment of several potential risk objects in a limited area. In order to obtain a more reliable result and to apply the method to groundwater resources in general, further improvements of the method should be considered. The report concludes that there are a number of objects in the area that are relevant with regard to groundwater protection. However, no activities or objects were considered serious enough that urgent measures are required in order to ensure the access to raw water for drinking water production.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte och frågeställning.....	3
1.3 Områdesbeskrivning.....	4
1.3.1 Östads grundvattenmagasin.....	5
1.3.2 Sjöviks vattenverk och vattentäkt.....	6
1.3.3 Vattenförsörjningen i regionen.....	6
1.4 Avgränsningar	7
2. Metod	8
2.1 Geologisk och hydrogeologisk beskrivning.....	8
2.2 Inventering av potentiella riskobjekt.....	8
2.3 Riskanalys	9
2.3.1 Sannolikhet för utsläpp.....	10
2.3.2 Sårbarhetsanalys med DRASTIC	10
2.3.3 Lokala förutsättningar och barriärer.....	12
2.3.4 Konsekvens för råvattnet.....	12
2.3.5 Grundvattenmagasinets värde	13
2.4 Förslag på skyddszoner	14
3. Östads geologi och hydrogeologi.....	15
3.1 Jordarter.....	15
3.1.1 Täta jordlager	16
3.1.2 Jordens genomsläpplighet	18
3.2 Berggrund.....	19
3.3 Hydrogeologi.....	20
3.3.1 Grundvattendelare	20
3.3.2 Hydrogeologi i berg	21
3.3.2.1 Sprickzoner.....	21
3.4.2.2 Hydraulisk konduktivitet i berg.....	22
3.4 Hydrologi	23
3.4.1 Topografi.....	24
4. Riskinventering	25
4.1 EBH-stödet.....	25
4.2 Fältundersökning.....	28
4.3 Beskrivning av riskobjekt.....	31
4.3.1 Trafik och vägar	31

4.3.2 Grustäkt	33
4.3.3 Skjutbana.....	36
4.3.4 Kyrkogård.....	36
4.3.5 Avfallshantering och deponi	38
4.3.6 Avloppsnät och reningsverk.....	39
4.3.7 Jordbruk och djurhållning	40
4.3.8 Kreosot	42
4.3.9 Bilverkstäder och bensinstation.....	43
4.3.10 Småbåtshamn	45
4.3.11 Husvagnsskrot	46
4.3.12 Betong och cementindustri.....	48
4.3.13 Sabotage, krig och kris	49
4.3.14 Klimatförändringar.....	49
5. Sårbarhetsanalys med DRASTIC-metoden.....	50
5.1 Zonindelning	50
5.2 Djup till grundvattenytan	51
5.3 Grundvattenbildning.....	51
5.4 Material i akviferen	51
5.5 Material i jordmånen	51
5.6 Topografi.....	52
5.7 Material i den omättade zonen under jordmånen	52
5.8 Hydraulisk konduktivitet i akviferen.....	52
5.9 Slutgiltiga DRASTIC-index.....	53
6. Vattentäktens värde.....	54
7. Riskanalys och riskvärdering	57
8. Förslag på skyddszoner för grundvattenmagasinet	58
9. Diskussion	61
9.1 Analys av riskbedömning.....	61
9.2 Utvärdering av metod.....	63
9.3 Utvärdering av skyddszoner.....	65
10. Slutsats	66

Lista över begrepp

Akvifer	ett geologiskt sammansatt materiallager som är genomsläppligt och poröst nog för att inneha ett råvattenflöde som kan användas för grundvattenuttag.
Avrinningsområde	innefattar både mark- och vattenyta som samlar upp nederbörd som når grundvattenmagasinet.
EBH-kartan	länsstyrelsernas karta över potentiella eller bekräftade förorenade områden.
Grundvatten	det vatten som finns under markytan där alla markens hålrum är fyllda med vatten.
Grundvattenmagasin	grundvattenförande lager i marken med en relativt stor mäktighet.
Grundvattentillgång	områden med värdefullt grundvatten som det kan utvinnas råvatten från.
Hot	en negativ händelse eller ett objekt som kan leda till skadliga konsekvenser för grundvatten.
Hydrologi	läran om vattnets kretslopp och vattnets flöde över mark och terräng.
Hydrogeologi	läran om grundvatten, dess förekomst, egenskaper och rörelse.
Jordmån	det övre skiktet av jordskorpan som påverkas och förändras av klimatet och organismer.
Pesticider	kemikalier avsedda för att bekämpa och förhindra framväxt av skadliga organismer.
Risk	en sammanvägning av ett flertal parametrar som tillsammans beskriver hur troligt det är att olika konsekvenser uppstår och dess allvarlighet.
Riskanalys	en bedömning av ett riskobjekts storlek, antingen genom kvantifiering med hjälp av matematiska modeller och statistik eller genom en mer kvalitativ bedömning.
Riskbedömning	består av momenten riskinventering, riskanalys och riskvärdering.
Riskobjekt	ett objekt, verksamhet eller händelse som utgör en risk för förorening.
Riskinventering	identifiering och beskrivning av potentiella riskobjekt.
Riskvärdering	värdering av resultat för utförd riskanalys av riskobjekt.

Råvatten	grundvatten eller ytvatten innan det renats för användning som dricksvatten.
SGU (Sveriges geologiska undersökning)	myndigheten för frågor om berg, jord och grundvatten i Sverige.
Sårbarhet	mått på hur känsligt grundvattnet i ett område är för föroreningar, samt hur enkelt dessa sprider sig i området och når grundvattnet.
Tillrinningsområde	avrinningsområdet minus arean av vattendraget.
Uttagsmöjlighet	En uppskattning på hur mycket vatten som kan utvinnas från en vattentäkt.
Vattenskyddsområde	ett inrättat geografiskt område som av länsstyrelsen eller kommunen förklarats som vattenskyddsområde till skydd för en grund- eller ytvattentillgång som utnyttjas eller kan antas komma att utnyttjas för vattentäkt (7 kap. 21 § miljöbalken)
Vattentäkt	en grund- eller ytvattentillgång som används för råvattenutvinning, där råvattnet efter behandling kan nyttjas som dricksvatten. Man skiljer mellan grundvattentäkt och ytvattentäkt.
Vattendom	en juridisk handling som utgör beslut och tillstånd för en vattenverksamhet.
Översiktsplan	dokument framtagen av kommunen som innehåller en långsiktig vision om hur kommunens mark- och vattenområden ska användas och om hur den byggda miljön ska användas, utvecklas och bevaras.

1. Inledning

Grundvatten är en av våra viktigaste naturresurser. Av allt vatten på jorden utgör 96,5 procent saltvatten i jordens hav (Shiklomanov, 1993). Endast 2,5 procent av det totala vattnet i hydrosfären är sötvatten. Av dessa 2,5 procent är ca två tredjedelar bundet i jordens glaciärer. Grundvatten utgör resterande tredjedel av jordens sötvatten. Sjöar och vattendrag utgör endast 0,26 procent av jordens totala sötvattenreserv, det vill säga en mycket liten del (Shiklomanov, 1993). Av allt utvunnet grundvatten så konsumeras 21 procent av hushåll (Margat & van der Gun, 2013). Hälften av jordens population får sitt dricksvatten från grundvatten, och hälften från sjöar och andra vattendrag. Majoriteten av allt utvunnet grundvatten, ca 70 procent, används till bevattning i jordbruk. Andelen grundvatten som används i hushåll och för bevattning varierar dock mellan kontinenter och enskilda områden.

Överbelastning av grundvatten är globalt ett stort problem. Varje år använder människan en femtedel av det tillgängliga grundvattnet (Sydvatten, u.å.). Utarmning av grundvatten har efter 1940-talet blivit ett globalt fenomen och den globala uttömningen av grundvatten har accelererat sedan dess (Margat & van der Gun, 2013). Uttag av grundvatten sänker grundvattennivån i marken. Grundvattennivån stabiliseras vanligen efter tid, så länge uttaget inte ökar ytterligare. Sjunkande grundvattennivåer kan medföra ett antal konsekvenser för människor och ekosystem som är beroende av grundvattentillgången.

Ett annat globalt problem är degradering av grundvattnets vattenkvalitet på grund av mänsklig påverkan. Grundvattnets kvalitet kan påverkas av förändringar i rådande förhållanden för grundvattnet (Margat & van der Gun, 2013). Ett exempel är saltvatteninträngning i en akvifer som kan ske när uttaget av grundvatten överstiger nyproduktionen av grundvatten under en längre tid. Det största hotet för grundvattenkvaliteten är risk för förorening på grund av mänsklig påverkan (Margat & van der Gun, 2013). Förorening av grundvatten kan ske på ett antal sätt. Föroreningskällor delas vanligtvis in i diffusa utsläpp och punktutsläpp. Diffusa utsläpp sker över en större yta, så som till exempel distribueringen av bekämpningsmedel vid jordbruk. Punktutsläpp är föroreningar som kan kopplas till en specifik plats, så som en verksamhet.

Sverige står inför ett antal utmaningar kopplade till våra vattenresurser. Dessa är bland annat överexploatering av grundvattenresurser, klimatförändringarnas påverkan på grundvattnet samt svårnedbrytbara och farliga ämnen från samhället (Svenskt vatten, 2018). Ytterligare en utmaning är att säkerställa skyddet av Sveriges grundvattentäkter.

1.1 Bakgrund

Sveriges riksdag antog år 1999 femton miljökvalitetsmål (Sveriges Miljömål, 2020a). Sedan dess har Sveriges arbete med miljömål utvecklats och kompletterats. Idag utgörs Sveriges miljömålssystem av ett generationsmål, 16 miljömål och ett antal etappmål (Sveriges Miljömål, 2020a). Sveriges miljöpolitik utgår från detta miljömålssystem. Miljömålen beskriver vad som är en god miljö i Sverige, och består av ett antal preciseringar som används för att visa utvecklingen av miljöarbetet.

Ett av Sveriges 16 miljömål är *Grundvatten av god kvalitet* med målet att "grundvattnet ska ge en säker och hållbar dricksvattenförsörjning samt bidra till en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag" (SGU, 2013). Miljömålet har sex preciseringar; grundvattnets kvalitet, god kemisk grundvattenstatus, kvaliteten på utströmmande grundvatten, god kvantitativ grundvattenstatus, grundvattennivåer och bevarandet av naturgrusavlagringar. Sveriges geologiska undersökning (SGU) är ansvarig myndighet för miljömålet. I den senaste fördjupade uppföljningen av miljömålet *Grundvatten av god kvalitet* av Lång et al. (2019) konstaterades det att miljömålet inte är "uppnått och kommer inte kunna nås med befintliga och beslutade styrmedel och åtgärder".

Havs- och vattenmyndigheten (2021) har tagit fram *Vägledning om inrättande och förvaltning av vattenskyddsområden* som ersätter den tidigare handboken *Handbok om vattenskyddsområde* framtagen av Naturvårdsverkets (2011). I den nya vägledningen presenteras ett systematiskt arbetssätt som kan användas vid utredning av ett nytt vattenskyddsområde, något som saknades i den gamla vägledningen (Havs- och vattenmyndigheten, 2021). Skyddsområden vid grundvattentäkter har historiskt utformats huvudsakligen baserat på strömningstiden i marken. Nu sker en omställning mot nya riktlinjer och en ny typ av utformning som i större utsträckning ska fokusera på grundvattentäktens faktiska risker för förorening.

Ett vattenskyddsområde är ett formellt skydd av en vattentillgång, fastställt med stöd av miljöbalken, med syfte att skydda vatten som ska användas för dricksvattenproduktion (Havs- och vattenmyndigheten, 2021). Ett vattenskyddsområdes funktion är att ge ett långsiktigt skydd av vattentillgången ur ett flergenerationsperspektiv (Naturvårdsverket, 2011). Länsstyrelsen och kommunen är ansvariga för inrättandet av vattenskyddsområden. Inom ett vattenskyddsområde gäller ett antal skyddsföreskrifter (Havs- och vattenmyndigheten 2021). Syftet med vattenskyddsföreskrifterna är att hantera identifierade risker samt att allmänt förebygga risker för vattenresursen. Vattenskyddsområdet påverkar förutsättningarna för planering av verksamheter, bebyggelse och infrastruktur. Skyddsföreskrifterna kan om det är nödvändigt inskränka pågående markanvändning samt verksamheter med tillstånd.

Ett grundläggande skydd för en vattentäkt är förekomsten av naturliga barriärer, som har en fördröjande eller nedbrytande funktion mellan föroreningskällan och vattentäkten (Naturvårdsverket, 2011). De naturliga barriärerna skapar med sin fördröjande effekt möjligheter att åtgärda problemet. Ett grundvattenmagasin har ofta en mycket långsam omsättning och det är därför mycket svårt att rena förorenat grundvatten. En naturlig barriär kan till exempel vara ett tätt jordlager, biologiska processer eller en uppströms belägen sjö (Naturvårdsverket, 2011). Ibland kan avståndet mellan föroreningskällan och vattentäkten verka som en tillfredställande naturlig barriär.

De naturliga barriärerna kan behövas kompletteras med olika tekniska barriärer, åtgärdsprogram, regleringar enligt miljöbalken eller andra åtgärder (Naturvårdsverket, 2011). Det är av största vikt att de skyddsåtgärder som vidtages är tillförlitliga och anpassade till den risk som föreligger. För att kunna fastställa behovet av skydd för en vattentillgång utgår man från:

- vattenförekomst
- värde
- sårbarhet
- risker
- konsekvenser (Naturvårdsverket, 2011).

Med hänsyn till vikten av att skydda våra vattenresurser finns det behov av att utveckla och tillämpa metoder och angreppssätt för riskbedömning av olika typer av vattenresurser.

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med kandidatarbetet är att utföra en riskbedömning för grundvattentillgången i Östad, Lerums kommun. Den riskbedömning som utförs i denna rapport ligger i linje med de nya riktlinjerna för hur grundvattentäkter bör utvärderas och riskbedömas. Riskbedömningen beaktar nutida och framtida uttagningsmöjligheter för hela Östad grundvattenmagasin, ett område större än Sjöviks befintliga vattenskyddsområde. En metod för riskbedömning utformas för att kunna appliceras på relevanta riskobjekt. En riskinventering genomförs baserat på litteratur i form av rapporter och undersökningar, kartor samt en fältundersökning. Områdets sårbarhet analyseras utifrån geologiska och hydrogeologiska parametrar med metoden DRASTIC. Utifrån sammanställd information om riskobjekt, sannolikhet, konsekvenser, grundvattnets sårbarhet, värde och utvinningsmöjligheter utförs en riskanalys, som sedan värderas. Utifrån riskbedömningen identifieras de områden med störst behov av skydd. Sjöviks befintliga vattenskyddsområde utvärderas utifrån resultatet av riskbedömningen och övriga analyser, och därefter ges resonemang kring hur skyddsåtgärder kan utformas för området.

Frågeställningar som är centrala för arbetet är:

- Vilka riskobjekt finns i området kring Östads grundvattenmagasin?
- Vad är områdets sårbarhet?
- Vad har grundvattentillgången för värde?
- Vilka riskobjekt utgör enligt riskbedömningen ett väsentligt hot för grundvattentillgången?
- Är det befintliga vattenskyddsområdet i Sjövik tillräckligt som skydd för Östads grundvattentillgång idag och i framtiden?

1.3 Områdesbeskrivning

Tätorten Sjövik ligger väster om sjön Mjörn i norra delen av Lerums kommun i Västra Götaland. Tätorten har enligt Statistiska centralbyrån [SCB] (2019) ca 1100 invånare och växte under första delen av 1900-talet fram kring tågstationen vid Västgötabanan. Sjövik ligger i Östads församling. Östad är en liten ort strax norr om Sjövik med ca 50 invånare. Figur 1 visar området kring Östad och Sjövik. Genom området löper landsväg 190. I Lerums kommuns (2008) översiktsplan beskrivs det angående framtida utbyggnadsområden att "föreslagen utbyggnadsriktning för Sjövik är norrut mot Östad så att de båda orterna sammanbinds på sikt".

Figur 1.

Kartbild över Östad och Sjövik med omnejd.



Kommentar: För en mer översiktlig kartbild se bilaga A. Hämtad från Lantmäteriet (u.å).

1.3.1 Östads grundvattenmagasin

I området vid de två orterna Östad och Sjövik finns ett grundvattenmagasin. Med ett grundvattenmagasin menas en vattenförande geologisk bildning som kan betraktas som en hydraulisk enhet (Ericsson & Rosén, 2019). Östads grundvattenmagasin består av en isälvsavlagring i form av ett delta. Magasinets utbredning presenteras i figur 2.

Grundvattenmagasinet sträcker sig över kommungränsen där den södra delen av grundvattentillgångarna ligger inom Lerums kommun, och dess norra del tillhör Alingsås kommun. Grundvattenmagasinet har kontakt och rinner ut i Mjörn på två ställen; i norr vid Östads Säteri och i söder mellan platserna Huvden och Järn.

Figur 2.

Kartbild över grundvattenmagasinet.



Kommentar: bild hämtad från GIS-material "Grundvattenmagasin", se bilaga B.

1.3.2 Sjöviks vattenverk och vattentäkt

Lerums kommun hade år 2020 strax över 43 000 invånare (SCB, u.å.) Lerums kommun har fyra dricksvattenverk, och den årliga vattenproduktionen är 2,6 miljoner kubikmeter. Det största dricksvattenverket är ett ytvattenverk vid orten Lerum med Öxsjön och Stora Stamsjön som huvudvatten (Göteborgsregionen, 2020). Öxsjöverket levererar årligen 2,1 miljoner kubikmeter dricksvatten. Resterande tre vattenverk - Gråbo, Sjövik och Skallsjö- är grundvattenverk. De producerar tillsammans årligen 0,3 miljoner kubikmeter dricksvatten.

Enligt beräkningar utförda för Lerums VA-planering försörjde Sjöviks vattenverk 740 personer med dricksvatten år 2015 (Sweco, 2015). Detta kan jämföras med Öxsjöverket med 27 000 personer anslutna och Gråbo vattenverk som har 3500 personer anslutna. Sjövik är det minsta vattenverket i Lerums kommun, och försörjer enbart detta samhälle med vatten. Med vattentäkt menas en grundvattenförekomst, eller delar av den, som nyttjas för dricksvattenförsörjning.

Platsen för grundvattenutvinning i Sjövik består av en 18 meter djup brunn (Sweco, 2015). Brunnen installerades 1981, och nuvarande vattenverk byggdes år 1990 (Lerums kommun, 2021a). Råvattnet filtreras genom ett alkaliskt filter, vilket ger en pH-justering (Sweco, 2015). Därefter desinficeras det med hjälp av UV-ljus. Utöver detta finns det utrustning för tillsats av natriumhypoklorit som desinfektionsmedel, som en extra säkerhetsåtgärd. Enligt en vattendom från tingsrätten i Vänersborg år 1986 medges det för Sjöviks vattentäkt ett vattenuttag på medeltal 460 kubikmeter per dygn och vid enstaka tillfällen 645 kubikmeter per dygn (Sweco, 2015). En vattendom är en juridisk handling som krävs för beslut och tillstånd för vattenverksamhet.

1.3.3 Vattenförsörjningen i regionen

Den aktuella regionala vattenförsörjningsplanen finns för nuvarande ute som remissversion (Ruderfelt, Svedlinh & Gidlund, 2021). Lerums kommun är en av de 13 kommuner som ingår i Göteborgsregionen. Det stora vattenbehovet i Göteborgsregionen, till följd av populationsmängden, ställer särskilt krav på vattenresurserna där. I Göteborgsregionen består endast 5 procent av vattenförsörjningen av grundvatten, medan hela 95 procent kommer från ytvatten (Ruderfelt et al., 2021). I de omkringliggande regionerna baseras vattenförsörjningen generellt mer på grundvatten. I vattenförsörjningsplanen listas Östadsdeltat som en regionalt viktig dricksvattenresurs.

I *Vattenförsörjningsplan för Göteborgsregionen* (Göteborgsregionen, 2020) nämns återigen Östaddeltat som en viktig grundvattenförekomst för regionen. I området mellan Gråbo och Sollebrunn i Alingsås finns regionens största grundvattenförekomster, där Östaddeltat är en av dessa. Planen beskriver även hur vattentäkterna Gråbo och Östad anses hysa goda förutsättningar för grundvattenuttag på större skala baserat på konstgjord infiltration med råvatten från Mjörn.

Enligt Sweco (2015) anses reservvattenförsörjningen inte vara tillräcklig för Lerums kommun. Med reservvattenförsörjning menas en alternativ vattentäkt till dricksvattenproduktion på medellång till permanent sikt. Den ska kunna användas när ordinarie vattentäkten inte kan användas som vattentäkt, i enlighet med de normer och krav som finns gällande dricksvattenkvalitet. Sweco (2015) menar att det saknas reservvattenförsörjning för distributionsområdena till huvudvattentäkten Öxsjön samt Sjöviks vattentäkt. Vattenförsörjningen i Lerums kommun kan därmed anses som sårbar. Kommunen är starkt beroende av ytvatten Öxsjön och Stora Stamsjön som vattenresurs. För att stärka kommunens vattenförsörjning behöver Lerum ytterligare reservvattenresurser. Det är därmed intressant med vidare undersökning av Lerums vattenresurser, där Östads grundvattentillgång är en av dem.

1.4 Avgränsningar

Ett antal avgränsningar har upprättats för arbetet. Riskbedömningen tar enbart hänsyn till lokala hot i det område som beskrivs i figur 1. Potentiella hot som transporteras längre sträckor, via exempelvis vattendrag, kommer ej behandlas. Inga nya eller faktiska mätningar utförs gällande grundvattentillgångens tekniska egenskaper, såsom källflöde, strömriktningar eller jordlagerföljd. Ingen analys utförs heller av vattenkvalitet och föroreningshalter för grundvattentillgången. Vatten benämns och diskuteras i stället enbart som tjänligt eller otjänligt. Fokus för detta arbete är risker som påverkar råvattnet, d.v.s. vattnet innan beredning i dricksvattenverk. Faror och risker i övriga steg i dricksvattensystemet, så som i vattenverket eller ledningssystemet, behandlas inte. Gällande förslag på skyddsåtgärder kommer möjliga saneringsåtgärder inte diskuteras. Förslag ges i stället på lämpliga och förebyggande skyddszoner som skulle kunna upprättas vid ett eventuellt vattenskyddsområde.

2. Metod

I följande kapitel beskrivs de olika stegen i arbetet och den metod som används. Arbetet kan huvudsakligen delas upp i:

- geologisk och hydrogeologisk analys av området
- grundvattenmagasinets sårbarhet
- grundvattenmagasinets värde
- riskbedömning
 - riskinventering
 - fältundersökning
 - beskrivning av riskobjekt
 - riskanalys
 - riskvärdering
 - förslag på skyddszoner.

Syftet med riskbedömningen är att analysera och värdera identifierade riskobjekt i området kring Östads grundvattenmagasin. Processen för riskbedömningen kan delas upp i de tre stegen riskinventering, riskanalys och riskvärdering, baserat på riskhanteringsprocess beskriven av International Organization for Standardization [ISO] (2018).

Begreppet risk är mångsidigt, och har ingen entydig definition. Ett vanligt sätt att definiera begreppet är att risken för en händelse är en produkt av konsekvensen och sannolikheten att händelsen sker (Naturvårdsverket, 2011). I detta arbete utökas denna definition så att risken för en händelse är en sammanvägning av ett antal faktorer. Dessa presenteras ingående i kapitel 2.3.

2.1 Geologisk och hydrogeologisk beskrivning

En geologisk, hydrologisk och hydrogeologisk analys av området utgör underlag för vidare analys av grundvattnets sårbarhet och värde samt bedömning av potentiella riskobjekt. De geologiska, hydrologiska och hydrauliska egenskaperna för området har en central del i riskbedömningen av riskobjekt. De parametrar som analyseras och presenteras är jordlagerföljd, flödesstorlek, jordarter och bergarter, områdets topografi, sprickzoner och grundvattnets flödesriktning i området.

Dessa parametrar undersöks med utgångspunkt i kartmaterial och litteratur i form av rapporter och undersökningar. Kartmaterialet hämtas från interaktiva karttjänster eller publicerade kartor. Ett antal parametrar undersöks via GIS (Geografiskt informationssystem) med det digitala kartverktyget ArcMap. GIS-materialet hämtas från Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) och från Jordbruksverket. Det material som används preciseras i bilaga B. Fältundersökningen utgör även ett komplement till den geologiska information som tas fram, då den syftar till att ge ett övergripande intryck av områdets geologi och topografi.

2.2 Inventering av potentiella riskobjekt

Riskinventeringen syftar till att identifiera och beskriva möjliga riskobjekt för Östads grundvattenmagasin. Riskobjekt i området identifieras genom karttjänster, databaser, fältundersökning samt en litteraturstudie av rapporter och undersökningar. Ett riskobjekt definieras här som en verksamhet, anläggning eller plats som utgör ett potentiellt hot för grundvattenmagasinet. Denna definition är delvis baserad på Boverkets (2019) definition. Arbetet består här i identifiering av specifika riskobjekt i det aktuella området, samt sammanställning av mer allmän information kring objekt och föroreningskällor.

En viktig källa för identifiering av riskobjekt är länsstyrelsens karta över misstänkta eller konstaterade objekt med förorenad mark (EBH-kartan). Den tillhörande databasen (EBH-stödet) innehåller en stor mängd information i form av dokument kring objekt i området. I utdrag ur EBH-stödet finns ett antal dokument kopplade till objektets ID-nummer.

Objektsammanfattningen för varje objekt innehåller avsnitt med geografisk information, administrativ information, information om bransch samt eventuell information om bedömd riskklass, föreningar, åtgärder och status. Utöver detta innehåller databasen ofta ett dokument benämnt "MIFO-historik" som beskriver utredningen som gjorts för området med MIFO (Metodik för inventering av områden). För vissa objekt finns en karta över objektets placering bifogad i materialet. För att kunna använda denna data i arbetet har en sammanställning av information om objekten tagits fram. Den presenteras i kapitel 4.1.

Fältundersökningen utgör även en viktig del av riskinventeringen. Syftet med fältundersökningen är att undersöka området mer omfattande, samt kontrollera status för identifierade riskobjekt av intresse. Fältundersökningen dokumenteras i form av en tabell med information om undersökta objekt i kapitel 4.2. För enklare överblick av objekten har en karta med objektens position utarbetats. Sjöviks vattenverk och brunn, som beskrivs i kapitel 1.3.3, bedöms inte som ett riskobjekt men undersöks vid fältundersökningen. Den insamlade informationen från fältundersökningen utgör underlag för riskbedömning av riskobjekten.

Kategorisering av riskobjekt i kapitel 4.3 är huvudsakligen baserad på den kategorisering som beskrivs i Naturvårdsverkets *Handbok för vattenskyddsområde* (2011). Risker kopplade till vattenverksamheter diskuteras allmänt. Den huvudsakliga funktionen med grundvattenskydd är att minska risker som finns under fredstid, detta är därav fokus i arbetet med denna rapport. Risker gällande sabotage, kris- och krigstillstånd diskuteras i ett avsnitt men är inte en del av riskanalysen. Hotet som klimatförändringarna utgör för grundvattenmagasinet diskuteras allmänt i kapitel 4.3.14 men är inte heller en del av riskanalysen. Klimatförändringarnas påverkan på undersökta riskobjekt och den risk vi bedömer att de utgör idag tas däremot upp och diskuteras. Resterande riskobjekt kategoriseras enligt verksamhet.

2.3 Riskanalys

Riskanalysen av ett riskobjekt består av följande delar:

- *Sannolikhet*, uppskattad sannolikhet för händelse eller utsläpp baserad på tolkning av förhållanden på plats genom fältundersökning och genomgång av befintlig information.
- *Sårbarhetsanalys*, potential för spridning till grundvatten enligt DRASTIC-metoden.
- *Lokala förutsättningar och barriärer*, uppskattad sannolikhet för spridning baserat på en tolkning av platsspecifika förhållanden genom fältundersökning och genomgång av befintlig information.
- *Konsekvens*, uppskattad konsekvens/påverkan på råvattnet.
- *Värdet*, uppskattat värde för vattenresursen.

Dessa fem parametrar poängsätts enligt skalor beskrivna i kapitel 2.3.1–2.3.4. Summan av poängen för de fem parametrarna utgör objektets risk. Det lägsta poäng ett objekt kan få i riskanalysen är 5 poäng. Högsta poäng är 23. Grundvattnets sårbarhet bedöms genom två parametrar, en parameter baserad på en sårbarhetsanalys utförd för ett större område med metoden DRASTIC, och en parameter baserad på de lokala förutsättningarna och förekomsten av lokala barriärer på platsen för verksamheten. Risken beräknas på följande sätt:

$$\text{Risk} = \text{sannolikhet} + \text{sårbarhetsanalys} + \text{lokala förutsättningar och barriärer} + \text{konsekvens} + \text{värde}$$

De objekt som under processen av riskanalys tilldelas en nolla (0) i en parameter utesluts ur riskbedömningen. Objektet bedöms inte längre som relevant om det inte finns någon risk för att utsläpp sker eller att ett utsläpp skulle påverka grundvattenmagasinet som studeras. Klass noll i sannolikhet betyder att det är omöjligt att ett utsläpp sker, och klass noll i konsekvens innebär att grundvattnet inte alls påverkas. Klass noll på värde betyder att vattnet som påverkas av objektet inte bedöms som relevant för dricksvattenförsörjning. Klass noll i sårbarhet innebär mycket liten sannolikhet för spridning till grundvattnet.

Resultatet av riskanalysen presenteras i en tabell, med poängsättning för varje parameter presenterad. Efter utförd riskanalys rankas riskerna. Därefter utförs en riskvärdering, d.v.s.

riskerna värderas utifrån dess allvarlighetsgrad (Havs- och vattenmyndigheten, 2021). Om det finns behov av åtgärder analyseras även möjligheten till detta. Objekten klassificeras i tre kategorier baserat på den risk de bedöms utgöra. Dessa kategorier illustreras med färgerna röd, gul och grön, se tabell 1. Tabellen med riskkategorier är en relativ skala, och ett sätt att enklare gruppera och presentera resultatet av riskanalysen. Riskkategori röd innebär högst risk, och grön utgör lägst risk.

Tabell 1.

Kategorier för riskklassning.

Kategori	Poäng vid riskanalys
Röd	17–23
Gul	10–16
Grön	5–10

2.3.1 Sannolikhet för utsläpp

En skala för bedömning av sannolikhet att en förorening sker har utarbetats. Med förorening menas utsläpp av farliga ämnen som har en negativ påverkan på råvattnet. Skalan består av fem klasser som beskrivs i tabell 2. Sannolikheten baseras då det är möjligt på statistiskt underlag. Då detta ej är möjligt genomförs en kvalitativ bedömning av sannolikheten baserat på underlag så som fältundersökning och befintlig insamlad information.

Tabell 2.

Utformad skala för uppskattning av sannolikhet för att en förorening sker.

Skala	Sannolikhet
1	Osannolikt att förorening inträffar.
2	Mindre sannolikt att förorening inträffar.
3	Möjligt att föroreningar inträffar.
4	Sannolikt att föroreningar inträffar.
5	Mycket sannolikt att föroreningar inträffar, händelsen sker regelbundet i området.

2.3.2 Sårbarhetsanalys med DRASTIC

En sårbarhetsanalys tas fram för Östads grundvattentillgångar baserat på befintlig litteratur och undersökningar gjorda för området. Inom hydrogeologin innebär sårbarhet hur känsligt grundvattnet i ett område är för föroreningar, samt hur enkelt föroreningar sprider sig i området och når grundvattnet. Sårbarheten av grundvattenmagasinet uppskattas här med hjälp av DRASTIC-metoden.

DRASTIC är ett standardiserat system som togs fram av Aller et al. (1987) på uppdrag från United States Environmental Protection Agency [EPA] för att enkelt och systematiskt kunna bedöma sårbarheten av grundvattnet i hydrogeologiska områden utan att detaljerad data och kunskap om området krävs. Systemet grundar sig i de huvudsakliga hydrogeologiska parametrar som styr och påverkar hur grundvattnet rör sig i marken. Dessa parametrar definierar Aller et al. (1987) som:

- (D – Depth) Djup ner till grundvattenytan
- (R – Recharge) Bildningshastigheten av grundvatten
- (A – Aquifer) Material i akviferen
- (S – Soil) Material i jordmånen

- (T – Topography) Topografi
- (I – Intermediate zone) Material i den omättade zonen under jordmånen
- (C - Conductivity) Hydraulisk konduktivitet i materialet i akviferen.

Aller et al. anser att dessa parametrar är de mest tillgängliga att kartlägga i större områden. De påtalar likväl att dessa parametrar är de mest grundläggande för att bedöma sårbarheten i hydrogeologiska områden. Det finns fler parametrar som påverkar sårbarheten, såsom akviferens kemi, temperatur och transmissivitet. Aller et al. (1987) menar emellertid att dessa parametrar inte är fullt lika tillgängliga att kartlägga och därav ej nyttjas i DRASTIC. Med akvifer menas ett geologiskt sammansatt materiallager som är genomsläppligt och poröst nog för att inneha ett råvattenflöde som kan användas för grundvattenuttag. Lars Rosén (1991) påpekar att parametrarna i DRASTIC är statiska och att de endast beskriver hydrogeologiska förhållanden som är konstanta. Således menar Rosén (1991) att DRASTIC inte tar direkt hänsyn till föroreningars egenskaper eller hur föroreningarna sker, och att det därför inte bör jämföras med andra metoder som används för att utvärdera en befintlig eller potentiell föroreningssituation eller dess utveckling över tid.

DRASTIC-parametrarna är uppdelade i intervall, till exempel meterintervall för djup ner till grundvattenytan, eller i materialtyper, till exempel sand, lera eller grus för material i akviferen. Dessa intervall och materialtyper motsvarar en poäng på en skala mellan 1–10 och alla parametrar har en så kallad vikt, se bilaga D, tabell 13, som berättar hur stor inverkan på sårbarheten varje parameter har (Aller et al., 1987). Ett undantag vad gäller poängskalan görs för grundvattenbildningen som har en skala 1–9 för att ta hänsyn till utspädningseffekten av föroreningar som kan äga rum när nederbörden är tillräckligt stor. Utspädningen av en förorening bidrar till att den inte längre utgör ett lika stort hot och till följd av det har valde Aller et al. (1987) att sätta den möjliga maxpoängen till 9 för grundvattenbildningen. Vikten av varje parameter skiljer sig åt vid generella föroreningar eller pesticider, det vill säga bekämpningsmedel. Den viktning som används främst i denna rapport är den för generella föroreningar, förutom för bedömning av jordbruk då viktning för pesticider används. Poängen och viktningen multipliceras för varje parameter och produkterna summeras sedan ihop och av det fås ett DRASTIC-index. Detta index säger inte så mycket i sig utan det är först när flera index från olika områden jämförs som det blir intressant. Tabeller med intervall, materialtyp och poäng återfinns i bilaga D.

Eftersom DRASTIC är framtaget i USA, utefter de förhållanden och förutsättningar som råder där, är det inte givet att det går att tillämpa DRASTIC på svenska förhållanden. När den anpassas till svenska förutsättningar kan systemet ge en orättvisande bild. Detta har Lars Rosén (1991) undersökt och i rapporten *Sårbarhetsklassificering av grundvatten* givit några förslag på justeringar för att bättre passa för svenska förhållanden och enheter. Dessa förändringar innebar en justering av poäng för två materialtyper i akviferen, se bilaga D, tabell 17, samt en justering av intervallen för hydraulisk konduktivitet, se bilaga D, tabell 21.

För att enklare kunna tillämpa DRASTIC-systemet på Östad grundvattenmagasin delas området upp i tre zoner. Detta för att kunna ge en tydligare bild av områdets variation i sårbarhet då området har en viss mångfald i geologi och hydrogeologi, samt för att kunna jämföra indexen för respektive zon. Värden för alla parametrar i respektive zon hämtas huvudsakligen från SGU:s (u.å) kartverktyg *Kartvisaren*.

Utifrån metoden för analysering av sårbarheten har en relativ poängskala har utformats, se tabell 4. I skalans översätts sårbarhetsanalysens resulterande DRASTIC-index till poäng som appliceras i riskanalysen.

Tabell 4.*Utformad skala för bedömning av sårbarhet för områden med metoden DRASTIC.*

Skala	DRASTIC
1	<110
2	110–144
3	145–174
4	175–199
5	>200

2.3.3 Lokala förutsättningar och barriärer

Med lokala förutsättningar och barriärer menas de platsspecifika förhållanden som kan påverka spridningen av en förorening. Ett exempel på en lokal barriär på en plats kan exempelvis vara att verksamheten befinner sig på asfalterat underlag, eller befintliga åtgärder mot spridning på platsen. Denna parameter används då DRASTIC-analysen anses övergripande och omfattar ett i sammanhanget mycket utbrett område. Skalan som används för bedömning av lokala förutsättningar och barriärer beskrivs i tabell 3. Uppskattningen av sannolikheten för spridning baseras huvudsakligen på utförd fältundersökning samt i vissa fall en genomgång av befintlig information i form av rapporter och undersökningar.

Tabell 3.*Utformad skala för uppskattning av lokala förutsättningar och barriärer.*

Skala	Lokala förutsättningar och barriärer
1	Osannolikt att spridning sker
2	Mindre sannolikt att spridning sker.
3	Möjligt att spridning sker.
4	Sannolikt att spridning inträffar.
5	Mycket sannolikt att spridning inträffar.

2.3.4 Konsekvens för råvattnet

Dricksvatten anses enligt Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten (SLV FS 2001:30) vara rent och hälsosamt om det "inte innehåller mikroorganismer, parasiter och ämnen i sådant antal eller sådana halter att de kan utgöra en fara för människors hälsa, och uppfyller de gränsvärden som anges...". Med konsekvens menas en huvudsakligen negativ påverkan på råvattnet, med fokus på möjligheten att utnyttja råvattnet för dricksvattenproduktion. Då konsekvenser gällande dricksvattenproduktion och konsekvenser för människa och miljö är kopplade, kommer även dessa tas i beaktning när det är relevant.

Ämnen kan brytas ned under transport genom marken till grundvattnet, och därmed få andra egenskaper. Detta tas om möjligt hänsyn till för de ämnen och situationer som det är aktuellt för. En skala med fem nivåer har utarbetats för bedömning av konsekvenser för råvattnet. Denna finns beskriven i tabell 5.

Tabell 5.*Utformad skala för konsekvens för dricksvattensproduktionen.*

Skala	Konsekvens för råvattnet
1	Minimal påverkan på vattnet.
2	Vattnet påverkas av förhöjda föroreningshalter, men kan fortfarande användas för dricksvattenproduktion.
3	Råvattnet och vattentäkten anses tillfälligt förorenat, mindre åtgärder krävs.
4	Råvattnet och vattentäkten anses tillfälligt obrukbar, åtgärder krävs.
5	Långvarig eller permanent påverkan på råvattnet, vattentäkten anses obrukbar.

2.3.5 Grundvattenmagasinets värde

Grundvattenmagasinets värde baseras i denna metod främst på uttagsmöjligheter, men även andra aspekter tas hänsyn till så som tillförd allmän nytta och möjlighet till annan användning i området och regionen. Möjligheten till konstgjord infiltration bör också beaktas i bedömningen av en grundvattentillgångs värde. Ett grundvattenmagasin med högt värde gör en eventuell vattentäkt mer skyddsvärd. Ett grundvattenmagasin med lågt värde kan anses mindre värdefullt att skydda.

Uttagsmöjligheten beror på ett flertal olika parametrar, bland annat storleken på vattentäktens flöde och de geologiska förutsättningarna. I *Vägledning om inrättande och förvaltning av vattenskyddsområden* finns riktlinjer för vattenmagasins uttagskapacitet och värde (Havs- och vattenmyndigheten, 2021). En riktlinje som nämns är att ett vattenmagasin kan anses värdefullt om uttaget i snitt överstiger 10 kubikmeter per dygn eller kan försörja fler än 50 personer. Ett vattenmagasin kan dock fortfarande nyttjas trots att dessa riktlinjer inte uppnås.

Konstgjord infiltration ökar vattenmagasinets flöde och således uttagsmöjligheten (Källgården et al, 2010). Därav kan det ha inverkan på vattentillgångens värde. Vid konstgjord infiltration förstärks grundvattenmagasinet, då ytvatten från en närliggande sjö eller en vattenbassäng transporteras till vattenmagasinet för att öka dess naturliga grundvattenbildning.

Utifrån tidigare beskrivna riktlinjer, samt storlek på flödet utförs en värdering av värdet på grundvattenmagasinet. Grundvattenmagasinets värde beskriver i riskanalysen hur skyddsvärd en eventuell vattentäkt skulle vara. En övergriplig beskrivning av metod vid värdering av vattentillgångar finns i Trafikverkets (2020) *Handbok för yt- och grundvattenskydd*, där grundvatten placeras i en värdeklass. Utifrån denna har en egen värdeskala utformats som beskrivs i tabell 6 och som används i riskbedömningen.

Tabell 6.*Utformad skala för klassning av grundvattnets värde.*

Klass	Värde
0	Obrukbart. Exempel: Inget flöde, minimal vattenmängd.
1	Ej värdefullt vatten Exempel: Vattentäkten har en låg uttagskapacitet, är för sårbar eller tillför för lite nytta i området.
2	Värdefullt vatten: Vattentäkten har en god uttagskapacitet och är värdefullt. Vattnet kommer inte vara central i vattenförsörjningen men kommer vara en viktig reserv- och alternativ vattenresurs.
3	Särskilt värdefullt: Vattentäkten har en mycket god uttagskapacitet och kommer vara väsentlig för områdets vattenförsörjning.

2.4 Förslag på skyddszoner

För att säkerhetsställa att hela grundvattenmagasinet skall kunna nyttjas som drickvattensresurs idag och i framtiden, ges nya förslag på skyddszoner för grundvattenmagasinet. Dessa förslag ges med hänsyn till och utöver Sjöviks redan befintliga vattentäkt och skyddsområde. Därmed ges översiktliga skyddsförslag till grundvattenmagasinet som helhet och inte enbart till den nuvarande vattentäkten.

Metoden för en preliminär zonavgränsning av vattenskyddsområdet baseras huvudsakligen på *Vägledning om inrättande och förvaltning av vattenskyddsområden* av Havs- och vattenmyndigheten (2021). Enligt Havs- och vattenmyndighetens (2021) bör generellt en utformning av vattenskyddsområdet grunda sig på kännedom om:

- områdets geologiska och hydrologiska förutsättningar
- hur markanvändningen i tillrinningsområdet kan påverka vattentäktens kvalitet på kort och lång sikt
- risker och hot utifrån dricksvattenproduktion som kan förekomma i och runt tillrinningsområdet.

Med hjälp av vägledningen från Havs- och vattenmyndigheten (2021) och en analys av områdets geologiska och hydrogeologiska förutsättningar, samt resultatet av en riskbedömning kan områdets skyddsbehov definieras för att således ge förslag på vattenskyddsområdets utformning och områdesavgränsning.

3. Östads geologi och hydrogeologi

I detta avsnitt analyseras Östads geologi, hydrogeologi och hydrologi. Inom ämnet geologi behandlas områdets jordarter och berggrund. Därefter undersöks områdets hydrogeologi genom förekomsten av grundvattendelare, hydrogeologi i berg, samt områdets sprickzoner. Slutligen behandlas hydrologi och topografin för området.

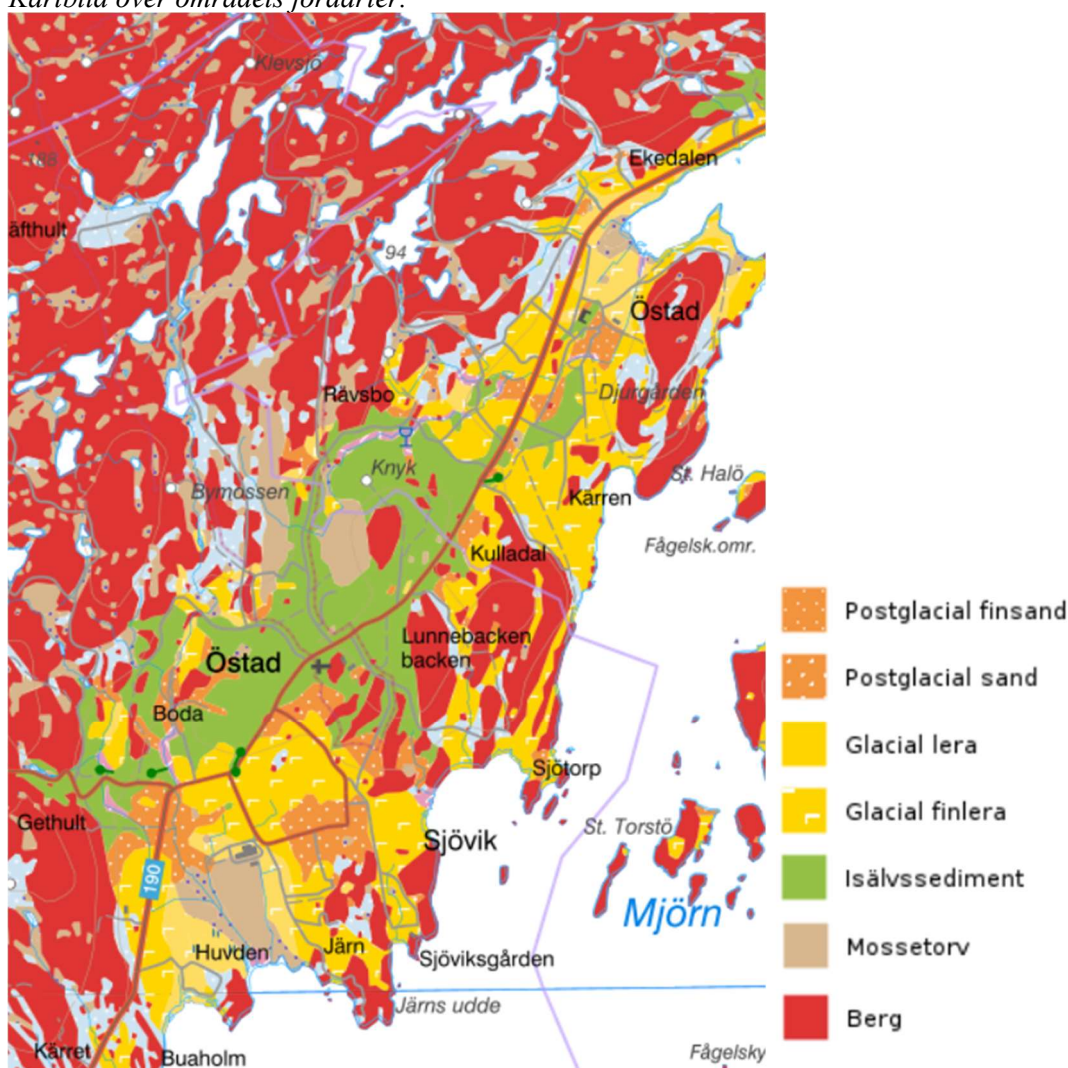
3.1 Jordarter

I Östad finns en stor isälvsavlagring. Författarna Lång och Persson (2011) har beskrivit Östads geologi i rapporten *Grundvattenförekomster i Lerums kommun*. Östadsavlagringen avsattes nära högsta kustlinjen, den högsta nivå som havet nådde i koppling till den senaste istiden. Resultatet blev en serie av åsar, åskullar samt deltabildningar, främst bestående av isälvsediment där åspartierna är överlagrade av glaciallera.

Jordarterna har stor betydelse för att avgöra områdets hydrogeologi. Jordarten är det som i hög grad definierar jordens permeabilitet, alltså förmågan att släppa igenom, vidhålla eller absorbera vatten (SGI, u.å.). Jordarterna är avgörande gällande spridningen av en förorening till grundvattenmagasinet. Figur 3 visar en jordartskarta över området.

Figur 3

Kartbild över områdets jordarter.



Kommentar: Hämtad från SGU:s (u.å) kartvisare "Jordarter 1:25000 - 1:100 000".

Isälvsediment är avlagringar från när inlandsisen smälte (SGU, 2020a). När de jättelika isarna smälte skapades enorma mängder vatten. Detta vatten forsade fram på, i eller under isen. Det forsande vattnet bar med sig stenmaterial i olika fraktioner. När vattnet tog sig fram till iskanten saktade vattnet ner i hastighet och därmed minskade även vattnets förmåga att transportera löst material. Därav skapades en ansamling av löst stenmaterial. Det är detta fenomen som skapat isälvsediment. Postglacial sand är en produkt som kommer från när de första öarna steg ur havet (SGU, 2020b). Dessa påverkades väldigt mycket av havets vågor och därmed av erosion. I nästa steg skedde en sedimentering och jordarterna omlagrades. Postglacial sand hittas oftast längre ner i svackor eller sluttningar. Glacial lera är ett resultat av att finkornigt sediment avlagrades på de djupaste bottarna, vid platser som befann sig under den högsta kustlinjen (SGU, 2020c). Finkorniga sediment kallas glaciala då de avlagrades vid inlandsisens avsmältning.

I figur 3 kan vi se att de centrala och högst belägna delarna av Östad huvudsakligen består av isälvsediment från deltaformationer. På grund av detta har täktverksamhet tidigare varit aktiv vid denna plats med produktion av naturgrus. I de lägre delarna av landskapet finns områden med glacial lera. Den norra delen av området består av ett antal åsar överlagrade av glacialeragacial som sträcker sig mot Östad Säteri och Mjörn (Lång & Persson, 2011). Den södra delen av Östad, och området mellan Sjövik och väg 190 består till största del av glacial lera med inslag av postglacial sand, med isälvsmaterial under. Mellan platserna Huvden och Järn syns ett område med mossetorv och lera. Bergsområden sticker upp på ett flertal platser ur isälvsavlagringen, där ett av de största är berget Stora Knyk. Längs med Mjörns kant finns även områden med berggrund.

3.1.1 Täta jordlager

Ett grundvattenmagasin kan vara öppet eller slutet (Bovin et al., 2015). Ett slutet grundvattenmagasin begränsas uppåt av ett tätande lager medan ett öppet grundvattenmagasin saknar ett tätande skikt. Det tätande skiktet över ett slutet grundvattenmagasin är sällan helt tätt men har jämfört med magasinet en avsevärt lägre vattengenomsläpplighet. Figur 4 illustrerar områden med täta jordlager över Östad grundvattenmagasin.

I GIS-materialet (se bilaga B) har ”täta skikt” eller ”låggenomsläppliga lager ovanpå grundvattenmagasin” tagits fram. I produktbeskrivningen för GIS-material som SGU (2015) tagit fram, beskrivs de täta jordlagerna på följande vis: ”Lager av låggenomsläppliga (finkorniga) sediment som påtagligt reducerar grundvattenbildningen till underliggande grundvattenmagasin”.

Figur 4.

Kartbild över täta jordlager ovan grundvattenmagasinet.



Kommentar: Hämtad från GIS-material "Grundvattenmagasin", se Bilaga B.

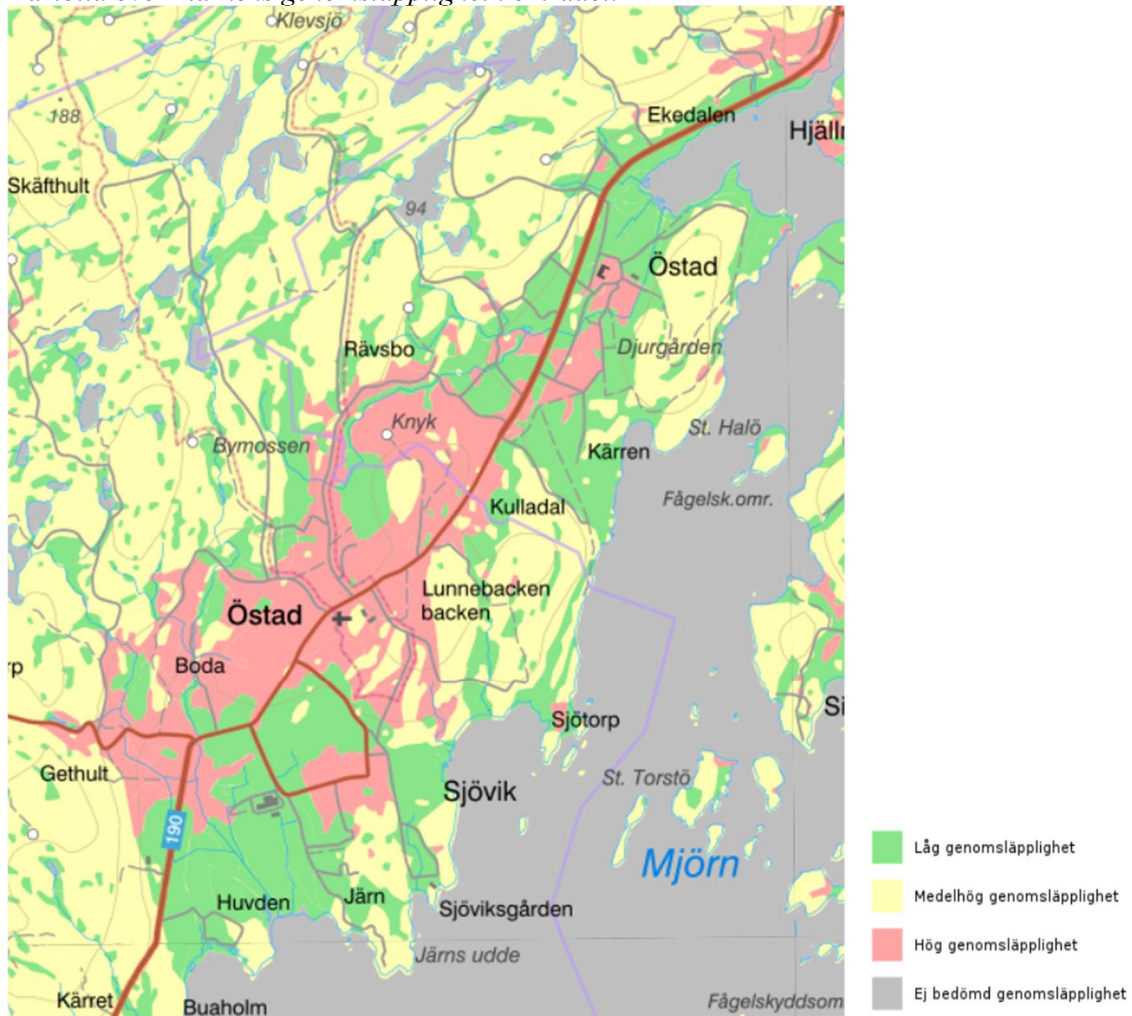
Ett jordlager med mycket finkorniga fraktioner kan fungera som en skyddsbarriär för det underliggande grundvattnet (Bovin et al., 2015). De kriterier som jordlagret måste uppfylla är bland annat att jordlagret måste uppnå en viss mäktighet och utbredning, en låg genomsläpplighet samt att jordlagret har en låg påverkan av mänskliga aktiviteter. Ett sådant lager kan i varierande grad och långvarighet fungera som skyddande barriär eller fördröjande barriär för grundvattnet. Det handlar alltså inte om helt täta jordlager, som ordet antyder. För att jordlagret ska uppnå ett långvarigt skydd krävs ett mäktigt lager, i synnerhet av lera. Storleken på mäktigheten varierar från område till område, men den får inte understiga den teoretiska nivån för torrskorpelera samt trädrötter. Det kan räcka med mindre mäktiga jordlager för kortvarigare föreningsbelastningar. Sådana belastningar kan exempelvis vara punktutsläpp från trafikolyckor. Då krävs emellertid sanering och jordlagret kan ses som fördröjande snarare än långvarigt skyddande. Förutom jordlagrets fraktion kan ett optimalt tryckförhållanden ha en skyddande effekt. Vid ett uppåtriktat flöde av grundvatten kan en miljö skapas där föroreningar inte kan transporteras ner till det underliggande grundvattnet. Det största täta jordlagret, som är beläget i magasinets södra del, har ett grundlager med jordarterna glacial finlera, postglacial sand och mossetorv (Bovin et al., 2015).

3.1.2 Jordens genomsläpplighet

SGU har tagit fram data för genomsläppligheten i marken kring Östad grundvattenmagasin. Resultatet presenteras i tjänsten kartvisaren där genomsläppligheten klassas enligt kategorierna hög, medelhög, låg eller ej bedömd (SGU, u.å.). Denna klassning är förenklad då resultat enbart baseras på kornstorleken hos jordlagret. För att få en fullständig bedömning kring en jordarts genomsläpplighet krävs bland annat aspekterna topografi, grundvattennivå, mättnadsgrad och viskositeten hos det utsläppta ämnet. Figur 5 ger därmed ingen fullständig bedömning av genomsläppligheten, men anses här tillräcklig.

Figur 5.

Kartbild över markens genomsläpplighet i området.



Kommentar: Hämtad från SGU:s (u.å.) kartvisare "Genomsläpplighet".

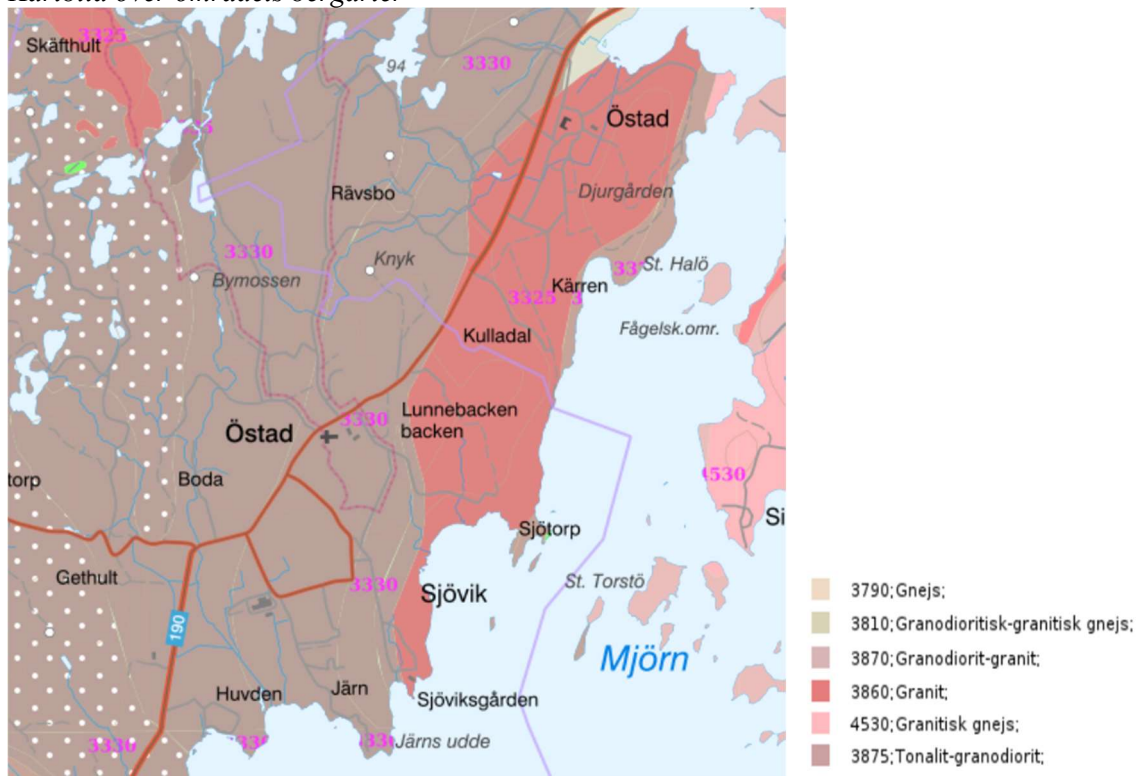
3.2 Berggrund

Det undersökta området ingår i den Svekonorvegiska orogenesis vilken tillhör den sydvästsvenska gnejsregionen (Naturhistoriska riksmuseet, 2020a). De dominerande bergarterna i området är de magmatiska bergarterna granit samt granodiorit, en granitliknande intermediär djupbergart med en högre halt plagioklas än kalifältspat (Naturhistoriska riksmuseet, 2020b). I figur 6 illustreras granit i den östra delen av Östad, utmed nordvästra delen av Mjörn, med en röd-rosa färg medan den gråbruna färgen illustrerar en blandning av granit och granodiorit (SGU, u.å.), se figur 7.

I området Östad är berggrundsytan kraftigt bruten och den otäckta berggrundsytan uppgår till ca 6 kvadratkilometer (Lång & Persson, 2011). Genom interpolation av mätvärden från SGUs brunnarkiv har berggrunden i området en uttagsmöjlighet på 600-2000 l/h. Berggrundsnyvån där betydande grundvattenmängder förekommer varierar mellan ca 50 och 80 m.ö.h, jämförelsevis är Mjörn belägen 58 meter över havet. Det största bergsområde som framträder ur grundvattenmagasinet är Stora Knyk med en topp på ca 140 meter över havet.

Figur 6.

Kartbild över områdets bergarter



Kommentar: Hämtad från SGU:s (u.å.) kartvisare "Berggrund 1:50 000 - 1:250 000".

3.3 Hydrogeologi

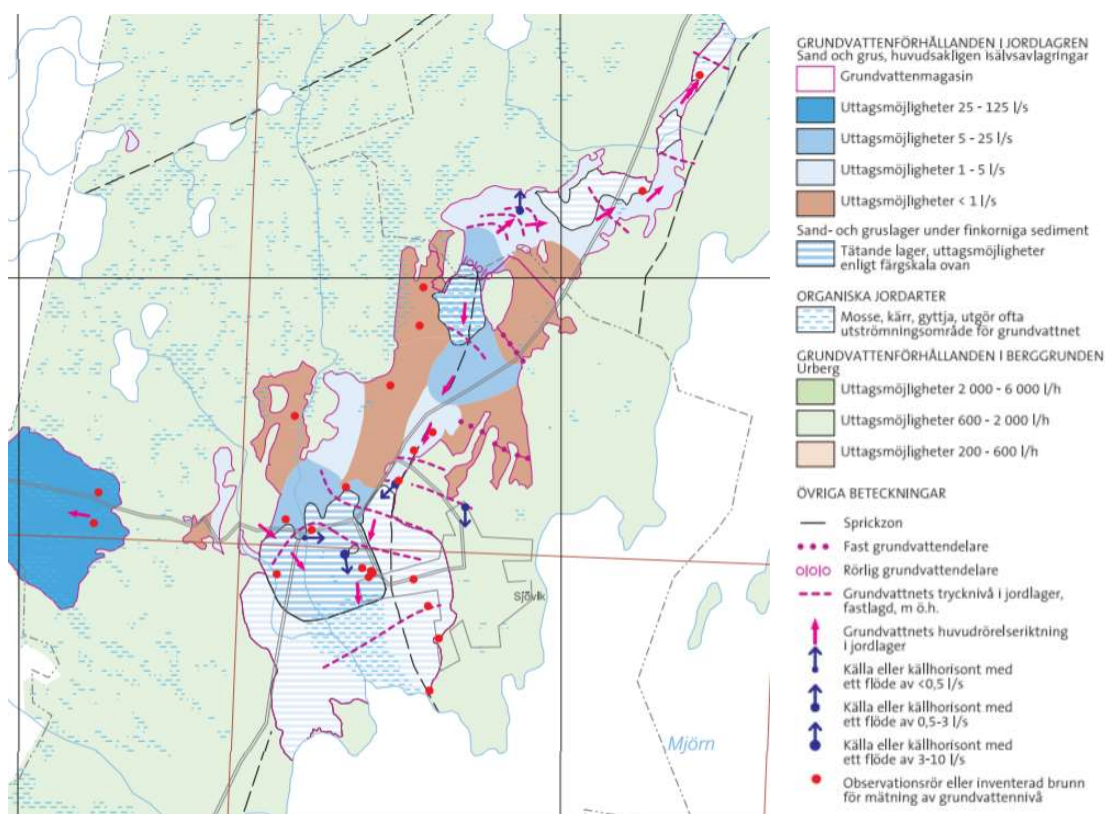
Med hydrogeologi menas studien av grundvatten. Hydrogeologi handlar om vattnets rörelse i mark och dess interaktion med omgivande jord och berg. I följande kapitel behandlas grundvattendelare, sprickzoner, samt hydrogeologi och hydraulisk konduktivitet i berg.

3.3.1 Grundvattendelare

Figur 7 visar SGU:s grundvattenkarta över Östads grundvattenmagasin. Kartan visar grundvattenmagasinets utbredning, uppskattade uttagbara mängder, flödesriktning samt placering av grundvattendelare.

Figur 7.

Kartbild över grundvattenmagasinets uttagningsmöjligheter



Kommentar: Grundvattenkarta över Östads grundvattenmagasin med uppskattade uttagningsmöjligheter. Utklipp ur publicerad karta av SGU för Lerums kommun (u.å).

I figur 7 kunde det iaktas att nederbörd kan nå Kollanda grundvattenmagasin, som ligger väster om Östad grundvattenmagasin. De hydrogeologiska förutsättningarna visar emellertid att inget vatten överförs mellan dessa magasin.

Figur 7 visar en rörlig grundvattendelare mellan höjden Stora Knyk och ett område benämnt som Knyk. Grundvattendelaren ligger i norra kanten av Skas mosse. En fast grundvattendelare existerar även öster om Stora Knyk i ett område med bedömda låga uttagningsmöjligheter. En grundvattendelare är en tänkt linje som markerar gränsen mellan två avrinningsområden. En grundvattendelare kan vara fast eller rörlig. En rörlig grundvattendelare innebär att vattendelarens läge kan variera, ofta beroende på variationer i grundvattennivå (Lång & Persson, 2011). Grundvattendelarna är placerade i det högsta belägna topografiska området i Östad. Den rörliga grundvattendelaren ligger på en höjd på 90 - 100 meter över havet, och vid den har de högsta nivåerna av grundvatten noterats (Lång & Persson, 2011). Landskapet sluttar tydligt ner på var sida av området för grundvattendelaren. Det innebär att nederbörd som faller på södra sidan av grundvattendelaren kommer bidra till tillrinningen och grundvattenbildningen som flödar i riktning mot Sjövik och ut i Mjörn. Nederbörd som faller norr om vattendelaren

kommer på samma sätt bidra till grundvattenflödet i riktning mot Östad Säteri. Lång och Persson (2011) betraktar dock grundvattenmagasinet båda sidorna av grundvattendelarna som delar av ett enda sammanhängande magasin.

3.3.2 Hydrogeologi i berg

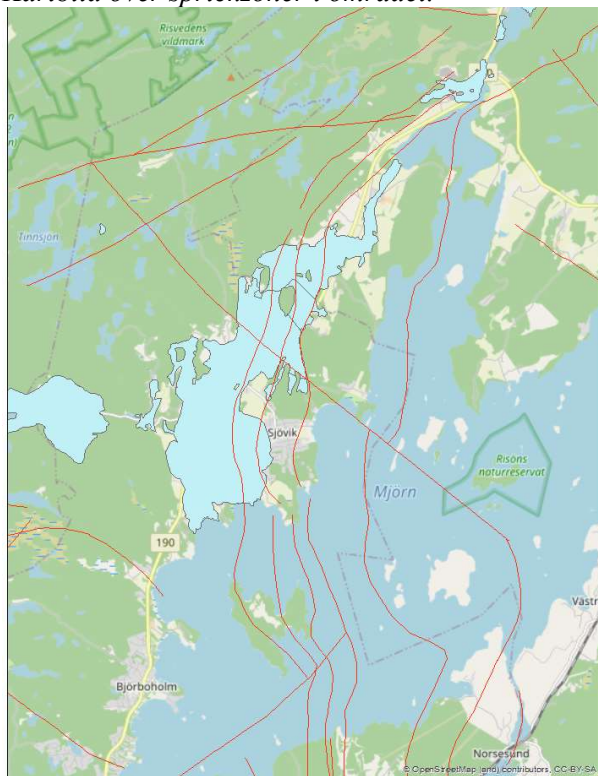
Det vanligaste sättet för vatten att nå berggrunden är genom perkolation, d.v.s. infiltration genom jordlager (Sundqvist et al., 2009). De mest avgörande egenskaperna för att uppnå perkolation är en hög genomsläpplighet i jorden samt en riklig sprickighet i berggrundens övre delar. En vidare spridning efter att det eventuellt förorenade vattnet nått berget menar Sundqvist beror på egenskaper hos föroreningen, kemin hos grundvattnet samt hydrogeologiska förhållanden och egenskaper. De avgörande hydrogeologiska kvaliteterna är bland annat bergets hydrauliska konduktivitet, förekomst av sprickzoner och djupet från markytan.

3.3.2.1 Sprickzoner

I en rapport utfärdad av Naturvårdsverket utforskas bergets sprickor och dess betydelse för grundvattnet av författarna Sundqvist m.fl. (2009). I rapporten påtalas att en sprickzon som når bergöverytan och har en särskild topografi kan transportera vatten längs med sprickriktningen långa sträckor. Sprickor uppkommer när jordskorpan utsätts för rörelser och krafter. Dess riktning beror på belastningar och processer som uppkom när bergarten bildades. Granit och gnejs (som återfinns i det område som utforskas, se figur 6) är massformiga bergarter. Detta innebär att bergartens textur har en slumpmässig orientering och fördelning. I dessa bergarter är spricksystemet ofta regelbundet och därför kan man se två eller tre olika huvudsprickriktningar. I bergarter med utpräglad orientering av mineralerna, som exempelvis skiffer, återfinns den dominerande sprickriktningen parallellt med denna riktning. Sprickornas riktning har stor betydelse, både för strömningen av grundvattnet och för magasineringen. Branta sprickor möjliggör hög infiltration, flacka sprickor innebär en lägre strömning (Sundqvist et al., 2009). Sprickornas utbredning illustreras i figur 8.

Figur 8.

Kartbild över sprickzoner i området.



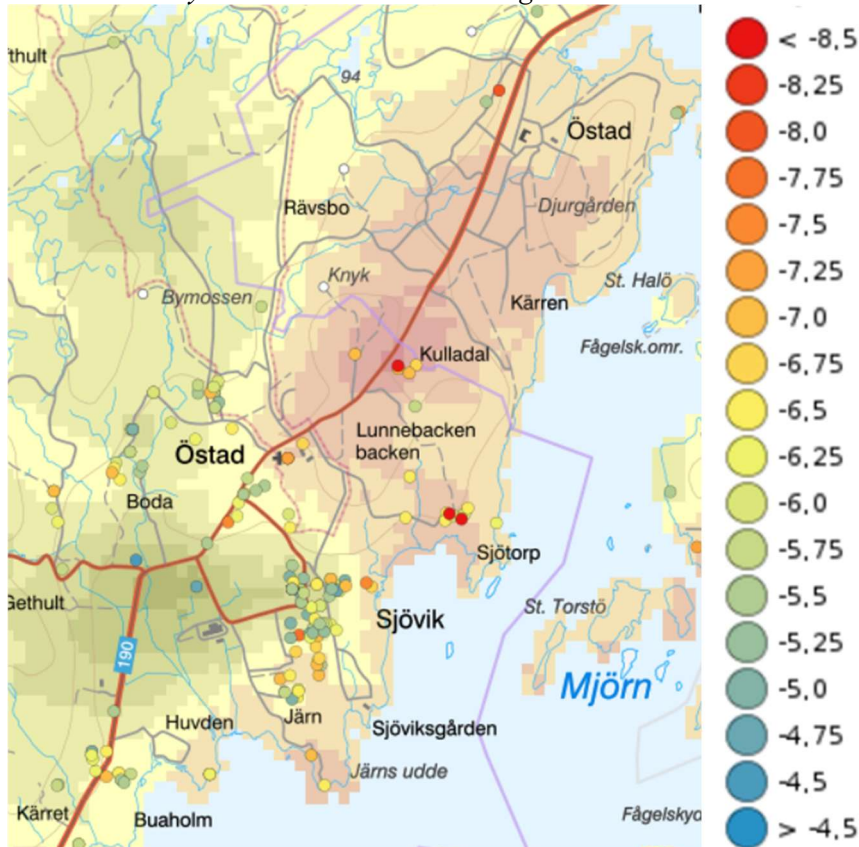
Kommentar: Sprickzoner illustreras i rött. Grundvattentillgångar illustreras i turkos. Hämtad från GIS-material "Berggrund", se Bilaga B.

3.4.2.2 Hydraulisk konduktivitet i berg

SGU har beräknat och dokumenterat den hydrauliska konduktiviteten för en viss delmängd av svenska bergbore brunnar (SGU, 2021). Brunnarna finns i SGU:s Brunnarkiv och en interpolation har utförts för brunnarnas värden vilket lett till ett slutresultat med punktvärden som är presenterade i Kartvisaren. Dessa resultat representerar den hydrauliska konduktiviteten i berg för ett markdjup på 100 meter. För den mest ytliga delen av berggrunden kan ofta inget resultat fås då brunnarna i regel är tätade med foderrör. Hydraulisk konduktivitet har enheten K (m/s). Data finns för hydraulisk konduktivitet i berg för ett antal punkter inom området för Östaddeltat. SGU:s Kartvisaren visar beräknad hydraulisk konduktivitet (log10K).

Figur 9.

Kartbild över hydraulisk konduktivitet i berg.



Kommentar: Hämtad från SGU:s (u.å.) kartvisare "Hydraulisk konduktivitet i berg (1:100 000)".

Grundvattnets flödesriktning följer sprickriktningen i urberget (se figur 8 och figur 9), vilket bör medföra att delar av grundvattnet transporteras via sprickor i berget. I figur 9 kan det observeras höga värden (röda punkter) för konduktivitet i punkt nordväst om kartnamn "Östad" samt väst om kartnamn "Kulladal" och punkt nordväst om kartnamn "Sjötorp". Dessa punkter befinner sig i en huvudsprickzon vilket mest troligt förklarar den höga konduktiviteten.

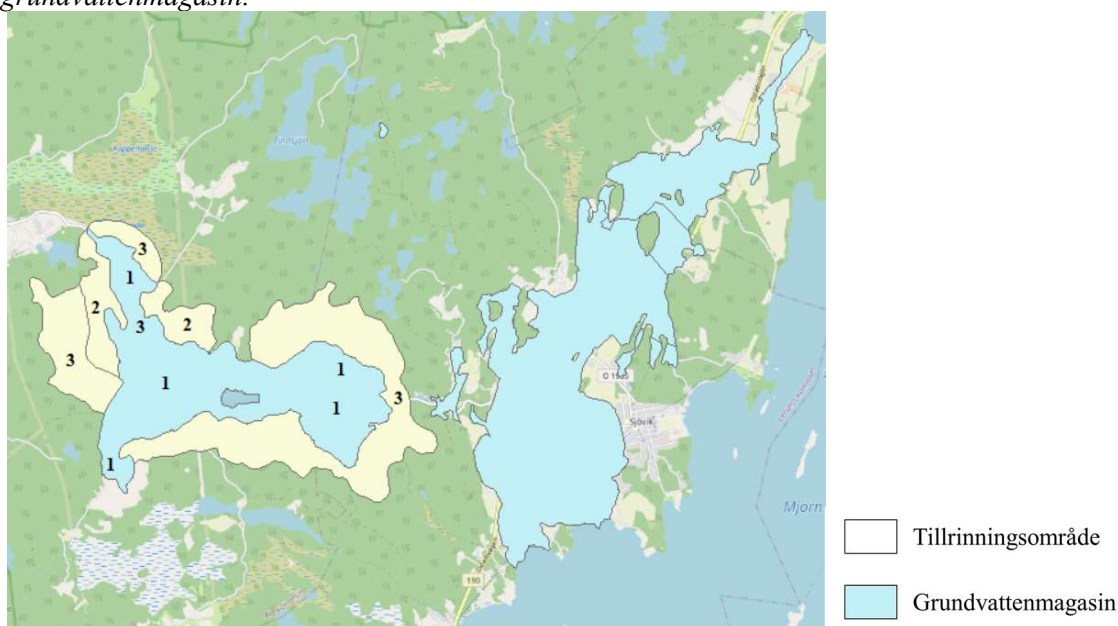
3.4 Hydrologi

Med hydrologi menas läran om vattnets transport över mark och terräng. Hydrologi innehåller vattnets fördelning, egenskaper, förekomster och kretslopp. Dagvattnets transport och uppsamling kan beskrivas i termerna avrinningsområde och tillrinningsområde (Länsstyrelsen, u.å.). Ett avrinningsområde innefattar både mark- och vattenyta som samlar upp nederbörden som når grundvattenmagasinet. Tillrinningsområdet beskriver avrinningsområdet minus arean av vattnet. Vid nederbörd på ett uttalat tillrinningsområde, kan alltså dagvatten ledas till grundvattenmagasinet.

I det undersökta materialet i GIS (se bilaga B) ingen kartlagd information om tillrinning för Östads grundvattenmagasin. Däremot finns det information om tillrinningsområdet för ett magasin beläget väster om Östad, Kollanda grundvattenmagasin. Det ljusa lagret i figur 10 illustrerar tillrinningsområdet för Kollanda grundvattenmagasin.

Figur 10.

Kartbild över tillrinningsområden för Kollanda grundvattenmagasin samt visar Östads grundvattenmagasin.



Kommentar: Hämtad från GIS-material, "Grundvattenmagasin", se bilaga B.

Figur 10 tas med för att den på ett tydligt sätt demonstrerar klassificeringen av magasinets tillrinningsområde. Tillvägagångssättet av klassificeringen kan omvandlas till teori och överföras på Östad grundvattenmagasin. Vidare kan detta nyttjas i riskbedömningen. Figur 10 visar siffror för varje tillrinningsområde. Dessa siffror innebär en viss klassificering av tillrinningsområdet.

SGU (2019) har en indelning av tillrinningsområden. Denna indelning grundar sig i hur effektiv tillrinningen är. Därmed har 3 klasser skapats för att urskilja områdena.

- **Primärt tillrinningsområde (1)** - Denna klassning innebär den mest effektiva tillrinningen. Området är placerat ovan magasinet och har en tillrinning som innebär att hela eller en dominerande andel av nederbörden når magasinet. Med en dominerande andel avser SGU minst 80 procent.
- **Sekundärt tillrinningsområde (2)** - Denna klassning innebär att hela eller en dominerande del, tillförs till magasinet. Klassningen omfattar delar av området som är belägna utanför grundvattenmagasinet.
- **Tertiärt tillrinningsområde (3)** - Denna klassning innebär att en kontinuerlig ytvattendränning sker och där det i allmänhet enbart tillförs en mindre del av nederbörden till grundvattenmagasinet. Med en mindre del avser SGU, mindre än 80 procent. Denna klassning brukar emellertid vanligtvis tillföra mellan 5 och 20 procent.

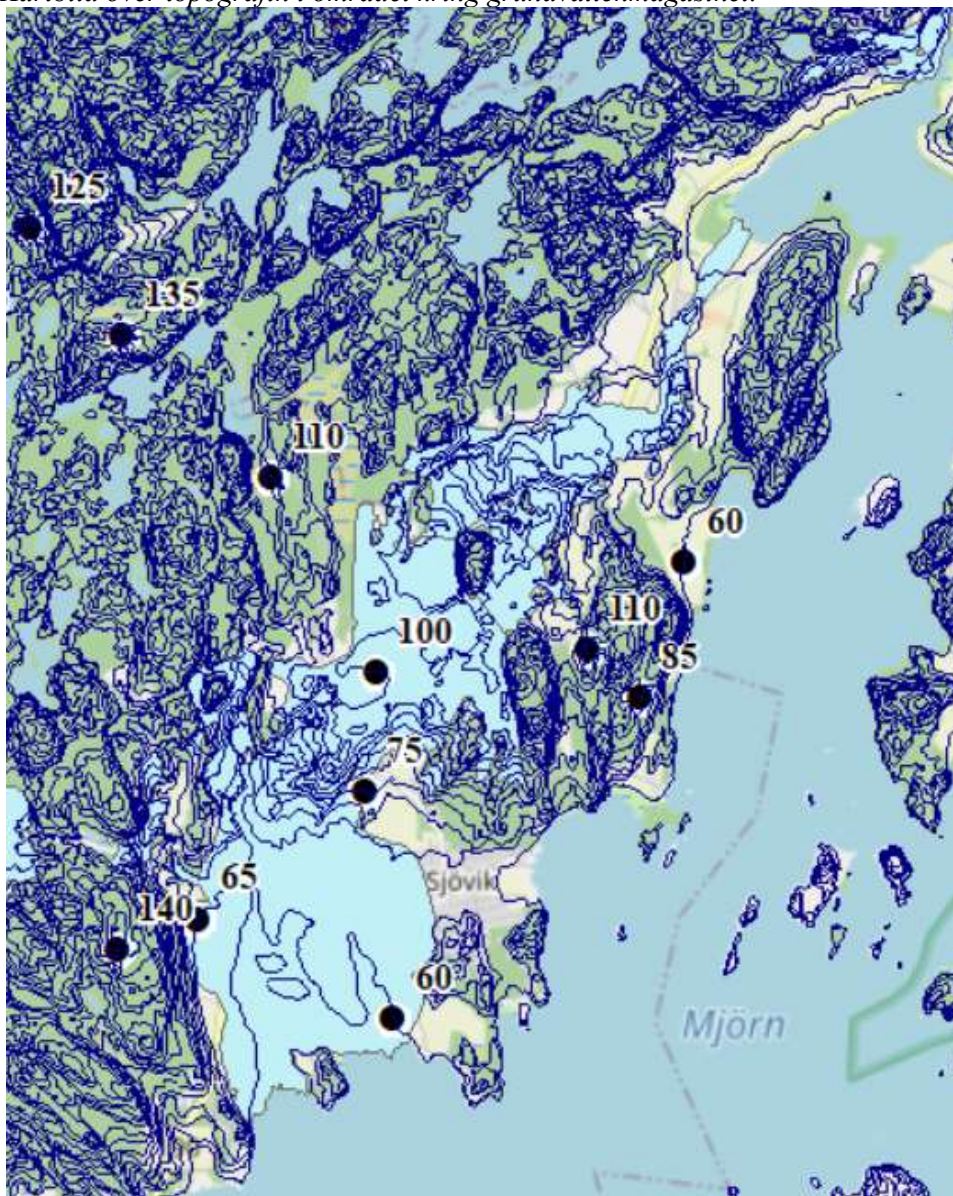
3.4.1 Topografi

Det undersökta materialet i GIS visade som tidigare diskuterats ingen tydlig bild över tillrinning eller avrinning för Östads grundvattenmagasin. För att få en bild över ytvavrinningen i området observeras områdets topografi, se figur 11.

Topografin illustrerad i figur 11 visar att grundvattenmagasinet ligger i en sänka omgiven av berg. Magasinets lägsta punkt finns i magasinets södra del, i närheten av Sjöviks samhälle. Dagvatten transporteras från de högre punkterna, från bergsmiljön ner till magasinet. I magasinets södra del finns ett förtätande jordlager, se figur 4. Detta gör att det området ej bör vara lika påverkat av hydrologin. Området kring grustäkten, är en öppen akvifer och har därför större påverkan av föroreningar som kan transporteras hydrologiskt.

Figur 11.

Kartbild över topografin i området kring grundvattenmagasinet.



Kommentar: Hämtad från GIS-material "Terrängkarta", se bilaga B.

4. Riskinventering

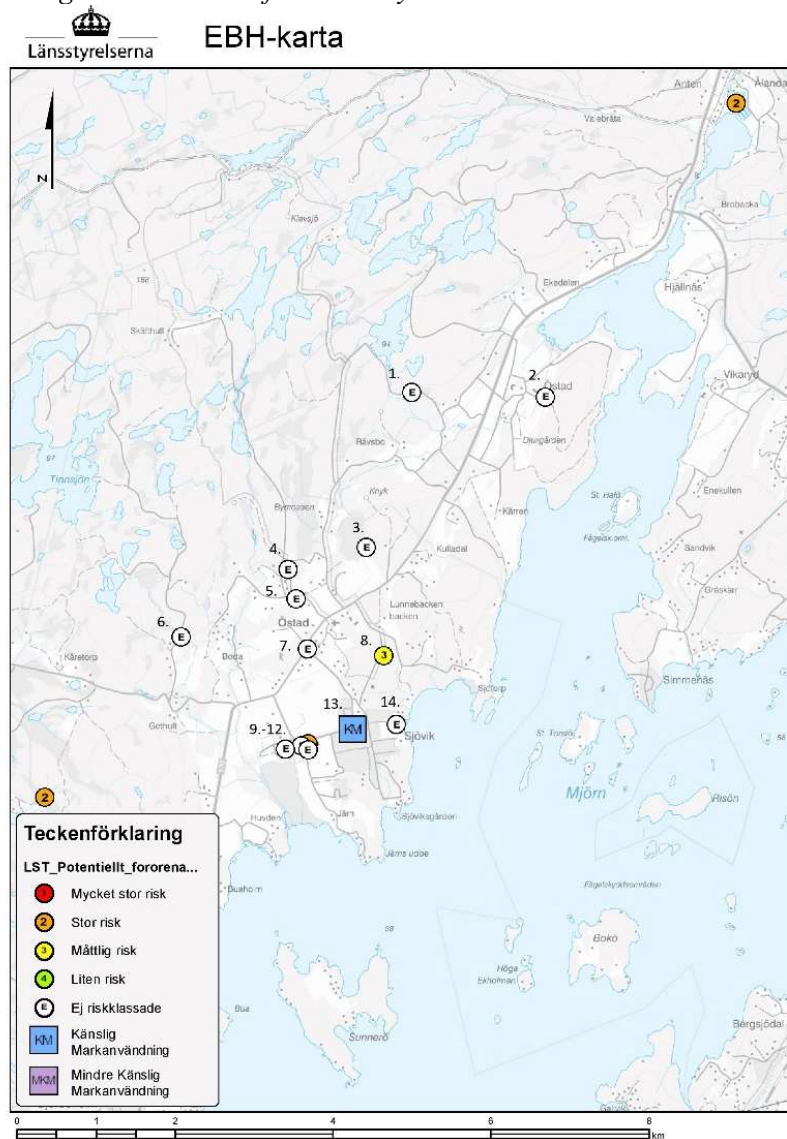
Med riskinventering menas dokumentering och kartläggning av objekt och händelser som skulle kunna utgöra ett hot för grundvattenmagasinet i Östads. En viktig källa för identifiering av riskobjekt är Länsstyrelsens EBH-stöd som innehåller platser med konstaterad eller misstänkt förorenad mark (Länsstyrelsen, u.å.b). EBH-stödet och information hämtad från databasen presenteras separat. Riskinventering tar även stöd av dokumentering från fältundersökning utförd i området, även den huvudsakligen utförd utefter objekt beskrivna i EBH-stödet. Dokumentation från fältundersökningen presenteras i ett eget kapitel. Därefter beskrivs utförlig information om alla riskobjekt som identifierats för Östads grundvattenmagasin.

4.1 EBH-stödet

Enligt Länsstyrelsens EBH-karta kan ett antal platser med misstänkt eller konstaterad förorenad mark identifieras i området kring Östads grundvattenmagasin. Dessa är markerade i figur 12. EBH-stödet, där EBH-kartan ingår, är Länsstyrelsens databas över potentiella och konstaterade förorenade områden (Länsstyrelsen, u.å.b).

Figur 12.

Utdrag ur EBH-kartan från Länsstyrelsen.



Kommentar: Objekt i EBH-stödet har nummerats för enklare identifiering. Mer detaljerad karta för urskiljning av objekt 9–12 återfinns i bilaga C. Bearbetad utskrift från Länsstyrelsen (u.å.b).

Länsstyrelsen använder sig av riskklassmetoden MIFO för att klassificera områden (Naturvårdsverket, 2021a). Med metoden MIFO klassas en plats i någon av fyra riskklasser. Riskklass 1 innebär mycket stor risk, och riskklass 4 innebär liten risk. Riskklassningen görs ofta med intervjuer, platsbesök och arkivmaterial som underlag. Det är inte alltid prover tas på platsen. Syftet med riskklassningen är enligt Naturvårdsverket (2021a) att göra ”en översiktlig bedömning av de risker för människors hälsa och miljön som det förorenade området kan innebära idag och i framtiden”. Den är också ett sätt att avgöra vilka områden som ska prioriteras. Många områden avskrivs efter utredning.

Majoriteten av platserna dokumenterade i EBH-stödet i området kring Östads grundvattenmagasin är dock inte riskklassade enligt MIFO, utan i stället enligt branschklasser. Klassning av områden i branschklasser görs enligt Naturvårdsverket (2021a) som ett första steg innan en riskbedömning genomförs enligt MIFO. En branschklass är den generella riskklassen för en viss bransch eller verksamhet. Klassningen utförs baserat på *Branschlistan* (Naturvårdsverket, 2020b). Det finns fyra branschklasser, där branschklass 1 är högst och branschklass 4 lägst på riskskalan.

En sammanställning av all information i EBH-stödet kring de områden som pekas ut i figur 12 redovisas i tabell 7. Tabellen innehåller information om ID-nummer, objektets status, eventuellt benämnd förorening samt bedömd riskklass eller branschklass.

Tabell 7.

Sammanställning av information för objekt numrerade i figur 12.

Objekt	ID-nummer	Beskrivning av objekt	Status	Aktuell förorening	Riskklass eller branschklass
1.	161163	Skjutbana, Östads Jakttskytteklubb. Bilvårdsanläggning, bilverkstad samt åkerier beskrivs som sekundär bransch.	Identifiering avslutad - ingen åtgärd	Förorenade skjutvallar.	Branschklass 3
2.	161181	Privat avfallsdeponi Östads säteri. Bedömd mängd, föroreningsgrad och spridningsrisk förhållandevis låg.	Åtgärdad. Området har efter avslutad verksamhet täckts med jord- och lermassor.	Främst hushållsavfall från säteriets byggnader och bostäder. Kan även ha varit från fastigheter som är avstyckade från säteriet.	Branschklass 2
3.	156092	Skjutbana; Östad skytteförening.	Inventering avslutad - ingen åtgärd	Förorenade skjutvallar.	Branschklass 3
4.	156135	Hoppets Bilservice; bilvårdsverkstad, bilverkstad	Identifiering avslutad - ingen åtgärd	Motorolja och kylarvätska	Branschklass 3
5.	156114	Nedlagt sågverk (utan dopping/impregnering), senare trävaruaffär	Identifiering avslutad - ingen åtgärd		Branschklass 4
6.	156113	Fåglaryd sågverk, sågverk i liten skala (utan dopping/impregnering)	Identifiering avslutad - ingen åtgärd		Branschklass 4
7.	156109	Butik med bensinstation.	Identifiering avslutad - ingen åtgärd	Petroleumprodukter; olja, diesel, bensin. Prover tagen från intilliggande brunn visade ej på förorening i vatten (år 2008)	Branschklass 2

8.	156200	Industrideponi	Identifiering avslutad - ingen åtgärd	Industriavfall, bl.a. Säckar med färgämnen, dunkar, tunnor mm.	Riskklass 3
9.	156175	Före detta betong- och cementindustri, även skrothantering och skrothandel på platsen. Betongdeponi.	Identifiering avslutad - ingen åtgärd. Miljöteknisk markundersökning utförd, bifogad i EBH registret. Ingen större förorening eller påverkan på vatten hittades.	Petroleumprodukter, PAH	Branschklass 3
10.	156143	Sjöviks servicecenter; Nettbuss bussdepå.	Identifiering avslutad - ingen åtgärd	Miljöteknisk markundersökning har utförts och finns bifogad i EBH registret. Ingen större förorening eller påverkan på vatten hittades.	Branschklass 3
11.	156097	Miljöstation, med farligt avfall.	Delåtgärd avslutad. 5 ton oljeförorenade massor från 10 meter dike schaktades bort.	Oljeföroreningar i mark har konstaterats; Alifatiska kolväten.	Riskklass 2
12.	194662	Lagring av kreosotstolpar för järnvägsunderhåll	Identifiering avslutad - inventering ej påbörjad.		Branschklass 2
13.	156073	Bensinstation Gulf, känslig markanvändning.	Åtgärd avslutad; sanering till riktvärde för känslig markanvändning med undantag en punkt vid förrådsbyggnad.	Alifatiska kolväten och aromatiska kolväten.	Riskklass 2
14.	156211	Sjöviks avloppsreningsverk	Identifiering avslutad -- ingen åtgärd		Branschklass 4

Kommentar: Sammanställningen av information är baserad på ett antal dokument kopplade till objektens ID-nummer, från begärt utdrag ur EBH-stödet. Mejlkonversation med utdrag finns i författarnas ägor.

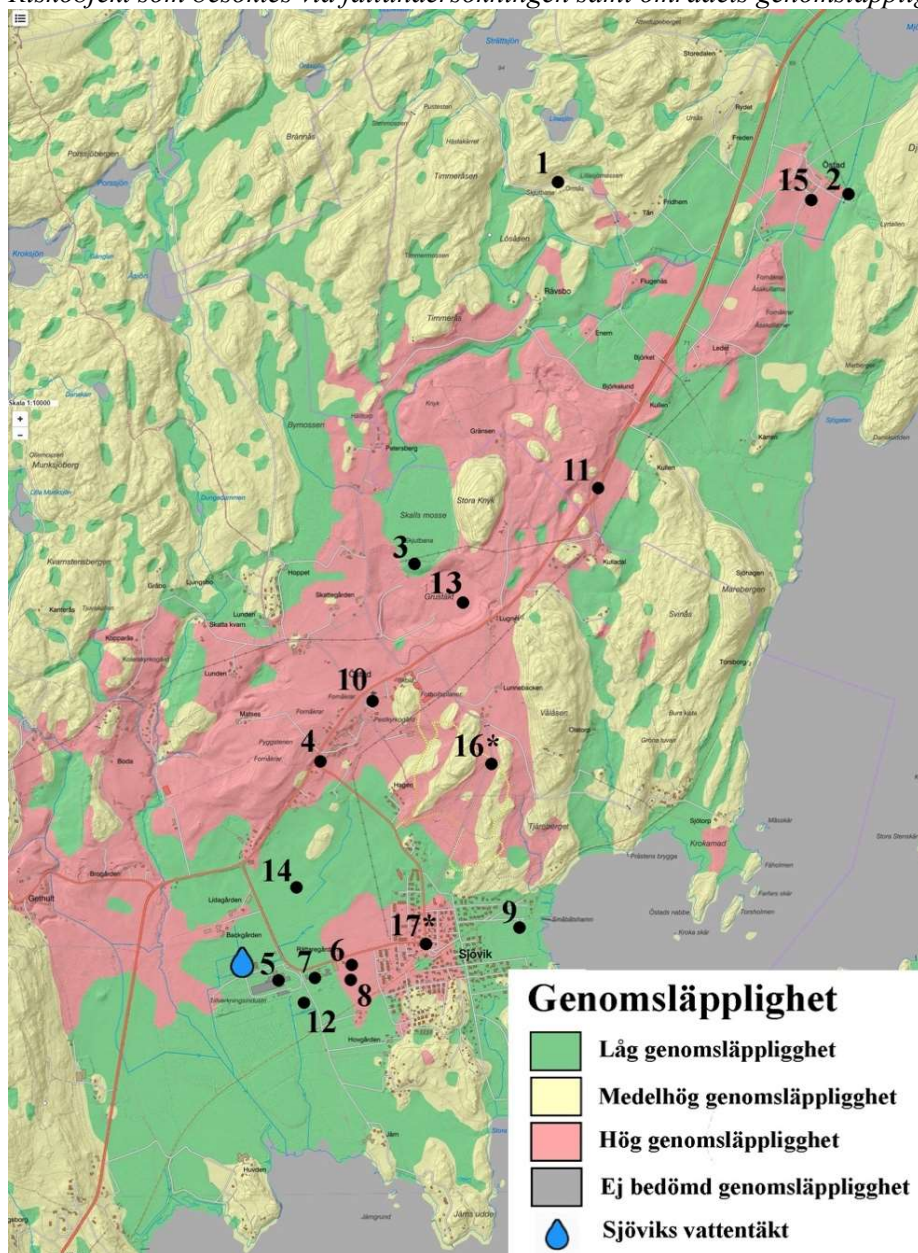
4.2 Fältundersökning

Fältundersökningen utfördes den 24 april 2021. De platser som besöktes är markerade i en karta över områdets genomsläpplighet, se figur 13. Fältundersökningen utfördes till stor del baserat på informationen i tabell 7 gällande platser som misstänks eller har konstaterats kunna ge upphov till förorening i mark.

Vid fältundersökningen gjordes ett besök vid Sjöviks vattenverk och den närliggande brunnen som tidigare beskrivits i kapitel 1.3.3. Vattenverket ligger direkt intill Hampes väg, och är en liten byggnad. Betongfabriken ligger strax bakom vattenverket och brunnen. Brunnen ligger ca 10 m bakom huset. Den är inhägnad, med ca 5x5 m staket.

Figur 13.

Riskobjekt som besöktes vid fältundersökningen samt områdets genomsläpplighet.



Kommentar: De numrerade objekten beskrivs utförligare i tabell 8. En ny numrerings av riskobjekt har utformats, skild från den presenterad i figur 12 och tabell 7. Modifierad karta. Hämtad från SGU:s (u.å.) kartvisare "Genomsläpplighet".

Tabell 8 innehåller en sammanställning av den information som samlats in kring de riskobjekt som undersöktes vid fältundersökningen. Tabellen presenterar beskrivning av undersökta objekt, objektens observerade status samt kommentar med relevanta observationer från fältundersökning.

Tabell 8.

Sammanställning av information insamlad under fältundersökning den 24 april 2021 i Östad.

Objekt	Beskrivning av objekt	Status	Kommentar
1.	Skjutbana (bilvårdsanläggning, bilverkstad samt åkerier)	Aktiv skjutbana. Ingen bilvårdsanläggning/verkstad funnen på plats.	Modern skjutvall med hänsyn till föroreningar.
2.	Privat avfallsdeponi vid Östads säteri. Bedömd mängd, föroreningsgrad och spridningsrisk förhållandevis låg.	Åtgärdad. Området har efter avslutad verksamhet täckts med jord och lermassor.	Deponin är bekräftat övertäckt och inga spår av avfall finns på plats.
3.	Skjutbana; Östad skytteförening.	Aktiv skjutbana, men ser ej ut att användas ofta.	Ligger i anslutning till grustäkt, på Skalls mosse. Medelhög genomsläpplighet i skjutriktning/vall.
4.	Hagströms handelsbutik och bensinstation.	Aktiv butik samt bensinstation.	Kuperat område. Sluttar ner från vägen och bensinstationen till markområde med jordbruk, sankmark och bäckar. Därav risk för spridning av förorening. Dock finns brunnar i direkt anslutning till pumparna.
5.	PEAB betong- och cementindustri. Ägs nu av skrotföretag.	Företaget Skrotfrag i Sjövik Handelsbolag aktivt på plats.	Stort område. Asfalterad eller grustäckt yta. Lagring av betongstolpar/balkar, samt metall syns.
6.	TDL Entreprenad AB	Aktiv.	I området syns omfattande verksamhet med lagring av maskiner, diverse olika material och jord/grus. Oklar omfattning. Ser inte särskilt välstädat ut.
7.	RA-bilservice och Bil och maskinservice Sjövik.	Garagebyggnader för biltvätt och verkstad aktivt på platserna.	Tomten är mestadels asfalterad. Tankvagn parkerad bredvid garage. Ser välstädat ut. Ska ha funnits en miljöstation med farligt avfall på tomt men denna kunde ej identifieras på plats.
8.	Lagring av kreosotstolpar för järnvägsunderhåll. Fastigheten ägs av Törnells maskinuthyrning.	Oklart om lagring av kreosotstolpar fortfarande sker på plats, dock lagring av annat material.	Plan grusig yta som används för lagring av diverse material, bl.a. lagring av betong- och stålbalkar, betongrör, maskineri, däck mm. Inga trästolpar identifierades dock. Markområdet ser schaktad ut. Hög genomsläpplighet i området.
9.	Sjöviks avloppsreningsverk	Aktiv	I anslutning till småbåtshamn. Liten röd byggnad. Tank med frätande ämne (järnklorid) finns inom instängslat område. Står på betongplatta som skydd. Eventuellt hot.
10.	Östads kyrka och kyrkogård	Aktiv	En del koppardetaljer på tak och kyrktorn. Stark sydlig lutning av topografi noterad. Hög genomsläpplighet i området enligt karta.
11.	Väg 190	Aktiv. Sträcker sig genom hela grundvattenområdet. Vissa delar anses mer kritiska än andra.	Hastighetsgräns är 70km/h med undantag på en sträcka mellan bensinstation och Östads kyrka. Vägräcken saknas. Sträcker sig längs grustäktens krön och bredsida ca 500m vilket gör att grustäkten kan utgöra ett större hot vid eventuell trafikolycka eller spill. Vägen ligger till stor del på mark med hög genomsläpplighet.

12.	Västra Götalands Husvagnsskrot AB	Aktiv verksamhet.	Stor inhägnad gruslagd yta där husvagnar för skrotning förvaras.
13.	Östads sten- och grustäkt	Ej aktiv grustäkt, dock identifierades annan aktiv aktivitet.	Relativ öppen och stor grustäkt, med isälvs sediment synligt i majoritet av området. Ingen jordmån, mossor och ungtallar växer på större delen av den uppbrutna marken i täkten. Aktivitet noterad i form av några rostiga märkta metalltunnor och diverse skräp, samt en aktiv vildsvinsätel med tillhörande vakkoja på plats. Schaktmassor och upplag av material observerat. Angränsar till väg 190. Grustäkten ligger i mark med hög genomsläpplighet enligt figur 13, även extra genomsläppligt pga. brist på jordmån.
14.	Jordbruk	Aktiv.	Jordbruk med aktivt brukad mark syns på många ställen i området, se figur 20 i kapitel 4.3.7 (Jordbruk och Djurhållning) för översiktlig jordbrukskarta. Riskobjektet kan ej lokaliseras till endast en plats.
15.	Djurhållning Östad säteri	Aktiv verksamhet, omfattande djurhållning (hästar).	Djurhållning ser välkött ut. Frågor kring gödselhantering, då Östads säteri ligger i ett nitratkänsligt område. Lagring av gödsel på platta observerades. Även en trasig konstruktion för lagring av gödsel observerades (flytgödselbehållare). Fältundersökning har gjorts på Östad säteri vilket är största verksamheten för djurhållning i området, se figur 21 i kapitel 4.3.7 (Jordbruk och Djurhållning) för översiktlig djurhållningskarta. Riskobjektet kan ej lokaliseras till endast en plats.
16.*	Industrideponi	Åtgärdad. Ingen deponi har lokaliseras i området. Antas åtgärdad genom flytt.	Sades vara Industriavfall, bl.a. Säckar med färgämnen, dunkar, tunnor mm. Då det ej lokaliseras utgör det därav inget hot.
17.*	Bensinstation Gulf; känslig markanvändning.	Åtgärdad. Ny bebyggelse på plats	Bensinstation nedlagd och riven och bostäder har byggts på tomten. Inget kvarstående hot som kan upptäckas på området. Området räknas som känslig markanvändning.

Kommentar: Beskrivningen av objekten är i många fall baserad på beskrivningen i EBH-stödet (Länsstyrelsen, u.å.b). Övrig information är baserad på författarnas egna observationer.

** riskobjekt som efter utförd fältundersökning inte bedöms relevanta att ta med i riskanalysen då dessa anses åtgärdade.*

4.3 Beskrivning av riskobjekt

I detta avsnitt beskrivs potentiella föroreningskällor i området kring Östad. Korta resonemang förs kring *sannolikheten för utsläpp* i det studerade området och förekomsten av *lokala förutsättningar och barriärer* på platsen. Dessa går att finna i kursivt i slutet på beskrivningen av varje riskobjekt.

Observera att beskrivna riskobjekt ej är en fullständig lista för Sjövik och Östad, utan istället syftar till att belysa en samlad bild av de större hot som finns att undersöka i området. De riskobjekt och möjliga hot som studeras i området är:

- *Trafik och vägar*
- *Grustäkt och aktivitet vid grustäkt*
- *Skjutbana*
- *Betong och cementindustri*
- *Kyrkogård*
- *Jordbruk och djurhållning*
- *Avfallshantering och deponi*
- *Avloppshantering och reningsverk*
- *Radon*
- *Kreosot*
- *Bilverkstäder och bensinstation*
- *Småbåtshamn*
- *Husvagnsskrot*
- *Sabotage, krig och kris*
- *Klimatförändringar*

4.3.1 Trafik och vägar

För att få en överblick över föroreningar kopplade till vägar och trafik i området kan föroreningsutsläpp, enligt Trafikverkets (2011) *Handbok i Yt- och Grundvattenskydd*, delas in i tre huvudsakliga kategorier:

- kontinuerliga utsläpp i form av slitage och vittring från väg samt vittring och avgasutsläpp från fordon
- temporära utsläpp i form av vägskötsel som till exempel halkbekämpning
- enstaka olyckor eller spill.

Kontinuerliga utsläpp från trafiken och vägbanan kan med olika grad transporteras med vägdagvattnet och vidare ner i diken, stödremsan eller vägbanken där dem oftast avsätts och ackumuleras. De kan även orsaka förhöjda föroreningshalter i grundvattnet vid hög genomsläpplighet. Till kontinuerliga emissioner från väg kan man räkna ämnen från luftföroreningar och avgasutsläpp som metaller, organiska ämnen och kväveföreningar, även under korrosion och slitage av både fordon och vägbanan tillkommer föroreningar i form av metaller, färg, mikroplaster, stenmjöl, asfalt, gummi med mera (Trafikverket, 2020).

Vid kontinuerliga utsläpp förs merparten av föroreningarna bort via luften, vid nederbörd och en övervägande del avsätts inom några meter från vägen. Farliga ämnen, för både människor och miljö, som kan spridas på grund av fordonsslitage är tungmetaller (koppar, zink, bly och kadmium) och dessa utgör ett hot för grundvattnets kvalitet. Vid slitage som uppkommer mellan däck och vägbanan kan även miljöfarliga och cancerogena kolväten (PAH) släppas ut, vilket också utgör ett hot för grundvattnet (Trafikverket, 2011).

Enligt Trafikverkets handbok om *Yt- och Grundvattenskydd (publikation 2020:171)* beskrivs hur halkbekämpning har en stor förebyggande roll när det kommer till olyckor, samt underlättar särskilt för tunga fordon att ta sig fram under vintertid men leder dock till en del negativa effekter som kan påverka grundvattnet. Då det främsta ämnet som används vid halkbekämpning är vägsalt (natriumklorid) leder detta till en ökad korrosion på fordon och vägräcken, men även en ökad kloridhalt i grundvattnet, då vägsaltet sprids längre från vägkanten och djupare ner i marken än vad exempelvis tungmetaller gör (Trafikverket, 2020).

Utsläpp som sker via olyckor och spill kan vara förrädiska för ett grundvattenmagasin ifall det sker på mark med hög genomsläpplighet, och där inte tillräcklig sanering hinner utföras innan föroreningen har infiltrerats ner i marken. Det är olyckor och spill från speciellt tunga fordon som utgör de största konsekvenserna för yt- och grundvattnet. Vanligt förekommande spill är exempelvis vid skada på tunga fordons bränsletank som sitter i utsatt läge samt kan släppa ut stora mängder bränsle (Trafikverket, 2020). Vidare kan olyckor och spill av transporter med ”farligt gods” utgöra stor skada på omgivande miljö och utgör ett stort hot för yt- och grundvatten, särskilt då transporten består av flytande ämnen. Enligt myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB, 2019) klassas ämnen som farligt gods då de exempelvis har brandfarliga, radioaktiva, explosiva, frätande eller giftiga egenskaper.

För att bedöma sannolikheten för att en olycka sker på en specifik väg kan rapporten *Vägledning om Yt- och grundvattenskydd* (Trafikverket, 2020) användas för att ge en översiktlig riskbild med hjälp av kategorisering utav olika sannolikhetsklasser. För en kvantitativ tillämpning av denna sannolikhetsmetod krävs kännedom om den betraktade sträckans längd och trafikmängd, sedan beräknas den teoretiska frekvensen för att en vägolycka sker som även ger ifrån sig utsläpp av miljöfarligt ämne. Vidare antas relevanta sträckor generellt ha en icke försumbar risk om årsmedeldygnstrafiken (ÅDT) för samtliga fordon överskrider 2000 eller om ÅDT för tunga fordon överskrider 200. Trafikverket (2020) beskriver vidare hur frekvensen beräknas:

Frekvensen av en olycka med tungt fordon som leder till utsläpp av miljöfarligt ämne (per år), f_{ou} , beräknas enligt:

$$f_{ou} = N * Q_{ou} * L * 365 * F$$

Där

N = antalet transporter (här väljs ÅDT_{tung})

Q_{ou} = olyckskvot med samtidigt utsläpp - antal/ fordonskilometer (här väljs $0,03 * 10^{-6}/\text{km}$)

L = konfliktsträcka, km

F = antal fordon per olycka (landsbygd = 1,5; tätort = 1,8) (Trafikverket, 2020, s.59).

I rapporten av Trafikverket (2020) beskrivs även hur frekvensvärdet f_{ou} kan korrigeras nedåt eller uppåt beroende på om den betraktade sträckans förhållanden anses vara gynnsamma eller ogynnsamma. En maximal korrigeringsfaktor görs av att värdet på f_{ou} reduceras eller höjas med en faktor av 2, detta om förhållandena är mycket gynnsamma respektive mycket ogynnsamma. Enligt rapporten har en konservativ ansats gjorts när frekvensformeln skapades vilket medför att det finns större utrymme att reducera än att höja frekvensvärdet. Efter korrigeringsfaktor på f_{ou} beräknas återkomsttiden, år, för en olycka med förorening enligt $a=1/f_{ou}$, vilket i sin tur motsvarar en sannolikhetsklass 0 (försumbar) till 5 (mycket hög).

Landsväg 190 sträcker sig över större del av grundvattenmagasinet från södra Östad till norra Östad, en sträcka på ca 9 km. Utöver landsvägen finns många mindre vägar som leder vidare in till exempelvis Sjövik, bostadsområden eller till villor och gårdar längs huvudvägen. En kvantitativ beräkning av sannolikhetsklass enligt ovan utförs endast för väg 190 då detta är den

primärt använda och största vägen, samt enda vägen i området med ett statistiskt underlag för ÅDT. Enligt Trafikverkets (u.å.) tjänst *vägtrafikflödeskartan* senaste statistik, från 2017, över mätningar på trafikflöden för väg 190 mellan södra Östad och norra Östad motsvarar ÅDT för samtliga fordon ca 2900 och för lastbilar alternativt tunga fordon ca 290. Enligt formel ovan beräknas primärt f_{ou} (frekvensen för vägolycka med utsläpp) inom betraktat område alltså med följande parametrar:

$$N = 290 \text{ ÅDT}_{\text{tung}}$$
$$Q_{ou} = 0,03 \cdot 10^{-6} / \text{km}$$
$$L = 9 \text{ km}$$
$$F = 1,5 \text{ (landsbygd)}.$$

Sträckans förhållanden har under platsundersökningen utvärderats och en del gynnsamma faktorer har kunnat konstateras. Faktorer såsom god sikt då området består av mycket jordbruk och reducerad hastighetsgräns från 70 km/h till 50 km/h vid mer tätbebyggd del och bensinmack. Vägsträckan har heller inga snäva kurvor som kan vara ogynnsamt. Med dessa faktorer korrigeras frekvensvärdet neråt med en faktor på 1,25 vilket ger ett värde $f_{ou} = 0,0343$. Frekvensvärdet ger i sin tur en beräknad återkomsttid på ca 29 år, för att en olycka med tungt fordon som leder till miljöfarligt utsläpp sker på vägsträckan. Detta motsvarar sannolikhetsklass 3 enligt Trafikverket (2020) och mer specifikt att sannolikheten för minst en olycka med utsläpp inom ett span på 50 år är mellan 39–92 %, vilket anses som en hög sannolikhet.

Sannolikheten att farliga ämnen släpps ut i samband med hotet "trafik och vägar" anses därför vara hög enligt den sannolikhetsklassificering som kvantitativa metoden ovan resulterat i. Med hänsyn till Trafikverkets kvantitativa metod samt denna rapportens egen sannolikhetsbedömning anses det därför vara möjligt att föroreningar inträffar på vägsträckan. De lokala barriärer och förutsättningar varierar stort utefter de 9 km av vägsträcka men generellt finns alltid öppna diken på båda sidor vägen. En del av de utsläpp som sker kontinuerligt, temporärt eller vid olyckor kommer fördelaktigt att stoppas från att spridas vidare med hjälp utav diken som barriär. Markens genomsläpplighet varierar stort längs vägsträckan men övervägande del av vägen ligger på mark med hög genomsläpplighet, därav anses det även sannolikt att spridning av förorening sker vid utsläpp.

4.3.2 Grustäkt

Grustäkter och schaktade ytor kan utgöra hot för grundvattnet då jordmånsprofilen försvinner och därmed gör marken mycket känslig för infiltration av föroreningar. Enligt en rapport om efterbehandling av täkter (Dagobert et al., 2006) som publicerats i Miljösamverkan Sverige framgår det vilka konsekvenser grustäkter brukar ge upphov till, exempelvis kan grundvattenbildningen öka för magasinet men dess vattenkvalitet försämras samtidigt. Vidare beskrivs hur borttagning av jordmånen även tar bort markens naturliga barriär i form av en process som adsorberar och bryter ner föroreningar. Ytterligare kan sänkning, dränering eller nivåändring av grundvattnet leda som konsekvens från den deformation av topografin som görs vid grustäkter.

Mer ingående förklarar Dagobert et al. (2006) att den naturliga barriären jordmånen är, är en mycket vital skyddsdel då den hjälper till att bryta ner föroreningar så som organiska ämnen samt binder de flesta metaller och fria joner högt upp i marken. Rapporten redogör även för följderna grundvattnet kan få ifall man vid nedläggning av grustäkten väljer att påföra ett lager av jordmassor direkt ovanpå den exponerade grusföljden, i tro om att detta åter ger ett direkt skydd. Följaktligen kan motsatt effekt uppnås då de påförda jordmassorna kan bidra till förhöjda halter av lösta organiska ämnen samt förhöjda halter av järn och mangan i grundvattnet. För att grundvattnet ska skyddas på bästa sett efter nedläggning av grustäkt bör därmed samma tidigare bortschaktad jordmån återföras och därefter plantering av skog. Likt kapitel 4.3.1, som

behandlar trafik och vägar, är föroreningar från läckage och spill även här något som alltid bör beaktas. Vid schaktarbeten finns alltid en risk att arbetsfordon läcker eller spiller bränsle eller hydraulolja, vilket om så sker måste saneras extra snabbt då eventuell påverkan på grundvattnet är stor och går fort (Dagobert et al., 2006).

Enligt Göteborgsregionens vattenförsörjningsplan (Göteborgsregionen, 2020) framgår i viss utsträckning en intressekonflikt mellan regionens grustäkter och viktigaste grundvattenmagasin, då de större isälvsavlagringar som finns både är väsentliga för materialtäkter och till dricksvattenförsörjning. Det framgår från vattenförsörjningsplanen att samtliga av regionens viktigaste grundvattenmagasin är påverkade av antingen tidigare eller pågående materialtäkt och vilket, i särskilt hög grad, gäller bland annat Östaddeltat.

Sedan 2014 är materialtäkter såsom grustäkter och all annan täktverksamhet förbjuden inom Sjöviks vattenskyddsområde, detta enligt Lerums kommun (2014). Lagstödets återfinns i miljöbalken 9 kap. 6f§, där det framgår att ingen brytning av naturgrus får förekomma i geologiska avlagringar om dessa har ett betydande värde som dricksvattenresurs. Förbudet började gälla i samband med att det vattenskyddsområde för Sjöviks vattentäkt inrättades och detta innefattar därmed den före detta grustäkten (riskobjekt 13) som ligger nordligast inom skyddsområdet, se figur 30 för mer information.

Den före detta grustäkt ligger längs med väg 190 norr om Östad Kyrka och utgör ett stort hot mot grundvattnet utifrån dess utformning, utbredning, infiltrationsmöjlighet och lokalisering gentemot grundvattenmagasinet. Däremot utgörs inget större hot ifrån själva täktverksamheten då uttag av grus ej längre får ske på denna plats och därmed kan inte verksamheten orsaka föroreningar i form av spill och läckage från fordon. Grustäkten ligger i anslutning till väg 190, som tidigare nämnt utgör ett hot för sig, men även närmare och ovanpå grundvattenmagasinet där uttagsmöjligheterna är som störst i jämförelse med övriga platser i området, se figur 2.

Sannolikheten att föroreningar släpps ut i samband med riskobjektet grustäkt anses idag vara låg då vidare täktverksamhet på plats ej får förekomma och då själva täktverksamhetens sannolik för utsläpp är låg. Värt att notera är grustäktens mycket höga sårbarhet. Figur 14 och figur 15 visar markmaterialet vid grustäkten. Grustäkten har ingen eller en mycket tunn övre jordmån utan några högre humushalter. Isälvsedimentet är synligt på största delen av området. De lokala förutsättningarna vid grustäkten är därmed ett mycket genomsläppligt område och inga befintliga barriärer finns som på betydande sätt fördröjer eller förhindrar föroreningar att nå grundvattnet.

Figur 14.

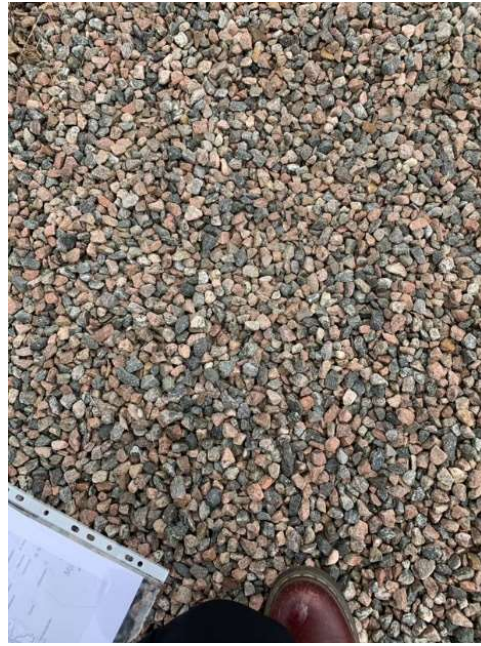
Markmaterial på grustäkten.



Kommentar: Författarnas bild.

Figur 15.

Isälvsmaterial i grustäkten.



Kommentar: Författarnas bild.

Sannolikheten att föroreningar släpps ut i samband med riskobjektet "aktivitet vid grustäkt" kan anses vara möjlig. Detta på grund av söndervittrat metallskrot samt en aktiv beskjuten åtelplats, se figur 16, som båda kan släppa ifrån sig metaller på mark med hög genomsläpplighet. Det bör noteras att skyttet vid åteln även kan ge utsläpp av bly som beskrivs mer ingående i riskobjektet "skjutbana". Bland metallskrotet hittades tre rostiga tunnor som var omärkta, identifiering av eventuella föroreningar kopplat till dessa anses vara svårbedömt. De lokala förutsättningar och barriärer anses vara identiska till grustäktens.

Figur 16.

Vildsvinsåtel vid grustäkten.



Kommentar: Vildsvinsåtel som upptäcktes intill skogsbrynet nere i grustäkten. Författarnas bild.

4.3.3 Skjutbana

Skjutbanor i området är tänkt för finkalibrigt skytte. Det framgår i ett faktablad *Skjutbanor finkalibrigt skytte* från Naturvårdsverket (2006) att det finns huvudsakligen två föroreningar för grundvattnet som kan uppstå vid skytte. Dessa är spridning av bly och Polycykliska aromatiska kolväten (PAH).

Blyet kan enligt Naturvårdsverket (2006) spridas över stora områden vid hagelskytte, men att höga koncentrationer bly främst påträffas i kulfånget, alltså i vallen för skjutfältet. Vidare beskrivs hur blyet kan sprida sig i marken genom att det omvandlas till olika blyföreningar som kan vara lösliga i vatten med låga pH-värden, vilket även innebär att det är lösligt i magsäcken. De frigiordade blyjonerna kan spridas vidare i vatten och tas upp av växter, djur eller människor vilket anses kunna innebära giftiga konsekvenser redan vid mycket låga doser. Höga blyhalter i kroppen är speciellt farliga för foster och barn då det kan orsaka skador på nervsystemet och våra röda blodkroppar. Som en följd av blyets giftiga egenskaper, beskrivs det i Naturvårdsverkets (2006) faktablad att en avveckling av blyammunition är igång då det blivit förbjudet att använda blyhagel vid skytte på skjutbana.

PAH kan enligt Naturvårdsverket (2006) förekomma i kraftigt förhöjda koncentrationer vid lerduvebanor på skjutfält och föroreningen kommer från det bindemedel som har använts i vissa lerduvor. Det beskrivs vidare att verksamhetsutövaren, enligt miljöbalken kap. 10, är ansvarig för efterbehandling av förorenad jord från bly och PAH, sådan efterbehandling kan exempelvis vara kalkning av marken för att motverka spridning av blyet ner till grundvattnet.

Då de två skjutbanorna varit verksamma under en lång tid, speciellt riskobjekt 3 intill grustakten, kan eventuellt en högre halt farliga ämnen (nämnda ovan) sannolikt uppmätas på plats. Dock finns inga funna utförda mätningar att utgå ifrån och eftersom riskobjekt 3 inte såg särskilt aktiv ut under fältundersökning bedöms sannolikheten för att en förorening sker som möjlig. De lokala förutsättningarna för riskobjekt 3 motsvarar även att det är möjligt att spridning kan ske då skjutvall ligger på mark med medelhög genomsläpplighet.

För skjutbanan norrut (riskobjekt 1) bedöms sannolikheten att förorening sker vara "sannolikt" då denna skjutbana verkar användas aktivt. De lokala förutsättningarna och barriärer vid skjutbanan anses vara välutformade med hänsyn till föroreningspotential då det här finns en modern skjutvall. Därför bedöms det vara osannolikt att spridning sker av föroreningar på plats.

4.3.4 Kyrkogård

Då vatten som avleds från en kyrkogård enligt Miljöbalkens 9. kap anses som avloppsvatten och vidare som en miljöfarlig verksamhet är det relevant att närmare undersöka områdets kyrka och kyrkogård. Bild på Sjöviks kyrka och kyrkogård finns i figur 17 nedan. Camper (2014) skriver i handboken *Dräneringsvatten från begravningsplatser* att de vanligaste riskerna från kyrkogårdar i samband med vatten är hälsovådliga patogena organismer. Det har länge varit välkänt att döda kroppar kan leda till sjukdomar, detta går att se på gamla kolerakyrkogårdar. Dessa har länge placerats långt ifrån byar för att smitta och sjukdomar inte ska påverka vattendrag. Det är detta som ligger till grund till att undersökningar utförs kring eventuella patogena organismer i vatten som avleds från kyrkogårdar. Undersökningarna av vattnet fokuserar på indikatororganismer som är välkända, såsom koliforma bakterier och E. Coli. Koliforma bakterier finns naturligt i de övre jordskikten, men en hög halt av dessa bakterier i vattnet leder till att det anses som förorenat. E.Coli visar en tydligare påverkan från varmblodiga djur och fungerar som ett komplement för undersökningen från de koliforma bakterierna. För att en kontroll ska klassas som säker görs en rad provtagningar. Dessa ska säkerställa att de inte finns några indikatororganismer i vattnet. Om inga indikatororganismer hittas är risken liten att det finns

hälsovådliga patogena organismer (Camper, 2014). Om indikatororganismer hittas i vattnet kan det emellertid finnas sjukdomsframkallande bakterier i vattnet.

Figur 17.

Östads kyrka och kyrkogård



Kommentar: Författarnas bild

Vidare berättar Camper (2014) att en kyrkogård kan anses som ett högriskområde då människor som begravts i området kan ha flera sjukdomsalstrande organismer i kroppen vid detta skede. Författaren trycker emellertid på att det saknas fall under modern tid där en sjukdom från en begravningsplats spridits via vatten. Det är dessutom så att risken att farliga patogener sprids i vatten från en kyrkogård enbart finns vid kistbegravningar. Det görs tydligt i handboken att dagvatten eller dränering från byggnader i kyrkoområdet har en låg risk att sprida eventuella patogener.

Camper (2014) fortsätter med att förhöjda halter tungmetaller uppmärksammats vid kyrkogårdar och begravningsplatser. Föroreningar som amalgamet, metallobjekt vid kreation eller bly och kopparbeklädda kyrktak tas upp som möjliga anledningar till de förhöjda halterna. Slutligen är det askan från krematorierna som nämns till en stor delkälla. Askan kan lätt föras vidare i vattnet och då skapa en kontaminering av vattnet. En annan orsak som nämns är att begravningsplatser som anlades under 1900-talet grundlades med jord där halterna tungmetaller troligtvis inte kontrollerades. Detta kan således vara anledningen till att dessa äldre begravningsplatser har höga halter tungmetaller. Svenska kyrkan har dock uppmärksammat detta sedan en tid tillbaka vilket lett till reglementen och åtgärder som genomförs för att kontrollera och begränsa användningen av tungmetaller. Slutligen skriver Camper att "risker med tungmetaller i vatten från en begravningsplats gäller för både dräneringsvatten och dagvatten. Men variationen är mycket olika för olika begravningsplatser och troligen finns det många begravningsplatser med mycket små halter av tungmetaller i det avledda vattnet".

Taket på Sjöviks kyrkogård var främst av plåt men det fanns en liten del som var beklädd med koppar. Det krävs dock mycket tungt regn för att kopparmetaller ska släppa och sedan spridas. Sannolikheten för den typen av händelse är emellertid låg. Camper (2014) skriver att grundvattennivån idag sänks vid sättning av nya begravningsplatser för att minska spridning av farliga ämnen. Det kan därför antas att sannolikheten att nya gravar sprider farliga patogener och metaller är låg. Sannolikheten att äldre gravar sprider farliga patogener är högre, men fortfarande låg. Detta beror på att gravarna är så pass gamla att de ej bör sprida patogener längre. Det finns inte mycket forskning inom spridning av patogener och farliga ämnen genom dagvatten till vattentäkter men sannolikheten att kyrkogårdar sprider farliga ämnen i betydande mängd kan också antas vara låg. Det kan till exempel antas en högre sannolikhet att farliga ämnen sprids genom en eventuell användning av bekämpningsmedel på kyrkogården än spridning av patogener.

4.3.5 Avfallshantering och deponi

En deponi som avser hushållsavfall kan ge uppkomst till deponigas och lakvatten (Sgi, 2011). Deponigas är emissioner till luft, lakvatten är emissioner till vatten. Deponigas och lakvatten skapas av deponerat organiskt material och består till hälften av metan och resten består främst av koldioxid och väte. Lakvatten bildas genom att nederbörd infiltrerar deponin och tar med sig lösta och suspenderade ämnen. De faktorer som avgör lakvattnets mängd och påverkan är:

- avfallstyp
- area av deponi
- ålder på deponi (nedbrytningstillstånd)
- vattenmängd i avfallet
- mängd av nederbörd
- omgivande geologi och topografi.

SGI (2011) påtalar också att nedlagda deponier vanligtvis har en stabil metanbildningsfas där lakvattnet är metanogent. Ett metanogent lakvattnet har mycket låga koncentrationer av organiska ämnen, relativt låga halter av tungmetaller och lättnedbrytbara organiska material och höga halter av ammoniumkväve och svårnedbrytbara organiska ämnen. Det konstateras emellertid att koncentrationerna av miljöfarliga organiska ämnen normalt sett är låga.

I rapporten "Lakvatten från deponier" från Naturvårdsverket (2008) beskrivs de olika föroreningarnas påverkan på vatten. Kvävet kan leda till syrebrist i vattnet och skapa försurning. Syrebristen kan frigöra både fosfor och olika metaller. Kväve förekommer ofta som bland annat ammonium eller ammoniumkväve. Höga halter med ammonium kan öka risken att vattnet bär på smittor samt ge vattnet en dålig lukt. Metallerna kan vara mycket toxiska. Förekommande metaller kan exempelvis vara järn, bly, koppar, mangan, krom, kadmium, kvicksilver, nickel och zink. Rapporten (2008) fortsätter med att förklara att vid fall av äldre deponier kan grundvattennivån nå deponin och skapa stora mängder lakvatten. Det beskrivs också att om en deponi befinner sig i ett utströmningsområde skapas goda förutsättningar då trycket från grundvattnet under deponi minskar deponins påverkan på grundvattnet.

Vid Östad säteri har det tidigare funnits en deponi för hushållsavfalls som nu är nedlagd och blivit sluttäckt, se figur 18. Det är inte dokumenterat när deponin lades ner, men Thore Alströmer, styresman på Östads stiftelse, menar under ett telefonsamtal (15 april 2021) att det skedde i samband med att återvinningscentralerna upprättades i mitten av 90-talet. År 2001 infördes deponeringsförordningen (Naturvårdsverket, 2020c) där man sammanställer krav för olika skyddsåtgärder såsom botten tätning, lakvatten och avslutande täckning. Nedläggningen av deponin vid Östad säteri hade alltså ej kraven från 2001 års deponeringsförordning. Deponin vid Östads säteri är emellertid gammal vilket bör medföra att dess effekter på grundvattnet är låga. Närmaste brunn visar (SGU, u.å.) att grundvattennivån ligger på 3 meters djup och att jorddjupet är 1,5 meter. Detta medför att det inte bör finnas risk för att grundvattnet tränger in i deponin. Detta anses som en lokal barriär för deponin. Sannolikheten

för att den nedlagda deponin vid Östads säteri skapar betydande föroreningar i grundvattnet beräknas som låg.

Figur 18.

Åtgärdad deponi vid Östads säteri.



Kommentar: Författarnas bild.

4.3.6 Avloppsnet och reningsverk

Enligt Göteborgsregionens vattenförsörjningsplan (Göteborgsregionen, 2020) kan vattentäcker nedströms och i nära anslutning till bebyggelse alltid betraktas som känsliga för områdets dagvattenhantering och dess avloppsanläggningar. Dagvattnet utgörs utav tillfälliga flöden av nederbörd, smältvatten och spolvatten, vilket i ett bebyggt område med mycket hårdgjorda ytor kan utgöra ett hot då det möjliggör transporter av föroreningar. Föroreningar kan i den urbana miljön vara tungmetaller, kemikalier, näringsämnen och mikrobakterier. Avloppsvatten består av dagvatten, men också spillvatten som kommer från hushållen, såsom från toalett, bad, disk och tvätt. Vidare i vattenförsörjningsplanen (Göteborgsregionen, 2020) beskrivs att enskilda avlopp i omvandlingsområden och områden med fritidsbebyggelse kan vara bristfälliga och att den samlade effekten kan utgöra ett stort hot för grundvattenmagasinet.

Ett vanligt utsläpp för villaområden en bit bort ifrån stan och som leds vidare med hjälp av dagvattnet är förorenat vatten från fordonstvätt. Vid fordonstvättar används enligt Naturvårdsverket (2005) ofta avfettningsmedel och kemikalier där ämne och egenskaper kan variera stort. Utöver dessa finns liknande föroreningar som vid trafik och vägar, exempelvis tungmetaller och kolväten, som kan förorena grundvattnet.

Risken med avlopp är att vid läckage eller brott kan orenat avloppsvatten med fekalier och urin spridas vidare direkt ner i marken och förorena grundvattnet med bland annat växtnärsämnen och patogener. Spillvatten kan utgöra ett diffust hot som följd av de hushållsprodukter som spolas med ner i avloppet, exempelvis tvättmedel, rengöringskemikalier och läkemedel.

Enligt Naturvårdsverket (2021b) sker största spridningsvägen för läkemedelsrester till miljön via avloppssystemet, och eftersom reningsverk idag inte är byggda för att fånga upp läkemedel följs dessa ofta med det reade vattnet. Halterna av läkemedel som människor får i sig via dricksvattnet bedöms som mycket låga enligt Naturvårdsverket (2021b). Dock beskrivs vidare att studier som visar på negativa hälsoeffekter saknas, även studier om långvarigt intag av låga

halter saknas. Det nämns att barn och äldre skulle kunna utgöra en riskgrupp då deras nedbrytning av läkemedel inte är färdigutvecklad, alternativt har förändrats för de äldre.

I rapporten *Parasitutbrottet i Östersund 2010/2011* från MSB (2011) beskrivs hur Östersund 2010 drabbades av ett utbrott av parasiten cryptosporidium som läckte ut i det lokala dricksvattnet. Detta utbrott bedöms till idag vara det största vattenburna utbrottet i Europa och uppskattningsvis ska 27 000 personer ha smittats från denna parasit, orsaken till detta utbrott bedöms troligtvis komma från att avloppsvatten läckt ut i Storsjön som använts som dricksvattensresurs. I MBS:s rapport uppskattas samhällets kostnader vara mellan 141–221 miljoner kronor vilket verkligen belyser de konsekvenser som kan råda från avloppshantering.

Större delen av avloppsvattnet i Lerums kommun är kopplat till kommunalt avlopp som leds vidare till Gryaabs reningsverk i Göteborg för reningsprocess. Endast samhället Sjövik har ett eget reningsverk där ca 900 personer är anslutna. På det renade vattnet utförs regelbundna provtagningar innan det släpps ut i sjön Mjörn som är dess recipient (Lerums kommun, 2021b).

Då samhället Sjövik ligger öster om Sjöviks vattentäkt och alltså något nedströms denna, kan sannolikheten för större spridning och förorening från Sjöviks avloppsanläggningar anses låg. Däremot finns många fritidshus, mindre lantbruk och gårdar utspridda över hela Östads grundvattenmagasin. Majoriteten av dessa har enskilt vatten och avlopp, äldre anläggningar kan som tidigare nämnt vara bristfälliga och tillsammans utgöra en samlad effekt som höjer sannolikheten för spridning från låg till möjlig. De lokala förutsättningarna och barriärer vid eventuella utsläpp varierar stort i området då det både finns ett befintligt avloppsnät som är anslutet till Sjöviks reningsverk, men också ett stort antal enskilda avloppsanläggningar. Därmed varierar barriärer såsom avstånd till grundvattenmagasinet eller de olika jordlagrens genomsläpplighet. Skicket på avloppsanläggningarna i området kan anses variera stort men rimligtvis kommer föroreningar från små läckage att fastna direkt i marken.

4.3.7 Jordbruk och djurhållning

När gödningsmedel används kan det ske att näringstillförseln överstiger växternas upptagningskapacitet. Det överflödiga gödningsmedlet kan då genom avrinning och infiltration nå grundvattentäkter och kontaminera vattnet. Dessa utsläpp sker främst genom jordbruk (Burri, et al., 2019). De vanligaste förekommande gödningsmedlen är kemiskt framställt gödsel, så kallat handelsgödsel och naturgödsel (djurspillning) (Sweco, 2010). Det är de mikrobiella föroreningarna som kan överleva över en mycket lång tid från naturgödsels som kan vara problematisk för vattenkvaliteten av samma anledningar som tidigare nämnts. Alla typer av spridning av växtnäringsämnen till omgivningen är dock problematisk, denna spridning kan ske under transport, lagring och spridning (Sweco, 2010).

Växtskydd så som bekämpningsmedel och herbicider kan vid användning rinna till och infiltrera grundvatten. Deras nedbrytningsprodukter har även en förmåga att stanna kvar i vattentäkten över långa perioder vilket ökar sannolikheten samt konsekvenserna för kontaminering (Burri, et al., 2019). Det är främst användandet av bekämpningsmedel på plantor som utgör ett hot mot vattentäkter, då vissa av dessa medel har en avseendevärd hög toxicitet. Om dessa bekämpningsmedel infiltrerar grundvattnet skulle de kunna utgöra ett stort hot mot dess kvalitet. Enligt VISS (u.å.) benämns Östads vattentäkt att "förekomsten bedöms vara i risk att inte uppnå god status 2027".

Av de tre huvudorsakerna till att vattentäkten inte kommer uppnå god status 2027 beror det delvis på att det finns en stor risk för att värdena för just bekämpningsmedel inte kommer uppnå tillräckligt god status (Burri, et al., 2019). Detta bör tas vid extra beaktning vid riskbedömning för Östads vattentäkt gällande jordbruk. Det är vid dessa platser som det finns störst chans till utsläpp av bekämpningsmedel. Antibiotika och vidare hormonerna som ibland används vid djurhållning kan även dessa utgöra en betydande risk för den mottagande miljön även om det bara är en liten mängd som upptäcks i vattnet. Vid djurhållning, se figur 19, kan det förekomma att antibiotika används vid exempelvis sjukdom.

Figur 19.

Djurhållning i Sjövik.

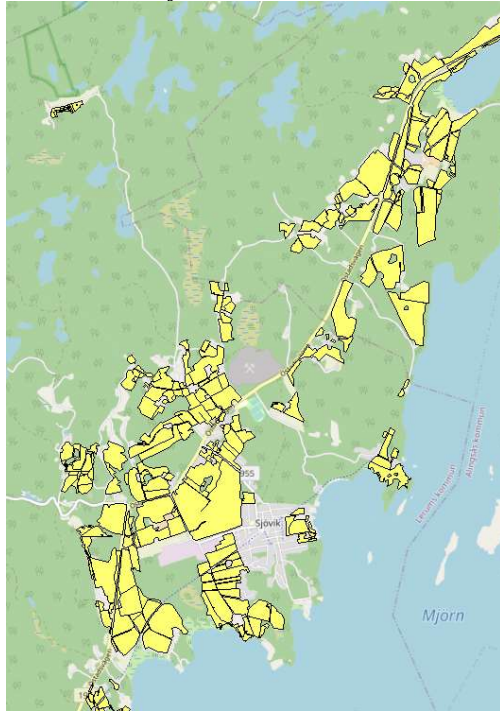


Kommentar: bilden visar djurhållning av hästar i ett närliggande område utanför Sjövik. Författarnas bild.

Antibiotika kan orsaka att bakteriestammar som är antibiotikaresistenta utvecklas och sedan sprids till sjukdomsalstrande bakterier (Looström Urban, 2020). Detta kan leda till sjukdomar men även påverka sammansättningen av bakterier i miljön vilket kan hota ekosystem. Hormoner kan påverka vattenlevande organismers naturliga beteende och hämma deras fortplantning. De kan dessutom ha en negativ påverkan på hormonbalansen i mindre vattenlevande organismer. Dessa kan exempelvis vara ftalater, PCB, dioxiner och nonylfenol och har en direkt påverkan på vattnets renhet. Områdesspecifikt för Östad illustreras jordbruksmark och djurhållning på följande platser enligt figur 20 och figur 21.

Figur 20.

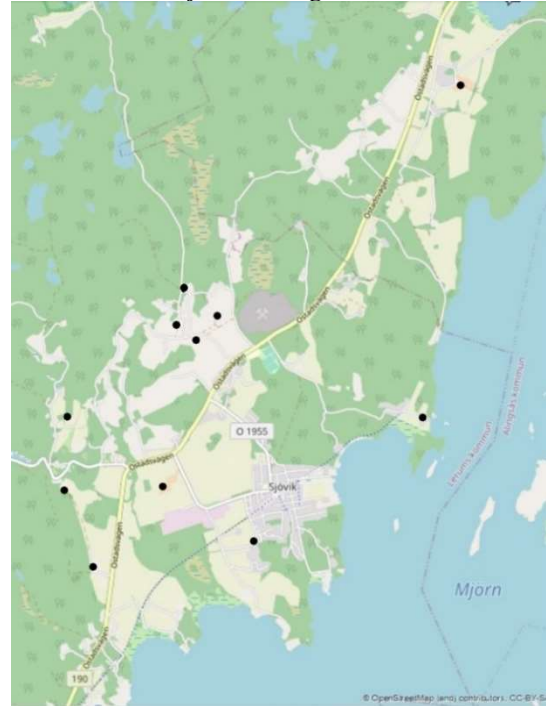
Kartbild över jordbruksmark



Kommentar: karta över aktiv jordbruksmark i området. Hämtad från GIS-material "Jordbruksblock", se bilaga B.

Figur 21.

Kartbild över djurhållning



Kommentar: karta över aktiv djurhållning i området, främst häst, nöt, får och höns. Hämtad från GIS-material "Produktionsplatser och djurhållning", se bilaga B.

Stora delar av Östad/Sjövik täcks av jordbruksmark och hagar med djurhållning. Det är även en stor variation på de farliga ämnen som kan spridas från denna typ av hot. Sannolikheten att det sker utsläpp är stor samtidigt som utsläppen sällan tas om hand av dagvattensystem. Sannolikheten att farliga ämnen tar sig från jordbruk och djurhållning till grundvattnet anses medel-hög då det finns stora brister på lokala barriärer i dessa miljöer.

4.3.8 Kreosot

Kreosot är en restprodukt vid torrdestillation av stenkolk (Kemikalieinspektionen, 2021). Det har länge använts för impregnering av trä, men idag används det endast för impregnering av telefonstolpar och järnvägsslipers. Kreosot innehåller hundratals olika ämnen, varav många av dem är mycket giftiga. Produkten är klassificerat som cancerframkallande (Kemikalieinspektionen, 2021). Användningen av trävaror impregnerade med kreosot är idag därför kraftigt begränsad.

Kreosotolja och träprodukter impregnerade med kreosot är enligt *Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1907/2006 s.426*, endast till för industriellt och yrkesmässigt bruk. Och får inte nå ut till marknaden och konsumenter. Kreosot får enligt förordning (EG) nr 1907/2006 endast "användas för träbehandling i industrianläggningar eller återbehandling utförd på plats av yrkesmässiga utövare som omfattas av gemenskapslagstiftningen om skydd av arbetstagare". Gammalt kreosotimpregnerat virke kan dock ibland hittas i gamla hus eller på andra ställen runt om i samhället.

Kreosot består som tidigare nämnt av hundratals olika ämnen med olika egenskaper. Huvudkomponenterna i kreosot- Polyaromatiska kolväten (PAH)- ger dock upphov till några kännetecknande egenskaper. Kreosot är trögflytande, tyngre än vatten och till stor del dålig vattenlöslighet (Andersson-Sköld et al., 2007). Den stora mängden av olika ämnen i kreosot gör att dess spridning är komplex och kan ske på en rad olika sätt.

Vid spill vid äldre impregneringsplatser har det observerats att kreosot med tyngre PAH-föreningar kunnat transporteras genom sprickor och andra flödesvägar i marken och påträffats långt från källan (Andersson-Sköld et al., 2007). Flera komponenterna i kreosot utgör så kallade DNAPL (dense non-aqueous phase liquids), på svenska, tunga icke vattenlösliga ämnen. I permeabel jord kan föroreningen ta sig ner till grundvattnet genom gravitation. Föroreningen sjunker genom vattnet till den når ett tätt jordlager transporteras därefter längs med det täta lagret. Fältstudier på kreosotimpregnerade stolpar har visat att kreosot lämnar stolparna mycket långsamt (Andersson-Sköld et al., 2007). Det flyktiga delarna av PAH-föreningar emitteras via luften, medans de tyngre hydrofoba föreningarna ofta hittas i botten av stolpar till följd av gravitationen. Andersson-Sköld et al. menar att jämfört med andra källor av PAH-emissioner, som exempelvis vägtrafik, är bidraget väldigt litet.

Adressen där det enligt EBH-kartan under år 2020 har funnits kreosotstolpar för lagring består av en grusig plan yta. Tomten ägs av Törnells maskinuthyrning och verkar användas för lagring av diverse material, se figur 22. Stolparna innehåller låga halter av kreosot, som visserligen är extremt toxiskt, men stolparna innehåller inte nog stora mängder för att utgöra ett hot mot grundvattnet. Kreosot i flytande form, som endast hanteras vid speciella platser skulle kunna utgöra ett hot mot grundvatten, men detta är inte aktuellt i detta fall. Stolparna utgör endast en risk för toxicitet vid direkt kontakt, och om placerad i mark, risk för spridning till den direkt omgivande marken. Därmed anses sannolikheten för utsläpp och vidare spridning som mycket låg.

Figur 22.

Oidentifierat material som lagras på tomten där det enligt uppgifter funnits kreosotstolpar.



Kommentar: författarnas bild.

4.3.9 Bilverkstäder och bensinstation

Vid bilverkstäder och bensinstationer är det många fordon i cirkulation, både stående och i rörelse. Utsläpp kopplade till fordon är bland annat petroleumprodukter, kylarvätska och tungmetaller så som bly, zink, koppar och kadmium (Trafikverket, 2011). Dessa metaller och utsläpp kan sedan transporteras från utsläppskällan genom dagvattenavrinning. Förekomsten av föroreningar i dagvattnet korrelerar ofta med trafikmängd. Med en högre trafikmängd medförs en högre risk och koncentration av föroreningar. En stor del av dessa föroreningar är

partikelbundna. Detta innebär en mindre rörlighet och gör att partiklarna lättare filtreras i marken, och därmed att en mindre mängd föroreningar tar sig till grundvattnet (Trafikverket, 2011).

Miljökonsekvenserna för utsläpp av petroleumprodukter som bensin, fotogen och olja är stora (Andersson, 2005). Dessa produkter är 10–100 gånger farligare än vanlig råolja då de utöver kolväten innehåller farliga föroreningar som exempelvis polyklorerade bifenylter (PCBF). Dessa utsläpp kan dels leda till förgiftning av vattentäkter men också ha en negativ påverkan på det biologiska livet. Dessutom förväntas användandet av oljetypen Orimulsion, en blandning av bitumen och vatten, att öka. Oljetypen är ett alternativ till kol och är ännu giftigare för vattenlevande organismer.

Objekt 7 i tabell 8 omfattar två verksamheter med motorservice; RA-bilservice och Bil och maskinservice Sjövik på tomten bredvid. De båda verksamheterna innefattar service och reparationer av bilar och andra motorfordon. Bil och maskinservice hyr även ut släpvagnar. Båda adresserna besöktes under fältundersökningen, se figur 23, för att bekräfta omfattningen av verksamheterna, som är aktiv. På adressen Östadsvägen 367 i Sjövik längs med väg 190 ligger Hagströms handel. Utanför butiken finns en bensinstation, se figur 24. Stationen har två pumpar, med bensin och diesel.

Figur 23.

Bilverkstad på adress Hampes väg 21, Sjövik.



Kommentar: Författarens bild

Figur 24.

Bensinstationen utanför Hagströms handel.



Kommentar: Författarens bild.

Sannolikheten för utsläpp av petroleumprodukter och andra föroreningar kopplade till fordon kan anses relativt stor vid dessa verksamheter. Detta då verksamheterna är aktiva och petroleumprodukter ständigt hanteras. Sannolikheten att utsläppen tar sig till grundvattnet är däremot låg. Alla tre platserna har asfalterade ytor utomhus och avloppssystem för hantering av dagvatten och spillvatten som kan innehålla eventuella föroreningar. Detta fungerar som en lokal barriär mot föroreningar. Vid bensinstationen observerades brunnar i direkt närhet till pumparna. Marken vid bensinstationen sluttade tydligt bort från vägen och mot ett område med jordbruksmark och växtlighet. Om det förorenade vattnet inte tas om hand ordentligt via avloppssystemet finns det en risk att vattnet färdas på den hårdgjorda ytan till detta mer sårbara område. Detta är ett möjligt scenario vid alla platserna.

4.3.10 Småbåtshamn

Generella utsläpp kopplade småbåtshamnar är enligt Länsstyrelsen (2013):

- toalettavfall
- källsortering/miljöfarligt avfall
- båtunderhåll
- muddermassor
- drivmedel, oljor och smörjmedel.

Tidigare har toalettavfall ofta släppts ut i hav och sjöar helt utan behandling av avfallet (Länsstyrelsen, 2013). Från och med den 1 april 2015 blev detta förbjudet. Idag sker detta främst genom sugtömning med hjälp av slang och utslagsvask där avfallet samlas i stora tankar. Vid båda dessa metoder finns risk för spill av avfall vilket kan påverka vattnet negativt. Främst genom fekalier och eventuella läkemedel i avföringen. Konsekvenser detsamma som kapitel 4.3.7 Jordbruk och djurhållning.

Vid källsortering finns risk för spill och nedskräpning i omkringliggande område (Länsstyrelsen, 2013). Här är avfall i form av metaller och petroleumprodukter aktuellt att se över. Konsekvenserna är detsamma som för kapitel 4.3.9.

Vid båtunderhåll finns risk för utsläpp av färg, både vid färgning och slipning (Länsstyrelsen, 2013). Dessa utsläpp kan enkelt spridas vidare via dagvattnet. På många äldre båtar användes det mycket miljöfarliga ämnet tribulyltenn (TBT) i båtbottnfärg. Idag är TBT förbjuden att använda men ämnet sprids troligtvis från gamla färger när båtar tas upp, spolav och ställs upp vid småbåtshamnar.

Vid muddring finns risk för att sediment på vattnets botten innehållande farliga ämnen som TBT och tungmetaller släpps ut i vattnet (Sjöberg, 2018). Det finns även risk för att föroreningar och närsalter sprids vilket leder till vatten med dålig kvalitet. Detta kan vara en risk för grundvattnet om sjövattnet i området används för konstgjord infiltration.

Det finns risk att drivmedel som diesel och bensen från motorbåtar spills ut vid småbåtshamnen. Detta kan med dagvatten spridas till omgivningen och grundvattnet. Som tidigare nämnt är risken högre för förorenat dagvatten i områden där det rör sig mycket fordon. Konsekvenserna för drivmedel, oljor och smörjmedel är densamma som för kapitel 4.3.9.

Småbåtshamnen i Sjövik, se figur 25. var relativt liten med endast utombordare vid bryggorna. Därav är sannolikheten för utsläpp av toalettavfall mycket låg. Sannolikheten för betydande utsläpp av kemikalier och andra båtunderhåll är också låg då det endast fanns några få och mycket små båtar på plats. Området såg välkött ut och det fanns soptunnor för skräp. Sannolikheten för utsläpp av farliga ämnen släpps kopplat till muddring är låg, då sannolikheten för en större utvidgning av hamnen anses mycket liten. Sannolikheten att drivmedel, oljor och smörjmedel släpps ut kan klassas som medel. Detta då båtarna tankas för hand med bensindunkar där risker för spill är stor. Mängderna är dock mycket små. Sannolikheten för att en betydande mängd bensen, oljor eller smörjmedel släpps ut är medel. Sannolikheten att utsläpp tar sig till grundvattnet är mycket låg, trots brist av lokala barriärer, då största delen av föroreningarna genom dagvatten sprids till sjön Mjörn. Som helhet kan sannolikheten för hotet "småbåtshamn" klassas som låg.

Figur 25.

Sjöviks småbåtshamn.



Kommentar: författarnas bild.

4.3.11 Husvagnsskrot

I Sverige finns ett producentansvar för bilar, och även husbilar under 3,5 ton (Husvagnsbranschens Riksförbund, u.å.). Som ägare ska du kostnadsfritt kunna lämna in ditt fordon till en auktoriserad bilskrotare. Producenten av bilen står för ansvaret och kostnaden för skrotningen. För husvagnar finns inget lagstadgat producentansvar. Som ägare av husvagnen ansvarar man för att fordonet tas omhand ordentligt när det är uttjänt, och står för kostnaden själv.

Bilskrotningsförordningen (SFS 2007:186) beskriver auktoriseringen av bilskrotare och bestämmelser kring bilskrotningsverksamhet, bland annat ett antal bestämmelser kring demontering, lagring, tömning och annan behandling av skrotbilar med fokus på vätskor och miljöfarliga ämnen. Den omfattar personbilar, lastbilar och bussar upp till 3,5 ton. Det finns inget regelverk kring skrotning av husvagnar på samma sätt som det finns för till exempel husbilar, menar Lars Erik Paulsson vid Husvagnsbranschens Riksförbunds (personlig kommunikation, 2 april 2021). Antalet renodlade husvagnsskrotar är enligt honom mycket liten. Han menar att deras verksamhet ofta består i att ta vara på det som är möjligt och återanvända det genom försäljning.

L.E. Paulsson beskriver översiktligt husvagnens konstruktion och material. En husvagn består av två huvuddelar; ett chassi och en kaross med inredning. Chassit består huvudsakligen av stål, och dess värde beror således på marknadspriset för stål. Idag är trenden att bygga så viktoptimerade chassin som möjligt, och därmed kan man anta att skrotvärdet inte är så stort, menar L.E. Paulsson. Karossen består vanligtvis av en sandwichkonstruktion. Den består en tunn aluminiumplåt ytterst, isolering (vanligen av styrencellplast) och sedan en tunn plywoodskiva. Inredningen består vanligtvis av tunn plastfolierad plywood och diverse plastmaterial. Det kan även finnas mindre mängder av diverse metaller i inredningen. L.E.

Paulsson menar att karossen i de flesta fall fragmenteras, där metaller kan utvinnas, för att sedan hamnar på en deponi eller användas för energiåtervinning.

De delar som tas bort från husbilen vid skrotning är huvudsakligen reservdelar och delar som kan innehålla miljöfarliga ämnen och material, så som kylskåp, luftkonditioneringsanläggningar eller lysrör. Dessa delar utgör ofta även ett ekonomiskt intresse.

På adressen Hampes väg 31 i Sjövik ligger Västra Götalands Husvagnsskrot AB. På företagets hemsida skrotahusvagn.com (u.å.) står det att "vår affärsidé har under många år varit att demolera och sälja begagnade delar till husbilar och husvagnar". På hemsidan står det att de har över 500 husvagnar samt att de även att de säljer nya produkter. Figur 26 visar delar av verksamheten på tomten bakom den gamla betongfabriken.

Figur 26.

Husvagnsskrot i Sjövik.



Kommentar: författarnas bild.

Husvagnsdeponin antogs vid fältundersökningen utgöra ett substantiellt hot för grundvattnet. Vid vidare undersökning framkom att sannolikheten till utsläpp troligen är mycket liten. Husbilar och husvagnar behandlas mycket olika vid skrotning. Detta då de flesta ämnen som kan utgöra en risk är kopplade till motordelar, som är en viktig del av en husbil. Farliga ämnen finns troligen i mycket liten utsträckning i husvagnar. Delar och apparatur som kan innehålla ämnen som kan utgöra en risk separeras tidigt från husvagnen, och har ett högt andrahandsvärde. Platsen där verksamheten är aktiv består dock av en plan yta till mesta dels täckt av grus, och ett stort antal husvagnar förvaras på platsen. En mycket liten del av verksamheten verkar vara placerad inomhus. Möjlighet till vidare spridning av föroreningar kan anses låg. Detta då förekomsten av farliga ämnen är liten och de farliga ämne som finns snabbt tas om. Det finns dock få säkerhetsbarriärer utöver bortplockning och av delar från husvagnarna.

4.3.12 Betong och cementindustri

Svensk vattenanalys (u.å.) beskriver olika ämnen och gränsvärden för dessa i linje med livsmedelsverkets råd för dricksvattenförsörjning. De ämnen som tas upp i koppling med industri och konsekvenser är följande:

- **Bly**-halter över 0,01 mg/l. En hög halt kan vara en indikator på att vattentäkten är påverkad av industriutsläpp, en deponi eller korrosion av blyhaltiga material i äldre installationer. Speciellt farligt för barn men även vuxna vid långvarigt intag.
- **Krom**-halter över 0,05 mg/l. En hög halt kan vara en indikator på att vattentäkten är påverkad av industriutsläpp eller deponi. Långvariga hälsoeffekter är inte kända men stora mängder krom bör undvikas.
- **Nickel**-halter över 0,2 mg/l. Finns naturligt i vissa grundvatten men kan även vara en indikator på att råvattnet förorenats av en industri. Kan leda till hälsomässiga besvär.
- **pH**-halt över 10,5. Sker främst på grund av överalkalisering genom antingen medel eller utlösning av kalk från cement. Finns risk för skador på slemhinnor och ögon vid höga halter och vattnet bör ej användas till dricksvatten.

I Sjövik har Peab grundläggning en fabrik, se figur 27, där det tillverkas standardpålar, underlägg, pålplattor, motvikter med mera, lokalerna används även som lager för balkar och spontar (Peab grundläggning, u.å.).

Figur 27.

Peab Grundläggnings fabrik i Sjövik.



Kommentar: Författarnas bild.

Sannolikheten att tillräckligt stora mängder av betydande föroreningar skulle släppas ut i koppling till den aktiva industrin på platsen anses möjlig. Det krävs stora mängder utsläpp för att nå de gränsvärden som Svensk vattenanalys (u.å.) beskriver. Stora betongpålar och spontar observerade under fältundersökningen utomhus och från dessa kan kalk släppas ut som kan påverka vattnets pH-halt. Detta har dock inte möjlighet att ha en större påverkan på grundvattnet. Verksamheten ser välskött ut och området är i stort sett asfalterat och inhägnat. Förekomsten av lokala barriärer är därmed goda.

4.3.13 Sabotage, krig och kris

Sweco (2010) diskuterar i deras riskinventering av *Skallsjö vattenskyddsområde* konsekvenserna för en vattentäkt relaterat till sabotage, krig och kris. Då vatten är livsviktigt för människan bör konsekvensen och risken för en eventuell förstöring av en vattentäkt anses som mycket hög. Det är främst rör och fasta installationer som anses känsliga och i risk för sabotage. Dessa bör utformas med ett fysiskt skydd för att minska denna risk.

Utifrån hur samhället ser ut idag kan sannolikheten för sabotage, krig och kris anses låg. Vidare är sannolikheten för ett sabotage specifikt vid Östads vattentäkt också låg då storleken och värdet på vattenmagasinet är relativt låg jämfört med andra i området. I Östads/Sjövik finns inte en specifik plats som kan riskbedömas vilket leder till att sannolikheter och konsekvenser inte går att bedöma med använd metod. Därmed är sabotage, krig och kris inte en del i den slutliga riskbedömningen utan kommer i stället diskuteras i kapitel 9.

4.3.14 Klimatförändringar

Naturvårdsverket (2020a) skriver att klimatförändringar kommer att påverka ekosystem och samhällen över hela världen. Nederbörden kommer variera stort mellan år och decennier och kommer även öka i större delen av landet under vår, höst och vinter. Under sommaren förväntas klimatet bli varmare och torrare, speciellt i södra Sverige. Några effekter Naturvårdsverket (2020a) menar kommer ske är följande:

1. **Nederbörden kommer öka i hela landet.** Mest i norra och västra Sverige och runt fjälltrakterna kan den öka upp till 25%. Detta kommer leda till ett stort tillskott av vatten där nederbörden idag redan är stor.
2. **Högre risk för översvämningar.** Den ökade och mer intensiva nederbörden leder till en ökad risk för översvämning.
3. **Risk för vattenbrist och torka i södra Sverige.** Varmare klimat och ökad avdunstning leder till ökad sommartorka i södra Sverige. Samtidigt väntas skyfall bli fler och dessa i en ökad intensitet.
4. **Temperaturzoner flyttar sig uppåt i landet.** Detta leder till en ökad växtperiod med uppemot 2 månader i hela landet och i de södra delarna uppemot 3 månader.

Vidare skriver Naturvårdsverket (2020a) att avrinningen i större delar av landet kommer öka, vilket leder till ökade flöden i vattendrag. Detta kommer drabba västra delen av landet värst. Detta medför en ökad risk för översvämning som kan drabba VA-system.

Dricksvattenförsörjningen riskeras att påverkas genom att vattentäkter förorenas eller genom ledningsbrott.

Många markföroreningar har stabiliserat sig i marken och om grundvattennivån höjs med den ökade nederbörden finns det risk att dessa föroreningar kan komma att börja röra på sig. Om föroreningarna ligger nära aktiva vattentäkter finns risk för att dricksvattenkvaliteten påverkas. Även vid torka ökar risken för att föroreningar tar sig till grundvattenmagasin. Detta genom att dagvatten förflyttar sig längre på torrare mark, då det är svårare för nederbörd att infiltrera marken. Då vattnet rör sig en längre period på ytan kan fler föroreningar ansamlas i vattnet som sedan infiltrerar marken och tar sig till grundvattnet. Periodvis kan även akviferen minska i volym och således blir grundvattenmagasinen för dåliga för att nyttjas (Naturvårdsverket 2020b).

Klimatförändringar är ett hot som existerar och sannolikheten att det sker är stor, frågan är snarare när. Följderna av ett förändrat klimat är stora då nya föroreningskällor kan bli aktuella om inga åtgärder görs samtidigt som spridningen av existerande föroreningskällor kan bli större. Det är dock svårt att klassificera hotet i en riskbedömning med använd metod då en specifik plats eller objekt saknas. Därför är klimatförändringar inte med som en variabel i slutsatsen. Klimatförändringar kommer i stället att diskuteras i kapitel 9.

5. Sårbarhetsanalys med DRASTIC-metoden

Sårbarheten för grundvattenmagasinet i Östad har analyserats genom tillämpning av DRASTIC-metoden som finns beskriven i kapitel 2.3.2. Grundvattenmagasinet har delats in i tre zoner, se figur 28. Detta för att lättare kunna definiera vissa parametrar då egenskaperna i de tre områdena skiljer sig markant från varandra.

5.1 Zonindelning

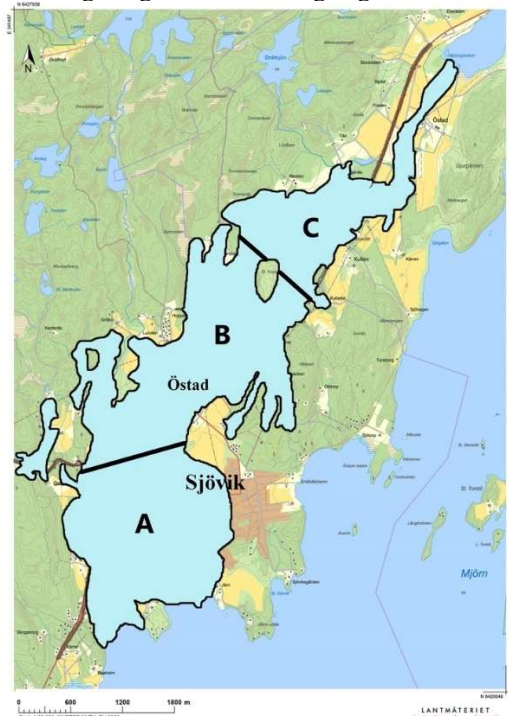
Zon A, se figur 28, är ett flackt område med mycket åkermark och en del bebyggd yta, varav några verksamheter så som industri, biltvätt och husvagnsskrot. Akviferen i zonen är sluten, vilket innebär att ovanför grundvattenmagasinet ligger det ett skyddande tätt jordlager, i detta fall glaciärra med inslag av silt.

Zon B, se figur 28, är ett mer kuperat område som är mer bebyggt och har mer gräsmark och skog än åkermark. Där finns bland annat en bensinstation, en kyrka och en skjutbana. Inom zonen ligger också Stora Knyk samt en grustäkt. Dessa två platser tas inte hänsyn till i DRASTIC-analysen då de skulle förvränga resultatet. På Stora Knyk sker det ingen verksamhet och sannolikheten att det ska ske en förorening där är för liten för att motivera att ta hänsyn till dess topografi och jordlagerföljd. Grustäkten är ett särskilt utsatt område och dess sårbarhet tas särskild beaktning till i riskbedömningen utöver sårbarhetsanalysen som bygger på DRASTIC. Akviferen i zonen är öppen, vilket innebär att det inte finns något skyddande tätt lager över grundvattenytan. Jorden ovan grundvattenytan består istället till största del av isälvsavlagringar, så som sand och grus.

Zon C, se figur 28, är en blandning av kuperad terräng med skog och gräsmark i den södra delen vilket övergår till flackare åkermark norröver. Utöver några enstaka bostäder så är det Östad Säteri som identifierats som den största verksamheten. Zonens jordlager är även den blandad där det främst består av isälvsavlagringar, så som sand, och bitvis ligger tätande lager av ler ovanpå.

Figur 28.

Indelning av grundvattentillgången i tre zoner.



Kommentar: Modifierad karta. Hämtad från Lantmäteriets (u.å.) kartverktyg "Min karta" och SGU:s (u.å.) kartvisare "Grundvattenmagasin", som sedan modifierats för att visa uppdelningen av zoner.

5.2 Djup till grundvattenytan

I zon A ligger grundvattenytan under ett ovanliggande tätande jordlager vilket innebär att det är en sluten akvifer i zon A. För att få ett djup till grundvattenyta krävs värden för djupet på det tätande jordlagret. I SGU:s kartvisare "Brunnar" finns det ett antal registrerade borrhningar och sonderingar inom zon A. Några av dessa borrhningar och sonderingar har inte gått tillräckligt djupt för att nå slutet av det täta jordlagret, utan det finns endast värden från en geoteknisk borrhning med ett totaldjup på 53,3 meter där det framgår att det täta jordlagret sträcker sig ner till 40,5 meters djup. Enligt tabellen i bilaga D, tabell 14, resulterar det i 1 poäng.

I zon B är det en öppen akvifer, alltså inget ovanliggande tätande jordlager. För att få fram djupet till grundvattenytan i zon B finns det flera registrerade brunnar i SGU:s kartvisare "Brunnar" där det finns värden på grundvattennivån. Det finns även jordprofiler att tillgå som även de visar vid vilket djup som jorden är vattenmättad. Brunnarna och jordprofilerna i zon B visar på varierande grundvattennivåer, allt från 5 meter djup ner till nästan 20 meters djup. Det lägre värdet väljs som dimensionerande, alltså att djupet till grundvattenytan ligger på 4,5–9 meters djup och därmed sätts 7 poäng, se bilaga D, tabell 14.

I zon C är det en öppen akvifer med inslag av ovanliggande täta jordlager. Det finns få värden för grundvattennivån i zon C vilket gör det svårt att göra en informerad bedömning av djupet till grundvattenytan. Antagande görs därför att de hydrogeologiska förhållandena i zon C är liknande de i zon B och därmed att djup till grundvattenytan ligger inom samma intervall i zon C som i zon B, alltså 4,5–9 meters djup, vilket resulterar i 7 poäng, se bilaga D, tabell 14.

5.3 Grundvattenbildning

Grundvattenbildning beror till största del av nederbörd och temperatur, vilket avgör hur mycket vatten som tillkommer till området och hur mycket som avdunstar och transpirerar. På SMHI:s (u.å) sida om Sveriges aktuella vattenbalans finns det data på dessa parametrar. Då dessa värden endast varierar marginellt på lokal nivå så används enbart ett värde för Östad; ca 470mm/år, vilket enligt tabellen i bilaga D, tabell 15, resulterar i 9 poäng för zon A, B och C.

5.4 Material i akviferen

I zon A finns det enbart en brunn i SGU:s (u.å.) kartvisare "Brunnar" som sträcker sig tillräckligt djupt för att nå akviferen. Det material som är angivet för akviferen i den brunnen är sand och stenig sand vilket kan klassas som "sand och grus" i bilaga D, tabell 16. Typ-poängen för det materialet väljs, alltså 8 poäng.

I zon B visar de borrhkärnor som finns på SGU:s (u.å.) kartvisare "Brunnar" att akviferen där består mestadels av sand med vissa inslag av finsand och grovsand. Från det så klassas materialet i akviferen som "sand och grus". Sanden i zon B bedöms vara finare sorterad än sanden i zon A, därav väljs ett poäng lägre än typ-poängen för det materialet, alltså 7 poäng, se bilaga D, tabell 16.

I zon C saknas det information i SGU:s (u.å.) kartvisare för det området gällande jordlagerföljd, men antagandet görs återigen att zon B och C är så pass lika så samma material väljs och därmed sätts även samma poäng, dvs 7 poäng, se bilaga D, tabell 16.

5.5 Material i jordmånen

I zon A är det enligt SGU:s (u.å.) kartvisare "Jordarter 1:25 000 - 1:100 000" främst finlera som dominerar det ytligaste jordlagret, med vissa inslag av ovanliggande postglacial sand och mossetorv. Utifrån detta görs bedömningen att materialet i jordmånen kan jämföras med lerig "loam", se bilaga D, tabell 18, vilket resulterar i 3 poäng. "Loam" beskrivs av Rosén (1991) som "ett jordmaterial med en kornstorleksfördelning enligt följande: 25–50% silt, 7–27% ler och 0–50% sand".

I zon B är det enligt SGU:s (u.å.) kartvisare "Jordarter 1:25 000 - 1:100 000" nästan enbart isälvsavlagringar, främst sand, i det översta jordlagret. Bedömningen görs då att materialet i jordmånen klassas som sand i bilaga D, tabell 18, vilket resulterar i 9 poäng.

I zon C är det blandat mellan isälvsavlagringar och finlera i SGU:s kartvisare "Jordarter 1:25 000 - 1:100 000". För att avgöra vad jordmånen bör klassas som görs en jämförelse mellan zon C och typmiljö 7A som finns beskriven i *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings* (Aller et al., 1987). Den typmiljön bedöms vara väldigt lik miljön i Östad och jämförs de andra DRASTIC-parametrarna så bekräftas denna likhet. Från denna jämförelse klassas jordmånen i zon C som sandy "loam", se bilaga D, tabell 18, vilket ger 6 poäng.

5.6 Topografi

Topografi, eller den generella lutningen i zonen, har uppskattats med hjälp av en karta med känd skala samt med höjdlinjer. Genom att välja två punkter på en karta med höjdmarkeringar och sedan dividera höjdskillnaden mellan dessa punkter med avståndet mellan dem så fås en lutning ut.

I zon A så är topografin väldigt flack och den generella lutningen uppmäts att ligga inom intervallet 0–2% lutning, se bilaga D, tabell 19, vilket resulterar i 10 poäng.

I zon B är topografin betydligt brantare än i zon A och i vissa punkter väldigt brant. Men den generella lutningen inom zon B uppmäts att ligga inom intervallen 2–6% lutning vilket resulterar i 9 poäng, se bilaga D, tabell 19.

I zon C är topografin relativt lik topografin i zon B, det är några flackare partier i den norra delen av zonen men resterande terräng är kuperad. Lutningen bedöms ligga inom 2–6% lutning vilket resulterar i 9 poäng, se bilaga D, tabell 19.

5.7 Material i den omättade zonen under jordmånen

I zon A är det enligt SGU:s (u.å) kartvisare "grundvattenmagasin" ett tätande lager som ligger över hela grundvattenmagasinet. Enligt bilaga D, tabell 20, så resulterar det i 1 poäng för tätande jordlager.

I zon B är inget tätande lager som ligger ovan grundvattenmagasinet enligt SGU:s (u.å) kartvisare "grundvattenmagasin". I SGU:s (u.å) kartvisare "jordlagerföljd" är det angivet att materialet i den omättade zonen består till största del av sand, utan någon betydande mängd silt och ler, vilket utifrån bilaga D, tabell 20, resulterar i 8 poäng.

I zon C är det blandad mellan tätande och icke tätande lager ovan grundvattenmagasinet enligt SGU:s (u.å) kartvisare "grundvattenmagasin". I SGU:s (u.å) kartvisare "jordlayersföljd" finns det få punkter där information finns och endast i den södra delen av zonen. Bedömning görs att zon C är relativt lik zon B och att den omättade zonen består av sand, åtminstone i stora delar av zon C och att det är den mest sårbara delen av zonen och därmed väljs den som dimensionerande. Därav sätts 8 poäng enligt bilaga D, tabell 20.

5.8 Hydraulisk konduktivitet i akviferen

I zon A innehåller akviferen främst sand och stenig sand vilket fastslogs i kapitel 5.4. I rapporten *Hydraulisk konduktivitet i en morän* av Svensson J. (2012) återfinns en tabell där den hydrauliska konduktiviteten är angiven i intervall för ett flertal jordfraktioner samt för olika moräntyper. Materialet i zon A bedöms klassas som grovsand enligt den tabellen och den hydrauliska konduktiviteten ligger då mellan 10^{-1} - 10^{-3} m/s, men för att kunna sätta en poäng enligt bilaga D, tabell 21, bedöms den hydrauliska konduktiviteten ligga mellan 10^{-2} - 10^{-3} m/s vilket resulterar i 8 poäng.

I zon B innehåller akviferen främst sand med inslag av finsand och grovsand. Materialet bedöms då klassas som mellansand i tabellen med angivna intervall för hydraulisk konduktivitet i Svensson J. (2012) rapport *Hydraulisk konduktivitet i en morän*. I denna tabell är mellansand angivet att ha en hydraulisk konduktivitet mellan 10^{-2} - 10^{-4} m/s och här väljs intervallet 10^{-3} - 10^{-4} m/s för att få ett poäng från bilaga D, tabell 21, vilket resulterar i 6 poäng.

I zon C består akviferen av sand, liknande den i zon B. Materialet bedöms då klassas som mellansand i tabellen med angivna intervall för hydraulisk konduktivitet i Svensson J. (2012) rapport *Hydraulisk konduktivitet i en morän*. I denna tabell är mellansand angivet att ha en hydraulisk konduktivitet mellan 10^{-2} - 10^{-4} m/s och här väljs intervallet 10^{-3} - 10^{-4} m/s för att få ett poäng från bilaga D, tabell 21, vilket resulterar i 6 poäng.

5.9 Slutgiltiga DRASTIC-index

I tabell 9 finns en sammanställning av poängen för varje DRASTIC-parameter för respektive zon. Poängen multipliceras med siffran i kolumnen för de två vikterna som sedan summeras till två slutgiltiga DRASTIC-index för generella föroreningar och för pesticider.

Tabell 9.

Sammanställning av poäng, viktning samt slutgiltigt DRASTIC-index.

Parameter	Zon A	Zon B	Zon C	Vikt generell	Vikt pesticider
D	1	7	7	5	5
R	9	9	9	4	4
A	8	7	7	3	3
S	3	9	5	2	5
T	10	9	9	1	3
I	1	8	8	5	4
C	8	6	6	3	2
Viktad summa	114 (2)	181 (4)	173 (3)		
Viktad summa pesticider	134 (2)	208 (5) ¹	188 (4)		

Kommentar: Under varje zon står de poäng den zonen fått för respektive parameter till vänster. Vid förekomst av pesticider multipliceras denna poäng med "Vikt pesticider". I övriga fall multipliceras denna poäng med "Vikt generell". Den viktade poängen summeras för generella föroreningar och för pesticider. Inom parentes återfinns det poäng som används i riskanalysen, se tabell 4. ¹Dimensionerande för jordbruk.

6. Vattentäktens värde

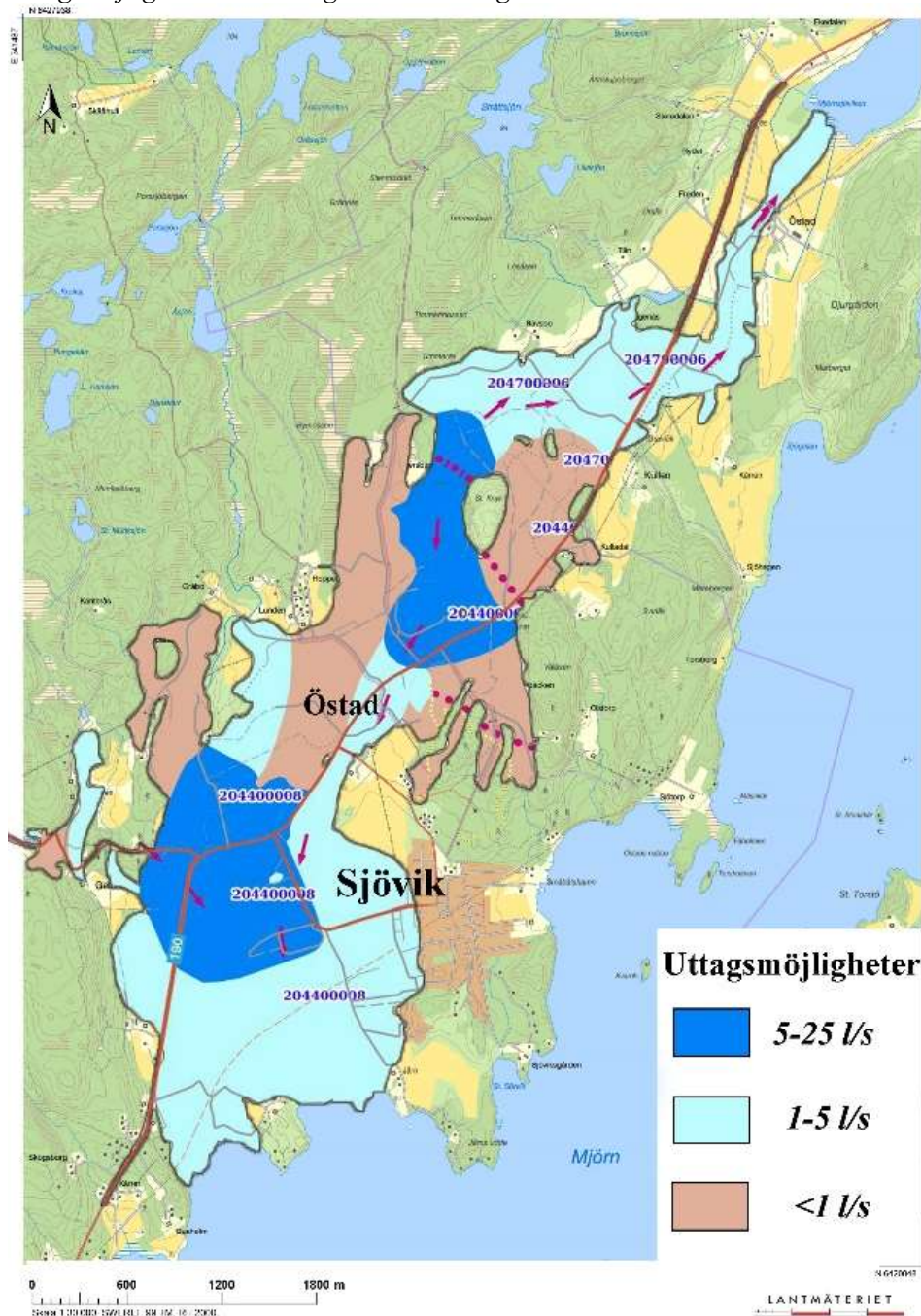
Vatten är väsentligt för människan och en grundförutsättning för allt liv på jorden (Sida, 2021). Tillgång till rent vatten är en mänsklig rättighet, vilket visar hur stort värde vatten har i våra liv. Östads grundvattenmagasin sträcker sig, som tidigare nämnt, över en stor yta med en stor variation av uttagsmöjligheter. Länsstyrelsen Västra Götaland listar Östaddeltat som en regionalt viktig dricksvattenresurs (Ruderfelt, et al. 2021). Ytvattnet Mjörn listas även på denna lista, då det kan användas för dricksvattenproduktion samt då det har potential att användas för konstgjord infiltration för grundvattentäkter runt omkring sjön.

Den största del av vattenförsörjning i Sverige kommer från ytvatten (Ruderfelt, et al. 2021). Enligt SCB (2017) var det totala uttaget, som används till mer än dricksvatten, av färskvatten i Sverige under år 2015 ungefär 2444 miljoner kubikmeter. Av detta var 80% ytvatten, 13% grundvatten och resterande 7% kunde av undersökningstekniska orsaker inte kopplas till något specifikt uttag. Notera att ytvatten som använd till konstgjord infiltration ingår in procenten ytvatten. I Västra Götaland finns det till antalet fler grundvattentäkter än ytvattentäkter, men kapaciteten är mycket större för ytvattentäkterna (Ruderfelt, et al. 2021). Specifikt är vattentillgången mycket god i Väneren, Vättern och Göta älv vilket gör dessa centrala för länets vattenförsörjning. Lerums kommun och Sjövik är inte beläget nära någon av dessa tre stora ytvattenresurser vilket gör att andra källor är centrala för kommunens vattenförsörjning.

I delregionen Göteborgsregionen som Lerums kommun tillhör kommer endast 5% av råvattnet från grundvatten och 95% från ytvatten (Ruderfelt et al., 2021). Vidare skriver Ruderfelt m. fl. att det i Göteborgsregionen finns risk för periodvis minskad kapacitet i ytvatten så som sjöar under sommarperioden. Det är samtidigt under denna period som mycket vatten används till bevattning och djurhållning. Detta kan leda till en brist på råvatten under sommarperioden vilket i sin tur ökar Östad grundvattenmagasins värde.

Figur 29 illustrerar uttagsmöjligheterna för Östads grundvattenmagasin. I kartan ser vi att det finns två mörkblå områden med en mycket stor uttagsmöjlighet. Det ena området ligger vid bergen Stora Knyk och Knyk i den högst belägna delen av området. Det andra området är beläget strax västerut om orten Sjövik. Det är här det nuvarande uttaget av råvatten sker genom en brunn. De ljusblå områdena har en uttagsmöjlighet på 1-5l/s. Dessa områden uppfyller riktlinjerna att en vattenresurs anses värdefull om uttaget i snitt överstiger 10 kvadratmeter per dygn eller kan försörja fler än 50 personer (Havs- och vattenmyndigheten, 2021). De bruna områdena har en för liten uttagsmöjlighet för att kunna nyttjas på ett värdefullt sätt. Därmed är uttag av vatten för kommunal vattenförsörjning främst aktuellt inom de blå områden i figur 29. De mörkblå områdena ses som extra värdefulla och centrala för eventuellt uttag.

Figur 29.
Uttagsmöjligheter i Östads grundvattenmagasin.



Kommentar: Modifierad karta. Hämtad från Lantmäteriets (u.å.) kartverktyg "Min karta" och SGU:s (u.å.) kartvisare "Grundvattenmagasin".

Utifrån utformad värdeskala placeras de bruna områdena i värdeklass 1. Detta då uttagningsmöjligheten är mycket liten och inte kan försörja tillräckligt många personer. De ljusblå områdena är möjliga att placeras i både värdeklass 1 och 2. Utifrån vald metod klassas de ljusblå områdena som värdeklass 2. Detta då det trots allt går att utvinna en betydande mängd råvatten i dessa områden, och de utgör en betydande grundvattentillgång. De mörkblå områdena värderas som värdeklass 2 då de har ett stort vattenflöde och en stor uttagningsmöjlighet. En tillräckligt stor vattenmängd kommer kontinuerligt kunna utvinnas ur dessa för att utgöra en god grundvattentillgång för området.

Konstgjord infiltration är en vanlig metod för att öka uttagningsmöjligheten för en vattentillgång. Den vanligaste metoden för att öka grundvattenbildning, specifikt vid isälvsavlagringar, är i Sverige genom bassänginfiltration (Hägg, et al. 2018). Infiltrationsbassänger kan då schaktas ut direkt ur åsmaterialet. Vatten från en ås eller närliggande sjö pumpas upp till dessa bassänger och filtreras genom isälvsavlagringen för att öka vattenflödet till täkten. Således ökar vattenmängden i grundvattnet och därmed uttagningsmöjligheterna. I vissa fall, beroende på infiltrationsverkets förutsättning, kan infiltrationsvattnet behövas förbehandlas för att upprätthålla god kvalitet.

Konstgjord infiltration skulle som tidigare nämnt kunna appliceras vid Östads grundvattenmagasin. Den konstgjorda infiltrationen skulle öka uttaget av vatten från vattenmagasinet, och därmed skulle även värdet för Östads grundvattenmagasin öka. I området finns goda möjligheter för bassänginfiltration från Mjörn men även från andra mindre sjöar och åar. Genom applicering av bassänginfiltration bedöms hela grundvattentillgången kunna värderas som värdeklass 2. Området klassificeras inte som värdeklass 3 då vattentäkten i sin helhet fortfarande främst kommer användas som en reservvattentäkt, då det redan finns tillräckligt bra primära vattentillgångar som nyttjas dels i Lerums kommun men även i regionen.

7. Riskanalys och riskvärdering

Resultatet av utförd riskanalys presenteras i tabell 10. Objektens placering i området går att observera i figur 13. Information och motivering bakom bedömningen av parametrarna, specifikt *Sannolikhet* och *Lokala förutsättningar och barriärer*, finns i kapitel 4.3. Utformade skalor för bedömning av parametrarna presenteras i kapitel 2.3. Riskanalysen utgår från värsta tänkbara scenario i bedömningen av parametrar. Detta gäller specifikt för hoten väg, djurhållning och jordbruk där ingen enskild källa är utpekad utan förorening kan ske vid ett flertal platser.

Tabell 10.

Sammanställning av riskbedömning och de parametrar som ingår.

Objekt nummer	Objekt	Sannolikhet för utsläpp	Sårbarhet		Konsekvens för råvatten	Värde	Risk
			Lokala förutsättningar & barriärer	Sårbarhetsanalys enligt DRASTIC			
11 ¹	Väg 190	3	4	4	4	2	17
15	Djurhållning	5	4	4	2	2	17
14	Jordbruk	4	4	5	2	2	17
13b	Aktivitet vid grustäkt (åtel/vakkoja/skrot)	3	5	4	3	2	17
4	Bensinstation	5	2	4	3	2	16
3	Skjutbana	3	3	4	3	2	15
6, 7 ²	Bilverkstad	5	3	2	3	2	15
9	Avloppsnet/reningsverk	3	3	2	4	2	14
13a	Grustäkt	1	5	4	1	2	13
1	Skjutbana	4	1	3	3	2	13
5	Betong och cementindustri	3	2	2	2	2	11
10	Kyrka och kyrkogård	1	2	4	2	2	11
2	Privat avfallsdeponi (åtgärdad)	1	1	3	2	2	9
12	Husvagnsskrot	1	2	2	2	2	9
8	Lagring av kreosotstolpar	1	1	2	2	2	8

¹ Bedömningen av väg 190 utgår från "worst case scenario" där klassningen av parametrar görs utefter den del av vägsträckan med värsta förhållanden.

² Objekt nummer 6 & 7 är likvärdiga verksamheter placerade i närheten av varandra. Därav har riskobjekten en gemensam riskanalys.

8. Förslag på skydds-zoner för grundvattenmagasinet

Inom ett vattenskyddsområde finns olika föreskrifter och begränsningar för vad marken får användas till, och detta innefattar även områdets verksamheter. Ett vattenskyddsområde kan även delas in i olika skydds-zoner för att effektivisera skyddet. Detta kapitel fokuserar på att ge översiktliga förslag på områdets zonindelning om ett vattenskyddsområde skulle utformas för att skydda hela grundvattentillgången i området. Skydds-zoner motiveras av den riskdömning som tidigare gjorts.

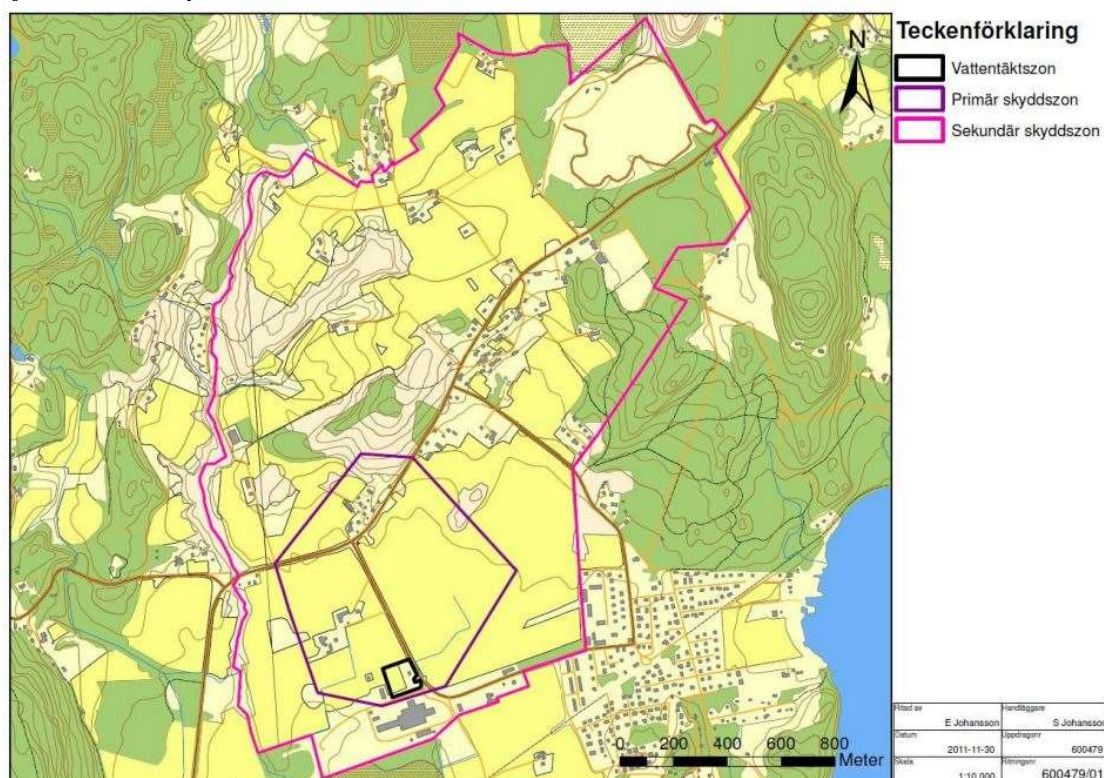
Två tredjedelar av alla grundvattentäkter i Sverige har enligt SGU (2020d) ett utformat vattenskyddsområde, men en stor del av dessa grundar sig i ofullständig geologisk och hydrologisk information, de kan även innehålla föråldrade föreskrifter. Enligt SGU (2020d) kan det därmed vara bra att äldre vattenskyddsområden kompletteras med dagens riktlinjer och med hjälp utav exempelvis ny utförd riskanalys eller beredskapsplan.

Enligt Naturvårdsverkets (2011) *Handbok för vattenskyddsområde* kommer ett vattenskyddsområde preliminärt omfatta hela tillrinningsområdet och därefter delas in i lämpliga skydds-zoner. Vidare beskrivs hur indelningen av zoner kan vara ett effektivt sätt för att inte överbeskydda områden mer än vad som krävs för att uppnå skyddets syfte, men även för att visa på var sårbarheten varierar i området. Enligt handboken bör zonbeteckningar tillämpas enligt följande: vattentäktszon, primär skyddszon, sekundär skyddszon och eventuellt tertiär skyddszon. Vattentäktszonen bör avgränsas med fysiskt skydd mot obehöriga så som staket och sträcka sig runt den uttagsbrunn som används. Den primära zonens avgränsning beror på grundvattenmagasinet uppehållstid samt områdets sårbara inströmningspositioner och avgränsas så att riskerna vid akut förorening ska minimeras. Den sekundära zonen ska även den skydda mot markanvändning och verksamhet som kan medföra risk för förorening av grundvattnet men med mycket högre uppehållstid från zonen gräns till vattentäktszonen. Den tertiära zonen utgörs av resterande områden som ej omfattas av tidigare nämnda zoner och här är det viktigt att beakta eventuella föroreningar på lång sikt (Naturvårdsverket, 2011).

Lerums kommunfullmäktige fastställde år 2014 ett vattenskyddsområde för Sjöviks vattentäkt. Det framgår av *Skyddsföreskrifter för Sjöviks vattenskyddsområde* (Lerums kommun, 2014) att skyddsområdet delats in i tre zoner med vattentäktszon, primär skyddszon och sekundär skyddszon. Vattenskyddsområdets utbredning och indelning illustreras nedan i figur 30. Inom vattentäktzonen bedrivs endast vattenverksamhet och all annan verksamhet är förbjuden. Skyddsföreskrifterna för den primära och sekundära zonen varierar något men täcker övergripligt hantering av petroleumprodukter, bekämpningsmedel, växtnäringssämnen, avloppsvatten, upplag och deponier, markarbeten, energi- och vattenutvinning.

Figur 30.

Sjöviks vattenskyddsområde.



Kommentar: Karta visar skyddszoner för Sjöviks vattenskyddsområde. Hämtad från Lerums kommun (2014).

I den nya vägledningen *Vägledning om inrättande och förvaltning av vattenskyddsområden* som Havs- och vattenmyndigheten (2021) har tagit fram beskrivs hur vattenskyddsområden generellt tidigare utformats utefter strömningstider i mark, men att utformningen nu i större utsträckning bör grunda sig i de faktiska föroreningsriskerna som grundvattentäkterna kan drabbas av. Enligt nya vägledningen bör en riskbedömning göras vars slutsatser sedan ligger till grund för vattenskyddsområdets zonindelning, alternativt avgränsning. Zonernas föreskrifter kan även här motiveras utefter genomförd riskbedömning.

Nu när en samlad riskbedömning har genomförts för Östads grundvattenmagasin kan detta användas som underlag för att utforma ett område för vattenskydd. Då denna process är lång och involverar markägare, verksamhetsutövare, miljölagstiftning osv görs en generaliserad tolkning nedan som behandlar vattenskyddsområdets geografiska avgränsning. Enligt Havs- och vattenmyndigheten (2021) bör generellt en utformning av vattenskyddsområdet grunda sig på kännedom om:

- områdets geologiska och hydrologiska förutsättningar
- hur markanvändningen i tillrinningsområdet kan påverka vattentäktens kvalitet på kort och lång sikt
- risker och hot utifrån dricksvattenproduktion som kan förekomma i och runt tillrinningsområdet.

Östads geologiska och hydrogeologiska förutsättningar har analyserats, vilket därefter ligger till grund för den riskbedömning som görs. Med riskbedömningen över Östads grundvattenmagasin har risker och hot i området lokaliserats och analyserats för att på lättare sätt kunna bedömas. Däremot finns ej detaljerad information på tillrinningsområdet för Östads grundvattenmagasin, vilket gör att en yttersta zonindelning blir något svårdefinierad då denna stödjer sig delvis på

hur tillrinningsområdet ser ut. En ungefärlig uppfattning om områdets tillrinningsområde fås via topografin och även vid fältundersökningen. Då Östaddeltat och dess grundvattenmagasin i stort sett avgränsas av högre topografi i väst och sjön Mjörn i öst, kan ett ungefärligt tillrinningsområde bedömas närliggandes omge magasinet.

Ur miljöbalkens allmänna råd 7 kap. 21§ finns lagstöd för att grund- och ytvattentillgångar, som kan antas komma att utnyttjas, bör skyddas. Östads grundvattenmagasin anses som en regionalt viktig dricksvattenresurs som kommer nyttjas i framtiden enligt Ruderfelt, et al. (2021). Därmed skulle hela grundvattenmagasinet kunna utgöra en första skyddsavgränsning.

Nya avgränsningar och zonindelningar kan förslagsvis utformas till ett mer enhetligt vattenskyddsområde för Östads grundvattenmagasin, samt med hänsyn till Sjöviks redan befintliga skyddsområde. Sjöviks vattenskyddsområde täcker idag inte hela den markyta där uttagsmöjligheterna bedömts vara störst, se figur 29 och figur 30. Det finns även goda uttagsmöjligheter norr om berget Stora Knyk samt sydväst om Sjöviks sekundära skyddszon. En tertiär skyddszon kan följdvis avgränsas enligt grundvattenmagasinets ungefärliga tillrinningsområde varvid en primär skyddszon kan i första hand avgränsa Östads centrala områden med högst uttagsmöjligheter. Den primära skyddszonen bör utformas så att dess föreskrifter effektivt täcker de områden där uttagsmöjligheter är som högst och som lämpar sig bäst för placering av eventuell framtida vattentäcksbrunn. Risker som troligtvis bör omfattas av den primära skyddszonen är således en del utav väg 190 samt områdets utspridda djurhållning och jordbruk. Primära skyddszonen bör även omfatta mer platsbestämda risker som bensinstationen, grustakten och skjutbanan. Sedan kan en sekundär skyddszon utarbetas mellan den primära och den tertiära zonen, även denna skyddszon med hänsyn till faktiska risker som finns i området, förslagsvis att den inkluderar resterande delar utav väg 190, jordbruk, djurhållningen samt övriga relevanta risker.

9. Diskussion

I detta avsnitt analyseras och diskuteras resultat av riskbedömning, och en analys utförs av använd metod och dess utformning. En utvärdering utförs av grundvattenmagasinets skyddsområde och skyddszoner.

9.1 Analys av riskbedömning

Resultatet av riskanalysen utförd för området kring Östad presenteras i tabell 10. Fyra riskobjekt klassades efter utförd riskanalys som riskklass röd, åtta riskobjekt som riskklass gul och tre riskobjekt som riskklass grön. De objekt som utgör störst risk för förorening, och tillhör riskklass röd, är väg 190 (objekt 11), utsläpp kopplat till jordbruk (objekt 15), djurhållning (objekt 16) samt aktivitet vid områdets grustäkt (objekt 13b). Samtliga av objekten i riskklass röd erhöll ett riskvärde på 17 poäng.

Väg 190 får ett högt riskvärde då konsekvenserna för utsläpp vid eventuella olyckor är höga samt att sårbarheten anses mycket hög. Bedömning av vägsträckan, främst gällande parametrarna sårbarhetsanalys och lokala förutsättningar och barriärer, har utgått från det värsta tänkbara scenariot. Det medför att riskbedömningen av väg 190 utgår från förhållanden vid den del av vägsträckan som löper längs kanten av grustäkten i Östad. Där anses risken för förorening från väg 190 relativt hög. Detta gäller dock inte för hela vägsträckan som löper genom Östad. Ett flertal sträckor kan anses ha en mycket lägre riskklass. Riskanalyserna för jordbruk och djurhållning är mycket lika varandra. Sannolikheten för utsläpp bedömdes som mycket hög för djurhållning och något lägre för jordbruk. I sårbarhetsanalysen erhöll jordbruk ett mycket högt värde, detta på grund av förekomsten av pesticider.

Under fältundersökningen upptäcktes spår av mänsklig aktivitet vid grustäkten, som inte är kopplad till grustäktsverksamhet. Denna aktivitet valdes att bedömas som ett separat riskobjekt i riskbedömningen. Omfattningen av aktiviteten samt användning av ämnen är okänd vilket leder till en medelhög konsekvensklass. Grustäkten är mycket sårbar och saknar helt förekomst av naturliga lokala barriärer, såsom jordmån och tätande jordlager. Grustäkten ligger i zon B och får 4 poäng i sårbarhetsanalysen. Därmed bedöms aktiviteten i riskbedömningen utgöra en substantiell risk för grundvattnet.

Bensinstationen (objekt 4) erhöll i riskanalysen ett riskvärde på 16 poäng. Sannolikheten för utsläpp anses mycket hög, då små utsläpp av petroleumprodukter troligen sker konstant vid platsen. Platsen har asfalterat underlag och god förekomst av brunnar och vatten- och avloppssystem på plats, vilket minskar sannolikheten för spridning till grundvattnet. Bensinstationen ligger inom zon B och erhåller 4 poäng från sårbarhetsanalysen vilket ökar risken betydligt.

Konsekvensen av utsläpp anses för skjutbanorna någorlunda allvarliga, främst på grund av den fortsatta förekomsten av ammunition innehållande bly. Ena skjutbanan (objekt 1) ligger inom zon A och den andra skjutbanan (objekt 3) i zon B. De erhåller därmed olika poäng för parametern sårbarhetsanalys. Den ena skjutbanan (objekt 1) var mycket välskött med synliga system för kulfång, och får därmed ett mycket lågt poäng för parametern lokala förutsättningar och barriärer. Skjutbanan (objekt 1) är mycket aktiv och sannolikheten för utsläpp anses därmed högre än för den andra skjutbanan (objekt 3). Graden av aktivitet för den andra skjutbanan (objekt 3) är okänd men bedöms utifrån fältundersökningen vara mindre aktiv. Skjutbanorna erhåller i slutändan ett riskvärde på 13 (objekt 1) och 15 (objekt 3) poäng.

Avloppsnätet och vattenreningsverket (objekt 9) erhåller i riskanalysen ett relativt högt riskvärde på 14 poäng. Konsekvenserna vid läckage eller utsläpp bedöms kunna vara allvarliga, som till exempel fallet då många i Östersund insjuknade av en bakterie från ett förmodat läckage från avloppsnätet. Det är främst detta som ökar risken för objekten och visar även att avloppsnätet kan tas i större beaktning än vad riskbedömningen i helhet visar.

Grustakten (objekt 13a) fick ett relativt lågt riskvärde i riskanalysen. Detta beror på att verksamheten med uttag av grus och sten är nedlagd. Viss aktivitet i form av upplag av grus kunde dock ses vid platsen. Platsen är, som tidigare diskuterats, mycket sårbar. Bortsett från den aktivitet som upptäcktes (objekt 13b) är sannolikheten för förorening kopplad till täktverksamhet mycket låg. Täktverksamheten får inte ett särskilt högt riskvärde i den slutliga riskanalysen.

Sannolikheten för att utsläpp från betong och cementfabriken (objekt 5) ska ta sig till grundvattnet är mycket låg samtidigt som konsekvenserna inte är vare sig stora eller svåra att åtgärda, vilket resulterar i ett lågt slutvärde i riskbedömning.

EBH-kartan visade en privat deponi vid Östads säteri (objekt 2) som var åtgärdad. Sannolikheten att deponin fortfarande utgör en risk för grundvattnet anses väldigt låg samtidigt som konsekvenserna av förorening anses små. Platsen ligger dock inom ett område som enligt sårbarhetsanalysen är mycket sårbar. Det slutgiltiga riskvärdet är 9 poäng, vilket klassas som lågt. Riskbedömningen för kyrkan (objekt 10) liknar bedömningen för den privata deponin. Båda riskobjekten har en låg sannolikhet för en nuvarande spridning samt låga konsekvenser för de aktuella föroreningarna.

Husvagnsskroten upptäcktes under fältundersökningen och antogs först vara en stor risk. Efter vidare undersökning upptäcktes att de komponenter som medför stora konsekvenser för grundvattnet plockas bort tidigt. Förekomsten av farliga ämnen från husvagnar kan därför anses som låg. Detta leder till att en låg sannolikheten att förorening sker. Sårbarheten för området är låg enligt sårbarhetsanalysen. Dock förekommer det få övriga lokala barriärer bortsett från bortplockning av komponenter på platsen. Hur dessa komponenter sedan hanteras är okänt. Detta leder till ett lågt riskvärde för husvagnsdeponin. Lägst riskvärde får lagring av kreosotstolpar (objekt 8) med 8 poäng. Detta beror dels på att kreosotstolparna inte finns kvar på platsen idag, dels att sannolikheten av ett substantiellt utsläpp sker är mycket låg.

Miljöförändringar bedömdes inte som ett enskilt hot men borde tas i beaktning som ett framtida hot och vidare övervakas. Som nämnt i kapitel 4 är det sannolikt att det i framtiden kommer ske en ökning av torka, vilket kan leda till en ökad sårbarhet när de naturliga markbarriärerna försvinner. Sannolikheten för skyfall kommer även öka vilket kan leda till överbelastning av dagens vatten- och avloppssystem. Detta kan leda till att föroreningar, från exempelvis en bensinstation, inte leds ner genom avloppssystem utan i stället rinner vidare till mer sårbara områden där föroreningarna kan nå grundvattnet. Därav kan riskobjekten eventuellt komma att klassas högre vid en riskbedömning där dessa framtidsscenario tas i beaktning. Dock berörs inte alla objekt, exempelvis cementfabriken där föroreningar främst samlas inuti lokalerna och inte påverkas av yttre klimat.

Krig, kris och sabotage utfördes det inte heller en riskbedömning för. Utifrån den metod som används i denna rapport finns det många oklarheter hur en bedömning kring krig, kris och sabotage ska utföras. Detta berodde främst på att sannolikheten för denna typ av hot är svårbedömd samt att konsekvenserna kan variera stort. Däremot bör det tas hänsyn till att denna typ av hot kan leda till allvarigare föroreningar och fler föroreningskällor än de som presenteras i riskbedömningen.

Efter utförd riskanalys är det tydligt att de mest varierande parametrarna har mest inverkan i riskbedömning. Dessa parametrar är *sannolikhet för utsläpp* samt *lokala förutsättningar och barriärer*. För dessa parametrar har objekten fått en bedömning som sträcker sig över hela värdeskalen (1–5). Parametrarna *sårbarhetsanalys enligt DRASTIC* och *konsekvens* har också en stor inverkan då objekten sträcker sig över nästan hela värdeskalen. *Sårbarhet enligt DRASTIC* varierar mellan 2–5 och *konsekvens* mellan 1–4. Den parameter som inte har en lika stor inverkan i riskbedömningen är grundvattenmagasinets värde där samtliga objekt fick en tvåa (2). Parametern värde har ingen inverkan på det slutgiltiga riskvärdet i denna riskanalysen, däremot ger den betydande information om grundvattenmagasinets skyddsvärde.

Det finns även objekt som valdes att uteslutas från riskbedömningen. De objekt som uteslöts fick en klass noll (0) på någon av parametrarna i riskbedömningen. Alla parametrar behöver finnas för att objektet ska utföra en risk för grundvattenmagasinet. Exempel på uteslutna objekt är den nedlagda och åtgärdade bensinstationen som inte längre finns kvar, vilket ger värdet noll för *sannolikheten för spridning av föroreningar*. Ett annat objekt är den plats som benämns ”känslig markanvändning”, se tabell 7, som inte bedöms utgöra något hot för grundvattnet och då fick en bedömning noll (0) på parametern konsekvenser. En deponi utpekad i EBH-kartan uteslöts också då den inte kunde återfinnas vid fältundersökningen vilket ledde till att en riskbedömning ansågs omöjlig att utföra.

De platser som får ett högt riskvärde och anses extra sårbara är väg 190, jordbruk/djurhållning och aktivitet vid grustäkt. Dessa har gemensamt en hög sårbarhet från riskanalysen då de ligger på platser med dåliga lokala barriärer samt har ett högt sårbarhetsvärde från DRASTIC-metoden. Det bör även uppmärksammas att en betydande del av landsvägen, en stor del av jordbruksmarken i området samt grustäkten är placerade där uttagningskapaciteten för grundvattenmagasinet är som störst, 5-25l/s. Vilket gör dessa objekt extra prioriterade vid utformning av skyddsområde. Det kan även tänkas att det sker fler spontana utsläpp vid grustäkten än den som hittades vilket bör tas i åtanke vid utformning av skyddsområde. Den största delen av djurhållningen ligger över magasinets näst största uttagningskapacitet, 1-5l/s, men mycket nära den högsta uttagningskapaciteten. Djurhållningen består till stor del av hästar som troligtvis rör sig över området med störst uttagningskapacitet när de är ute på tur. Detta leder till att föroreningar som medicin, via avföringen kan spridas i det extra värdefulla området. Vidare fanns det ett stort antal hästar i området vilket ökar sannolikheten för spridning. Dessa verksamheter är de som bör tas i störst beaktning för Östads grundvattenmagasin.

Dock är det viktigt att notera att trots att dessa har fått högst riskvärde är det främst föroreningar från vägsträckan som kan leda till betydande konsekvenser för en vattentäkt. Om stora mängder petroleum når grundvattnet leder det till att vattentäkten kommer anses obrukbar över en viss tid och sanering krävs. Föroreningar från aktivitet på grustäkten kan ”bara” leda till relativt allvarliga konsekvenser. Med relativt allvarliga konsekvenser menas att vattentäkten anses förorenad en kortare stund och endast mindre åtgärder krävs för att kunna brukas igen. Vid förhöjda halter av föroreningar i vattnet kopplat med jordbruk och djurhållning kommer vattentäkten troligtvis fortfarande anses lämplig för dricksvattenproduktion. På grund av allvarligheten med parametern *konsekvenser* noteras även avlopps nätet/reningsverket som en specifikt högriskverksamhet då konsekvenserna kan vara mycket allvarliga om föroreningar sprids.

9.2 Utvärdering av metod

Metoden som användes vid riskbedömningen är utformad för att få kunskap kring grundvattenmagasinets olika riskobjekt, samt att visa vilken typ av risk objektet utgör. Resultatet efter att metoden tillämpades för Östads grundvattenmagasin och närliggande område visar att metoden fungerar. Resultatet kan vidare användas för att identifiera högriskobjekt och få nödvändig information inför exempelvis upprättning av vattenskyddsområde, restriktioner eller nödvändiga åtgärder. Kännedom om områdets geologi, hydrogeologi och hydraulik behövs för att riskbedömningen ska kunna utföras. Den omfattande delen i metoden blir identifiering av riskobjekt samt vilket/vilka hot dessa objekt utgör för grundvattenmagasinet. Metoden och resultatet anses som enkel att tolka, men eftersom vissa delar i riskanalysen är grundad i egna slutsatser, utifrån teoretiska resonemang, finns vissa brister.

Resultaten i riskbedömningen har en väldigt stor förankring i den geologiska och hydrogeologiska bedömningen. Bedömningen grundar sig i kartmaterial från SGU och från material i GIS. Bedömningen skulle kunna utvecklas för att säkerställa ett mer verklighetsbaserat resultat. Exempelvis kan detta uppnås genom provtagningar av jordfraktioner och av jordlagerföljd eller också genom sprickkartering. För att få en tydligare bild av olika verksamheters spridning av föroreningar hade jordprover kunnat samlats in för att mäta föroreningskoncentrationer.

Den hydrologiska bedömningen har utvecklingspotential. Där har det dels utförts en mycket enkel uppskattning som grundar sig i områdets topografi, dels en som grundar sig på indelning av tillrinningsområde (primärt, sekundärt och tertiärt). För att utveckla bedömningen hade exempelvis ett program som Scalgo Live kunnat användas. Ett komplement till en något begränsad bedömning blev parametern *Lokala förutsättningar och barriärer* som bland annat tar hänsyn till ett riskobjekts punktspecifika hydrologiska förutsättningar.

DRASTIC fungerar väldigt bra när ett område är relativt geologiskt homogent och jordprofilen har tydliga lager genom hela området. När ett område har liten variation går det enkelt att välja det material eller det intervall som bäst representerar det området. Valet att dela upp Östads grundvattenmagasin i tre zoner för att tillämpa DRASTIC-metoden anses vara ett bra val. Zon A och zon B var så pass olika att en sammanslagning av de båda zonerna i DRASTIC, ej hade gett en rättvis bild. Zon C ansågs behöva vara en egen zon då den avgränsas från zon B av en rörlig vattendelare. Tyvärr finns det väldigt få värden och lite information om förhållandena i zon C. Detta medförde att många antaganden gjordes. Zon A och zon B hade däremot tillräckligt med värden och information för att slippa antaganden. Där utfördes snarare avvägningar av vilket material eller intervall som ansågs vara representativt.

Fältundersökningen samt framtagning av riskobjekt kunde ha varit mer omfattande för att få en ännu tydligare bild av områdets risker. I detta arbete krävdes en utformning av områdesbegränsning. Vid fältundersökningen studerades stora delar av området enbart utifrån vägar då möjlighet till en mer grundlig undersökning på marker och i skog inte var möjlig. Det finns därför en möjlighet att det finns föroreningsobjekt som inte tas upp i denna riskbedömning. En tydligare kartbild på hur dagvatten och föroreningar rör sig i området hade tillfört bra information om vilka föroreningar som är betydande i området, samt vilka områden runt grundvattenmagasinet där noggrannare undersökning krävts. Dessa är brister som bör uppmärksammas och förbättras kring fältundersökningen och bestämmandet kring riskobjekt.

Det fanns många svårigheter vid informationsinsamling av konsekvenser, sannolikhet och spridning kring riskobjekten. Vid exempelvis husvagnsdeponin hittades inga källor för föroreningar som kopplades till just denna verksamhet. I stället kontaktades ett husvagnsföretag som antog vilka delar som plockas bort innan deponi för att sedan hitta föroreningar som kopplas till de kvarvarande delarna. Detta gör att det kan finnas föroreningskällor bland objekten som inte är med i riskbedömningen. Då det i många fall inte finns data eller siffror på vad sannolikheten är att utsläpp av exempelvis bensin eller metall är vid en småbåtshamn eller bensinstation uppskattades detta under riskbedömningen. Samma uppskattning gjordes i många fall för *sannolikheten av spridning* och bedömningen av *lokala förutsättningar barriärer*, vilket gör att även dessa steg i riskbedömningen kan variera från verkligheten. En så kallad "worst case scenario"-metodik användes dessutom vid konsekvens- och sannolikhetsbedömningen för att säkerställa att riskobjekten inte värderas för lågt, och på så sätt skapa en säkerhetsmarginal.

Det är värt att notera att vid bedömning av grundvattenmagasinets värde valdes det att se till Östadsavlagringens nytta i hela regionen. Detta ledde till att båda områden med goda uttagningmöjligheter fick samma värde i riskbedömning trots en skillnad i uttagningkapacitet. Det finns andra värderingsmetoder som går att använda, exempelvis hur många människor olika delar i magasinet eller hela magasinet kan försörja, och då göra en värdeskala utefter detta. En annan metod är en jämförelse med andra grundvattenmagasin. Metoden som användes valdes då det finns tydliga planer för regionen och för att värdering av grundvattenmagasinet i koppling till dessa planer ansågs lämpligast. Då värdet av grundvattnet anses mindre betydande vid en riskbedömning beslutades det att klassificeringen för värdet endast gick från 1–3 istället för 1–5.

Efter den slutliga bedömningen är det värt att tänka på att vissa objekt får en så pass låg riskvärdering att dessa kan anses acceptabla. Det betyder dock inte att dessa kan ignoreras, utan bör övervakas över tid för att säkerställa att fallet inte ändras. Klimatförändring som tidigare nämnts är ett exempel på hur objekt kan få en höjd riskbedömning. Detta kan även appliceras på de objekt som idag anses oacceptabla. Över tid kan riskobjekt försvinna genom t.ex. ombyggnation eller byggnation av nya lokala barriärer som minskar risken för spridning. Alltså

bör det över tid ske kontinuerliga kontroller för att säkerställa att den riskbedömning som utförts fortfarande är aktuell.

Riskbedömningens utformning och poängsättning prövades flertalet gånger och det finns flera metoder som poängen kan sammanställas på. Andra fungerande metoder är att vikta vardera parameters poäng med hänsyn till hur viktig en anser de enskilda parametrarna är. En större viktning av konsekvenser hade kunnat vara aktuell för till exempel ett företag som vill ha en säkerhetsmarginal, men i detta arbete finns inte detta motiv utan en mer övergripande bild vill uppnås. I stället för att summera poängen kan de multipliceras. Vid multiplikation får riskobjekten automatisk en risk på noll (0) om en parameter saknas, vilket gör det tydligare att se och ta bort icke betydande objekt. Poängsättningen som utformades valdes för att på ett enkelt och tydligt sätt kunna applicera metoden på flertalet grundvattenmagasin. En summering valdes för att undvika allt för höga siffror inom ett stort intervall då riskanalysen innehåller fem parametrar. I många andra riskbedömningar används enbart två parametrar; sannolikhet och konsekvens.

Metodstegen har i sin helhet, möjlighet för utveckling och förbättring för ett säkrare resultat. Egna provtagningar av mark och föroreningskoncentration, samt att föra statistik över en längre period kring utsläpp av föroreningar skulle leda till en grundligare riskbedömning. En mer omfattande fältundersökning hade troligtvis resulterat i fler riskobjekt. Det hade varit intressant att göra en inventering kring vilka föroreningar som faktiskt släpps ut från exempelvis industri och bilverkstäder. Föroreningarna som diskuteras och dess konsekvenser är funna från generella källor, som troligtvis kan avvika en del från verkligheten.

För att objekt ska få en lägre riskbedömning kan förebyggande åtgärder implementeras. Det är främst sårbarheten och de lokala barriärerna som på relativt enkla vis kan förbättras, vilket kan leda till ett lägre riskvärde. Genom att exempelvis plantera skog och växtlighet på grustäkten, ökar den lokala barriären och sänker objektets sårbarhet. Tydligare diken med egen dräneringen hade ökat de lokala barriärerna för vägen, vilket hade lett till ett lägre riskvärde. Liknande åtgärder är applicerbara på flera utav riskobjekten.

9.3 Utvärdering av skyddszoner

Genom arbetets gång har det visat sig att områden med höga uttagsmöjligheter ofta är i störst behov av vattenskyddsområde och därmed strängare föreskrifter. Detta beror på att områden med höga uttagsmöjligheter är mer sårbara för spridning samt för att höga uttagsmöjligheter medför högt värde. I Östad och Sjövik finns två områden som har bedömts ha högst uttagsmöjligheter och därmed högst skyddsbehov. En primär skyddszon skulle kunna omge dessa två för att göra skyddsområdet effektivt. Vid ett eventuellt utformande av ett större grundvattenskydd i området är det värt att notera att grundvattendelaren som finns i höjd med berget Stora Knyk, utgör en naturlig barriär som kan nyttjas vid zonindelning.

Då ett detaljerat tillrinningsområde inte finns kartlagt för Östads grundvattenmagasin är det svårt att sätta en tydlig gräns för en lämplig yttre tertiär skyddszon. Denna bedöms ungefärligt som att den bör omge magasinets yttre gräns. En primär och en sekundär skyddszon kan i denna rapport, ändå ges förslag på, och ska omfatta de riskobjekt som fick ett högt riskvärde. Dessa riskobjekt skulle alltså, vid en indelning av större skyddszoner, förslagsvis omfattas av strängare regelverk och föreskrifter. Detta är motiverat för att säkerställa att grundvattenmagasinet ska kunna användas som framtida grundvattenresurs och för att en god kemisk status på grundvattnet kvarstår.

10. Slutsats

Östad grundvattenmagasin är en värdefull grundvattentillgång för regionen, i dagsläget främst som en reservvattentäkt, men i framtiden eventuellt som en ordinarie vattentäkt med hjälp av konstgjord infiltration. Efter utförd riskbedömning anses väg 190, aktivitet vid grustäkten, jordbruk samt djurhållning som de objekt som utgör störst hot för grundvattenmagasinets användning som vattentäkt. Det är främst föroreningar från väg 190 och aktivitet vid grustäkten som kan leda till betydande konsekvenser. Avloppsnätet och reningsverket noteras också som en riskfull verksamhet då konsekvenserna i koppling med dessa föroreningar kan vara mycket allvarliga.

Det existerande vattenskyddsområdet anses efter utförd riskbedömning ej tillräckligt i det fall att ytterligare punkter för utvinning av grundvatten skulle upprättas i området. Det finns två större områden, där uttagsmöjligheterna är mycket goda och där nya uttag av grundvatten kan uppföras. Ett mer omfattande skyddsområde kring Östads grundvattenmagasin rekommenderas då vattenresursen förväntas nyttjas i större utsträckning i framtiden.

Metoden som användes för riskbedömning kräver mycket kunskap och expertis inom vederbörande ämnesområden, då mängden tillgängligt underlagsdata kan variera stort beroende på det område som studeras. Professionell kompetens hade underlättat den egna riskanalysen då det idag inte finns en specifik mall för hur en sådan utförs. I det fall att data och information saknas kan kompletterande undersökningar och provtagningar utföras för att säkerställa områdets geotekniska egenskaper. En mer fördjupad informationsinsamling och undersökning av riskobjekten skulle dessutom ge en mer verklig bild av potentiella utsläpp och föroreningar i området.

Slutsatsen är att det finns ett antal riskobjekt som är relevanta med hänsyn till grundvattnet. Det hittades dock inga allvarliga objekt eller verksamheter som kräver akuta åtgärder för att grundvattenmagasinet inte ska kunna nyttjas som en dricksvattenresurs.

Källförteckning

- Aller, L., Bennett, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., & Hackett, G. (1987). *DRASTIC: A Standardized system for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeological Settings* (EPA/600/2-87/035). United States Environmental Protection Agency. shorturl.at/xEPY1
- Andersson-Sköld, Y., Göransson, G., & Enell, A. (2007). *Kreosotimpregnerade sliprars inverkan på spridning av kreosot i mark*. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1300473/FULLTEXT01.pdf>
- Boverket. (2019). *Inventering och bedömning av risker för hälsa och säkerhet*. Hämtad 22 april, 2021, från <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/halsa-sakerhet-och-risker/halsa-och-sakerhet-i-oversiktsplaneringen/inventering-och-bedomning-av-risker-for-halsa-och-sakerhet/>
- Bovin, K., Vikberg, E., & Morén, I. (2015). *Tätande jordlager – en kunskapssammanställning*. <http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1532-rapport.pdf>
- Dagobert, J., Elofsson, M., Göthner, T., Jansson, B., Waern, M., Sjöström, J., Höök, I., & Edling, I.-B. (2006). *Efterbehandling av täkter - en förtäkt vägledning*. <https://www.miljosamverkansverige.se/wp-content/uploads/rapport-efterbehandling-av-takter-vagledning.pdf>
- Ericsson, L. O., & Rosén, L. (2019). *Exkursionsguide: Hydrogeologi- Töreboda vattentäkt*. Kurslitteratur, Tekniska Geologi, BOM200, Chalmers tekniska högskola. Göteborg.
- Göteborgsregionen. (2020). *Vattenförsörjningsplan för Göteborgsregionen*. https://goteborgsregionen.se/download/18.4c0e310e172e29582a71ca01/1593000554152/Vattenförsörjningsplan_för_Göteborgsregionen_2020.pdf
- Havs- och vattenmyndigheten. (2019). *Principer för riskbedömning i arbetet med vattenskydds- Vägledning till punkterna 5–7 i bilaga till rapport XXX-2019 vägledning om vattenskyddsområde*. <https://vaguiden.se/wp-content/uploads/2019/12/principer-riskbedomning-arbetet-vattenskyddsomrade.pdf>
- Havs- och vattenmyndigheten. (2021). *Vägledning om inrättande och förvaltning av vattenskyddsområden*. <https://www.havochvatten.se/download/18.26126a9e1777ad8f0582359d/1612880122523/vagledning-om-inrattande-och-forvaltning-av-vattenskyddsomraden.pdf>
- Husvagnsbranschens Riksförbund. (u.å.). *När din husbil gjort sitt*. Hämtad 8 april, 2021, från <https://husvagnsbranschen.se/nar-din-husbil-gjort-sitt/#>
- International Organization for Standardization [ISO]. (2018). *Risk management — Guidelines (ISO 31000:2018)*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en>
- Kemikalieinspektionen. (2021). *Träskydd med kreosot*. <https://www.kemi.se/bekämpningsmedel/biocidprodukter/vanliga-typer-av-biocidprodukter/traskyddsmedel/traskydd-med-kreosot>
- Lantmäteriet. (u.å.). *Min Karta*. Hämtad 25 mars, 2021, från <https://minkarta.lantmateriet.se/>

- Lerums kommun. (2008). *Lerums framtidsplan ÖP 2008*.
<https://www.lerum.se/globalassets/documents/forvaltningssidorna/bygga-bo-och-miljo/planer/op-paper.pdf>
- Lerums kommun. (2014). *Skyddsföreskrifter för Sjöviks vattenskyddsområde*.
<https://www.lerum.se/globalassets/documents/forvaltningssidorna/bygga-bo-och-miljo/va/sjoviks-vattenskyddsforeskrifter.pdf>
- Lerums kommun. (2021a). *Sjövik vattentäkt*. <https://www.lerum.se/Bygga-bo-och-miljo/Vatten-och-avlopp/Vattenskyddsomrade/Sjovik-vattentakt/>
- Lerums kommun. (2021b). *Avloppsvatten och spillvatten - Lerums kommun*.
<https://www.lerum.se/Bygga-bo-och-miljo/Vatten-och-avlopp/Kommunalt-vatten-och-avlopp/Avloppsvatten/>
- Lerums kommun. (u.å.). *Vattenskyddsområde Sjövik*. Hämtad 29 april, 2021, från
<https://www.lerum.se/globalassets/documents/forvaltningssidorna/bygga-bo-och-miljo/va/sjovik-vv-vattenskyddsomrade.pdf>
- Lundgren, U. (2015). *Klimatanpassningsplan för Lerums kommun*.
<https://www.lerum.se/globalassets/documents/forvaltningssidorna/bygga-bo-och-miljo/klimat-och-miljo/klimatanpassningsplan-lerums-kommun.pdf>
- Lång, L.-O., & Persson, T. (2011). *Beskrivning till kartan Grundvattenförekomster i Lerums Kommun*. ISBN 978-91-7158-863-0
- Lång, L.-O., Adielsson, S., Maxe, L., Schoning, K., & Thorsbrink, M. (2019). *Grundvatten av god kvalitet- underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2019*.
<http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1901-rapport.pdf>
- Länsstyrelsen. (2006). *Efterbehandling av täkter*.
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.6ae610001636c9c68e542788/1530198803858/Efterbehandling%20av%20t%C3%A4kter%202006.pdf>
- Länsstyrelsen. (u.å.a). *VISS-Hjälp -Tillrinningsområde*.
<http://extra.lansstyrelsen.se/viss/Sv/detta-beskrivs-i-viss/typindelning/sjoar-och-vattendrag/Pages/avrinningsomrade.aspx>
- Länsstyrelsen. (u.å.b). *EBH-kartan*. Hämtad 9 mars, 2021, från <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=ed0d3fde3cc9479f9688c2b2969fd38c>
- Margat, J., & van der Gun, J. (2013). *Groundwater around the World*. CRC Press. London.
<https://doi.org/10.1201/b13977>
- Miljödepartementet. (2007). *Bilskrottningsförordning (2007:186)*. Regeringskansliet.
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/bilskrottningsforordning-2007186_sfs-2007-186
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2019). *Transport av farligt gods - väg och järnväg*. www.msb.se/farligtgods.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2011). *Parasitutbrottet i Östersund 2010/2011*.
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/6ba0208adacc460b8aa203fadea39292/cryptosporidium-i-ostersund.pdf>

- Naturhistoriska riksmuseet. (2020a). *Fennoskandias berggrund*.
https://www.nrm.se/faktaomnaturenochrymden/geologi/sverigesgeologi/fennoskandiasberggrund.1117_se.html
- Naturhistoriska riksmuseet. (2020b). *Magmatiska bergarter*.
<https://www.nrm.se/faktaomnaturenochrymden/geologi/bergarterochmalmer/magmatiskabergarter.1605.html>
- Naturvårdsverket. (2005). *Fordonstvättar*.
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-8207-8.pdf>
- Naturvårdsverket. (2006). *Skjutbanor - finkalibrigt skytte*.
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-8237-X.pdf?pid=3957>
- Naturvårdsverket. (2008). *Lakvatten från deponier*.
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-8306-9.pdf?pid=3993>
- Naturvårdsverket. (2011). *Handbok om vattenskyddsområde*.
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-0170-4.pdf>
- Naturvårdsverket. (2020a). *Miljömålen: Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2020-Med fokus på statliga insatser*. <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/6900/978-91-620-6919-3.pdf?pid=26466>
- Naturvårdsverket. (2020b). *Branschlistan*. <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/fororenade-omraden/branschlistan-fororenade-omraden-2020.pdf>
- Naturvårdsverket. (2020c). *Deponering av avfall i Sverige - Naturvårdsverket*.
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Mark/Deponier/>
- Naturvårdsverket. (2021a). *Vägledning om att inventera förorenade områden*.
<https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Fororenade-omraden/Att-inventera-fororenade-omraden/>
- Naturvårdsverket. (2021b). *Läkemedel i miljön*. <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/Lakemedel/>
- Ruderfelt, L., Svedlindh, S., & Gidlund, R. (2021). *Regional vattenförsörjningsplan för dricksvatten i Västra Götaland- Remissversion*.
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.746760b71768421ad5528e7c/1612430937031/Reg-vattenforsorjningsplan-dricksvatten-vg-REMISSVERSION.pdf.pdf>
- SCB. (2019). *Statistiska tätorter 2018; befolkning, landareal, befolkningstäthet*. SCB.
www.scb.se/MI0810
- SCB. (u.å.). *Kommuner i siffror*. Hämtad 19 mars, 2021, från
<https://kommunsiffror.scb.se/?id1=1441&id2=1480>
- Sgi. (2011). *Underlag för vägledning beträffande inventering, undersökning och risk-klassning av gamla deponier Lakvatten och deponigas*.
<https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/deponi/deponi-rapport-sgi-lakvatten-o-deponigas.pdf>

- SGI. (u.å.). *Jordarter*. Hämtad April 28, 2021, från <https://www.sgi.se/sv/kunskapscentrum/om-geoteknik-och-miljogeoteknik/geoteknik-och-markmiljo/jordmateriallara/lera-och-kvicklera/>
- SGU. (2013). *Bedömningsgrunder för grundvatten*.
<http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1301-rapport.pdf>
- SGU. (2015). *Produkt: Grundvattenmagasin*.
<http://resource.sgu.se/dokument/produkter/grundvattenmagasin-beskrivning-esri.pdf>
- SGU. (2020a). *Isälvsediment – spår av isälvarna*. <https://www.sgu.se/om-geologi/jord/fran-istid-till-nutid/isen-smalter/isalvsediment-spar-av-isalvarna/>
- SGU. (2020b). *Postglacialt sand och grus*. <https://www.sgu.se/om-geologi/jord/fran-istid-till-nutid/landhojning-fran-havsboten-till-lerslatt/postglacial-sand-och-grus/>
- SGU (2020c). *Glaciala finkorniga sediment*. <https://www.sgu.se/om-geologi/jord/fran-istid-till-nutid/isen-smalter/glaciala-finkorniga-sediment/>
- SGU. (2020d). *Vattenskydds-områden*. <https://www.sgu.se/grundvatten/vattenskyddsomraden/>
- SGU. (2021). *Hydraulisk konduktivitet i berg*.
<https://www.sgu.se/produkter/kartor/kartvisaren/grundvattenkartvisare/hydraulisk-konduktivitet-i-berg/>
- SGU. (u.å.). *SGU:s Kartvisare*. <https://apps.sgu.se/kartvisare/>
- Sundqvist, U., Graffner, O., Lindblad, T., Ch Borg, G., Thomas Wallroth, Holmström, P., Bank, A., & Karsten Håkansson. (2009). *Rapport 5930 - Undersökningar av föroreningar i berggrund*. <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5930-9.pdf>
- Shiklomanov, I. A. (1993). World fresh water resources. I P. H. Gleick (Red.), *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources* (ss. 13–23). Oxford University Press. New York.
- Svenskt vatten. (2018). *Vattenutmaningar*. <https://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/vattenutmaningar/>
- Svensson, J. (2012). *Hydraulisk konduktivitet i en morän* (Examensarbete).
Luleå: Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser, Luleå tekniska universitet.
Hämtad från: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1028426/FULLTEXT02.pdf>
- Sveriges Miljömål. (2020a). *Så fungerar arbetet med Sveriges miljömål - Sveriges miljömål*.
<https://www.sverigesmiljomal.se/sa-fungerar-arbetet-med-sveriges-miljomal/>
- Sweco. (2015). *LERUMS STRATEGISKA VA-PLANERING*. <https://docplayer.se/40096821-Lerums-strategiska-va-planering.html>
- Trafikverket. (2011). *Vägdagvatten - Råd och rekommendationer för val av miljöåtgärd*.
https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11439/RelatedFiles/2011_112_vagdagvatten_rad_och_rekommendationer_for_val_av_miljoatgard.pdf

Trafikverket. (2013). *TRV Handbok om Yt- och grundvattenskydd*.

https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11440/RelatedFiles/2013_135_Yt_och_grundvattenskydd.pdf

Trafikverket. (u.å.). *Vägtrafikflödeskartan*. <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>

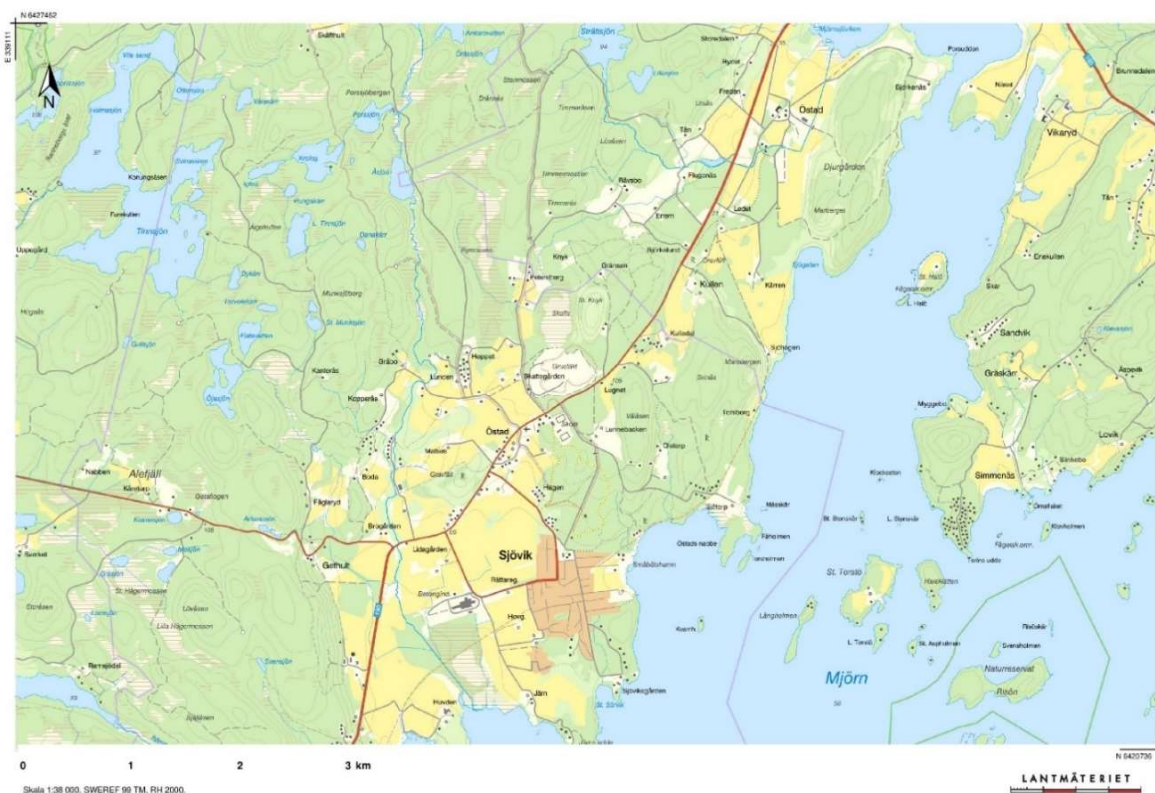
Trafikverket. (2020). *Yt- och grundvattenskydd*. https://trafikverket.ineko.se/Files/en-US/78794/Ineko.Product.RelatedFiles/2020_171_vagledning_yt_och_grundvattenskydd.pdf

Bilagor

Bilaga A

Figur 31.

Kartbild över Östads omgivning.



Kommentar: Hämtad från Lantmäteriets (u.å.) kartverktyg "Min karta".

Bilaga B– Material som använts för studier i GIS

Majoriteten av GIS-materialet är hämtat från SLU (<https://zeus.slu.se/get/?drop=>). Materialet beställs från hemsidan och skickas till din mailadress. Materialet kan sedan överföras till programmet ArcMap. Samtligt material är framtaget av SGU förutom terrängkartan som är framtagen av lantmäteriet. Tabell 11 visar hämtat material från SLU. Materialet laddades ned i mars 2021.

Tabell 11.

GIS-material från SLU

Berggrund	Berggrund 1:50 000 - 1:250 000 2019 (shp)
Brunnar	Brunnar 2020 (shp)
Grundvattenmagasin	Grundvattenmagasin 2020 (shp)
Jordarter	Jordarter 1:25 000 - 1:100 000 2020 (shp)
Jorddjup	Jorddjupsmodell 2020 (shp, tif)
Jordlagerföljd	Jordlagerföljder 2020 (shp)
Terrängkarta	Terrängkartan 2020 (shp)

En del av materialet är hämtat från Jordbruksverkets hemsida (<https://jordbruksverket.se/e-tjanster-databaser-och-appar/e-tjanster-och-databaser-stod/kartor-och-gis>). Via länken laddas en zippad mapp ned och data har sedan överförts till ArcMap. Tabell 12 visar hämtat material från Jordbruksverket. Materialet laddades ned i mars 2021.

Tabell 12.

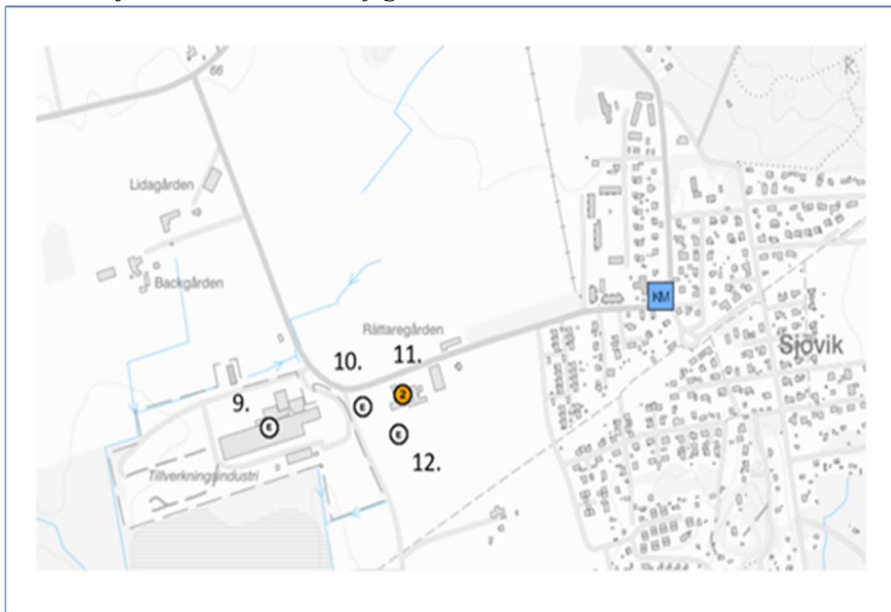
GIS-material från Jordbruksverket

Jordbruksblock	Jordbruksblock2021 (shp)
Produktionsplatser och djurhållning	AF Produktionsplatser (shp)

Bilaga C.

Figur 32.

Mer detaljerad del av kartan i figur 12.



Kommentar: Objekt i EBH-stödet har numrerats för enklare identifiering.

Bilaga D - underlag till sårbarhetsanalys med DRASTIC.

Tabell 13.

Viktning av DRASTIC-parametrar för generella föroreningar samt pesticider.

Parameter	Vikt	
	Generella föroreningar	Pesticider
D Djup till grundvattenytan	5	5
R Grundvattenbildning	4	4
A Akviferens material	3	3
S Jordmånens material	2	5
T Topografi	1	3
I Den omättade zonens material under jordmånen	5	4
C Akvifermateriallets hydrauliska konduktivitet	3	2

Kommentar: Tabell tagen ur "Sårbarhetsklassificering av grundvatten", Rosén, L. (1991)

Tabell 14.

Intervall och poäng för parameter D – Djup till grundvattenytan.

Intervall		Poäng
fot	meter	
0-5	0-1,5	10
5-15	1,5-4,5	9
15-30	4,5-9	7
30-50	9-15	5
50-75	15-23	3
75-100	23-30	2
> 100	> 30	1

Vikt: 5 / Pesticid-vikt: 5

Kommentar: Tabell tagen ur "Sårbarhetsklassificering av grundvatten", Rosén, L. (1991)

Tabell 15.*Intervall och poäng för parameter R – Grundvattenbildning.*

Intervall		Poäng
tum/år	millimeter/år	
0-2	0-50	1
2-4	50-100	3
4-7	100-175	6
7-10	175-250	8
> 10	> 250	9

Vikt: 4 / Pesticid-vikt: 4

*Kommentar: Tabell tagen ur "Sårbarhetsklassificering av grundvatten", Rosén, L. (1991)***Tabell 16.***Materialtyper och poäng för parameter A – Akviferens material.*

Materialtyper	Poäng	Typ-poäng
Massiv skiffer	1-3	2
Kristallint berg	2-5	3
Vittrat kristallint berg	3-5	4
Morän	4-6	5
Sandsten/kalksten/lersten i sekvens	5-9	6
Massiv sandsten	4-9	6
Massiv kalksten	4-9	6
Sand och grus	4-9	8
Basalt	2-10	9
Karst	9-10	10

Vikt: 3 / Pesticid-vikt:3

Kommentar: Tabell tagen ur "Sårbarhetsklassificering av grundvatten", Rosén, L. (1991)

Tabell 17.*Justering av tabell 16.*

Materialtyp	Poäng	Typ-poäng	Justerad poäng	Justerad typpoäng
Morän	4-6	5	2-6	3
Kristallint berg	2-5	3		4

*Kommentar: Tabell tagen ur "Sårbarhetsklassificering av grundvatten", Rosén, L. (1991)***Tabell 18.***Materialtyper och poäng för parameter S - Jordmånens material.*

Materialtyp	Poäng
Mycket tunn eller ingen jordmån	10
Grus	10
Sand	9
Torv	8
Svällande och/eller aggregatbildande lera	7
Sandig "loam"	6
"Loam"	5
Siltig "loam"	4
Lerig "loam"	3
"Muck"	2
Homogen lera	1

Vikt: 2 / Pesticid-vikt: 5

Kommentar: Tabell tagen ur "Sårbarhetsklassificering av grundvatten", Rosén, L. (1991)

Tabell 19.*Intervall och poäng för parameter T – Topografi.*

Intervall (lutning i %)	Poäng
0-2	10
2-6	9
6-12	5
2-18	3
> 18	1

Vikt: 1 / Pesticid-vikt: 3

*Kommentar: Tabell tagen ur "Sårbarhetsklassificering av grundvatten", Rosén, L. (1991)***Tabell 20.***Materialtyp och poäng för parameter I – Den omättade zonens material under jordmånen.*

Materialtyp	Poäng	Typ-poäng
Tätande lager	1	1
Silt/lera	2-6	3
Skiffer	2-5	3
Kristallint berg	2-8	4
Kalksten	2-7	6
Sandsten	4-8	6
Kalksten/sandsten/lersten i sekvens	4-8	6
Sand och grus med betydande mängd silt och ler	4-8	6
Sand och grus	6-9	8
Basalt	2-10	9
Karst	8-10	10

Vikt: 5 / Pesticid-vikt: 4

Kommentar: Tabell tagen ur "Sårbarhetsklassificering av grundvatten", Rosén, L. (1991)

Tabell 21.

Justerat intervall för parameter C – Hydraulisk konduktivitet i materialet i akviferen.

Intervall (m/s)	Justerat intervall (m/s)	Poäng
$< 5 \times 10^{-5}$	$< 10^{-6}$	1
$5 \times 10^{-5} - 1,5 \times 10^{-4}$	$10^{-6} - 10^{-5}$	2
$1,5 \times 10^{-4} - 3 \times 10^{-4}$	$10^{-5} - 10^{-4}$	4
$3 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-4}$	$10^{-4} - 10^{-3}$	6
$5 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-2}$	8
$> 1 \times 10^{-3}$	$> 10^{-2}$	10



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY