



CHALMERS



Riskbedömning och Grundvattenskydd: Metodutveckling genom en fallstudie av Dalsjöfors

Kandidatarbete inom samhällsbyggnadsteknik

Simon Harden
Lovisa Kamnert
Adam Norlin
Lisa Sveningsson
Ellen Vikström

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
Avdelningen för Geologi och Geoteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se

Kandidatarbete ACEX11-25-34

Riskbedömning och Grundvattenskydd: Metodutveckling genom en fallstudie av Dalsjöfors

Simon Harden

Lovisa Kannert

Adam Norlin

Lisa Sveningsson

Ellen Vikström

Institutionen för Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik
Avdelning för Geologi och Geoteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2025

Riskbedömning och Grundvattenskydd: Metodutveckling genom en fallstudie av Dalsjöfors

© SIMON HARDEN, LOVISA KAMNERT, ADAM NORLIN, LISA SVENINGSSON, ELLEN VIKSTRÖM 2025.

Handledare: Andreas Lindhe, Avdelningen för Geologi och Geoteknik
Examinator: Lars Rosén, Avdelningen för Geologi och Geoteknik

Kandidatarbete 2025
Institutionen för Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Geologi och Geoteknik
ACEX11-VT25-34
Chalmers tekniska högskola
SE-41296 Gothenburg
Telephone +46 31 772 1000

Omslag: Vy vid norra infarten till Dalsjöfors. Författarnas egen bild.
Göteborg, Sverige 2025

Sammanfattning

Grundvatten utgör en av våra mest värdefulla resurser för dricksvattenförsörjning och är därmed av största betydelse för samhället. I takt med att klimatförändringar intensifieras och befolkningen växer, krävs det långsiktiga strategier för att skydda och bevara våra grundvattenresurser. Ett effektivt sätt att minska risken för förorening är att inrätta vattenskyddsområden. Tidigare utformades sådana områden med fokus på grundvattnets transporttid i marken, men modern metodutveckling riktas nu mer uppmärksamhet mot risken för att föroreningar ska nå akvifären.

Syftet med arbetet var att utveckla en metod för riskanalys av grundvattentäkter, samt att tillämpa denna metod genom en fallstudie av grundvattentäkten i Dalsjöfors. Målet var att identifiera potentiella hot, kartlägga riskfaktorer och föreslå relevanta skyddsåtgärder för att minska risken för förorening av grundvattnet. Genom detta utvärderades även metodens användbarhet och tillförlitlighet. Arbetet syftade därmed till att ge både konkreta åtgärdsförslag för Dalsjöfors och ett underlag för framtida riskanalyser av liknande grundvattentäkter. Utöver detta identifierades ett antal ekosystemtjänster som grundvattnet bidrar med utöver dricksvatten, för att ge en mer heltäckande bild av dess samhällsvärde och miljömässiga betydelse.

Riskbedömningen i studien utgår från ett flertal faktorer: markens sårbarhet, sannolikheten att en händelse inträffar, spridningsförmåga och hälsofara. Bedömning av sårbarheten har genomförts med hjälp av DRASTIC-metoden, som baseras på områdets geologiska och hydrologiska förhållanden. Möjliga föroreningskällor har identifierats genom platsbesök samt genom studie av Länsstyrelsens EBH-karta, där potentiellt förorenade områden har redovisats. Varje identifierad föroreningskälla har därefter bedömts individuellt utifrån sannolikheten att en förorening når akvifären och dess potentiella konsekvenser på dricksvattenkvaliteten. Dessa faktorer har sammanvägts i en riskpoängsmatris som genererat en slutgiltig riskpoäng för varje källa. Denna poäng ligger till grund för rekommendationer kring hur skyddsområden bör avgränsas samt vilka ytterligare åtgärder som kan krävas för att minimera risken för påverkan på grundvattnet.

Genomförande av vald metod resulterade i en karta över markens sårbarhet framtagen med DRASTIC-metoden, identifiering av 17 riskkällor i analysområdet och riskpoäng för samtliga. Poängsättningen för varje riskkälla motiveras kort med avseende på de parametrar vars bedömning föranletts av egna avvägningar och antaganden.

Riskanalysen visar att täkten är särskilt utsatt på grund av områdets geologi. De riskkällor som utgör de största riskerna är textilindustri, träimpregnering, deponier, bränder och vägtrafik. Dessa hotar grundvattentäkten, vilket motiverar behovet av förstärkta skyddsåtgärder.

Metoden som utvecklats i arbetet bedöms vara måttligt framgångsrik. Resultatet är i vår mening rimligt men metoden har en del brister som skulle behöva åtgärdas. Några exempel på svagheter som identifierats är hanteringen av läckage från nedlagda föroreningskällor samt bristande stringens i poängsättningen av vissa parametrar. En utvecklad variant av metoden som framtagits skulle kunna användas i bred skala för att göra sårbarhetsbedömningar av grundvattentäkter runt om i landet.

Abstract

Groundwater is one of our most valuable resources for drinking water supply and is therefore of vital importance to society. As climate change intensifies and population growth continues, long-term strategies are needed to protect and preserve groundwater reserves. One effective method for reducing the risk of contamination is the establishment of water protection areas. While these areas have traditionally been defined based on groundwater travel time through soil, recent methodological developments increasingly emphasize the risk of pollutants reaching the aquifer.

This study aims to develop a method for risk assessment of groundwater sources and to apply this method in a case study of the Dalsjöfors groundwater source. The objective was to identify potential threats, map risk factors, and propose appropriate protective measures to reduce the risk of groundwater contamination. Through this application, the method's usability and reliability were also evaluated. The study thus aimed to provide both concrete recommendations for the protection of the Dalsjöfors groundwater source and a foundation for future risk assessments of similar groundwater resources. Furthermore, some ecosystem services provided by groundwater, beyond potable water, are identified to give a more comprehensive understanding of its value to society and the environment.

The risk assessment is based on multiple factors: vulnerability, the likelihood of contamination, pollutant mobility, and health hazards. Vulnerability was assessed using the DRASTIC method, which considers the geological and hydrological conditions of the area. Potential sources of contamination were identified through field visits and analysis of the County Administrative Board's EBH map.

Each pollution source was individually assessed in terms of the probability of contamination reaching the aquifer and its potential impact on drinking water quality. These factors were compiled into a risk matrix to generate a final risk score for each source. This score forms the basis for recommendations on how protection areas should be delineated, and which additional protective measures may be required to minimize the risk of groundwater contamination.

The risk analysis indicates that the water source is particularly vulnerable due to the area's geological conditions. The main sources of risk are the textile industry, lumber treatment, landfills, fires, and road traffic. These pose a threat to the groundwater source, highlighting the need for reinforced protective measures.

The method developed in this work is considered moderately successful. In our view, the results are reasonable, although the method has certain shortcomings that need to be addressed. The method is inadequate in handling leakage style pollution from discontinued pollution sources and is lacking in stringency. An improved version of the developed method could potentially be used on a broad scale to conduct vulnerability assessments of groundwater sources across the country.

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Avgränsningar.....	2
2.	Teoretisk bakgrund.....	3
2.1	Grundvattentjänster.....	3
2.2	Föroreningsämnen.....	4
2.3	Geologisk och hydrogeologisk beskrivning.....	6
2.3.1	Bergarter.....	6
2.3.2	Jordarter.....	7
2.3.3	Hydrologi och hydrogeologi.....	8
2.3.4	Faktorer som kan påverka grundvattenbildning.....	8
3.	Områdesbeskrivning av analysområde Dalsjöfors.....	10
3.1	Bergarter i Dalsjöfors analysområde.....	10
3.2	Jordarter i Dalsjöfors analysområde.....	10
3.3	Hydrologi och hydrogeologi i Dalsjöfors analysområde.....	11
4.	Metod.....	14
4.1	Riskbedömning.....	14
4.2	Identifiering av föroreningskällor.....	15
4.3	Sannolikhet.....	15
4.3.1	Sannolikheten att en förorening når akvifären.....	16
4.3.2	Viktning av sannolikhetsparametrar.....	18
4.3.3	DRASTIC-metoden.....	19
4.4	Konsekvens.....	25
4.5	Riskpoäng.....	29
5.	Resultat.....	30
5.1	Identifiering av föroreningskällor.....	30
5.1.1	Bilvårdsanläggning.....	30
5.1.2	Textilindustri.....	31
5.1.3	Grafisk Industri.....	32
5.1.4	Träimpregnering.....	33
5.1.5	SPIMFAB.....	33
5.1.6	Avfallsdeponi.....	34
5.1.7	Skogsbruk.....	35
5.1.8	Gravanläggning/Kyrkogård.....	35
5.1.9	Vägtrafik.....	36
5.1.10	Jordbruk.....	37
5.1.11	Badplats.....	38
5.1.12	Brand i skog och mark.....	38
5.1.13	Bensinstation.....	39
5.2	Resultat av vertikal sårbarhet med DRASTIC.....	40
5.2.1	D - Djup till grundvattenytan.....	40
5.2.2	R - Grundvattenbildning.....	41
5.2.3	A - Akvifärens material.....	41

5.2.4 S – Jordmånens material	42
5.2.5 T - Topografi.....	42
5.2.6 I – Omättade zonens material under jordmånen	43
5.2.7 C – Akvifärens hydrauliska konduktivitet	43
5.2.8 DRASTIC-index	44
5.2.9 Slutgiltig sårbarhetskarta	44
5.3 Zonindelning för horisontell transport.....	45
5.4 Riskpoäng.....	46
5.4.1 Redogörelse för enskilda parametrar	47
5.4.2 Slutgiltig riskpoäng	51
6 Diskussion	52
6.1 Riskpoäng och potentiella åtgärder	52
6.2 DRASTIC.....	53
6.3 Metodens tillförlitlighet och begränsningar	54
6.4 Framtiden för Dalsjöfors	55
6.5 Klimatförändringar	55
6.6 Oförutsägbara händelser.....	55
7 Slutsats.....	57
8 Källförteckning.....	58

Begreppsregister

Akvifär	Ett geologiskt lager som kan lagra och leda grundvatten.
Analysområde	Analysområdet är det område som detta arbete begränsas geografiskt till, baserat på bland annat akvifärens tillrinningsområde.
Cistern	En behållare eller reservoar, ofta underjordisk, för lagring av vätskor som exempelvis bränsle eller kemikalier.
Ensgraderade	En jord sorterad efter storlek.
Förorening	Ämne eller produkt som tillförs till miljön och kan skada människors hälsa, ekosystem eller vattenkvalitet.
Grundvatten	Vatten som finns under markytan i mättade zoner och fyller porer och sprickor i jord och berg.
Grundvattentäkt	En plats där grundvatten utvinns för exempelvis dricksvattenförsörjning.
Hydrogeologi	Läran om grundvattnets förekomst, flöde och egenskaper i jord och berggrund.
Hydrologi	Läran om vattnets kretslopp, förekomst och rörelse ovan jordytan.
Infiltrationszon	Geografiskt område där förorening från en riskkälla infiltrerar akvifären.
Magasin	Avser vattenmängden som finns lagrad i akvifären, det vill säga det vattenförande lagret.
Nedbrytning	Process där organiskt eller oorganiskt material bryts ner av exempelvis mikroorganismer eller kemiska reaktioner.

Pesticider	Biologiska och kemiska produkter som används som bekämpningsmedel.
Permeabel	Betyder genomsläpplig, nämns i samband med marks förmåga att släppa igenom vatten.
Risk	Sannolikheten att en oönskad händelse inträffar och vilka konsekvenser den kan få.
Råvatten	Vatten som hämtas från naturen, exempelvis från grundvattenmagasin, och som är avsett att behandlas innan det används som dricksvatten.
Sårbarhet	Mått på hur känsligt ett område är för föroreningar eller annan påverkan.
Utsläpp	Utsändning av ämnen, ofta föroreningar, till luft, mark eller vatten från exempelvis industri, fordon eller avloppssystem.
Vattenskyddsområde	Ett geografiskt område där särskilda föreskrifter råder som ska skydda en vattentäkt från föroreningar och annan påverkan.

1. Inledning

Grundvattnet är en oumbärlig resurs då det utgör den största delen av det tillgängliga färskvattnet på jorden, medan en mindre andel återfinns i sjöar och vattendrag (SGU, 2020a). Grundvattnet spelar en avgörande roll inte bara som källa till dricksvatten för människor och djur, utan också som en central del i det hydroekologiska systemet. Det bidrar till att upprätthålla markens stabilitet, en särskilt viktig funktion i områden där sjunkande grundvattennivåer kan leda till sättningar, deformationer i marken, under perioder av långvarig torka eller intensiv dränering. Därtill är grundvattnet avgörande för ytvattenbildning genom sin utströmning till vattendrag (Grönwall m.fl., 2022).

1.1 Bakgrund

Mot bakgrund av ovan nämnda funktioner är grundvattnet värt att skydda, både från överuttag som kan sänka grundvattennivåerna och från föroreningar som kan påverka vattenkvaliteten negativt. Exempel på potentiella källor till förorening är infiltration av förorenat dagvatten och utsläpp från fordonstrafik.

Som en del i det svenska arbetet för att skydda grundvattnet har Havs- och vattenmyndigheten tagit fram en vägledning för inrättande och förvaltning av vattenskyddsområden (Lindhe & Holmgren, 2021). Ett vattenskyddsområde definieras där som ett avgränsat område där särskilda föreskrifter införs i syfte att skydda råvattnet. Ett vattenskyddsområde kan påverka befintlig verksamhet på platsen och måste tas i beaktning vid planering av kommande verksamhet i anslutning till området. På grund av den inskränkande inverkan vattenskyddsområden kan ha på olika aktörer krävs utförliga riskbedömningar där identifiering, analys och värdering av risker utförs innan inrättandet kan beslutas (Lindhe & Holmgren, 2021).

Den här rapporten innefattar en fallstudie av ett grundvattenmagasin i samhället Dalsjöfors som ligger belägen i Toarpsdalens isälvsavlagring öster om Borås. Magasinets areal sträcker sig över 3 kubikkilometer och uttagsmöjligheterna bedöms vara mycket goda (VISS, u.å). Ett befintligt vattenskyddsområde finns upprättat för magasinet och i området runt omkring råder varierande hydrogeologiska och geologiska förutsättningar.

1.2 Syfte

Syftet var att ta fram en metod och med hjälp av den framtagna metoden genomföra en riskanalys för grundvattentäkten i Dalsjöfors. Målet var att identifiera potentiella hot, kartlägga riskfaktorer och föreslå lämpliga skyddsåtgärder för grundvattentäkten Dalsjöfors, samt där igenom fastslå metodens lämplighet.

Med undersökningen har vi besvarat följande frågeställningar:

- Hur sårbart är grundvattnet för föroreningar?
- Vilka befintliga och potentiella föroreningskällor finns, och vilken risk innebär de?
- Vilka skyddsåtgärder kan vidtas för att skydda Dalsjöfors grundvattentäkt?
- Hur trovärdig är den framtagna metoden?

1.3 Avgränsningar

I arbetet kommer ett antal avgränsningar att göras med hänsyn till arbetets omfattning. Den tillgängliga information som finns i litteraturen anses vara tillräcklig för att uppnå arbetets syfte. Det vill säga att inga fältstudier där markundersökningar genomförs är nödvändiga.

Arbetet är en fallstudie som omfattar analysområdet Dalsjöfors. Detta analysområde har tagits fram genom att undersöka akvifärens läge och områdets topografi. Därmed är delar av avgränsningen baserat på tillrinningsområdet för Häljaredsbäcken från VISS vattenkartan (VISS, u.å.) i väst, syd och öst medan den nordliga gränsen togs fram manuellt baserat på topografin och akvifärens gräns.

Andra risker som kan klassificeras som oförutsägbara och som på något sätt kan påverka grundvattentäkten kommer endast att diskuteras i arbetets avslutande diskussionsdel. Dessa oförutsägbara risker inkluderar krig, kris och sabotage.

Studien bortser från eventuella reningsprocesser för grundvattnet innan det når konsumenten, det vill säga att bedömningen av vattenkvaliteten baseras på råvattnets tillstånd innan reningsprocess.

Vid beräkning av infiltrationszoner användes metoden Calculated Fixed Radius, vid beräkningar med metoden beaktas inget annat akvifärmaterial utöver isälvsmaterial. Det medför att vi bortser från morän trots att det förekommer inom analysområdet. Morän kännetecknas av en större variation i kornfraktioner och föroreningar kommer därmed att transporteras långsammare i morän än i isälvsmaterial. Avgränsningen motiveras utifrån en försiktighetsprincip, beräkningarna utgår från att föroreningar transporteras horisontellt genom hela analysområdet med samma hastighet som de kan göra i det mer genomsläppliga isälvs materialet vid vattentäkten.

2. Teoretisk bakgrund

I detta kapitel kommer en teoretisk bakgrund presenteras vilken ligger till grund för den studie som genomförts gällande grundvattenskydd.

2.1 Grundvattentjänster

Grundvatten spelar en central roll i ekosystem och samhällen genom att tillhandahålla en rad viktiga tjänster, både direkt och indirekt. Rapporten *Integrating Ecosystem Services into Risk Assessments for Drinking Water Protection* (Gärtner m.fl., 2022) introducerar metoden Water System Services (WSS). WSS är en metod för att värdera ekosystemtjänster som tillhandahålls av en drickvattenkälla. Författarna till rapporten sammanställer en WSS-lista för svenskt bruk som kan användas för att identifiera olika risker och dess påverkan på ekosystemtjänsterna. Vid identifiering av ekosystemtjänster för en riskanalys kan WSS ge en holistisk förståelse kring värdet av grundvattenkällans ekosystemtjänster.

Enligt Söderqvist m.fl. rapport *Grundvattnets ekosystemtjänster och deras ekonomiska värden* (Söderqvist m.fl., 2014) beskrivs det att grundvattentjänster kan delas in i fyra huvudkategorier: försörjande/producerande, reglerande, stödjande och kulturella tjänster.

Försörjande eller producerande tjänster

Söderqvist m.fl. (2014) beskriver att dessa omfattar grundvattnets funktion som en resurs för dricksvatten, jordbruk och industriell användning. I Sverige utgör grundvatten en betydande andel av den kommunala vattenförsörjningen och lagrar vatten för till exempel hushåll och jordbruk. Grundvatten kan även användas för energiutvinning via vattenkraftverk.

Reglerande tjänster

Vidare förklarar Söderqvist m.fl. (2014) att reglerande tjänster innefattar grundvattnets roll i att upprätthålla den hydrologiska balansen och är en viktig del av naturens egen reglering. Det bidrar till att filtrera och rena vatten, minska risken för torka och översvämningar samt skydda mot markförändringar och saltvatteninträngning. En av de viktigaste funktionerna är dess förmåga att stabilisera marken. När grundvattennivån hålls jämn bibehålls markens struktur och hållfasthet, vilket minskar risken för sättningar och skador på byggnader och infrastruktur. Om grundvattennivån sjunker kan marken förlora sin stabilitet, vilket kan leda till deformationer och påverka samhällsstrukturen negativt.

Grundvattnet fungerar även som en naturlig barriär mot saltvatteninträngning. I kustnära områden skapas ett tryck som hindrar havsvatten från att tränga in i sötvattenreservoarer. När grundvattennivån sjunker rubbas denna balans, vilket kan leda till att saltvatten blandas med dricksvattnet och försämrar vattenkvaliteten (Söderqvist m.fl., 2014).

Söderqvist m.fl. beskriver även att en annan viktig funktion är dess roll i översvämningsskontroll. Vid kraftiga regn kan marken ta upp och lagra vatten, vilket minskar risken för ytavrinning och översvämningar. Om grundvattennivån däremot redan är hög kan marken snabbt bli vattenmättad, vilket gör att stora mängder nederbörd i stället rinner av och kan orsaka lokala översvämningar. Reglerande grundvattentjänster är avgörande för både ekosystem och samhällsutveckling. En hållbar hantering av grundvattnet bidrar till en stabil vattenförsörjning, skydd av infrastruktur och bevarandet av viktiga ekosystemtjänster. Att förstå och respektera dessa naturliga processer är därför en förutsättning för en långsiktig hållbar vattenförvaltning.

Stödjande tjänster

Stödjande tjänster är de långsiktiga ekologiska funktioner som grundvatten möjliggör, såsom att bevara biologisk mångfald, stödja livsmiljöer för växter och djur samt bidra till näringscykler. Dessa processer sker över långa tidsperioder och är avgörande för ekosystemens stabilitet (Söderqvist m.fl., 2014).

Kulturella tjänster

Söderqvist m.fl. skriver i sin rapport att kulturella tjänster innefattar den betydelse som grundvattnet har för rekreation, turism, traditionella näringar och kulturarv. Många källor och vattenmiljöer har historiska, andliga eller estetiska värden som påverkar människors livskvalitet och relation till naturen. Att förstå och värdera dessa grundvattentjänster är avgörande för att utveckla hållbara strategier för vattenförvaltning. Ett välfungerande grundvattensystem är en förutsättning för ekosystemens hälsa och samhällets vattenförsörjning, vilket understryker vikten av att skydda och bevara våra grundvattentäkter.

2.2 Föroreningsämnen

I följande delkapitel presenteras de huvudsakliga typerna av föroreningar som kan genereras från riskkällorna analysområdet.

Dioxiner & PCB

Dioxiner är ett samlingsbegrepp som avser en grupp kemiskt besläktade föreningar som kallas polyklorerade dibenso-p-dioxiner (PCDD) och polyklorerade dibensofuraner (PCDF). De är mycket persistenta och ackumuleras i näringskedjan, främst i fettvävnaden hos djur. Följder av exponering kan vara reproduktiva problem, hormonstörningar, cancer samt skador på nervsystem och immunförsvar (Cubo, 2014). Akut exponering av dioxin, involverande direktkontakt med huden, har visat sig drabba människor med en ytterst allvarlig form av akne, så kallad klorakne (Mikelatou m.fl., 2011).

Uppkomsten av dioxiner föregås av industriella processer, såsom förbränning av organiskt material i närvaro av klor, syntes av klorerade kemikalier och klorgasblekning av pappersmassa. Dioxinerna är en biprodukt och har inga användningsområden i sig (SGU, 2024a).

Polyklorerade bifenyler (PCB) är en grupp syntetiska industrikemikalier som till skillnad från dioxinerna avsiktligt framställdes och användes i en mängd olika produkter, bland annat i fogmassor, transformatorer, kondensatorer, färg, plast och vissa pappersprodukter (SGU, 2024a).

Att dessa två föroreningsgrupper kan nämnas tillsammans beror på att vissa PCB kallas "dioxinlika" då de har liknande giftiga effekter som dioxiner, andra PCB är mindre farliga men klassas ändå som miljögifter. De är båda mycket svårnedbrytbara, fettlösliga och bioackumulerande, vilket gör att de kan påverka både människor och djur under lång tid. PCB förbjöds i nya produkter- och spridning av dioxiner reglerades på 70-talet, men ämnena finns fortfarande kvar i miljön, byggnader och äldre material (Livsmedelsverket, 2024a). Ämnena är hydrofoba vilket ger dem begränsad rörlighet i vatten (SGU, 2024a).

PAH

Polycykliska aromatiska kolväten förkortas PAH och utgör en grupp av hundratals föroreningstyper där benzo(a)pyren är den mest studerade. PAH bildas i samband med ofullständig förbränning av organiskt material. Det finns naturligt i petroleum och förekommer därmed även i ämnen som utvinns ur petroleum så som bensin, diesel och kreosot. PAH kan uppstå naturligt i samband med exempelvis skogsbrand. Föroreningstypen är branschtypisk för flertalet verksamheter som avfallsdeponier, bensinstationer, textilindustri och sågverk. Flera PAH har cancerogena effekter och har visat sig vara skadliga för foster (SGU, 2024d).

PAH har generellt låg vattenlöslighet och binder starkt till organiskt material i jord, vilket begränsar deras rörlighet i grundvatten. Naftalen, den lättaste typen av PAH, bestående av två sammanbundna aromatiska ringar, är mer rörliga på grund av högre vattenlöslighet, medan tyngre PAH som benzo(a)pyren, med fem aromatiska ringar i sin struktur, är mindre rörliga. Trots låg rörlighet kan även tunga PAH spridas via partikelbunden transport (SGU, 2024d). Till följd av dess hydrofoba egenskaper kan PAH stanna i förorenad mark i flera decennier upp till århundraden (SGL, 2023a).

PFAS

Per- och polyflourerade alkylsubstanser är benämningen för en komplex ämnesgrupp med drygt 10 000 syntetiskt framställda ämnen. PFAS är svårnedbrytbart och har en kedjelig struktur vilket gör att polariteten varierar inom ämnesgruppen. Kortkedjiga PFAS är polära och därmed mer vattenlösliga, de kan sprida sig långa sträckor i vatten (Naturvårdsverket, 2024b).

På grund av dess unika egenskaper är PFAS ett ämne som används till flertalet syften (Singh m.fl., 2023). Det är nämligen mycket stabilt, värmetåligt och vattenavvisande. Singh m.fl. menar att vanliga användningsområden är så kallad non-stick beläggning, efterbehandling för textil i vatten- och smutsavvisande syfte samt brandskum. Ämnet förekommer också i flertalet industriprocesser.

Fortsatt menar Singh m.fl att PFAS har visat sig ha skadliga effekter på både människor och djur. Exponering har kopplats till allvarliga hälsoproblem såsom hjärt-kärlsjukdomar, hormonella rubbningar (bland annat påverkan på sköldkörtel- och könshormoner), reproduktionsstörningar, metabola effekter som höga kolesterolnivåer, olika former av cancer samt födelsedefekter som låg födelsevikt och BMI. Följderna uppkommer i samband med långvarig exponering för PFAS.

Alifatiska kolväten

Alifatiska kolväten utgör en av beståndsdelarna i petroleum och förekommer därför främst som förorening på platser där petroleum har hanterats. Långvarig exponering för föroreningen kan påverka hälsan negativt. Dess spridningsförmåga varierar med kedjelängd. Kortkedjiga alifater är mer vattenlösliga och sprider sig därmed lättare i vatten, de är dessutom mer benägna att tas upp av mikroorganismer. Längre och tyngre kolväten binder till jorden i större utsträckning (SGF, 2023).

Tungmetaller

Tungmetaller är naturligt förekommande ämnen som har en hög molekylär vikt och vars densitet är minst fem gånger högre än vatten (Tchounwou m.fl., 2012). Redan vid låga koncentrationer kan tungmetaller vara en hälsofara. Mänskliga utsläpp är den största källan till hälsovådliga mängder.

Det finns tungmetaller som behövs i kroppen, exempelvis koppar och magnesium, men som är farliga i för höga koncentrationer. Andra tungmetaller är direkt skadliga och orsakar bland annat fosterskador och cancer (Fisher & Gupta, 2024). Några vanliga utsläppskällor är enligt Fischer och Gupta bekämpningsmedel, avgaser, textilindustrier, träimpregnering. Slitage eller korrosion av bilkomponenter leder till utsläpp längs vägar och vid biltvätt

2.3 Geologisk och hydrogeologisk beskrivning

För att analysera vilka risker som en grundvattentäkt utsätts för måste de geologiska och hydrologiska förutsättningarna i området beaktas. Jordarter och bergarter påverkar hur vatten rör sig genom marken och avgör i vilken utsträckning föroreningar kan spridas till grundvattnet. Genom att kartlägga jordlagrens genomsläpplighet kan man uppskatta risken för kontaminering samt hur snabbt och i vilken omfattning föroreningar kan nå en grundvattentäkt (Rosén, 1991).

Enligt Roséns rapport spelar de hydrologiska faktorer, såsom grundvattennivåer, flödesriktningar och nederbördsmonster, också en central roll i sårbarhetsbedömningen. Hydrogeologiska aspekter, som vattnets uppehållstid i olika jordlager och eventuella naturliga reningsprocesser, måste analyseras för att förstå skyddsnivån för grundvattnet.

Detta avsnitt ämnar ge en översikt av Sveriges geologiska förutsättningar, med fokus på berg- och jordarter samt grundvattnets hydrologi och hydrogeologi. Genom denna bakgrund ges läsaren en ökad förståelse för de förhållanden som är relevanta för det specifika analysområdet, vilket behandlas i kapitel 3: *Områdesbeskrivning av Dalsjöfors*. För att ta fram jordarter och bergarter har kartvisaren från SGU använts (SGUs kartvisare, u.å-a).

2.3.1 Bergarter

Enligt information publicerad av SGU (SGU, 2021), har Sveriges berggrund en komplex och lång geologisk historia som sträcker sig över miljarder år. En stor del av landets berggrund utgörs av urberget, vilket främst består av kristallina bergarter som granit och gnejs. Dessa bergarter bildades under prekambrium, för mer än 1,5 miljarder år sedan, och utgör den äldsta delen av Sveriges geologi. I södra och mellersta Sverige finns det sedimentära bergarter, exempelvis kalksten och sandsten, som bildades under yngre geologiska perioder när delar av landet var täckt av hav.

Fortsatt beskriver SGU att urberget påverkar Sveriges landskap genom att forma höjder och sprickdalar. Berggrunden påverkar vattenförsörjningen, då spricksystem kan vara vattenförande eller fungera som grundvattenmagasin. Enligt SGU kan Sveriges berggrund delas in i tre huvudsakliga typer av bergarter baserat på deras bildningssätt: magmatiska, sedimentära och metamorfa bergarter. Magmatiska bergarter bildas genom kristallisation av magma. Granit är en magmatisk bergart. Sedimentära bergarter bildas genom avsättning och cementering av sediment, såsom sand, lera och organiskt material. Metamorfa bergarter har omvandlats från ursprungliga magmatiska eller sedimentära bergarter genom högt tryck och temperatur i jordskorpan. Gnejs, som ofta har en blandad struktur, är en av de vanligaste metamorfa bergarterna i Sverige och förekommer i stora delar av landet.

2.3.2 Jordarter

Jordarter bildas genom processer som vittring av berg, erosion och avsättning av sediment i havs- och sjöbottnar. I Sverige har nästan alla jordarter bildats under kvartärtiden, som började för cirka 2,5 miljoner år sedan och pågår än idag (SGU, 2020b)

Enligt SIG:s information om jordarter (SGI, 2023b) delas jordarter in i de två huvudgrupperna mineraljord och organogen jord. Indelningen baserat på hur de bildats och vilka material de består av:

Mineraljord:

- Morän

Den mest utbredda jordarten i Sverige är morän, som täcker cirka 75 % av landytan. Morän består av en osorterad blandning av partiklar i olika storlekar, från lera till stora block. Att den består av olika storlekar gör att den benämns som en månggraderad jordart, en jord med bara en kornstorlek kallas för ensgraderad. Moränen i Sverige bildades genom inlandsisens nötning och transport av bergmaterial.

- Finkorniga jordarter: Lera och silt

Lera och silt är finkorniga jordarter som avsattes i forntida havs- och sjömiljöer efter inlandsisens avsmältning. Dessa sediment återfinns främst i slättlandskapen i södra och mellersta Sverige, såsom Skåne, Mälardalen och längs Norrlandskusten.

- Sand och grus

Sand och grus förekommer ofta i sluttningar, vilka är avlagringar från istiden. Dessa jordarter är viktiga som grundvattenmagasin på grund av sin höga genomsläpplighet för vatten. Isälvsavlagringar är ordnade efter storlek med större kornstoleker längre ner.

Organogena jordarter

Organogena jordarter, såsom torv och gyttja, bildas genom ackumulering av organiskt material i miljöer där nedbrytningen är långsam, exempelvis i våtmarker. Dessa jordar är en betydande resurs inom svenskt jordbruk, men odlingen på dessa marker kan vara utmanande på grund av varierande odlingsegenskaper (SLU, 2024b). Våtmarker är ofta bildade genom igenväxning av gamla sjöar, vilket medför att det kan förekomma lera under torven som har sedimenteras från sjön.

2.3.3 Hydrologi och hydrogeologi

Enligt Aller m.fl. rapport *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings* (Aller m.fl., 1987) beskrivs hydrologi och hydrogeologi som två närbesläktade vetenskapsområden. Dessa utgör tillsammans en helhetsförståelse för grundvattnets beteende, bildning och rörelse i naturen. Hydrologin behandlar vattnets kretslopp på jordens yta och i atmosfären, medan hydrogeologin fokuserar specifikt på vattnets förekomst och rörelse i mark och berggrund, det vill säga grundvattnet.

Fortsatt beskriver Aller m.fl. att grundvatten återfinns i slutna och öppna akvifärer. Slutna akvifärer är täckta av ett icke permeabelt lager, såsom moränlera eller berg. Dessa akvifärer har ofta ett högre vattentryck. Öppna akvifärer är till exempel täckta av sand. Dessa kan påverkas av lufttrycket, högre lufttryck ger ett större djup ner till grundvattenytan. Det finns även akvifärer som är täckta av lager som är semipermeabla vilket ger upphov till att akvifären har egenskaper av både stängd och öppen karaktär. För att bestämma djupet till en öppen akvifär mäts avståndet från markytan till grundvattenytan. För en stängd akvifär måste man finna grundvattenytans högsta punkt och mäta avståndet där.

Aller m.fl. anger att grundvattenbildning sker främst genom regnvatten som infiltrerar ner till en akvifär, en process som kallas för perkolation. Det perkolerande vattnet kan agera bärare av föroreningar och transportera det nedåt från jordytan eller horisontellt under jorden till akvifären. Vattnet kan däremot också motverka föroreningen av grundvatten om det är en mängd stor nog att koncentrationen av föroreningen minskar i akvifären.

2.3.4 Faktorer som kan påverka grundvattenbildning

Rapporten *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings* skriven av Aller m.fl. (Aller m.fl., 1987) beskriver att grundvattenbildning är en central del av den hydrologiska cykeln och sker när nederbörd infiltrerar marken och når ner till grundvattnet. Den mängd vatten som faktiskt bildar grundvatten är beroende av en rad naturliga och mänskliga faktorer. På samma sätt som faktorerna nedan gynnar grundvattenbildning, så ökar de i samma utsträckning risken för infiltration av föroreningar.

Nederbörd och klimat

Aller m.fl. (1987) menar att den viktigaste faktorn för grundvattenbildning är nederbörden. För att vatten ska kunna tränga ner i marken och bilda grundvatten måste nederbörden överstiga avdunstningen och växternas vattenupptag. Därför varierar grundvattenbildningen mellan olika klimatzoner och årstider. I Sverige sker den största delen av grundvattenbildningen under höst och vår, då marken är fuktig men växtligheten ännu inte är aktiv.

Jordartens egenskaper

Jordartens sammansättning och genomsläpplighet påverkar enligt Aller m.fl. (1987) hur snabbt och hur mycket vatten som kan infiltrera. Genomsläppliga jordarter som sand och grus möjliggör effektiv infiltration och därmed hög grundvattenbildning. Tätare jordarter, som lera, förhindrar däremot infiltration och leder till ytavrinning snarare än grundvattenbildning. I Sverige är morän den vanligaste jordarten, och dess varierande sammansättning kan både begränsa och möjliggöra infiltration beroende på lokala förhållanden.

Vegetation och markanvändning

Fortsatt beskriver Aller m.fl. (1987) att vegetationen påverkar vattenbalansen genom transpiration. Skogar, jordbruksmark och andra växttäta områden konsumerar stora mängder vatten, vilket minskar mängden som når grundvattnet. Markanvändningen spelar också roll – tätbebyggda områden med hårdgjorda ytor som asfalt förhindrar infiltration och leder till snabbare avrinning. Å andra sidan kan grönytor och icke-kompakt mark främja infiltration.

Topografi och geologi

Aller m.fl. (1987) menar att terrängens lutning och markens geologiska uppbyggnad avgör var vatten samlas och hur det rör sig genom marken. I sluttande områden tenderar vatten att rinna av snabbare, vilket minskar tiden det tar att infiltrera. I flacka områden, särskilt där jordlagren är genomsläppliga, har vattnet bättre möjlighet att tränga ner i marken och bidra till grundvattenbildning.

Mänsklig påverkan

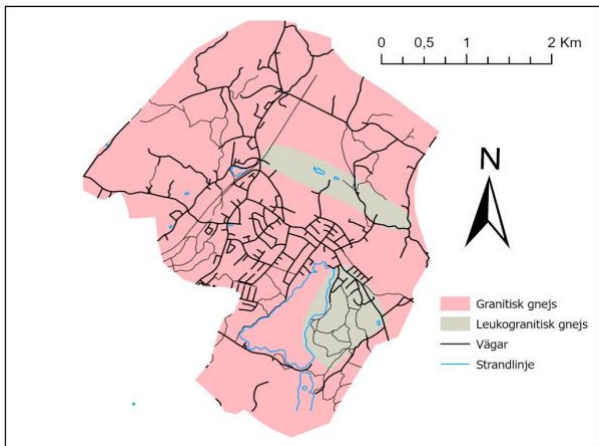
Slutligen beskriver Aller m.fl. (1987) att mänskliga aktiviteter som dikning, avledning av ytvatten, skogsavverkning, urbanisering och grundvattenuttag påverkar både hur mycket vatten som finns tillgängligt för infiltration och hur snabbt det rör sig genom marken. Ökad urbanisering innebär fler ogenomträngliga ytor, vilket begränsar naturlig grundvattenbildning. Samtidigt kan skogsavverkning öka mängden tillgängligt vatten tillfälligt, men även leda till förändringar i markens struktur och vattenföringsförmåga.

3. Områdesbeskrivning av analysområde Dalsjöfors

Kapitlet beskriver det valda analysområdet i Dalsjöfors utifrån aspekterna geologi, hydrologi samt hydrogeologi.

3.1 Bergarter i Dalsjöfors analysområde

Dalsjöfors analysområde består till största del av granitisk gnejs och en mindre del leuko granitisk gnejs (SGUs kartvisare, u.å-b), vilka är metamorfa bergarter. (SGU, 2021). Se figur 1.

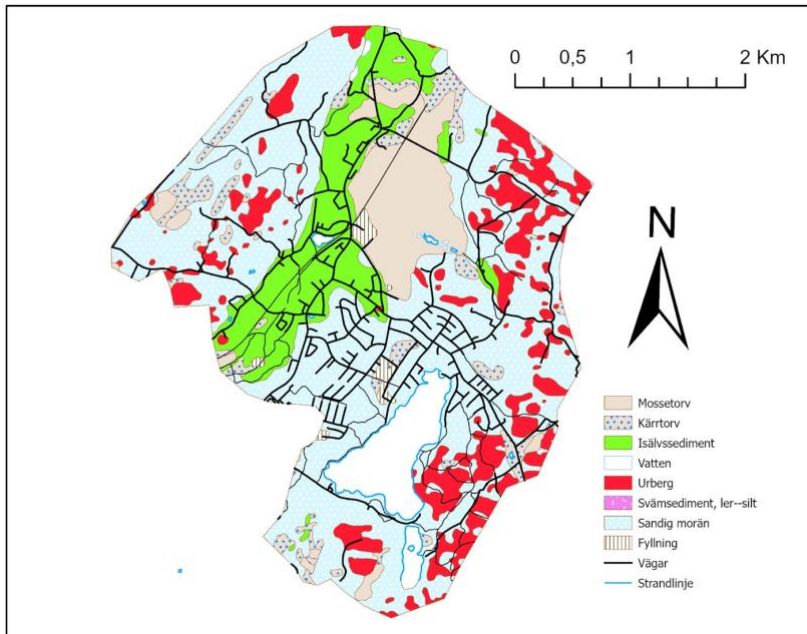


Figur 1: Bergarter i Dalsjöfors analysområde

3.2 Jordarter i Dalsjöfors analysområde

I figur 2 visas vilka jordarter som förekommer i ytan i Dalsjöfors analysområde. Området består till stor del av isälvssediment och morän, vilket är mineraljordar. Det finns även delar av torv i området, som är en organogen jordart (SGU kartvisare, u.å-c). Det förekommer en stor torvmosse inom analysområdet, som heter Toarpsmossen. Under denna mosse antas det ligga finkorniga material, som lera (Lång & Lindh, 2016).

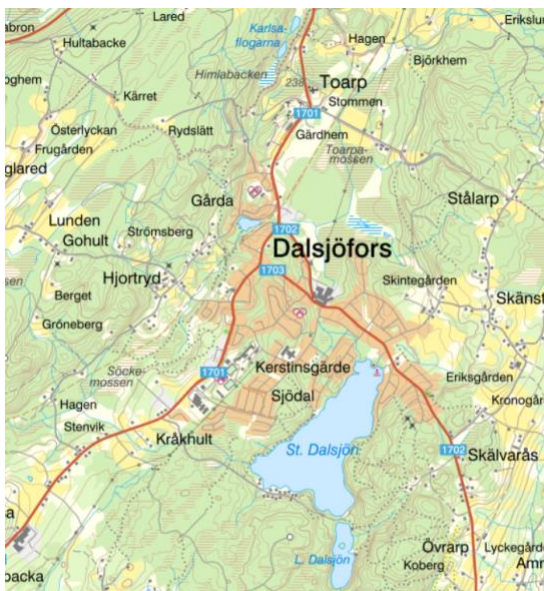
Analysområdet präglas av en stor isälvsvlagring som går tvärs över området. Denna isälvsvlagring ligger till grund för det grundvattenmagasin som förekommer i Dalsjöfors och ligger till allra största del mellan isälvsmaterialet. Isälvsmaterial går oftast ner till berggrunden, eftersom isälven fört bort morän och andra lager som kan legat under (Karlsson m.fl., 2021).



Figur 2: Jordarter i Dalsjöfors analysområde

3.3 Hydrologi och hydrogeologi i Dalsjöfors analysområde

Analysområdet är ett kuperat landskap på sydsvenska höglandet, mellan höjdnivå 210 och 320, som genomkorsas av Toarpsdalen i riktning SSV/NNÖ (Lång & Lindh, 2016). Dalen leder vatten mot Stora Dalsjön, Toarpsmossen och vidare till Häljeredsån som rinner norrut mot Viskan. Stora Dalsjön är den största sjön i området och ligger i södra delen av området. Andra sjöar är Lilla Dalsjön och Ankedammen inom norra Dalsjöfors tätort. Mossar förekommer även inom området, där den största är Toarpamossen i den norra delen av analysområdet. Andra noterbara mossar är Söckemossen väster om Dalsjöfors, se figur 3.



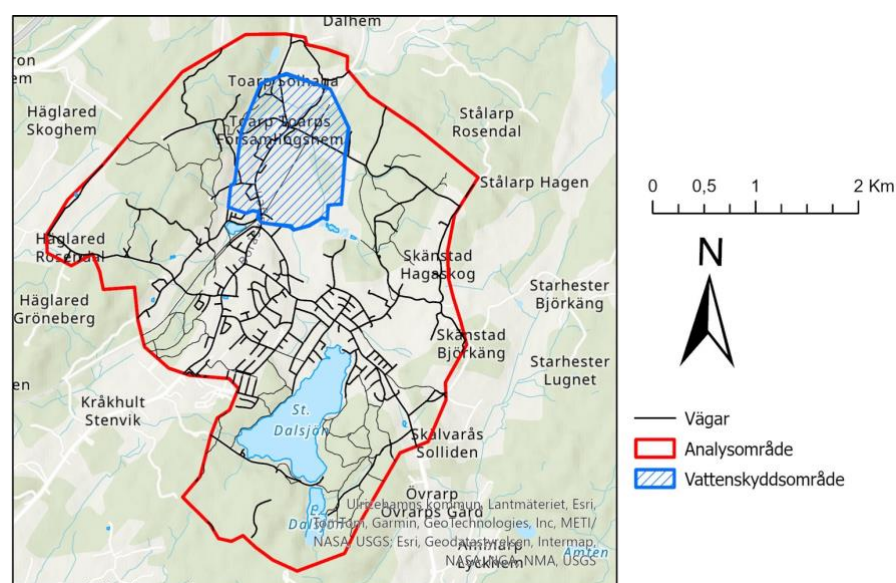
Figur 3: Lantmäteriets topografiska karta över Dalsjöfors (Lantmäteriet, 2025).

En ansamling isälvsmaterial, se figur 2, finns i området och utgör ett hydrogeologiskt intresseområde (Lång & Lindhe, 2016). I denna ås finns flera grundvattenmagasin, där

Dalsjöfors grundvattenmagasin är en av dem och den som detta arbete huvudsakligen analyserar. Grundvattenströmningen i denna ås sker åt ostnordost och lokalt mot brunnar.

Inom analysområdet förekommer två vattenskyddsområden som finns presenterade på Naturvårdsverket karta över skyddad natur (Naturvårdsverket, 2025).

Ett av vattenskyddsområdena är Öresjö vattenskyddsområde som omfattar nästan alla inlopp och tillrinningsområden till sjön. Öresjö utgör huvudvattentäkt för Borås. Det andra vattenskyddsområde är det område på 130 ha som utgör Dalsjöfors vattenskyddsområde. I detta arbete analyseras bara Dalsjöfors vattenskyddsområde. Avgränsningen av Dalsjöfors vattenskyddsområde kan ses i figur 4.



Figur 4: Vattenskyddsområdet Dalsjöfors

Genom att analysera området med ett platsbesök och genomgång av kartor som är framtagna i GIS, har grundvattentjänsterna identifierats. I kapitel 2.1 *Teoretisk bakgrund*, presenteras de fyra kategorier som grundvattentjänster delas in i.

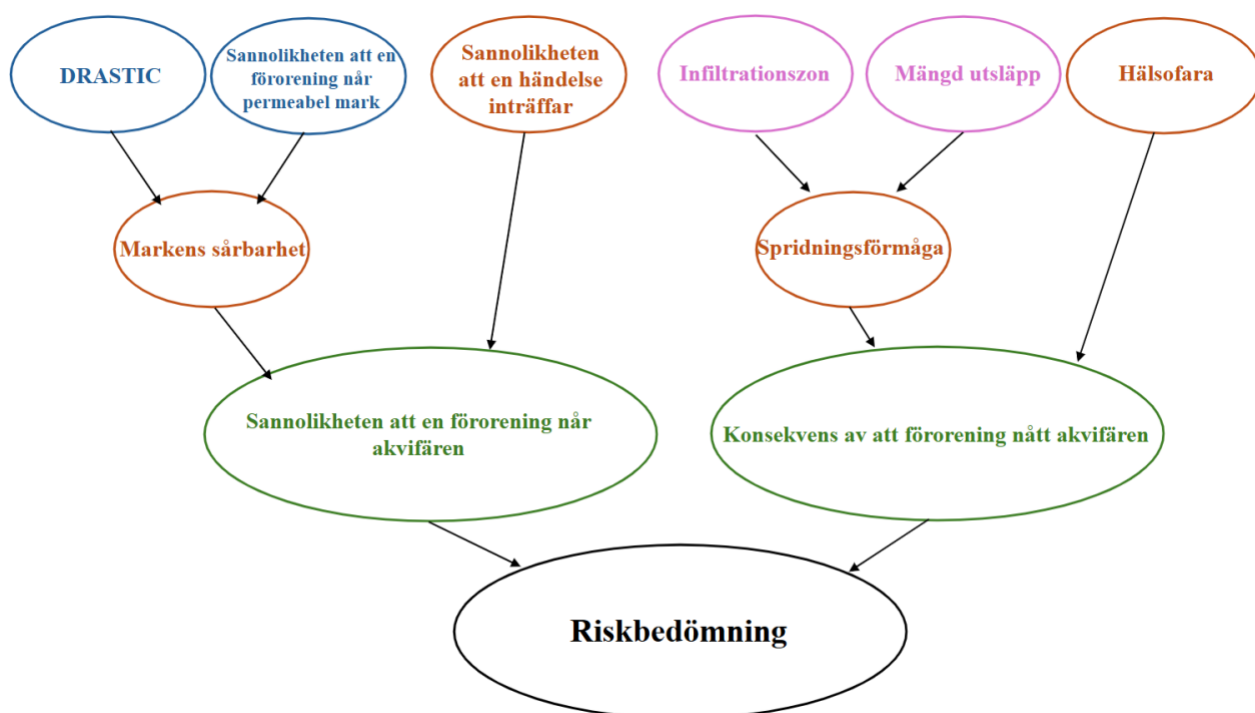
Utöver sin roll som dricksvattenresurs fyller Dalsjöfors grundvattentäkt flera viktiga försörjande och producerande funktioner i det lokala kretsloppet. I det omgivande landskapet används grundvattnet för att bevattna grödor och till djurhållning. Dalsjöfors grundvattentäkt fyller viktiga reglerande roller. En av de reglerande vattentjänsterna är dess förmåga att stabilisera marken. Genom att upprätthålla en relativt konstant grundvattennivå minskar risken för markdeformationer och sättningar, vilket är särskilt betydelsefullt i bebyggda områden där markrörelser kan få omfattande konsekvenser för infrastruktur och fastigheter.

Grundvattnet bidrar även i viss utsträckning till hanteringen av intensiva nederbördssituationer genom att möjliggöra infiltration av regnvatten. Denna funktion mot översvämningar är dock begränsad av det relativt grunda djupet till grundvattenytan i Dalsjöfors området, som i huvudsak ligger mellan 1 och 7 meter under markytan, se kapitel 5.2.1. Detta innebär att infiltrationen snabbt kan nå sin maximala kapacitet vid kraftig nederbörd, vilket begränsar täktens översvämningssjämnande effekt vid extrema väderhändelser.

Som en stödjande tjänst, spelar Dalsjöfors grundvattentäkt en viktig roll både för den lokala dricksvattenförsörjningen och för den naturliga vattenbalansen i området. Genom att fungera som en källa till rent vatten bidrar den även till att bevara ekosystem som är beroende av grundvatten, exempelvis våtmarker och vissa växt- och djurarter.

4. Metod

I det här avsnittet presenteras metoden som tagits fram för att uppnå rapportens syfte om att genomföra en riskbedömning av Dalsjöfors grundvattentäkt. Metoden möjliggör bedömning av riskkällor utifrån ett flertal parametrar och ligger till grund för framtagandet av förslag på skyddsåtgärder för grundvattnet. Figur 5 illustrerar alla ingående parametrar i bedömningen av sannolikheten att en förorening når akvifären samt konsekvens av att förorening nått akvifären, som tillsammans utgör underlaget för den samlade riskbedömningen.



Figur 5: Sammanställning av parametrarna som utgör riskbedömningen.

Den framtagna metoden bygger på en bedömning av *Sannolikheten att en förorening når akvifären*. Denna sannolikhet baseras på *Markens sårbarhet*, som utvärderas med hjälp av DRASTIC-metoden och *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark*. *Markens sårbarhet* vägs samman med *Sannolikheten att en händelse inträffar*. Bedömningen kompletteras med en uppskattning av den potentiella konsekvensens allvarlighetsgrad, vilken grundar sig på ämnets *Spridningsförmåga* samt den potentiella *Hälsofara* källan kan utgöra. I form av en slutgiltig riskpoäng visar bedömningen risken respektive identifierad källa utgör.

4.1 Riskbedömning

I denna rapport definieras risk som en funktion av sannolikhet och konsekvens. Det hot som analyseras utgörs av potentiella föroreningar som kan påverka grundvattentäkten. Konsekvens avser den negativa inverkan som uppstår om en förorening når grundvattnet, särskilt med avseende på dess användning som råvatten för dricksvattenförsörjning.

4.2 Identifiering av föroreningskällor

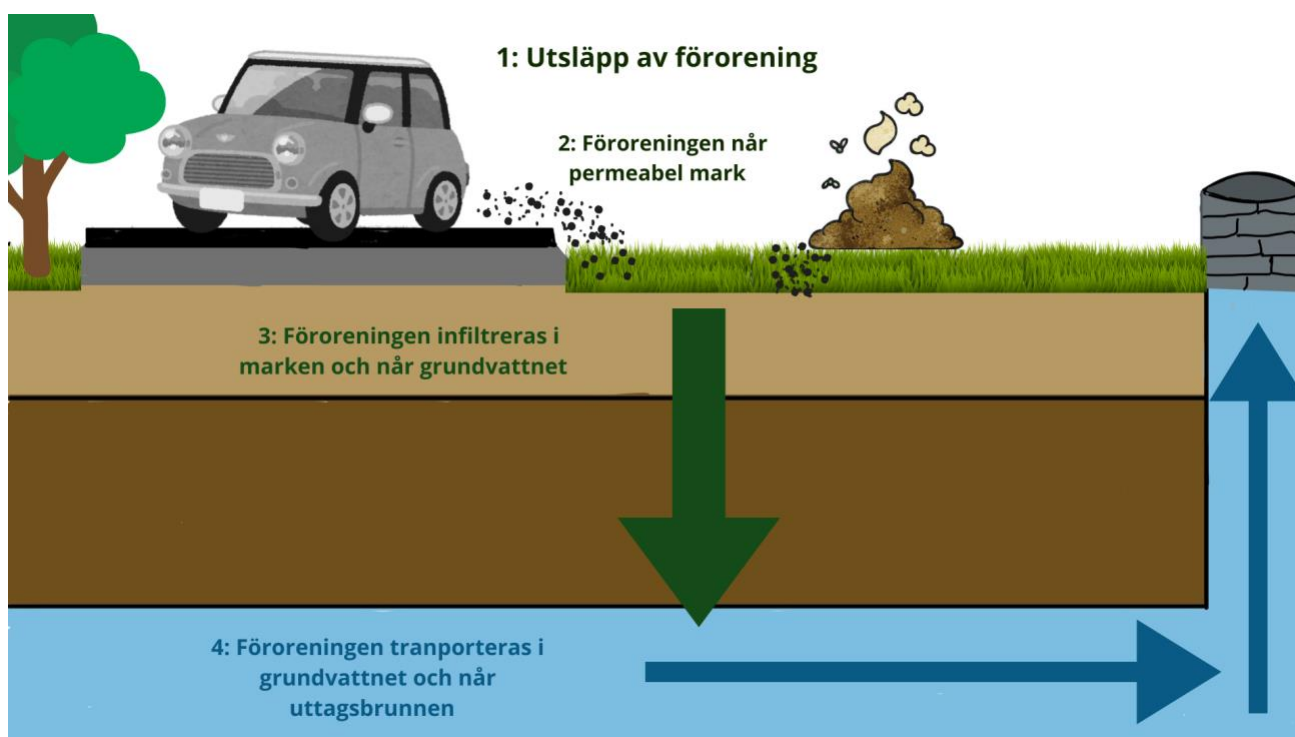
Identifiering av föroreningar genomfördes i flera steg. Länsstyrelsen har karterat och identifierat många av de potentiella föroreningskällorna i området och publicerat dem under namnet EBH-kartan. Information om potentiella föroreningskällor hämtades därför bland annat från EBH-kartan (Länsstyrelserna, u.å.).

Genom att studera kartor identifierades nya riskkällor såsom vägar och verksamheter. Ett platsbesök genomfördes för att lokalisera ytterligare misstänkta risker och föroreningskällor samt för att bekräfta informationen från EBH-kartan.

4.3 Sannolikhet

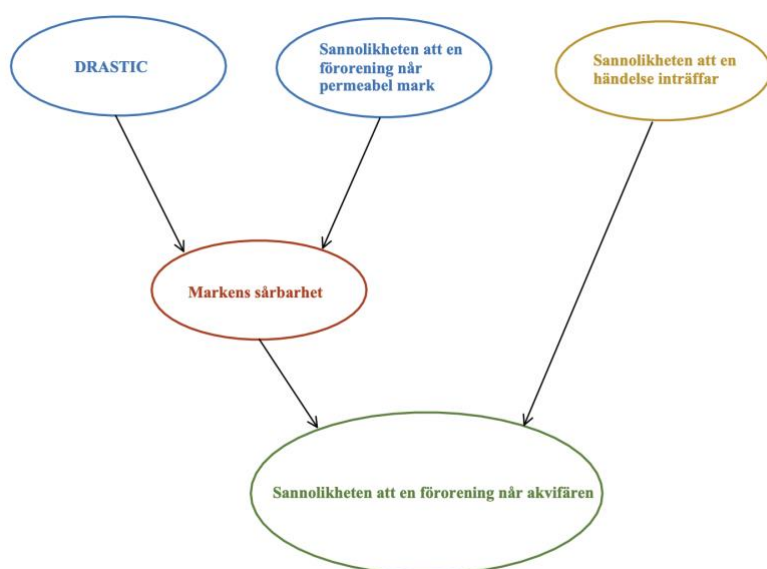
I denna studie definieras sannolikhet som hur ofta ett utsläpp sker där föroreningar når akvifären. Föroreningarnas transportväg från utsläppskällan till upptagsbrunnen ligger till grund för hur de olika parametrarna bedöms.

För att en förorening ska nå akvifären krävs det först att ett utsläpp inträffar. Föroreningen måste därefter transporteras till ett område med god permeabel förmåga där infiltrering ner till akvifären är möjlig, vilket visas i figur 6.



Figur 6: Föroreningens väg från utsläpp till uttagsbrunn.

Denna process ligger till grund för det som i arbetet kallas för *Sannolikheten att en förorening når akvifären*. Bedömningen av *Sannolikheten att föroreningen når akvifären* baseras i sin tur på två huvudsakliga parametrar: markens sårbarhet samt sannolikheten att en händelse inträffar. Markens sårbarhet baseras på en sammanställning av alla parametrar i DRASTIC som vägs samman med sannolikheten att föroreningen når permeabel mark. Vid bedömning av föroreningsrisker ställs frågan: *Hur ofta inträffar händelsen?* Tillsammans vägs alla parametrar samman för att fastställa sannolikheten att en förorening når akvifären enligt figur 7.



Figur 7: Diagram över hur sannolikhetsbedömningen genomfördes.

4.3.1 Sannolikheten att en förorening når akvifären

Sannolikhetskriterierna för att en händelse som orsakar en förorening bygger på Livsmedelsverkets Handbok, *Risk- och sårbarhetsanalys för dricksvattenförsörjning* (Livsmedelsverket, 2007). Livsmedelsverkets kriterier för sannolikheten att en händelse inträffar återfinns i *Tabell 1*. För att klassificeringen av sannolikhet ska fastställas räcker det med att ett av följande kriterier uppfylls.

Tabell 1: Sannolikhetskriterier för att en händelse inträffar (Livsmedelsverket, 2007).

Sannolikhet	Kriterier
1: Liten sannolikhet	a) Händelsen har inte tidigare inträffat b) Enligt fackmässig bedömning kan händelsen uteslutas c) Enligt säkerhetsanalys har händelsen liten sannolikhet att inträffa.

<p>2: Medelstor sannolikhet</p>	<p>a) <i>Händelsen har inträffat under de senaste 5 åren.</i></p> <p>b) <i>Enligt fackmässig bedömning kan händelsen inträffa inom de närmaste 10-50 åren.</i></p> <p>c) <i>Enligt säkerhetsanalysen har händelsen en medelstor sannolikhet att inträffa.</i></p>
<p>3: Stor sannolikhet</p>	<p>a) <i>Händelsen är känd och inträffar årligen.</i></p> <p>b) <i>Händelsen har inträffat eller varit nära på att inträffa i den egna anläggningen.</i></p> <p>c) <i>Enligt fackmässigbedömning kan händelsen inträffa inom närmaste 1-10 åren.</i></p> <p>d) <i>Enligt säkerhetsanalys har händelsen stor sannolikhet att inträffa.</i></p>
<p>4: Mycket stor sannolikhet</p>	<p>a) <i>Händelsen förekommer nu och då i den egna anläggningen.</i></p> <p>b) <i>Enligt säkerhetsanalys har händelsen stor sannolikhet att inträffa.</i></p>

Statistiken som ligger till grund för *sannolikheten att en händelse inträffar* sammanställs genom MSB:s statistikdatabas IDA (MSB, u.å). Databasen IDA redovisar olycksstatistik för olika branscher mellan åren 1998–2023. Genom att granska statistiken mellan tidsintervallet 2013 – 2023 kunde antalet räddningsinsatser där ett utsläpp eller där det har funnits risk för att ett utsläpp kan ske kartläggas.

Inom de branscher där statistik inte erhålls har statistik sökts varefter bedömningen skett. För de branscher, exempelvis vägsaltning och jordbruk där olyckor inte är den primära orsaken till utsläpp och där utsläppen sker kontinuerligt tilldelades samtliga sannolikhetsnivå 4 för *Sannolikheten att en händelse inträffar*.

Bestämningen av sannolikheten att en förorening når permeabel mark bygger främst på fältobservationer. Vid platsbesök undersöks marken omkring den potentiella utsläppskällan. Poäng 1–4 delas ut beroende på graden av hårdgjorda ytor. Poäng 1 ges till källor som står på hårda ytor där utsläpp samlas upp av avlopp. Poäng 2 ges till källor som står på hårda ytor men där avrinning till permeabel mark kan ske. Poäng 3 ges till källor som står på blandade ytor, både hårda och genomsläppliga. Poäng 4 ges till utsläppskällor som befinner sig på permeabel mark. Värt att notera är att för föroreningskällor där föroreningen redan finns i marken från

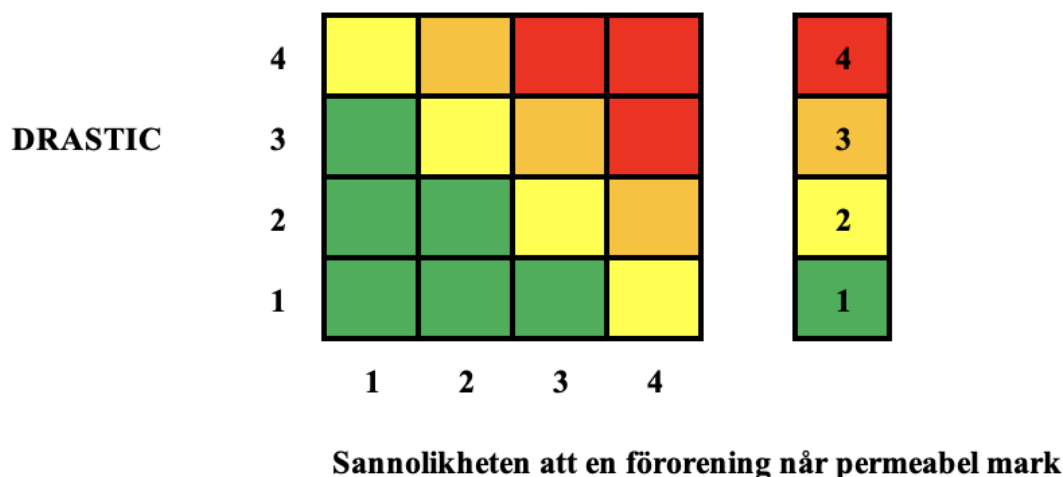
exempelvis nedlagda industrier och där nya utsläpp inte är aktuella tilldelas poäng 2 för sannolikheten att en förorening når permeabel mark.

Sammanställningen av sannolikheten att en förorening når akvifären kommer att visas i en bedömningsmatris där markens sårbarhet tas fram enligt DRASTIC-metoden och vägs samman med sannolikheten att en förorening når permeabel mark som visas i figur 8. Tillsammans vägs dessa sedan mot sannolikheten att en händelse inträffar som kommer att sammanställas från Tabell 1. Sammanställningen mellan Markens sårbarhet och sannolikheten att en händelse inträffar kommer att vägas samman med hjälp av matrisen i figur 9. Sannolikheten att föroreningen når akvifären redovisas med ett siffersystem där ett lågt tal (1) innebär en låg sannolikhet och ett högt tal (4) innebär en hög sannolikhet. Beroende på vilken geografisk placering föroreningskällan har, tilldelas en sårbarhetspoäng för marken med hjälp av den slutgiltiga DRASTIC-kartan, se avsnitt 4.3.3. För föroreningskällor som återfinns på flera geografiska platser har en individuell bedömning gjorts för varje plats för att säkerställa att samtliga scenarion tas i beaktande och för att få en balanserad bedömning.

4.3.2 Viktning av sannolikhetsparametrar

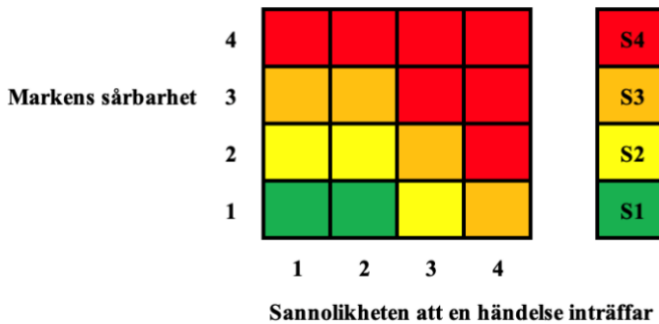
Poängfördelning för *Sannolikheten att en förorening når akvifären* visas i figur 9 och innebörden av varje poäng beskrivs sedan i tabell 2. Markens sårbarhet har bedömts vara av större vikt, därav är bedömningsmatrisen för sannolikhet viktad därefter.

Markens sårbarhet



Figur 8: Sammanvägningsmatris för markens sårbarhet

Sannolikheten att en förorening når akviferen



Figur 9: Poängmatris för sannolikheten att en förorening når akviferen.

Tabell 2: Innebörd S1-S4

S1	Liten sannolikhet
S2	Medelstor sannolikhet
S3	Stor sannolikhet
S4	Mycket stor sannolikhet

4.3.3 DRASTIC-metoden

DRASTIC-metoden är en analysmodell framtagen av den amerikanska myndigheten EPA för att kartlägga ett grundvattens sårbarhet (Aller m.fl., 1987). Metoden baseras på sju parametrar, som representerar var sin egen bokstav i akronymen DRASTIC. Varje parameter utvärderas på en poängskala mellan 1–10, som etableras i samband med analysen. Varje parameter har även en specifik viktkonstant för att väga upp mer betydelsefulla parametrar. Viktkonstanter kan variera beroende på om man räknar för generella föroreningar eller pesticider. I detta arbete kommer vi endast räkna på föroreningar och därmed används den viktningen. Alla dessa parametrar kan sammansättas till ett gemensamt DRASTIC-Index enligt Ekvation 1, där index W indikerar viktvärde och index R indikerar poängvärde.

$$DI = D_W \cdot D_R + R_W \cdot R_R + A_W \cdot A_R + S_W \cdot S_R + T_W \cdot T_R + I_W \cdot I_R + C_W \cdot C_R \quad (1)$$

DRASTIC Index (DI) ger sedan en övergripande bild över hur sårbar marken är mot föroreningar, i förhållande till grundvattenmagasinet, där högre DI ger högre sårbarhet. Värdet på DRASTIC-Index används sedan för kartläggningen i sårbarhetskartan över området. I tabell 3 visas hur Drastic index förhåller sig till klasserna för markens sårbarhet till kartläggningen (Aller m.fl., 1987).

Eftersom analysmodellen är skapad för amerikanska jordförhållanden är rapporten från Aller m.fl., (1987) inte nödvändigtvis direkt tillämpbar i Sverige. Lars Roséns arbete *Sårbarhetsklassificering av grundvatten* (1991) beskriver en metod för hur DRASTIC-metoden ska anpassas för Sverige, som poängsystemen och viktningssvärdena har baserats på. Poängsystemen har även modifierats en aning för vissa DRASTIC-parametrar i denna analys.

Tabell 3: Förhållandet mellan DRASTIC-index och klass för markens sårbarhet.

DRASTIC-INDEX	Klass för markens sårbarhet
84 - 114	1 (grön)
115 - 144	2 (gul)
145 - 184	3 (orange)
185 - 205	4 (röd)

I detta arbete kommer DRASTIC-indexet kopplas till fyra olika klasser för att beskriva markens sårbarhet. Dessa klasser togs fram genom att ta det minimala och maximala DRASTIC-värde och fördela klassgränserna jämnt mellan detta spann. I klass 1 bedöms marken inte vara noterbart sårbar för att påverka grundvattenmagasinet, för klass 2 har marken en viss sårbarhet, klass 3 har hög sårbarhet och klass fyra har mycket hög sårbarhet.

För att genomföra DRASTIC-analysen användes ArcGIS Pro. För att kunna jämföra kartorna finns analysområdets vägnät och strandlinjer visade, taget ifrån Lantmäteriets fastighetskarta.

4.3.3.1 (D) Djup till grundvattnet

Ett större djup till grundvattenytan betyder att föroreningar måste färdas längre genom marken innan de når vattnet. Längre tid ovan grundvattenytan betyder att föroreningen utsätts för oxiderande effekter vilka kan minska dess skadlighet. Större djup till grundvattenytan tenderar att minska mängden föroreningar som når vattnet. Djupet till grundvattenytan i området är baserat på de grundvattendjupen som har mätts upp av SGU och återfinns i deras brunnsdata. Med hjälp av denna data interpolerades en karta i ArcGIS för att sedan uppskatta djupet över hela området. Poängsystemet i tabell 4 är baserat på Sårbarhetsklassificering av grundvatten från Lars Rosén (1991). Eftersom området utanför akvifärens ytområde inte når en grundvattenyta bestämdes hela det området till poäng 1.

Tabell 4: Poängsystem för djup till grundvattenytan (Rosén, 1991)

Djup från markytan till grundvattnet [m]	DRASTIC-Poäng
0 - 1,5	10
1,5 - 4,5	9
4,5 - 9	7
9 - 15	5
15 - 23	3
23 - 30	2
>30	1

4.3.3.2 (R) Grundvattenbildning

Grundvattenbildning sker främst genom regnvatten som infiltrerar ner till en akvifär, en process som kallas för perkolations (Aller m.fl., 1987). All nederbörd infiltrerar inte jorden utan en del transporteras horisontellt på jordytan, suggs upp och transpireras av växter eller avdunstar. Transpirationen och avdunstningen sammanfattas till evapotranspiration. Grundvattenbildningen i DRASTIC beräknas som nederbörd minus evapotranspiration. För hela området i detta projekt antas samma nederbörd och evapotranspiration och data hämtas ifrån SMHI. Nederbörden är 1200mm/år (SMHI, u.å.-b) och evapotranspirationen 400 mm/år (SMHI, u.å.-a). Den horisontella transporten av vatten på jordytan representeras i modellen av topografi-värdet (T) Klicka eller tryck här för att ange text.. Poängsättningen för grundvattenbildningen i tabell 5 är tagen från Roséns rapport (Rosén 1991).

Tabell 5: Grundvattenbildning – DRASTIC-poäng (Rosén, 1991).

Grundvattenbildning [mm]	DRASTIC-poäng
>250	9
175 – 250	8
100 – 175	6
50 – 100	3
0 – 50	1

4.3.3.3 (A) Akvifärens material

Akvifärens material beskriver egenskaperna för den geologiska struktur som akvifären består av (Rosén, 1991). Parametrar som påverkas av detta är bland annat porositet, sprickbildning, kemisk sammansättning, stratigrafiska förhållanden, kornstorleksfördelning och kornens form och grad av vittring. Absorption av föroreningar förekommer i akvifären men är intensivare ovanför grundvattenytan. Omfattningen av absorptionen beror på det geologiska materialet. Ett finkornigare material har större absorptionsyta än ett grovkornigare och har därav lättare att plocka upp föroreningar. Poängsystemet i tabell 6 baseras på typiskt angivna poäng för olika material enligt Rosén (1991).

Tabell 6: Akvifärens material och korresponderande DRASTIC-poäng (Rosén, 1991).

Akvifärens Material	DRASTIC-Poäng
Karst kalksten	10
Basalt	9
Sand och grus	8
Massiv kalksten	6
Massiv sandsten	6
Morän	5
Vittrat kristallint berg	4
Kristallint berg	3
Massiv skiffer	2

4.3.3.4 (S) Jordmånens material

Jordmånens material syftar på det översta skikt av jorden som är starkt påverkad av biologisk och vittringsaktiviteter (Rosén, 1991). Jordmånen har större möjligheter till att absorbera föroreningar än under jordmånen, på grund av flera faktorer. Bland annat medför den högre biologiska aktiviteten att bakterier och andra organismer bryter ned eller plockar upp föroreningar. Data för analysen är baserad från SGU:s kartdata för jordarter. Poängsystemet i tabell 7 är delvis baserat på Roséns rapport (Rosén, 1991) för materialen som korresponderar i SGU:s kartvisare, vilket gäller isälvsediment, torv och urberg. De övriga materialen vattenyta, morän, fyllning och svämsediment har värderats enligt egna antaganden.

Tabell 7: Jordmånens material och korresponderande DRASTIC-poäng.

Material	DRASTIC-poäng
Vattenyta	10
Isälvsmaterial	9
Torv	8
Morän	6
Fyllning	6
Svämsediment ler-silt	4
Urberg	2

4.3.3.5 (T) Topografi

Områdets topografi sammanfattar hur lutningen i området ser ut, vilket påverkar omfattningen av vattenavrinningen i området. I DRASTIC är teorin att en högre grad av lutning resulterar i att vatten, tillsammans med potentiella föroreningar, samlas i större utsträckning i vattendrag som rinner ut ifrån området. I en flackare terräng har föroreningar större sannolikhet att infiltrera ner i jorden mot grundvattnet. Den topografiska kartan som använt för analysen är hämtad från SLU. Poängsystemet i tabell 8 är taget ifrån Roséns rapport (Rosén, 1991).

Tabell 8: Lutning och korresponderande DRASTIC-poäng (Rosén, 1991).

Lutning [%]	DRASTIC-poäng
0-2	10
2-6	9
6-12	5
12-18	3
>18	1

4.3.3.6 (I) Omättade zonen material under jordmånen

Den omättade zonen material under jordmånen beskriver materialets geologiska egenskaper mellan jordmånen och grundvattenytan (Rosén, 1991). En omättad zon innebär ett lager där vattenmängden inte är mättad, alltså ovanför grundvattenytan. Eftersom jordmånen tas i beräkning i parametern jordmånen material (S) så anges här bara det geologiska material som förekommer mellan jordmånen material och grundvattenytan i akvifären. I vissa fall fortsätter ett och samma geologiska struktur ända från jordytan ner till grundvattenytan, till exempel i isälvs materialet.

Vilket material som utgör den omättade zonen påverkar hur stor omfattning en förorening har på grundvattnet genom en rad processer: mekanisk filtration, kemisk neutralisering, biologisk nedbrytning, infiltrationshastighet och geografisk spridning. Alla processer är beroende av vilket material som den omättade zonen består av. För analysen i detta projekt användes en kombinerad bedömning av data från SGU:s karta jordlagerföljder och jordmånen material (S). Bedömningen blev att under isälvs material ligger isälvs material, under vattenytan och torv ligger lera, under urberg ligger kristallint berg och under övriga jordmånen material ligger morän. Poängsystemet i tabell 9 är baserat på Roséns rapport (Rosén, 1991).

Tabell 9: Omättade zonen material (Rosén 1991).

Material	DRASTIC-poäng
Isälvs material	8
Morän	6
Kristallint Berg	4
Lera	3

4.3.3.7 (C) Akvifärens hydrauliska konduktivitet

Akvifärmaterialets förmåga att leda vatten och den hydrauliska konduktiviteten avgör hur snabbt en vätska kan transporteras genom det geologiska lagret vid en viss hydraulisk gradient. Enligt DRASTIC-modellen innebär högre hydraulisk konduktivitet att föroreningar har större möjlighet att spridas över ett större område innan de hinner fastna eller brytas ner i marken (Rosén, 1991).

Konduktiviteten i akvifären räknades ut med Darcys lag enligt ekvation 2:

$$Q = -K * A * \frac{dH}{dL} \rightarrow K = -\frac{0.125 \frac{m^3}{s}}{800m * 17.25m * -0.01} = 9 * 10^{-4} \quad (2)$$

Där Q är flödet, A är akvifärens tvärsnittsarea och grundvattenytans gradient $\frac{d_h}{d_l}$ är satt till -1%. Flödet är satt till 125 l/s vilket är det högsta möjliga uttaget enligt SGU (SGU, 2010). Det högsta uttaget valdes för att göra uppskattningen av konduktiviteten högre då det leder till att DRASTIC-poängen blir högre och riskbedömningen skjuts åt det konservativa hållet. Det beräknade K-värdet ger en DRASTIC-poäng på 9 eftersom det beräknade värdet ligger på gränsen mellan poäng 8 och 10 i tabell 10. Poängsystemet i tabell 10 är taget från Roséns rapport (Rosén, 1991).

Tabell 10: DRASTIC-poäng relaterat till akvifärmaterialets hydrauliska konduktivitet (Rosén, 1991)

Intervall konduktivitet [m/s]	DRASTIC-Poäng
$> 10^{-3}$	10
$5 \cdot 10^{-4} - 10^{-3}$	8
$3 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4}$	6
$1.5 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-4}$	4
$5 \cdot 10^{-5} - 1.5 \cdot 10^{-4}$	2
$< 5 \cdot 10^{-5}$	1

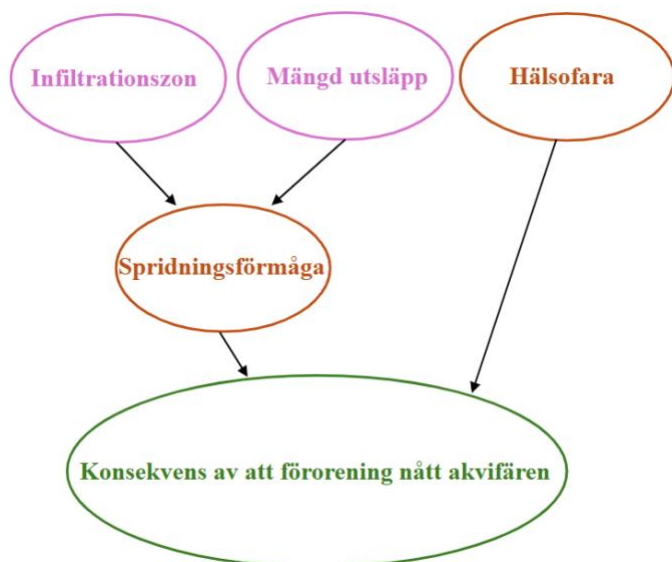
Konduktivetsberäkningen jämfördes med tabell 11 från rapporten *Jords Egenskaper* från SGI för att säkerställa att beräkningen gett ett rimligt värde (Larsson, 2008). Hydraulisk konduktivitet på 10^{-3} m/s stämmer överens med ensgraderade jordar med kornstorleksklasserna: mellansand, grovsand och fingrus beroende på deras packningsgrad vilket kan ses i tabell 11 nedan. Enligt borrhålsdata från kartan SGU jordlagerföljder (SGUs kartvisare, u.å-c) består akvifären av områden med grusig sand, sand eller siltig sand. Detta stödjer den beräknade konduktiviteten.

Tabell 11: Överslagsvärden för permeabilitet för olika jordar (Larsson, 2008).

Jordart	Permeabilitet [m/s]
Moräner (månggraderad jord)	
Grusig morän	$10^{-5} - 10^{-7}$
Sandig morän	$10^{-6} - 10^{-8}$
Siltig morän	$10^{-7} - 10^{-9}$
Lerig morän	$10^{-8} - 10^{-10}$
Moränlera	$10^{-9} - 10^{-11}$
Sediment	
Fingrus	$10^{-1} - 10^{-3}$
Grovsand	$10^{-2} - 10^{-4}$
Mellansand	$10^{-3} - 10^{-5}$
Finsand	$10^{-4} - 10^{-6}$
Grovsilt	$10^{-5} - 10^{-7}$
Mellan - filsilt	$10^{-7} - 10^{-9}$
Lera	$< 10^{-9}$

4.4 Konsekvens

I den här riskbedömningen definieras konsekvensen av de följer ett utsläpp som nått akvifären orsakar. Riskkällorna bedöms utifrån de föroreningar de genererar och vi har valt att utgå från två bedömningsparametrar, föroreningens *Spridningsförmåga* samt den *Hälsofara* föroreningen utgör för de som nyttjar grundvattnet. Figur 10 illustrerar hur en bedömning av olika parametrar slutligen resulterar i en sammanvägd konsekvens av förorenande utsläpp.



Figur 10: Diagram över hur konsekvensbedömningen genomfördes.

För att bedöma riskkällorna utifrån parametern *Hälsofara* identifierades föroreningens art och i sin tur studerades dess påverkan på parametrarna vattenkvalitet och dricksvattenkonsumenternas hälsa. Med vattenkvalitet avses kvaliteten på det vatten som når uttag. Utifrån de konsekvenser ett utsläpp från källan kan medföra till ovan nämnda parametrar tilldelades källan en konsekvenspoäng 1–4 gällande dess medförande hälsofara. Om en riskkälla genererar olika föroreningstyper kommer källans poängsättning för parametern bestämmas av den mest hälsofarliga föroreningen. Tabell 12 är baserad på Livsmedelsverkets bedömningskategorier för dricksvatten (Livsmedelsverket, 2024).

Tabell 12: Bedömningskriterier och poängsättning med avseende på hälsofara.

Poäng	Hälsofara
1	Obetydlig påverkan på vattenkvalitet
2	Estetisk påverkan, lukt, färg, smak
3	Otjänligt vatten, hälsofara vid långvarig exponering
4	Otjänligt vatten, akut hälsofara

Det är av vikt att beakta föroreningens spridningsförmåga horisontellt, här definierat som föroreningens benägenhet att transporteras från punkten där föroreningen inledningsvis når akvifären till uttagsbrunnen. Den förmågan benämns som *Spridningsförmåga* och mäts i sin tur med avseende på två faktorer, mängden utsläpp från källan och var i förhållande till uttag föroreningen angriper rent geografiskt. Mängd utsläpp påverkar föroreningens benägenhet att transporteras i magasinet. Om ett föroreningsämne exempelvis är mycket hydrofobt binder det starkt till jorden, om utsläppen av ämnet är storskaliga kan jord intill den initiala infiltrationspunkten bli mättad och föroreningen drivs till att transporteras vidare tills bindningsmöjlighet uppstår. Bedömning av riskkällor med avseende på denna parameter baserades på en analys av riskkällans grad av aktualitet och verksamhetsskala, starkt influerat av egna antaganden gällande förväntad mängd utsläpp. Metoden avser att mängden som anges motsvarar den som kan förväntas nå permeabel mark. I tabell 13 beskrivs innebörden för respektive poäng.

Tabell 13: Bedömningskriterier och poängsättning med avseende på Mängd utsläpp.

Poäng	Mängd utsläpp
1	Obetydlig mängd
2	Liten mängd
3	Betydande mängd
4	Stor mängd

För att beakta avståndet mellan initial infiltrationspunkt och uttagsbrunn beräknades zoner utgående från uttagsbrunnens placering. Den förväntade initiala infiltrationspunkten motsvaras av riskkällans position, därmed förväntas det att föroreningen från en riskkälla infiltrerar akvifären i en punkt vertikalt under dess position. Zonerna är ekvivalenta till en specifik transporttid och utgörs av cirkulära områden med uttagsbrunnen i centrum. *Calculated Fixed Radius Method* användes för att beräkna zonernas radie. Metoden innefattar en ekvation där resultatet blir radien av en cylindrisk volym som teoretiskt sett kan pumpas upp av uttagsbrunnen under en viss tid (USEPA, 1987). Ekvation (3) är hämtad från (USEPA, 1987) och användes för att beräkna radien.

$$r = \sqrt{\frac{Qt}{\pi nH}} \quad (3)$$

Q = uttagsflöde (m^3/s)

n = akvifärens porositet

H = Akvifärens djup (m)

t = specifik transporttid (s)

Värdet på Q sattes till 125 l/s enligt vad som beskrivs i avsnitt 4.3.3.7. Akvifärens porositet baserades på Landströms examensarbete från Uppsala universitet, isälvmaterialet bedömdes vara jämförbart med vad som i rapporten beskrivs som åsmaterial. Porositeten sattes till 0.25 (Landström, 2014). Akvifärens djup avser det på platsen för brunnen vilket bedömdes vara 10 m.

Relevanta tider att använda i beräkningarna baserades på Länsstyrelsen i Västmanlands läns beslut om uppdelningskriterier gällande uppehållstid i grundvattentäkt för primärt- och sekundärt skyddsområde som är 100 dagar respektive 1 år (Länsstyrelsen, 2015). I Naturvårdsverkets *Handbok för vattenskyddsområde* nämns det att för vissa typer av föroreningar är 1 års uppehållstid otillräcklig som avgränsning av skyddsområde då uppehållstiden kan sträcka sig över längre perioder (10-tals år), (Naturvårdsverket, 2010), därav adderades 10 år som en gränstid.

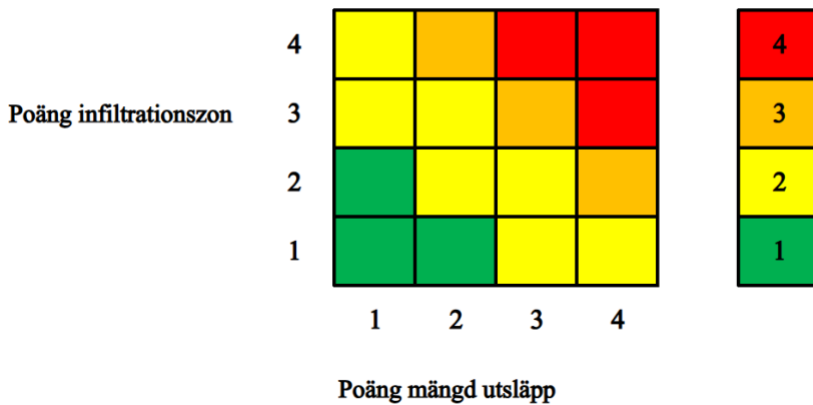
Zonerna benämndes med en siffra 1-4. Zon 1 är ekvivalent med den kortaste uppehållstiden och är därför den mest kritiska zonen. Konsekvenspoäng delades sedan ut enligt Tabell 14 nedan:

Tabell 14: Poängfördelning för Zon - Ekvivalent Transporttid.

Poäng	Infiltrationszon - Ekvivalent Transporttid
1	Zon 4 - (> 10 år)
2	Zon 3 - (1 år -10 år)
3	Zon 2 - (100 dagar - 1 år)
4	Zon 1 - (< 100 dagar)

Infiltrationszon samt *Mängd utsläpp* sammanvägdes och utgör då konsekvensbedömningsparametern *Spridningsförmåga*. De viktades lika till följd av att båda parametrarna bedömdes ha en likvärdig påverkan på *Spridningsförmåga*. Matrisen illustreras nedan, Figur 11.

Sammanvägningsmatrix

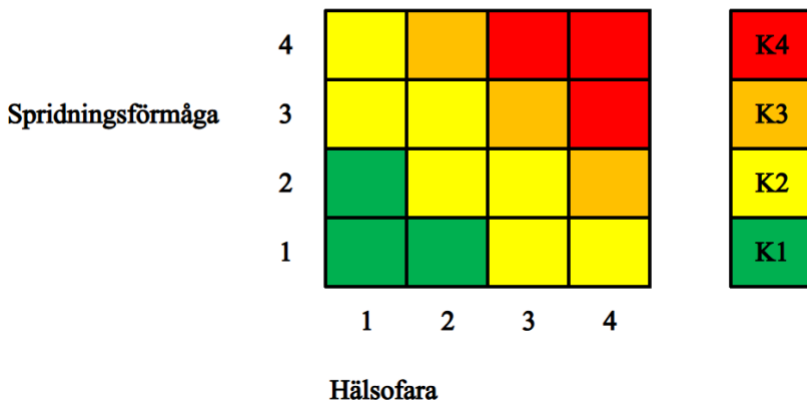


Figur 11: Sammanvägningsmatrix för parametrar Infiltrationszon och Mängd utsläpp.

Det sista steget i konsekvensbedömningen innebar en sammanvägning av parametrarna *Spridningsförmåga* och *Hälsofara*.

I figur 12 nedan presenteras konsekvensbedömningsmatrixen, den viktar parametrarna lika vilket bedömdes vara den bästa utformningen för att spegla den reella situationen i fallstudien. Tabell 15 förklarar innebörden av de fyra konsekvensindelningarna.

Konsekvensbedömningsmatrix



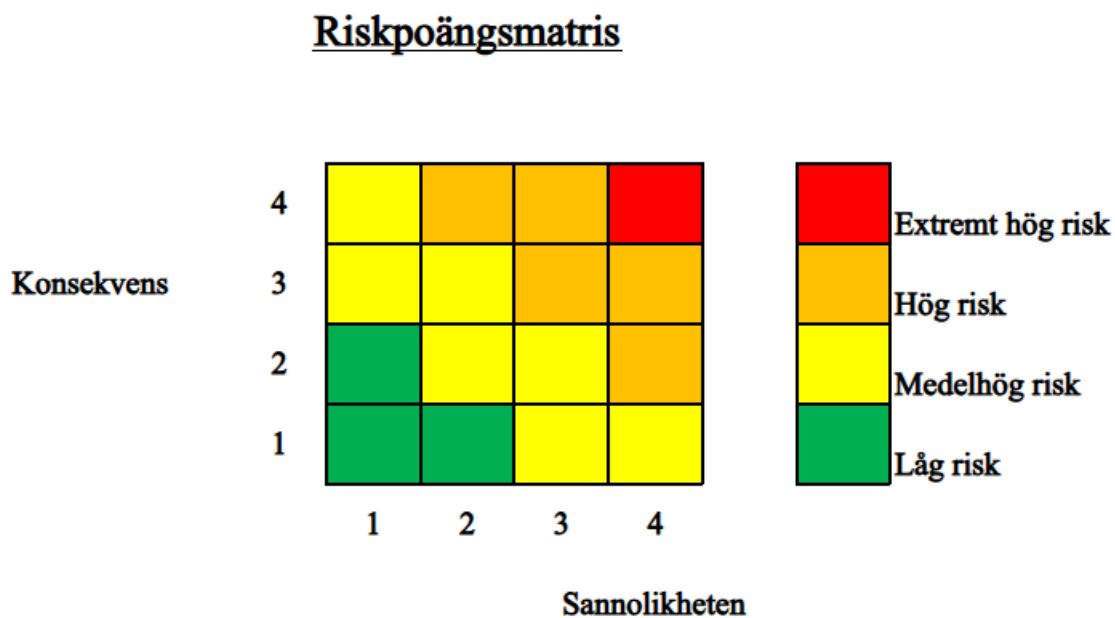
Figur 12: Konsekvensbedömningsmatrix med parametrar Hälsofara och Spridningsförmåga.

Tabell 15: Innebörd av K1-K4.

K1	Liten konsekvens
K2	Medelstor konsekvens
K3	Stor konsekvens
K4	Mycket stor konsekvens

4.5 Riskpoäng

Efter att konsekvenspoäng och sannolikhetspoäng mätts upp och angivits i en poäng mellan 1–4 kan dessa användas i den slutgiltiga Riskpoängsmatrisen för att få den totala riskpoängen för varje riskkälla. Riskpoängsmatrisen är presenterad i Figur 13 och mäter sannolikheten att föroreningen når akvifären gentemot de valda konsekvensparametrarnas negativa påverkan.



Figur 13: Riskpoängsmatris för sannolikhet och konsekvens.

5 Resultat

I detta kapitel presenteras resultat av identifiering av föroreningskällor, vertikal sårbarhet med DRASTIC, zonindelning för horisontell transport samt den slutgiltiga riskpoängen för föroreningskällorna.

5.1 Identifiering av föroreningskällor

Här presenteras och utvärderas riskkällor som identifierats, genom EBH-kartan (Länsstyrelserna, u.å.) och genom platsbesök, i området Dalsjöfors.

Nedan listas de förroreningskällor som identifierades genom EBH-kartan:

- Bilvårdsanläggning
- Textilindustri
- Grafisk industri
- Träimpregnering
- SPIMFAB
- Avfallsdeponi
- Skogsbruk

Nedan listas de föroreningskällor vi själva identifierat:

- Bensinmack
- Vägtrafik
- Kyrkogård
- Jordbruk
- Brand

5.1.1 Bilvårdsanläggning

Kategorin *bilvårdsanläggning* innefattas av verkstäder, biltvättar samt åkerier. I analysområdet runt Dalsjöfors finns det 3 bilvårdsanläggningar. Två av dessa återfinns i analysområdets östra del och den tredje återfinns i centrum av analysområdet. Utsläpp från bilvårdsverksamheter innehåller ofta höga halter av olja och metaller som kan förorena vattenkällor om de når dit. De allra flesta verksamheter inom fordonsbranschen har inte anmälningsplikt eller är tillståndspliktiga med de klassificeras ändå som miljöfarliga verksamheter (SMOHF, 2024).

Varje år sker ca 15 miljoner biltvättar på gatan i Sverige och orsakar utsläpp av tusen ton olja och femtio ton giftiga tungmetaller som rinner rakt ut i våra vattendrag, sjöar och hav. Även om biltvättsanläggningar inte är perfekta när det kommer till utsläpp så finns det skyddsåtgärder som stoppar föroreningar från att nå vårt råvatten. Biltvättsanläggningar i Sverige återanvänder en stor del av vattnet från tvättarna och stoppar föroreningarna att sprida sig i naturen samt att många anläggningar har egna avancerade reningssystem för att rena vattnet innan det släpps ut igen. Sedan början av 2000-talet har det dessutom skett en stor förbättring när det kommer till kontroller av tvättanläggningar och hur väl de förhåller sig till kraven från kommuner och Svanenmärkning (Hedenmark m.fl, 2016).

Biltvättar kan ha en betydande påverkan på grundvattnets kvalitet på grund av de föroreningar och kemikalier som finns i tvättvattnet. Det finns riktlinjer kring biltvättars utsläpp av föroreningar i naturen med dessa lagar innefattar inte tvättar som sker hemma. Det är därför viktigt att man använder biltvättar som följer miljövänliga praxis och regler (Järleskog m.fl., 2021).

Bilvårdsanläggningar bidrar till utsläpp av petroleumprodukter där alifatiska kolväten men även PAH ingår. Andra relaterade föroreningar så som metaller där aluminium, kadmium, krom, koppar, kvicksilver, bly och zink är mest framstående samt ett utsläpp av högfluorerade ämnen så som PFAS, syror från bland annat bilbatterier är också relevanta till föroreningskällan (Naturvårdsverket, 2023).



Figur 14: Bilvårdsanläggning



Figur 15: Bilvårdsanläggning

5.1.2 Textilindustri

Textilframställning är en resurskrävande process som förbrukar stora mängder energi, kemikalier och vatten i samtliga steg, från fiberproduktion till färdig textilprodukt. Den största miljöpåverkan kommer från produktionsmetoden snarare än materialvalet (Naturvårdsverket, 2024d).

Färgning ingår i den våta processen, det är en av de mest kemikalieintensiva delarna av textilproduktionen och bidrar till betydande miljöpåverkan. Förutom själva pigmenten används hjälptillsatser såsom salter och syror. Om saltutsläppen når grundvattnet kan det bli otjänligt som dricksvatten, vidare kan utsläpp av syror sänka vattnets pH-värde och därigenom förstärka effekterna av andra skadliga kemikalier. En del pigment innehåller tungmetaller såsom koppar, krom, nickel, zink, och i vissa fall även kadmium och bly (Engvall, M, u.å).

Andra relaterade föroreningsämnen kopplade till textilproduktion är per- och polyfluorerade ämnen (PFAS), som används för sina vattenavvisande egenskaper, samt polyklorerade bifenylter (PCB). Både PFAS och PCB är fettlösliga, svårnedbrytbara i miljön och har kopplats till cancerogena effekter (Naturvårdsverket, 2023).

Textilindustrin i Dalsjöfors utgör en betydande faktor till ortens tillväxt under det tidiga 1900-talet, vad gäller våta processer ska det ha funnits ett blekeri på platsen (PRISMA, u.å). Föroreningarna från Fabriksparken i Dalsjöfors härrör från en företagsverksamhet som verkat

på platsen under åren 1919–2007 (Almedahls, u.å). Verksamheten är inte aktiv på platsen längre och föroreningar består därmed av gammalt sedimentationsdamm. Platsen ligger högt upp på Västra Götalands Läns prioriteringslista för förorenade områden (Västra Götalands län, 2024). Den huvudsakliga föroreningen är dioxiner, där källor kan vara bleknings- och färgningsprocesser eller efterbehandlingar av textil (Länsstyrelsen Gävleborg, 2014). Listan anger dessutom förekomst av höga halter DEHP, PCB, metaller, PFAS och PAH (Västra Götalands län, 2024).



Figur 16: Textilindustri

5.1.3 Grafisk Industri

Grafisk industri är branschbenämningen för de verksamheter som bidrar till producerande av grafiska produkter som tidskrifter, böcker, broschyrer och dylikt. Främst är det tryckprocesser som genererar kemikalier vilka kan påverka vatten. Föroreningsämnen som kan förekomma är exempelvis bly som historiskt använts för att framställa tryckformor, silverbromid som fällts ut från filmframkallning och aceton som använts för färgförtunning (Länsstyrelsen, 2010). Enligt en dansk studie visade markundersökningar på förhöjda halter av branschtypiska kemikalier i anslutning till de 14 olika tryckerier som testades. I inga fall bedömdes utsläppen ha inverkan på människors hälsa eller miljön, då halterna var låga (Fredriksborg Amt, 2004).



Figur 17: Nedlagd grafisk industri

5.1.4 Träimpregnering

Träimpregnering syftar till att förhindra angrepp av rötsvampar på träet. Trots att träet är skyddat mot röta kan det angripas av missfärgande svamp som orsakar blånad (TräGuiden, 2019), för att motverka det genomförs en doppningsbehandling (SGU, 2025a). På Länsstyrelsernas EBH-karta framgår det att en verksamhet med primärbransch träimpregnering, och sekundärbransch sågverk med doppning, har legat direkt söder om det befintliga vattenskyddsområdet (Länsstyrelserna, u.å).

I Sverige började man impregnera sågade trävaror på 1940 talet, samtidigt började vattenlösliga saltmedel användas i processen där CCA (koppar, krom, arsenik) varit en vanlig kombination. Impregnering med kreosotolja, främst bestående av polycykliska aromatiska kolväten (PAH), har också förekommit inom verksamheten historiskt. På platser där doppning har förekommit är dioxiner de vanligaste föroreningarna (Länstyrelsen Västra Götaland, 2019). Det beror på förekomsten av miljögiften i impregneringsmedlet pentaklorfenol som användes för att motverka blånad innan det förbjöds på 70-talet (SGU, 2024).

I Dalsjöfors ligger en nedlagd verksamhet som ägnat sig åt träimpregnering med doppning. Vid studie av flygbilder från 60- och 70-talet tydliggörs verksamhetens utbredning och den verkar ha varit relativt storskalig förr i tiden (Landmäteriet, u.å).



Figur 18: Träimpregnering

5.1.5 SPIMFAB

SPIMFAB är ett gemensamt saneringsprogram för alla drivmedelsbolag och avser drivmedelsstationer som blivit nedlagda mellan 1 juli 1969 till 31 december 1994. SPIMFAB kartlägger, inventerar och genomför markundersökningar och vid behov sanerar förorenad mark (Drivkraft Sverige, u.å). De branschspecifika markföroreningarna som SPIMFAB sanerar är alfatiska kolväten, aromatiska kolväten samt PAH (Naturvårdsverket, 2023).



Figur 19: SPIMFAB.

5.1.6 Avfallsdeponi

Mellan 1940-talet till år 1967 fanns det en avfallsdeponi i Tummarp i västra delen av analysområdet. Deponin avsåg hushållsavfall, industriavfall, schaktmassor samt bygg och rivningsavfall (Boråsregionen, 2021). För deponier som bransch är det är det svårt att identifiera specifika branschtypiska föroreningar på grund av komplexiteten av deponiavfallet. Här spelar även lakvattnet en stor roll och hur väl lakvattnet samlas upp och renas. För gamla och nedlagda deponier finns risken för hälsofara genom mark, grund- och ytvattenföroreningar, samt att det finns en risk för utsläpp i form av deponigas. De är också sämre lokaliserade ur en miljösynpunkt och behöver därför individuellt riskklassas och identifieras (Naturvårdsverket, 2024a).

Typiska föroreningar för den specifika branschen för avfallsdeponi kan sammanställas till alifatiska kolväten samt bly (Naturvårdsverket, 2023). Boråsregionen (2021) beskriver i sin avfallsplan att eftersom deponin är sedan tidigare nedlagd redovisas och riskbedöms området av kommunen enligt MIFO.



Figur 20: Nedlagd avfallsdeponi



Figur 21: Tecken på oljeförorening i en bäck i anslutning till deponin

5.1.7 Skogsbruk

Naturskyddsföreningens information *Ökat skogsbruk räddar inte klimatet* (Naturskyddsföreningen, 2021) beskriver att om man avverkar skog kommer träden inte längre binda och lagra kol, utan i stället kommer kalhygget att avge koldioxid och bidra till att öka växthuseffekten. Avverkning av gammal skog påverkar inte bara koldioxidbalansen utan även grundvattenbildningen. Utan trädens rötter och markens naturliga skydd kan näringsämnen och föroreningar lättare sköljas ut och nå grundvattnet, vilket riskerar att försämra dricksvattenkvaliteten. Avverkning förändrar markens förmåga att lagra och filtrera vatten, vilket kan leda till ökad avrinning och minskad grundvattenbildning.

När skogsmark brukas intensivt kan föroreningar som kväve och tungmetaller lakas ur jorden och transporteras ner till grundvattnet. Detta innebär en risk för dricksvattenförsörjningen, särskilt i områden där grundvattnet används som råvattenkälla, så som i Dalsjöfors (Naturskyddsföreningen, 2021)



Figur 22: Område där skogsbruk förekommer



Figur 23: Område där skogsbruk förekommer

5.1.8 Gravanläggning/Kyrkogård

Inom det befintliga vattenskyddsområdet ligger Toarps kyrkogård. Vid kistbegravningar kan risk för patogen förorening uppstå vilket om det når konsument kan utgöra hälsofara (Camper, 2014). Patogener släpps ut i störst utsträckning inom ett år efter jordsänkning och efter två år antas ingen risk längre föreligga. Att kistor placeras djupt ner gör att risken för spridning blir större då nedbrytande organismer som kan reducera patogener främst förekommer inom jordlagrets ytligaste meter.

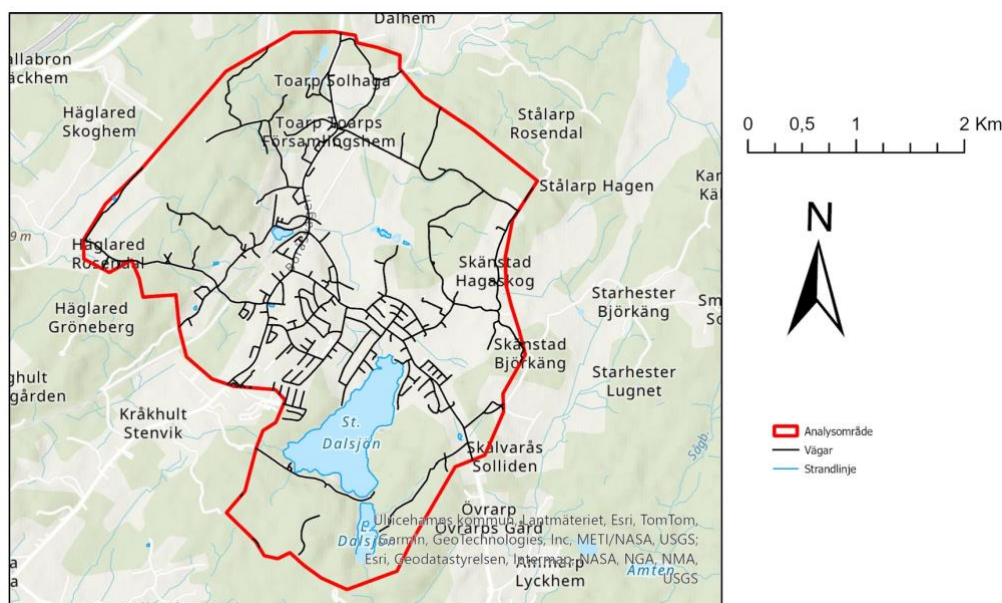
Tungmetaller kan urlakas från begravningsplatser, potentiella källor är då gravutsmyckningar, kistor, tandlagningar med kvicksilverlegering och kremeringsaska (Camper, 2014). På Toarps kyrkogård antas förekomsten av tungmetaller vara låg. Idag finns restriktioner för tillåtna material i kistor och dylikt, dessutom används inte längre sådana tandlagningar inom tandvården. Det finns inte något krematorium i närheten av kyrkogården så spridning av aska från skorstensrök är inte aktuellt.



Figur 24: Kyrkogård

5.1.9 Vägtrafik

I området kring Dalsjöfors förekommer en variation av trafik. Vägarna används av personbilar, bussar och tunga fordon. I figur 25 syns vägnätet i Dalsjöfors.



Figur 25: Vägnät inom analysområdet.

Genom Dalsjöfors och det befintliga vattenskyddsområdet löper Boråsvägen. Norröver möter den Riksväg 40 som i sin tur leder vidare mot Borås stad. Majoriteten av Dalsjöforsborna förväntas välja denna rutt för att ta sig till centrala Borås. Boråsvägen har ett trafikflöde på 3800 fordon/dygn där lastbilsandelen motsvarar ca 8 %. Storgatan är en ytterligare väg med sträckning analysområdet, trafikflödet är lägre här och uppgår mot 2000 fordon/dygn. Andelen tung trafik motsvarar ca 5 % av den totala trafiken på Storgatan (Andersson m.fl., 2022). I riskbedömningen studeras specifikt Boråsvägen, den väg som bedöms utgöra störst påverkan på området. Vägen belastas med förhållandevis låga trafikmängder, en jämförelse kan göras med Riksväg 40, motorvägen som leder till Borås stad och har en uppmätt årsdygnstrafik på 8700 fordon/dygn enligt Trafikverkets vägflödeskarta (Trafikverket, u.å).

Källor till förorening från vägar utgörs av olyckor, dagvattenavrinning, vägsalt och vägunderhåll. Allvarligast är olyckor med farligt gods och bränsleläckage, där stora mängder skadliga ämnen kan spridas till yt- och grundvatten (Trafikverket, 2020).

Dagvatten som rinner av vägbanorna är påverkat av däck- och bromsslitage, oljerester och bränslespill. Föroreningsämnen som tungmetallerna zink, kadmium och bly, samt PAH, kan ansamlas i diken och vägslänter. Vid kraftig nederbörd eller i områden med mycket trafik kan de spridas vidare och påverka vattenmiljöer.

Vägsalt, gör stor nytta genom att förebygga olyckor men innebär i sig själv en källa till förorening (Ojala & Mellqvist, 2004). Kloridjoner från vägsalt kan tränga ner i grundvattnet, och även om det inte utgör någon fara för människors hälsa medför det effekter som förhöjd hårdhet i vattnet och korrosion i rör och pumpar.



Figur 26: Boråsvägen genom Dalsjöfors

5.1.10 Jordbruk

Inom analysområdet intill Dalsjöfors finns det flera jordbruksmarker. Potentiella föroreningskällor från jordbruk är framför allt näringsämnen som kväve och fosfor samt bekämpningsmedel som i längden kan leda till övergödning.

En särskild risk utgörs av nitrat, som i höga halter kan vara skadligt för dricksvattenkonsumenterna och leda till hälsoproblem. Nitratförorening är särskilt allvarlig i områden med genomsläppliga jordar och hög nederbörd, där ämnet lätt transporteras ned i grundvattnet. Grundvatten är en viktig källa till dricksvatten för människor, och förorening av grundvattnet kan leda till långsiktiga hälsorisker. Höga nitrathalter i dricksvatten kan bland annat orsaka syrebrist hos spädbarn (SGU, 2025b).

Bekämpningsmedel används inom jordbruket för att skydda grödor från skadedjur och ogräs, men dessa ämnen kan genom nederbörd och bevattning infiltrera jorden och nå grundvattnet. Vissa bekämpningsmedel är kemiskt stabila och kan finnas kvar i vattnet under lång tid. (SLU, 2024a). Exponering för bekämpningsmedel har i vissa studier kopplats till en ökad risk för hormonstörningar, cancer och neurodegenerativa sjukdomar. För att skydda dricksvattenkvaliteten är det därför avgörande att vidta åtgärder för att minska spridningen av jordbrukskemikalier till grundvattnet.



Figur 27: Område där jordbruk förekommer

5.1.11 Badplats

I analysområdet vid grundvattentäkten i Dalsjöfors finner man badplatser, som till exempel Dalsjöns badplats. I vilken grad dessa leder till föroreningar i grundvattnet är beroende på antal besökare och dess beteenden. Riskerna för föroreningar är främst fekalier från människa och djur och nedskräpning (Naturvårdsverket, 2024c).



Figur 28: Dalsjöns badplats

5.1.12 Brand i skog och mark

Vid en skogsbrand kan ämnen som brinner från mark, samt släckvatten och brandskum ha en negativ påverkan på dricksvattnet genom föroreningar. Riskerna att föroreningar når vattentäkten är högre vid kraftig nederbörd (Livsmedelsverket, 2023).

Enligt MSB:s Statistikdatabas (MSB, u.å.) visas statistik för antalet räddningsinsatser som genomförts gällande bränder i skog och mark i Borås kommun respektive Alingsås kommun. Statistiken har sammanställts och redovisas i sin helhet i tabell 16.

Tabell 16: Statistik för antalet bränder i Borås kommun samt Alingsås kommun mellan åren 2014–2023 (MSB, u.å.).

År	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Antal bränder Borås kommun	40	28	36	34	58	30	36	24	31	37
Antal bränder Alingsås kommun	20	9	24	31	30	17	15	26	13	19

Antalet bränder för varje år beror på klimatet för varje år. År 2018 var ett rekordår när det kommer till temperatur och det reflekteras i statistiken.

Vid jämförelse med Alingsås kommun som är en närliggande kommun med liknande klimat har det visats sig att antalet bränder i snitt per kvadratkilometer inte skiljer sig från Borås kommun. Medelvärdet för antalet bränder i Borås kommun har beräknats till 35,4 bränder och medelvärdet för antalet bränder i Alingsås kommun har beräknats till 20,4 bränder.

Storleken på Borås kommun i kvadratkilometer är enligt Borås stad 973 kvadratkilometer (Borås stad, u.å.). Storleken på Alingsås kommun i kvadratkilometer är enligt Regionfakta 472 kvadratkilometer (Regionfakta, u.å.). Ett medelvärde på antalet bränder per kvadratkilometer per år har beräknats och resultat visar att Borås kommun har cirka 0,036 bränder per kvadratkilometer per år, och Alingsås kommun har ca 0,043 bränder per kvadratkilometer per år.

5.1.13 Bensinstation

I analysområdet runt Dalsjöfors finns det två bensinstationer, den ena är belägen innanför det nuvarande vattenskyddsområdet och den andra är belägen i utkanten av analysområdet. Bensinstationerna ligger på en hårdgjord yta och har två respektive tre bränslepumpar. De mest framstående föroreningarna för drivmedelshantering är alifatiska kolväten och aromatiska kolväten, där alkoholerna Hexan, Oktan, Bensen Xylen och Toluen är vanligast (Naturvårdsverket, 2023).

På bensinstationer förvaras stora volymer drivmedel innehållande petroleumprodukter som kan leda till utsläpp i olika grader om en ledning eller cistern skulle gå sönder. Vid vissa bensinstationer finns det oljeavskiljare som skydd mot stora utsläpp av olja. Det är även ofta förekommande att det finns spillskydd både vid lossningsplatsen och vid mätarskåp för att minska risken att spill av olja kan förorena marken runt om kring (MSB, 2015).

Bensinstationen i vattenskyddsområdet har en certifiering enligt ISO 14001:2015 och anses därför av svenska institutet för standarder uppfylla kraven för miljöledningssystem, och därför inte utgöra en stor risk för utsläpp av farliga ämnen (SIS, u.å.).



Figur 29: Bensinstation



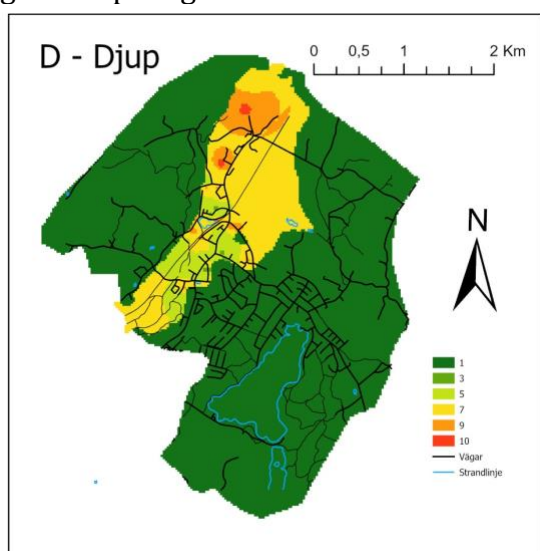
Figur 30: Bensinstation

5.2 Resultat av vertikal sårbarhet med DRASTIC

Här presenteras de framställda DRASTIC-kartorna för varje parameter och den slutgiltiga DRASTIC-indexet med motsvarande sårbarhetsklass. Samtliga kartor har färglagts med grön till röd, där grönt motsvarar lägre poäng och röd högre.

5.2.1 D - Djup till grundvattenytan

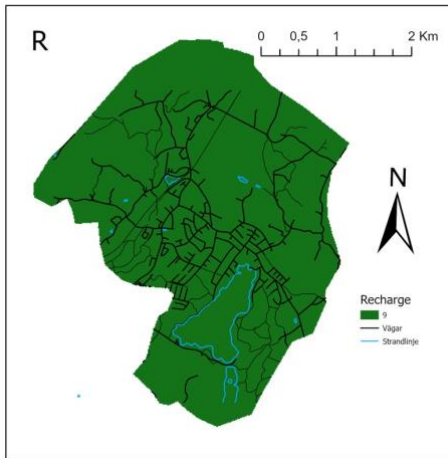
Djupet till grundvattennivån varierar mycket över det studerade området. Där finns områden som bara har någon meter till grundvattenytan och andra med uppemot 30 meter. Akvifären kan ses i figur 31 som det område som är ljusgrönt, gult, orange och rött. Utanför akvifärens gränser poängsattes området till ett.



Figur 31: Djup till grundvattenytan.

5.2.2 R – Grundvattenbildning

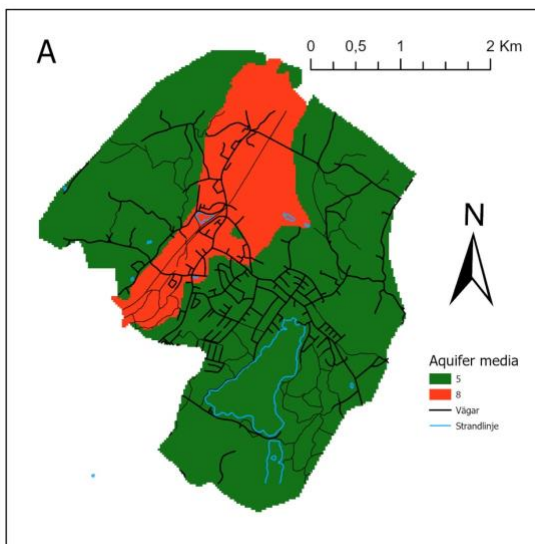
Grundvattenbildningen antogs vara den samma för hela området och landade på poäng 9, se figur 32. Datan för grundvattenbildningen hämtades från SMHI och fås genom att ta den årliga nederbörden minus evapotranspirationen.



Figur 32: Grundvattenbildning

5.2.3 A – Akvifärens material

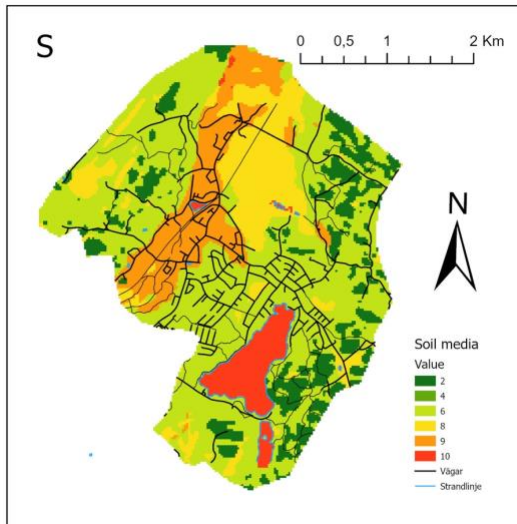
Akvifärens material består till mesta del av isälvsediment och får därmed värdet åtta. Eftersom området utanför den studerade akvifären kan transportera vatten, fick den också ett bedömt akvifärmaterialpoäng. Den poängen värderades till fem, eftersom det mesta materialet antas bestå av morän mot berggrunden. Akvifärmaterialets information hämtades från SGU. I figur 33 visas tilldelningen av poäng i analysområdet.



Figur 33: Akvifärmaterial.

5.2.4 S - Jordmånens material

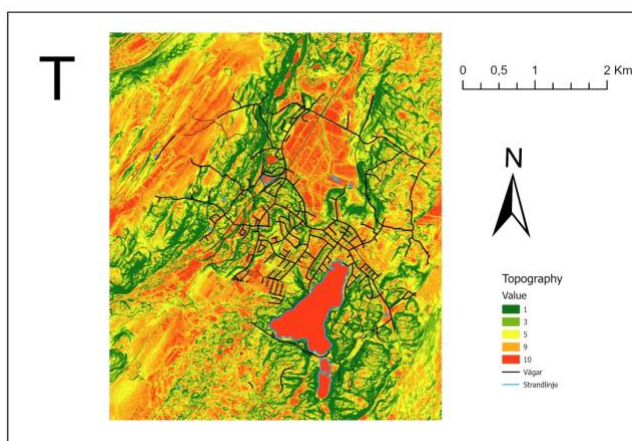
Jordmånens material korresponderar med jordartskartan från SGU. Jämför man figur 34, Jordmånens material med föregående parameter i figur 33, Akvifärmaterial, kan man notera att Akvifären sammanfaller med det orangea isälvs materialet, samt den gula torven. Därmed kan man anta att det förekommer isälvs material under mossen och leran, och direkt under torven.



Figur 34: Jordmånens material

5.2.5 T - Topografi

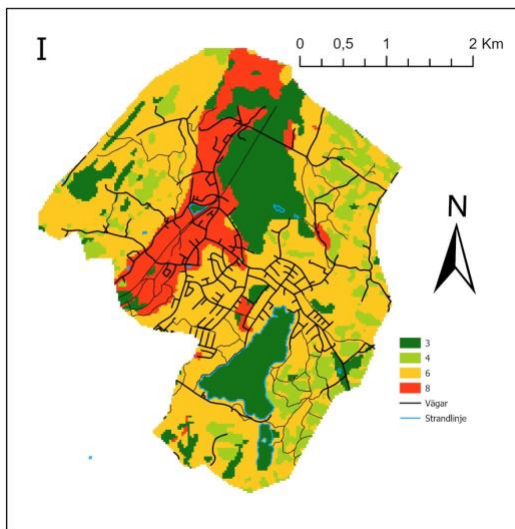
Topografin i området är relativt kuperad, typiskt för ett område på sydsvenska höglandet (SGU, 2024c). Kartan i figur 35 visar lutningen på kuperingen, där rött indikerar en mindre lutning och därmed högre sannolikhet för infiltration medan ett grönare material indikerar en högre lutning och därmed mindre chans för infiltration och större chans för avrinning. Grunddatan är hämtad ifrån SLUs kartdatabas (SLU, u.å.).



Figur 35: Topografi runt Dalsjöfors.

5.2.6 I – Omättade zonen material under jordmånen

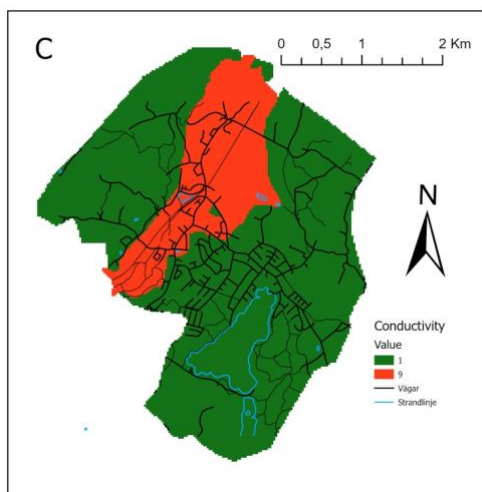
I figur 36 visas den omättade zonen material under jordmånen. En lägre poängnivå indikerar ett svår genomträngligt material i den omättade zonen, vilket är det område mellan jordmånen material och grundvattenytan i akvifären. I figur 36, ses den gröna Toarpamossen i norra delen av området och Dalsjöarna i södra delen. Under torven och vattnet förekommer det lera som skapar ett mer tätande lager än materialen runt om kring. Det röda området visar isälvsåsens material förekommer sammanhängande från jordytan till grundvattnet. Detta område har därmed bra möjligheter för genomträngning av vatten och dess eventuella föroreningar.



Figur 36: Omättade zonen material under jordmånen

5.2.7 C – Akvifärens hydrauliska konduktivitet

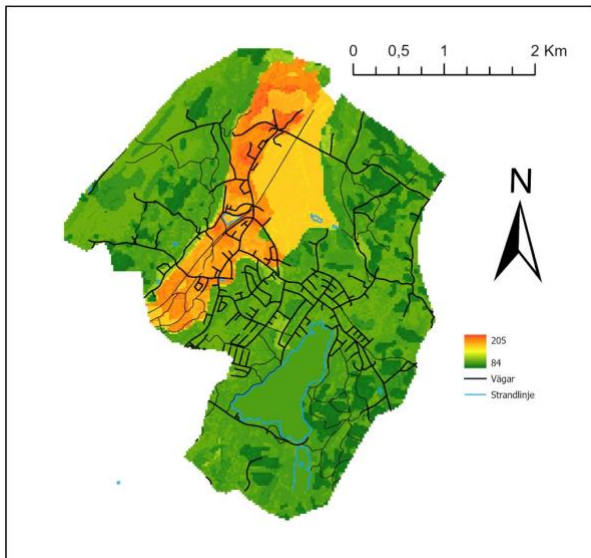
Akvifären syns i figur 37 som det röda området. I den är konduktiviteten beräknad till 10^{-3} m/s vilket poängsätts till 9 enligt metoden i avsnitt 4.3.3.7. Utanför akvifären sattes värdet till 1 eftersom jordarten i det området till största del utgörs av morän, vilket har mycket låg hydraulisk konduktivitet.



Figur 37: Akvifärens hydrauliska konduktivitet

5.2.8 DRASTIC-index

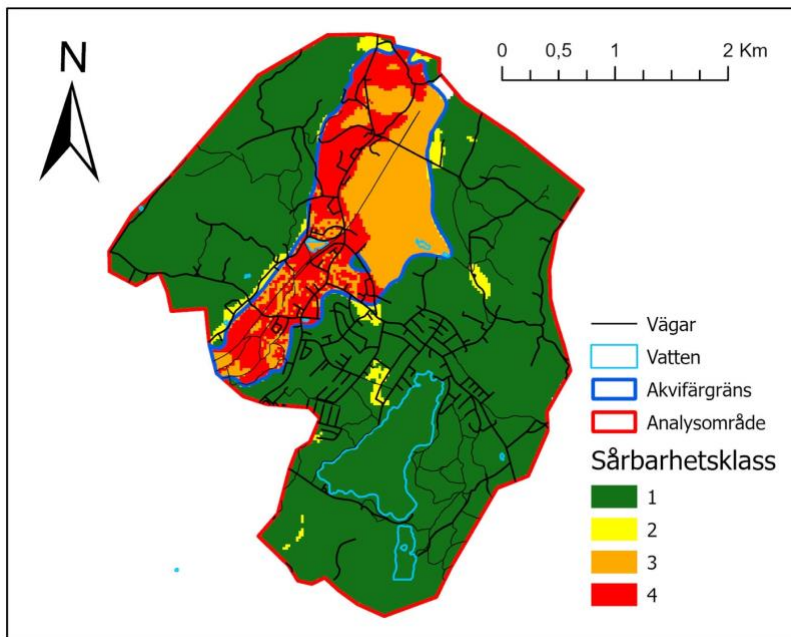
I figur 38, visas det slutgiltiga DRASTIC-indexet för analysområdet. DRASTIC-index ligger mellan 84 och 205 över området. Man kan notera hur det förekommer ett högre index som sammanfaller med gränsen för akvifären. Utanför akvifärens gränser är ett markant lägre och grönare DRASTIC-index.



Figur 38: DRASTIC-index.

5.2.9 Slutgiltig sårbarhetskarta

De slutgiltiga sårbarhetsklasserna 1 - 4 baserades på det sammanlagda DRASTIC-indexet, se figur 38. Sårbarhetsklasserna fördelades som jämnstora intervall på spannet av DRASTIC-indexet mellan 84–205, se tabell 3. I figur 39 visualiseras hur sårbarhetsklasserna fördelas över analysområdet. Området utanför akvifärens gränser har övervägande klass 1, förutom vissa enskilda hål med klass 2. Klass 2 förekommer annars mot kanten till akvifären. Innanför akvifärens ytgräns förekommer klass 3 och klass 4. Området som värderas till klass 3 sammanfaller med områden som har torv eller vattenyta i jordytan och därmed har ett underliggande lerlager innan akvifären börjar. Detta lerlager agerar delvis isolerande och förhindrar viss genomträngning av föroreningar och får därmed en lägre klass än omgivande akvifärområde. I det röda området, som identifierar klass 4, förekommer den högsta sårbarheten för området. Här går isälvs materialet direkt ner till grundvattenytan från jordytan.



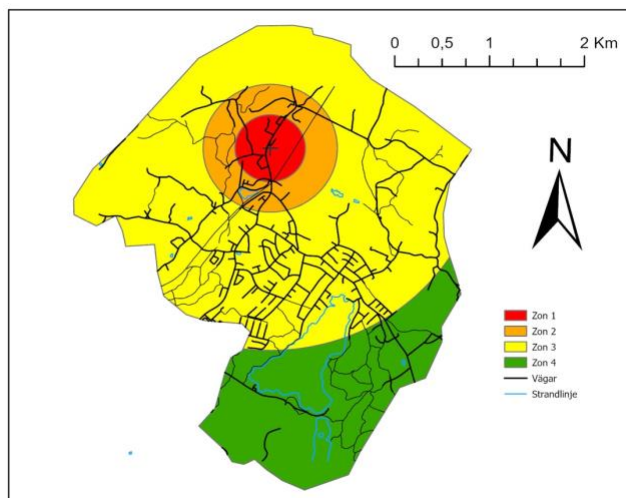
Figur 39: Slutgiltig sårbarhetskarta.

5.3 Zonindelning för horisontell transport

Beräkningar enligt *Calculated Fixed Radius* metoden resulterade i radier presenterade i Tabell 17 fram. De cirkulära zoner som bildades med radierna är illustrerade i figur 40 nedan.

Tabell 17: De beräknade radiernas värde och tillhörande zon. Ytan utanför zon 3 är zon 4.

Zon	Radie (m)
1	0-371
2	371 - 708
3	708 - 2240
4	2240>



Figur 40: Infiltrationszonindelningen i analysområdet.

5.4 Riskpoäng

I detta kapitel kommer tabeller för poäng av sannolikhet, konsekvens och den slutgiltiga riskbedömningen att redovisas. De parametrar där en egen bedömning har krävts kommer att motiveras i delkapitel 5.4.1.

Tabell 18: Sammanvägning av parametrar för Markens sårbarhet.

Föroreningskälla	DRASTIC-poäng	DRASTIC-poäng omvandlat	Sannolikheten att en förorening når permabeabel mark	Markens sårbarhet
Bilvårdsanläggning 1	205	4	3	4
Bilvårdsanläggning 2	110	1	2	1
Bilvårdsanläggning 3	110	1	2	1
Textilindustri	190	4	2	3
Grafisk industri	111	1	2	1
Träimpregnering	189	4	2	3
SPIMFAB	180	3	2	2
Avfallsdeponi	190	4	2	3
Skogsbruk	102	1	4	2
Bensinmack 1	190	4	1	2
Bensinmack 2	111	1	1	1
Jordbruk	205	4	4	4
Brand	205	4	4	4
Kyrkogård	185	4	2	3
Badplats	104	1	4	2
Vägrafik-kontinuerligt	189	4	3	4
Vägrafik- olycka	189	4	3	4

Tabell 19: Sammanvägning av parametrar för Spridningsförmåga.

Föroreningskälla	Angreppszon	Mängd utsläpp	Spridningsförmåga
Bilvårdsanläggning 1	3	2	2
Bilvårdsanläggning 2	2	1	1
Bilvårdsanläggning 3	1	1	1
Textilindustri	2	4	3
Grafisk industri	2	1	1
Träimpregnering	4	4	4
SPIMFAB	2	1	1
Avfallsdeponi	2	4	3
Skogsbruk	3	2	2
Bensinmack 1	4	2	3
Bensinmack 2	2	2	2
Jordbruk	2	2	2
Brand	4	4	4
Kyrkogård	3	1	2
Badplats	2	1	1
Vägrafik-kontinuerligt	4	2	3
Vägrafik- olycka	4	4	4

5.4.1 Redogörelse för enskilda parametrar

De parametrar vi har valt att motivera beslutsunderlaget till är *Sannolikheten att en förorening inträffar*, *Sannolikheten att en händelse inträffar* samt *Mängd utsläpp*. Värt att tillägga är att poängsättning för parametern *Hälsofara* baserats på *Metodik för Inventering av Förorenade Områden* (Naturvårdsverket, 1999), samt fakta om specifika föroreningar, se avsnitt 2.2 *Föroreningsämnen*.

Bilvårdsanläggning

Bilvårdsanläggning 1 (Ankedammen)

För *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* har en riskpoäng på 3 tilldelats. Detta eftersom området inte endast är utgjort av hårdlagda ytor vilket visas i figur 15. För *Sannolikheten att en förorening inträffar* angavs värdet på riskpoängen här till 4. Efter platsbesök konstaterades det att Bilvårdsanläggning 1 är en aktiv bransch och det kan därför antas ske utsläpp nu och då som enligt tabell 1 ger anläggningen klass 4 för *Sannolikheten att en händelse inträffar*. Parametern *Mängd utsläpp* tilldelas en riskpoäng på 2. Beslutet grundas på att verksamheten är aktiv men bedöms som småskalig, den marknadsförs som bilverkstad och eventuella utsläpp förväntas främst ske inomhus.

Bilvårdsanläggningen 2

För parametern *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* har en riskpoäng 2 angivits. Detta eftersom anläggningen inte verkar vara i bruk eller endast användas för privat bruk. Dock kunde inte en rättvis analys göras under platsbesöket då anläggningen låg på privat mark, därav har vi valt att anta en riskpoäng 2 för att säkerställa att eventuella utsläpp av föroreningar tas i beaktande. För parametern *Sannolikheten att en förorening inträffar* har en riskpoäng på 2 angetts. Poängen reflekterar hur ofta det antas ske ett utsläpp av en förorening, då anläggningen inte verkar vara i bruk eller endast användas för privatbruk, alternativt att det är ett åkeri har en riskpoäng på 2 angivits för att reflektera de osäkerheter som finns i bedömningen av denna riskkälla. Med stöd av samma resonemang som föranlett beslutad poängsättning för ovanstående parametrar bestäms riskpoäng för *Mängd utsläpp* till 1.

Bilvårdsanläggning 3 (Kronogården)

För *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* har riskpoäng 2 angivits. Detta då anläggningen, efter platsbesöket inte verkar vara i bruk eller endast användas till privat bruk, alternativt att anläggningen består av ett åkeri. En rättvis analys kunde inte genomföras under platsbesöket då anläggningen var belägen på privat mark, riskpoäng 2 angavs därför för att väga upp för risker som inte kunde identifieras under platsbesöket. För parametern *Sannolikheten att en händelse inträffar* angavs även här en riskpoäng 2, detta för att kompensera för de osäkerheter som finns kring riskkällan i fråga. Riskpoäng för *Mängd utsläpp* bestäms till 1 då verksamheten bedöms vara helt inaktiv eller mycket småskalig idag.

Textilindustri

För *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* har denna riskpoäng bedömts till riskpoäng 2. Anledningen till att riskpoängen för *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* är bedömd till riskpoäng 2 beror på att industrin är belägen på en hårdgjord yta. Dessutom framkommer det i *delkapitel 5.1.2 Textilindustri* att det i nuläget inte bedrivs verksamhet som utgör utsläpp av föroreningar, utan att de föroreningar som utgör en risk redan finns i marken från tidigare verksamheter. Under *delkapitel 4.3.1 Sannolikheten att en*

förorening når akvifären framgår det att föroreningskällor som redan finns i marken bedöms till en riskpoäng 2 för *Sannolikhet att en förorening når permeabel mark*.

Riskpoängen för *sannolikheten att en händelse inträffar* har framställts från tabell 1. Bedömningen bygger på hur ofta en händelse inträffar, i detta fall är föroreningarna kontinuerliga i marken och därav antas riskpoängen vara 4, eftersom händelsen antas inträffa hela tiden, detta framgår även under delkapitel 4.3.1 *Sannolikheten att en förorening når akvifären*. En betydande mängd utsläpp kan ha genererats från verksamheten då textilindustri med våta processer ofta innefattar mycket kemikalier. Det ska ha funnits ett blekeri på platsen och verksamheten har varit aktiv sedan tidigt 1900-tal även om den nu är nedlagd. Förr var troligen inte medvetenheten kring utsläpps påverkan särskilt utbredd, till följd av det kan större mängder utsläpp från verksamheten förväntas och parameterns riskpoäng sätts till 4.

Grafisk industri

För *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* angavs en riskpoäng med värde 2. Detta eftersom föroreningarna redan är belägna i marken sedan tidigare och enligt delkapitel 4.3.1 *Sannolikheten att en förorening når akvifären*, framgår det att föroreningskällor som redan finns i marken bedöms till en riskpoäng 2 för *Sannolikhet att en förorening når permeabel mark*. För parametern *Sannolikhet att en händelse inträffar* har en riskpoäng med värdet 4 angivits. Detta eftersom det framgår under delkapitel 4.3.1 *Sannolikheten att en förorening når akvifären* att föroreningar som redan är belägna i marken eller som sker kontinuerligt angivs värdet 4. Ingen källa nämner under vilken tidsperiod verksamheten varit aktiv, platsbesök bekräftar att den nu är nedlagd och antagandet görs att verksamheten varit mycket småskalig. *Mängd utsläpp* tilldelas därmed riskpoäng 1.

Träimpregnering

Sannolikheten att en förorening når permeabel mark har tilldelats riskpoäng 2, detta eftersom föroreningarna från industrin redan finns i marken och inte utgörs av nya utsläpp. Under delkapitel 4.3.1 *Sannolikheten att en förorening når akvifären* framgår det att föroreningskällor som redan finns i marken bedöms till en riskpoäng 2 för *Sannolikhet att en förorening når permeabel mark*. Gällande parametern *Sannolikheten att händelse inträffar* har en riskpoäng på 4 angivits, detta eftersom det under delkapitel 4.3.1 *Sannolikheten att en förorening når akvifären* framgår att föroreningar som redan finns i marken eller som sker kontinuerligt angivs värdet 4. *Mängd utsläpp* kan förväntas vara stor från källan, verksamheten var aktiv under en tid då utsläpp inte ansågs lika farliga som idag. Flygbilder indikerar att verksamheten var storskalig under 60- och 70-talet. Riskpoäng för parametern bestäms vara 4.

SPIMFAB

Sannolikheten att en förorening når permeabel mark har tilldelats riskpoäng 2, detta eftersom föroreningarna från den tidigare anläggningen redan befinner sig i marken. Under delkapitel 4.3.1 *Sannolikheten att en förorening når akvifären* framgår det att föroreningskällor som redan finns i marken bedöms till en riskpoäng 2 för *Sannolikhet att en förorening når permeabel mark*. För parametern *Sannolikheten att händelse inträffar* har en riskpoäng på 4 angivits, detta eftersom det under delkapitel 4.3.1 *Sannolikheten att en förorening når akvifären* framgår att föroreningar som redan finns i marken eller som sker kontinuerligt ges en riskpoäng med värdet 4. Riskkällan som nu behandlas med SPIMFAM verkar ha utgjorts av en småskalig verksamhet, eventuellt enbart för privat bruk. Antaganden baseras på studier av flygbilder från 60- och 70-tal samt platsbesök och *Mängd utsläpp* tilldelas riskpoängen 1.

Avfallsdeponi

För parametern *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* har en riskpoäng på 2 angivits. Beslutet för riskpoängen baseras på att föroreningarna från avfallsdeponin redan är befintliga i marken och att det inte tillförs nya föroreningar i nutid. Detta grundar sig i delkapitel 4.3.1 *Sannolikheten att en förorening når akvifären*. För parametern *Sannolikheten att en händelse inträffar* har en riskpoäng med värde på 4. Poängsättningen grundar sig i delkapitel 4.3.1 *Sannolikheten att en förorening når akvifären*, detta då föroreningarna antingen sker sporadiskt eller i detta fall redan finns belägen i marken. Deponin breder inte ut sig över någon särskilt stor yta, det slängs heller inget avfall där i nutid då den lades ner 1967. På platsen ska bland annat hushålls- och industriavfall ha deponerats, kategorier inom vilka miljöfarligt avfall kan ingå. Vi vet inte säkert vad för typ av avfall som deponerats på platsen och därigenom råder osäkerhet kring hur stora mängder utsläpp som kan förväntas. En försiktighetsprincip tillämpas vid bestämmande av riskpoäng och *Mängd utsläpp* tilldelas därför poäng 4.

Skogsbruk

För parametern *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* har en riskpoäng på 4 tilldelats. Detta eftersom branschens utsläpp sker i skog och mark utan närhet till exempelvis hårdgjorda ytor. För parametern *Sannolikheten att en händelse inträffar* har en riskpoäng på 3 tilldelats. Detta eftersom branschen anses vara aktiv. Verksamheten är aktiv i nutid och den främsta orsaken till utsläpp bedöms härstamma från fordonsanvändning. Platsbesök indikerade att skogsbruket på platsen var relativt småskaligt, därmed förväntas inte så många fordon vara verksamma och då genereras heller inga höga utsläppsmängder. Riskpoängen för parametern *Mängd utsläpp* sätts till 2.

Bensinmack

Bensinmack 1 (inom vattenskyddsområdet)

För parametern *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* har en riskpoäng på 1 tilldelats, detta eftersom marken utgörs av asfalterade ytor. Dessutom framgår det under delkapitel 5.1.14 *Bensinstation* antas det finnas skyddsåtgärder för att minska och fånga upp spill av drivmedel. För parametern *Sannolikheten att en händelse inträffar* har en riskpoäng på 1, detta kan konstateras eftersom det under delkapitel 5.1.14 *Bensinstation* framgår att det troligen finns skyddsåtgärder mot spridning av föroreningar från just bensinstationer. Den mängd utsläpp verksamheten genererar bedöms kunna vara ganska hög då det är en aktiv bensinmack, den är dock relativt liten och har enbart två pumpar. Baserat på detta tilldelas bensinmacken en riskpoäng på 2 för *Mängd utsläpp*.

Bensinmack 2 (utanför vattenskyddsområdet)

För parametern *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* har tilldelats en riskpoäng på 1, detta för att området är utgjort av asfalt. För parametern *Sannolikheten att en händelse inträffar* har tilldelats riskpoäng 1. Anledningen till detta är att det antas finnas säkerhetsåtgärder som förhindrar att en spridning av föroreningar sker, detta enligt delkapitel 5.1.14. Med avseende på *Mängd utsläpp* gäller ett liknande resonemang här som för Bensinmack 1, här finns dock tre pumpar. Utsläppsmängden bedöms ändå som likvärdig för de båda riskkällorna, poängen sätts därmed till 2.

Jordbruk

Poäng 4 har satts på *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* eftersom jordbruksmarken är permeabel. Även *Sannolikheten att en händelse inträffar* får poäng 4 då utsläppen bedöms ske regelbundet. Platsbesöket indikerar dock att jordbruket är småskaligt och troligen avsett för privat bruk. Antagandet blir därmed att mindre utsläppsmängder genereras från verksamheten och riskpoäng för parametern *Mängd utsläpp* bestäms till 2.

Brand

Poäng 4 har satts på *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* eftersom skogsmarken är permeabel. *Sannolikheten att en händelse inträffar* får poäng 2, det är medelstor sannolikhet att en brand sker. Efter jämförelse med annan klimatmässigt likvärdig kommun har det även visat sig att sannolikheten för brand är ungefär lika stor, denna jämförelse redogörs för i *delkapitel 5.1.13*. För parametern *Mängd utsläpp* baseras poängen på en försiktighetsprincip och sätts till 4.

Kyrkogård

Poäng 4 har satts på *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* eftersom jordbruksmarken är permeabel. Även *Sannolikheten att en händelse inträffar* får poäng 4 då utsläppen bedöms ske regelbundet. Kyrkogården är relativt liten och antalet jordfästningar per år som orsakar spridning av patogena föroreningar antas vara lågt. *Mängd utsläpp* bedöms till 1.

Badplats

Poäng 4 har satts på *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* eftersom badplatsen inte består av hårda ytor. Även *Sannolikheten att en händelse inträffar* får poäng 4 då utsläppen bedöms ske regelbundet. Badstranden är säkerligen välbesökt av Dalsjöforsborna under sommarmånaderna men trots det bedöms *Mängd utsläpp* till 1. Det baseras på att människor inte förväntas skräpa ner, utföra behov eller använda motorfordon i anslutning till vattnet i någon vidare stor utsträckning.

Vägtrafik: kontinuerlig

Poäng 3 har satts på *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* eftersom vägen i sig är hårdbelagd men avrinningen till permeabel mark sker mycket fort. Vägen bedöms vara likvärdig ett område med både hårda och mjuka ytor. *Sannolikheten att en händelse inträffar* får poäng 4 då utsläppen bedöms ske regelbundet. Andelen trafik som belastar Boråsvägen bedöms vara relativt låg, exempelvis i jämförelse med Riksväg 40. Mängden utsläpp till följd av kontinuerlig trafik förväntas därmed också vara låg och poängen för parametern sätts till 2.

Vägtrafik: olycka

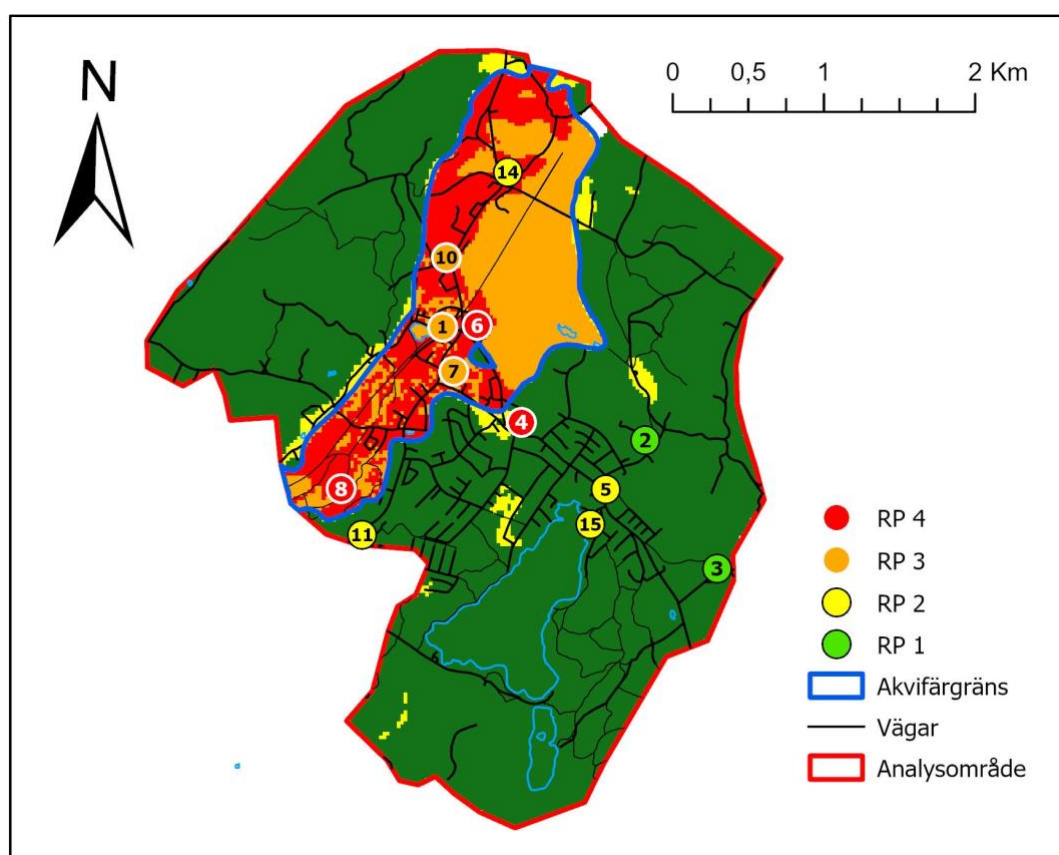
Poäng 3 har satts på *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark* av samma skäl som för den kontinuerliga trafiken. *Sannolikheten att en händelse inträffar* får poäng 3 då fler än en olycka har skett de senaste 5 åren, den sätts ej till 4 eftersom det inte är troligt att det sker en olycka varje år på vägsträckan i analysområdet. Då en olycka inte är en återkommande händelse utgår bedömningen från den mängd utsläpp som kan tänkas uppåddas i händelse av olycka. Poängen sätts till 4 för parametern *Mängd utsläpp* då en fordonsolycka i värsta fall kan orsaka stora mängder utsläpp.

5.4.2 Slutgiltig riskpoäng

I tabell 20, presenteras den slutgiltiga riskpoängen för alla riskkällor. Av totalt 17 riskkällor får 6 den högsta risknivån (4). Dessa 6 är: träimpregnering, avfallsdeponi, brand, kontinuerlig vägtrafik och vägtrafikolyckor. Två källor har fått den lägsta riskpoängen (1), dessa är bilvårdsanläggningarna 2 och 3. I figur 41, presenteras riskkällorna i en karta över analysområdet i Dalsjöfors. Riskkällorna har angivits en siffra för identifikation och en färg med avseende på vilken risknivå respektive källa når. Kartan visar ett tydligt mönster med de riskkällor som erhåller högst risk. De källorna med hög risk ligger närmast grundvattentäkten, och källorna med lägst risk ligger långt ifrån grundvattentäkten.

Tabell 20: Sammanvägning av parametrar för slutgiltig Riskpoäng.

Nummer	Föroreningskälla	Spridningsförmåga	Hälsofara	Konsekvens	Markens sårbarhet	Sannolikhet att en händelse inträffar	Sannolikhet	RISKPÖÄNG
1	Bilvårdsanläggning 1	2	4	3	4	4	4	3
2	Bilvårdsanläggning 2	1	4	2	1	2	1	1
3	Bilvårdsanläggning 3	1	4	2	1	2	1	1
4	Textilindustri	3	4	4	3	4	4	4
5	Grafisk industri	1	4	2	1	4	3	2
6	Träimpregnering	4	4	4	3	4	4	4
7	SPIMFAB	1	4	2	4	4	4	3
8	Avfallsdeponi	3	4	4	4	4	4	4
9	Skogsbruk	2	4	3	2	3	3	3
10	Bensinmack 1	3	4	4	2	1	2	3
11	Bensinmack 2	2	4	3	1	1	1	2
12	Jordbruk	2	4	3	4	4	4	3
13	Brand	4	3	4	4	2	4	4
14	Kyrkogård	2	1	1	1	4	3	2
15	Badplats	1	1	1	2	4	4	2
16	Vägtrafik-kontinuerligt	3	4	4	4	4	4	4
17	Vägtrafik-olycka	4	4	4	4	3	4	4



Figur 41: Punktriskkällors placering i Dalsjöfors på sårbarhetskartan

6 Diskussion

I detta kapitel kommer resultatet från kapitel 5 att diskuteras samt andra tankar och reflektioner gällande fallstudien tas upp.

6.1 Riskpoäng och potentiella åtgärder

Till följd av vår riskbedömning presenteras förslag på skyddsåtgärder för de mest allvarliga riskkällorna.

Vägtrafik (4)

Den höga riskpoängen beror på alla parametrar, då nästan alla är satta till 4. Vägen används varje dag vilket leder till att det är en hög sannolikhet att händelsen inträffar, och konsekvensen blir stor till följd av hälsofaran och den stora spridningsförmågan. Åtgärder behövs för att minska på vägtrafikens höga risk, både i avseende på daglig vägtrafik och dess utsläpp samt vägtrafikolyckor.

Det man kan göra för att begränsa utsläpp från daglig trafik, är att gräva diken för att avleda föroreningar från vattenskyddsområdet eller på annat sätt förhindra att föroreningarna från vägen rinner ner i grundvattnet. Det som kan göras för att minska på olyckor, är att sänka hastighetsbegränsningar, öka vägsaltning för att minska hala underlag och installera räcken för att minska risken för avkörningar. Vi noterade vid platsbesöket att det är dålig belysning i området. Att tillsätta mer belysning ger bättre sikt och minskar risken för olyckor.

Brand (4)

Den höga riskpoängen är baserat på att branden sker i marken och att markens sårbarhet och spridningsförmåga därefter blir väldigt hög. Den värsta riskkällan ligger i sig inte i själva branden utan i släckvattnet. Det är svårt att åtgärda eller förhindra att en oförväntad skogsbrand bryter ut, men en åtgärd är att man har tydligare och striktare regler mot eldning vid torrare markförhållanden än vad som finns idag.

Träimpregnering (4)

Den höga riskpoängen beror på alla parametrar. Då träimpregneringen idag inte är i bruk, finns föroreningskällorna redan i marken, och sannolikheten att de når marken och att händelsen inträffar blir därmed hög. Det är omöjligt att förhindra något som redan är gjort, då föroreningarna på den tiden impregneringen var i bruk inte klassades som lika hälsofarliga som idag. Det man idag kan göra som en åtgärd är att undersöka, identifiera och riskbedöma området och i framtiden se över om en marksanering av området krävs för att få bort det som ligger kvar i marken för att förhindra framtida risker.

Textilindustri (4)

Den höga riskpoängen beror främst på den höga DRASTIC-poängen. Genom textilindustrin skapas och släpps det ut både miljö- och hälsofarliga ämnen så som PFAS och PCB. Dessa är svårnedbrytbara i miljön och högt klassade med avseende på hälsofara. En åtgärd för att minska på dessa ämnen bör vara att ställa högre krav på de ämnen som används i textilproduktionen. En annan åtgärd är att hitta ett annat sätt att få de vattenavvisande egenskaper på textilierna som dessa ämnen har. De huvudsakliga föroreningarna från källan kan härledas till en verksamhet som varit aktiv på platsen 1919–2007, föroreningarna ligger därmed antagligen redan i marken. Till följd av det är troligen marksanering det bästa sättet att stävja ytterligare spridning av föroreningar från platsen.

Avfallsdeponi (4)

Den höga riskpoängen beror främst på den höga DRASTIC-poängen. Deponin i fråga är en nedlagd deponi och dessa är oftast nedlagda med lägre krav och med mindre skyddsåtgärder än vad man ställer idag. Det innebär att skyddsnivån vid dessa deponier generellt sett är betydligt lägre än vid dagens aktiva deponier.

Gamla deponier ger upphov till föroreningar i marken samt i grund- och ytvatten, och dessutom frigörs deponigas till omgivningen, vilket utgör miljö- och hälsorisker. Tecken på oljeföroreningar upptäcktes vid platsbesöket. Det är viktigt att identifiera och riskbedöma äldre deponier för att avgöra vilka som behöver saneras eller åtgärdas för att skydda människors hälsa och miljön. (Naturvårdsverket, 2024a).

Bensinstation, inom vattenskyddsområde (3)

Den höga riskpoängen beror främst på de stora hälsoriskerna och långvarigheten hos petroleumprodukter. Förslagsvis kan riktlinjer för vilken mängd man får lov att förvara på plats upprättas och strikta krav för att minska risken för läckage. Ett annat förslag är att man lägger ner anläggningen inom vattenskyddsområdet då det finns en till bensinstation i Dalsjöfors. Alternativt att man flyttar på bensinstationen till en plats längre bort från grundvattentäkten för att öka avståndet för horisontell transport.

Bilvårdsanläggning, Ankedammen (3)

Den höga riskpoängen beror främst på den höga DRASTIC-poängen samt den höga sannolikheten att utsläppen når permeabel mark. Det finns även en hög risk att ämnen som används inom arbetet släpps ut och det medför en hög sannolikhet att föroreningen når permeabel mark. För att minska risken kan skyddsåtgärder vidtas, som till exempel förbud mot att använda medel som innehåller miljö- och hälsofarliga ämnen. Genom att installera särskilda brunnar kan spillvattnet tas om hand i stället för att gå ut i ordinarie brunnar och vidare till grundvattnet.

Jordbruk (3)

Den höga riskpoängen beror på markens sårbarhet och de höga DRASTIC-poängen. I jordbruk sker utsläpp varje dag vilket gör att det är hög sannolikhet att förorening når permeabel mark. En åtgärd för att kunna minska på dessa typer av utsläpp är reglering och krav på vilka medel som får användas inom jordbruket vid gödsling och i vilken utsträckning och mängd.

6.2 DRASTIC

Eftersom DRASTIC-metoden ursprungligen är utvecklad i USA, är den främst anpassad efter amerikanska geologiska och hydrogeologiska förhållanden. Dessa kan skilja sig avsevärt från de förhållanden vi har i Sverige, vilket innebär att metoden kan ge mindre tillförlitliga resultat när den tillämpas här. Vi har valt att referera från en svensk omgjord version av DRASTIC-metoden vilket vi ser som en fördel för att få ett så tillförlitligt resultat som möjligt.

Även om metodens parametrar är relevanta för svenska förhållanden, kan den inbördes viktningen mellan dem variera beroende på lokala geologiska och geografiska variationer. Denna aspekt har inte undersökts närmare i detta arbete, men skulle kunna vara en intressant inriktning för vidare studier.

Bedömningen har gjorts att DRASTIC skulle vara en lämplig metod för det aktuella området i Dalsjöfors. Eftersom metoden främst används för översiktliga bedömningar i

planeringskedan, lämpar den sig väl som ett första steg i en sårbarhetsanalys, som i detta arbete. För att få en mer detaljerad och exakt bild av grundvattnets sårbarhet i området kan det dock krävas kompletterande undersökningar i ett senare skede.

Vid analysen har vissa förenklingar och antaganden gjorts. Till exempel kan det förekomma mer variation bland jordlagerföljder, som i arbetet har baserats på ett fåtal borrhälar värderade av SGU. För att minska osäkerheten hade det varit bra att göra flera borrhål för att få mer exakta mätdata. När djupet till grundvattenytan interpolerades användes alla brunnar i området. Det finns en risk att bergbrunnar med större djup än brunnar i jorden har påverkat interpolationen. Om djupet till grundvattenytan i verkligheten är lägre än det som använts i DRASTIC-analysen så kommer resultatet att undervärdera sårbarheten. Vid beräkningen av hydraulisk konduktivitet gjordes flera antaganden. Den högsta möjliga uttagsmöjligheten om 125 l/s användes som flöde Q i ekvation 2. Detta för att skjuta analysen åt det konservativa hållet. Den genomsnittliga bredden på akvifären uppskattades till 800 m och medeldjupet uppskattades med hjälp av ett antal brunnar ur SGU:s brunnstatabas till 17.25 m. Grundvattenbildningen har i detta projekt beräknats som nederbörd minus evapotranspiration. Bevattning och mängden hårdlagda ytor i området kan påverka den verkliga grundvattenbildningen men det har bortsetts från i denna analys.

När man analyserar infiltrationszonskartan och sårbarhetskartan kan det diskuteras om det etablerade vattenskyddsområdet Dalsjöfors inte är tillräckligt stort. Vi rekommenderar att vattenskyddet utökas, främst åt sydväst för att täcka större delar av orten Dalsjöfors och säkra grundvattenmagasinet från kontaminering.

6.3 Metodens tillförlitlighet och begränsningar

Tillvägagångssättet för metoden diskuterades, prövades och justerades flera gånger innan den slutgiltiga versionen fastslogs. Det finns flera andra metoder för riskbedömning, där andra parametrar än de som används här beaktas och där den slutgiltiga riskpoängen sammanställs på andra sätt.

Vår riskbedömning innefattar flera steg av sammanvägningar i matrisform. Tillämpningen av matriser är fördelaktigt då det öppnar upp för möjligheten att vikta en parameter tyngre än en annan parameter i en matris. Vald metod har därmed exempelvis lett till att sannolikhetsparametern *Markens sårbarhet* har kunnat viktas tyngre än *Sannolikhet att en händelse inträffar*, något som vi anser vara viktigt för att genomföra en rättvis riskbedömning som prioriterar grundvattnets kvalitet och konsumenternas hälsa högst.

Under arbetets gång har många bedömningar och antagande krävts. Detta på grund av att fullständig information om exempelvis vattenflöde och hydraulisk gradient inte funnits tillgänglig. Vissa parametrar har krävt en intuitiv bedömning, där har gruppen i största möjliga mån diskuterat poängsättningen. De parametrar som poängsatts intuitivt är *Sannolikheten att en förorening når permeabel mark*, *Sannolikheten att en händelse inträffar* och konsekvensparametern *Mängd utsläpp*. Dessa intuitiva bedömningar och antaganden gör metoden mindre konsekvent och medför därmed vissa osäkerheter.

För att förbättra metoden så skulle viktningen av parametrar behöva undersökas mer. I detta arbete har viktningen till största del gjorts intuitivt och då arbetsgruppen har bristande erfarenheter av riskbedömningar är risken hög att viktningen blivit ojämn. Detta påverkar

resultatets tillförlitlighet negativt. Vidare hanteras vissa specialfall av utsläpp, till exempel långsamt läckage, dåligt av denna metod. Detta på grund av svårigheten att bedöma mängden utsläpp. Till sist brister metoden i att den inte tar hänsyn till hur vissa föroreningsämnen binder till jord och inte transporteras lika lätt som andra. Då inga provtagningar har genomförts har det inte varit möjligt att fastställa exakt vilka föroreningsämnen som genererats av respektive källa, bedömningen har till stor del baserats på Naturvårdsverkets Branschlista med verksamhetsspecifika föroreningsämnen. Resultatets kredibilitet och sanningshalt hade stärkts om provtagningar genomförts.

En ytterligare åtgärd för att förbättra metoden kan vara att inkludera WSS-metoden och lägga mer fokus på de ekosystemtjänster som grundvattenmagasinet tillför. Dessutom hade metoden gynnats av en undersökning av riskkällornas påverkan på ekosystemtjänsterna i Dalsjöfors grundvattentäkt. Detta eftersom WSS-metoden ger en mer nyanserad och en omfattande bild av vad grundvattenmagasinet i Dalsjöfors bidrar med för tjänster utöver dricksvattenförsörjning.

6.4 Framtiden för Dalsjöfors

Det går inte att bortse från att framtiden innebär osäkerheter som kan få betydande konsekvenser för både behovet av och tillgången till vatten i Dalsjöfors. Faktorer som klimatförändringar, förändrad befolkningstäthet och utökad bebyggelse kan alla bidra till att grundvattensituationen i området förändras över tid.

I planbeskrivningen (Borås stad, 2020) för Dalsjöfors, av Borås stad, framgår det att det finns planer för ny bebyggelse med ca 100 nya bostäder, samt ett LSS-boende. Detta innebär förändring i befolkningens mängd vilket leder till ökat dricksvattenbehov, men även ökad mängd hårdgjorda ytor, vilket är negativt för infiltration till grundvattentäkten.

6.5 Klimatförändringar

Klimatförändringarna kommer att påverka grundvattentillgången i Sverige på flera sätt, inte minst genom att de förändrar den hydrologiska balansen som styr grundvattenbildningen. Eftersom nederbörden förväntas öka under höst, vinter och vår, samtidigt som somrarna blir torrare, kommer mängden vatten som infiltrerar marken att variera mer över året. Detta innebär att grundvattennivåerna sannolikt blir högre under de nederbördsrika månaderna, medan de kan sjunka markant under varmare och torrare perioder då vattenbehovet ofta är som störst. Högre grundvattennivåer skulle kunna göra vattentäkten mer sårbar då en kortare vertikal transportväg för föroreningar generellt sett ökar deras påverkan. För att möta dessa utmaningar är det viktigt att integrera klimatanpassningsstrategier i planeringen av vattenresurser, vid nybyggnation och exploatering i samhällen som Dalsjöfors.

6.6 Oförutsägbara händelser

Trots att skyddsområden och föreskrifter ofta upprättas för att minimera påverkan från kända riskkällor, kvarstår en betydande osäkerhet kring oförutsägbara händelser som till exempel större bränder, väpnade konflikter eller sabotage. Dessa scenarier är svåra att förutse och kontrollera trots statistik och andra källor, men kan innebära stora konsekvenser för

grundvattnets kvalitet. I denna studie har vi analyserat riskkällorna som identifierades med hjälp av EBH-kartan och på platsbesök medan de oförutsägbara händelserna endast har kunnat analyseras genom den statistik som finns från föregående år.

Vid till exempel en skogsbrand i närheten av en grundvattentäkt kan förorenade ämnen tränga ner i marken och nå grundvattnet, som är svårnedbrytbara och potentiellt hälsofarliga, vilket i värsta fall kan leda till avstängning av vattentäkten. Krig eller andra former av väpnad konflikt kan medföra direkta fysiska skador på infrastruktur kopplad till grundvattenuttag, såsom brunnar, pumpar och distributionssystem. Sabotage i form av avsiktlig förorening eller liknande kan medföra stora konsekvenser för grundvattnets kvalitet och utgöra en enorm hälsofara. Dessa är viktiga händelser att ta hänsyn till då det kan innebära stora negativa konsekvenser för grundvattentäkten.

Riskkällor behöver därför inte enbart definieras utifrån dagens landanvändning eller verksamheter inom skyddsområdet. Det är av vikt att inkludera potentiella händelser av låg sannolikhet men med hög konsekvens i riskanalyser.

Att tillämpa en försiktighetsprincip och beredskapsplaner för extrema scenarier stärker grundvattenskyddet på lång sikt. Det kan exempelvis handla om att etablera sekundära reservvattentäkter, säkerställa alternativa distributionsvägar, samt införa system för snabb upptäckt och hantering av föroreningar. Det kan även innebära att skydda mätbrunnar och pumpstationer genom bättre låsmekanismer eller begränsad tillgång. Sammantaget visar detta att ett effektivt grundvattenskydd kräver både förebyggande arbete mot kända hot, och beredskap för att hantera de oförutsägbara hoten.

7 Slutsats

I Dalsjöforsområdet har flera potentiella föroreningskällor identifierats som kan utgöra ett hot mot grundvattentäkten. För att bedöma risken genomfördes en analys där fyra faktorer vägdes in: spridningsförmåga, hälsofara, markens sårbarhet och sannolikheten att en händelse inträffar.

Resultatet från sårbarhetsbedömningen pekar på att vattentäkten hotas av exponering för föroreningar till följd av områdets geologiska och hydrogeologiska förhållanden. Analysen visar att grundvattnet i vissa delar av området är särskilt utsatt och vissa riskkällor kräver stärkta skyddsåtgärder för att i framtiden kunna verka på bästa möjliga sätt. DRASTIC-metoden har visat sig vara ett användbart verktyg för en översiktlig sårbarhetsbedömning, men resultatet påverkas av förenklade antaganden och viss osäkerhet i ingående data.

Metoden som utvecklats i detta arbete har varit framgångsrik för att identifiera och kategorisera olika utsläppskällor utefter hur stort hot de är mot grundvattentäkten. De verksamheter och aktiviteter som identifierats som mest riskfyllda ur föroreningssynpunkt är textilindustri, träimpregnering, avfallsdeponi, brand, kontinuerlig vägtrafik och trafikolyckor. Vi anser att vår metod skulle kunna implementeras i en bredare skala men innan det sker så finns vissa brister som behöver åtgärdas, dessa diskuteras i avsnitt 6.3. Det skulle vara värdefullt att jämföra vår metod med en annan riskbedömningsmetod för att utvärdera den. Då skulle kunskapen om metodens styrkor och svagheter ha möjligheten att utvecklas. Vi ser framför allt att metoden skulle behöva bli mer konsekvent och de inbördes viktningarna mellan parametrarna skulle behöva undersökas vidare innan metoden skulle kunna implementeras.

Klimatförändringar, exploatering och oförutsägbara händelser pekar på att behovet av ett robust och långsiktigt grundvattenskydd. För att möta framtida utmaningar krävs mer detaljerade undersökningar, noggrann planering och ett beredskapstänkande som inkluderar båda hög- och lågsannolika händelser.

8 Källförteckning

- Aller, L., Bennett, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., & Hackett, G. (1987). DRASTIC : A Standardized Method for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. *NWWA/Epa-600/2-87-035*, 455. Hämtad 20 februari 2025, från:
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=20007KU4.txt>
- Almedahls. (u.å.). Hämtad 30 april 2025, från:
https://almedahlshome.se/info/om-oss/?srsltid=AfmB0orKI0pwTe8skM2rynEp0nhrHUaaqE9F3lQ_o8loZThL2DZ0qeOQ
- Andersson, S., Berglund, C., & Sköld, O. (2022). *Rapport - Trafikutredning Dalsjöfors*. Hämtad 16 mars 2025 från:
<https://www.boras.se/download/18.7bcff81818de8768f802b0e5/1709284421642/Trafikutredning.pdf>
- Borås Stad. (u.å.). *Snabba siffror och fakta - Borås Stad*. Hämtad 02 maj 2025, från
<https://www.boras.se/kommunochpolitik/omboras/borasisiffror/snabbasiffrorochfakta.4.461763c21582ce0434bea2e2.html>
- Borås stad. (2020) *Planbeskrivning, detaljplan för Dalsjöfors*. Hämtad 05 maj 2025, från:
<https://www.boras.se/download/18.401929171948b99396e5aae7/1738067018415/Planbeskrivning.pdf>
- Boråsregionen. (2021). *Mot en cirkulär och hållbar framtid – Gemensam Avfallsplan 2021–2030*. Hämtad 09 maj 2025, från:
<https://www.boras.se/download/18.6accbc2317f20bb0ffa9f7/1648651474177/Mot%20en%20cirkul%C3%A4r%20och%20h%C3%A5llbar%20framtid%20%E2%80%93%20Gemensam%20Avfallsplan%202021%E2%80%932030%20-%20plan.pdf>
- Camper, P.-A. (2014). *Dräneringsvatten från begravningsplatser*. Hämtad 10 mars 2025, från:
https://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport_2014-06.pdf
- Cubo, E. (2014). Dioxins. I *Encyclopedia of the Neurological Sciences*. Elsevier Inc. Hämtad 21 mars 2025, från:
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385157-4.00258-X>
- Drivkraft Sverige. (u.å.). *SPIMFAB - Drivkraft Sverige*. Hämtad 11 mars 2025, från
<https://drivkraftsverige.se/om-oss/spimfab/>
- Engvall, M. (u.å.). *Textilier med ett smutsigt förflutet - Miljöpåverkan vid tillverkningen av hemtextilier som importeras till Sverige*. Hämtad 11 mars 2025, från
https://swedwatch.org/wp-content/uploads/2016/12/swedwatch_-_textilier_med_ett_smutsigt_forflutet.pdf
- Fisher, R., & Gupta, V. (2024). Heavy Metals. I *StatPearls*. Hämtad 15 april 2025:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557806/>

- Frederiksborg Amt. (2004). *Kilder til jord- og grundvandsforurening ved trykkerier*. Hämtad 15 mars 2025, från:
https://backend.miljoeogressourcer.dk/media/udgivelser/brancher/45/Kilder_Trykkerier_re v4_1.pdf
- Grönwall, J., Sparrenbom, C., von Brömssen, M., & Grimm, M. (2022). *Svenskt grundvatten: En översikt över förhållanden och aktuella frågor [Policy brief]*. Stockholm International Water Institute. Hämtad 02 februari 2025, från:
<https://siwi.org/wp-content/uploads/2023/01/pb-grundvatten-2022-v5.pdf>
- Gärtner, N., Lindhe, A., Whatra, J., Söderqvist, T., Lång, L.O., Nordzell, H., Norrman, J., Rosén, L. (2022), *Integrating Ecosystem Services into Risk Assessments for Drinking Water Protection*. Hämtad 12 maj 2025, från: <https://doi.org/10.3390/w14081180>
- Hedenmark, M., Alkeblad, M., & Janrik, O. (2016) *Biltvättsrapporten 2016*. Hämtade 17 mars 2025, från:
https://www.hallbarbiltvatt.se/wp-content/uploads/2017/07/biltvattsrapporten_2016.pdf
- Järleskog, I., Strömwall, A.M., Magnusson, K., Galfi, H., Björklund, K., Polukarova, M., Garção, R., Markiewicz, A., Aronsson, M., Gustafsson, M., Norin, M., Blom, L., & Andersson-Sköld, Y. (2021). Traffic-related microplastic particles, metals, and organic pollutants in an urban area under reconstruction. *Science of The Total Environment*, 774, 145503. Hämtad 06 mars 2025, från:
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.145503>
- Landström, C. (2014). *Hydraulisk och termisk grundvattenmodellering av ett geoenergilagrar i Stockholmsåsen* [Uppsala Universitet]. Hämtad 15 april 2025, från:
http://www.w-program.nu/filer/exjobb/Carolin_Landstr%C3%B6m.pdf
- Lantmäteriet. (u.å.). Hämtad 02 maj 2025, från
<https://minkarta.lantmateriet.se/>
- Larsson, R. (2008). *Jords egenskaper*. Hämtad 10 april 2025, från:
<https://www.sgi.se/globalassets/publikationer/info/pdf/sgi-i1.pdf>
- Lindhe, A., & Holmgren, K. (2021). *Vägledning om inrättande och förvaltning av vattenskyddsområden*. (Rapportnummer 2021:4) Hämtad 15 februari 2025, från:
<https://www.havochvatten.se/download/18.26126a9e1777ad8f0582359d/1708680806471/vagledning-om-inrattande-och-forvaltning-av-vattenskyddsomraden.pdf>
- Livsmedelsverket. (2007). *Risk-och sårbarhetsanalys för dricksvattenförsörjning*. Hämtad 02 mars 2025, från:
<https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/foretag-regler-kontroll/krisberedskap/krisberedskap-dricksvatten---vaka/risk--och-sarbarhetsanalys-for-dricksvattenforsorjning.-handbok.-livsmedelsverket-2007.pdf>
- Livsmedelsverket. (2023). *Skogsbrand - så kan dricksvattnet påverkas*. Hämtad 23 mars 2025, från:
<https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/dricksvatten/egen-brunn2/krisberedskap-for-liten-dricksvattenanlaggning/skogsbrand>

- Livsmedelsverket. (2024a). *Dioxiner och PCB*. Hämtad 23 mars 2025, från:
<https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/miljogifter/dioxiner-och-pcb>
- Livsmedelsverket. (2024b). *Bedömningskategorier för dricksvatten*. Hämtad 08 mars 2025, från:
<https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/dricksvatten/egen-brunn2/vattenprov-och-analys-av-ditt-dricksvatten/tolka-ditt-analysresultat>
- Lång, L & Lindh, Å (2016) *Rapport K544: Grundvattenmagasinen Dalsjöfors och Häljared*. Hämtad 16 april 2025, från:
<https://resource.sgu.se/dokument/publikation/k/k544rapport/k544-rapport.pdf>
- Länsstyrelsen. (2010). *Inventering av förorenade områden MIFO Fas 1, Grafisk industri*. Hämtad 26 mars 2025, från:
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.1b1d393819324610c374b71c/1732521788795/Inventering%20Grafisk%20industri%20-%202010.pdf>
- Länsstyrelsen. (2015). *Länsstyrelsens i Västmanlands län beslut om vattenskyddsområde och skyddsföreskrifter för Västerås stad*; Hämtad 03 mars 2025, från:
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.1dfa69ad1630328ad7c39ca5/1526068651521/19FS%202015-06.pdf>
- Länsstyrelsen Gävleborg. (2014). *Kustnära förorenade områden som kan utgöra källor till dioxin i Bottenhavet*. Hämtad 16 mars 2025, från:
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.8cd5a1b19362fb4fc228ff/1732537803442/Kustn%C3%A4ra%20f%C3%B6rorenade%20omr%C3%A5den%20som%20kan%20utg%C3%B6ra%20k%C3%A4llor%20till%20dioxin%20i%20Bottenhavet.pdf>
- Länsstyrelserna. (u.å.). *EBH-kartan*. Hämtad 01 april 2025, från:
<https://www.lansstyrelsen.se/stockholm/miljo-och-vatten/fororenade-omraden/kartor-over-fororenade-omraden.html>
- Länstyrelsen Västra Götaland. (2019). *Regionalt program 2020–2022 Förorenade områden i Västra Götalands län*. Hämtad 27 mars 2025, från:
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.11a2cbf716d6c8f9f7434307/1572942606236/regionalt-program-2020-2022-inkl-bilagor.pdf>
- Mikelatou, E., Gardiki, V., & Tsigonia, A. (2011). The clinical symptoms of the skin from the effects of environmental pollutants. *Review of Clinical Pharmacology and Pharmacokinetics, International Edition*, 25(2), 105–110. Hämtad 7 april 2025, från:
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-79960802640&origin=scopusAI>
- MSB. (u.å.). *Statistik över räddningstjänstens insatser*. msb.se. Hämtad 25 februari 2025, från:
https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/raddningstjanst-och-raddningsinsatser/statistik-om-olyckor-brander-och-skador/statistik-raddningstjanstens-insatser/#Br_nder_i_skog_och_mark

- MSB. (2015). *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer*. Hämtad 28 mars 2025, från: <https://www.msb.se/sv/publikationer/hantering-av-brandfarliga-gaser-och-vatskor-pa-bensinstationer--handbok--mars-2015/>
- Naturskyddsföreningen. (2021, april 8). *Ökat skogsbruk räddar inte klimatet*. Hämtad 14 april 2025, från: <https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/okat-skogsbruk-raddar-inte-klimatet/>
- Naturvårdsverket. (1999). *Metodik för inventering av Förorenade områden*. Hämtad 01 april 2025, från: <https://www.naturvardsverket.se/4ac180/globalassets/media/publikationer-pdf/4900/978-91-620-4947-x.pdf>
- Naturvårdsverket. (2010). *Naturvårdsverkets handbok 2010:5 om vattenskyddsområde, 2011-02-21, ISBN 978-91-620-0170-4*. Hämtad 04 april 2025, från: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn%3Anbn%3Ase%3Anaturvardsverket%3Adiva-9265>
- Naturvårdsverket. (2023). *Branchlista förorenade områden*. Hämtad 02 mars 2025, från: <https://www.naturvardsverket.se/4906cb/globalassets/vagledning/forenaded-omraden/inventering/branschlistan-forenaded-omraden-2023.pdf>
- Naturvårdsverket (2024a), *Tillsyn över nedlagda deponier och förvaringsfall*, Hämtad 05 april 2025, från: <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avfall/tillsyn-over-nedlagda-deponier-och-forvaringsfall/att-inventera-och-atgarda-nedlagda-deponier/>
- Naturvårdsverket. (2024b). *Högfluorerade ämnen i miljön, PFAS*. Hämtad 23 mars 2025, från: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/miljoforeningar/organiska-miljogifter/hogfluorerade-amnen-i-miljon-pfas/>
- Naturvårdsverket. (2024c, augusti 13). *Nedskräpning*. Hämtad 10 mars 2025 från: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avfall/avfallslag/nedskrapning/>
- Naturvårdsverket. (2024d, december). *Textil*. Hämtad 08 mars 2025, från: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/textil/>
- Naturvårdsverket. (2025) *Kartverket skyddad natur*. Hämtad 09 maj 2025, från: <https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/sknat/?kod=SE0340154>
- Ojala, L., & Mellqvist, E. (2004). *Vägsalt-användning och påverkan på grundvattnet*. (rapportnummer 2004:13), Hämtad 08 mars 2025, från: <https://resource.sgu.se/dokument/publikation/sgurapport/sgurapport200413rapport/s0413-rapport.pdf>
- Borås stad. (2020) *Planbeskrivning, detaljplan för Dalsjöfors*. Hämtad 05 maj 2025, från: <https://www.boras.se/download/18.401929171948b99396e5aae7/1738067018415/Planbeskrivning.pdf>
- PRISMA. (u.å.). PRISMA Västra Götaland. Hämtad 30 april 2025, från: <https://www.prismavg.se/exhibits/show/dalsjofors-fabriker/almedahls-fabriker>

- Regionfakta. (u.å.). *Areal och befolkningstäthet*. Hämtad 02 maj 2025, från:
<https://www.regionfakta.com/vastra-gotalands-lan/geografi/areal-och-befolkningstathet/>
- Rosén, L. (1991). *Sårbarhetsklassificering av grundvatten*. Chalmers tekniska högskola. Hämtad 28 februari 2025, från:
https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/179525/local_179525.pdf
- SGF. (2023). *Alifater*. Hämtad 23 mars 2025, från:
<https://www.fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/alifater>
- SGI. (2023a). *PAH*. Hämtad 23 mars 2025, från:
<https://www.fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/pah>
- SIG (2023b) *Jordarter*. Hämtad 7 april 2025, från:
<https://sgi.se/sv/Forskning--larande/om-geoteknik-och-miljogeoteknik/geoteknik-och-markmiljo/jordmateriallara/lera-och-kvicklera>
- SGU. (2010). *Grundvattenförekomster*. Hämtad 18 april 2025, från:
<https://www.sgu.se/produkter-och-tjanster/geologiska-data/grundvatten--geologiska-data/grundvattenforekomster/>
- SGU. (2020a). *Vatten*. Hämtad 18 april 2025, från:
<https://www.sgu.se/om-geologi/vatten/>
- SGU. (2020b). *Jord*. Hämtad 20 april 2025, från:
<https://www.sgu.se/om-geologi/jord/>
- SGU. (2021). *Bergarter*. Hämtad 20 april 2025, från:
<https://www.sgu.se/om-geologi/berg/bergarter/>
- SGU. (2024a). *Dioxiner och PCB*. Hämtad 23 mars 2025, från:
<https://www.sgu.se/anvandarstod-for-geologiska-fragor/bedomningsgrunder-for-grundvatten/grundvattnets-kvalitet--organiska-amnesgrupper/dioxiner-och-PCB/>
- SGU. (2024b). *Klorbensener och klorfenoler*. Hämtad 23 mars 2025, från:
<https://www.sgu.se/anvandarstod-for-geologiska-fragor/bedomningsgrunder-for-grundvatten/grundvattnets-kvalitet--organiska-amnesgrupper/klorbensenerochklorfenoler/>
- SGU. (2024c) *Indelning i regioner*. Hämtad 02 april 2025, från:
<https://www.sgu.se/anvandarstod-for-geologiska-fragor/bedomningsgrunder-for-grundvatten/bedomningsgrunder-om-handledningen/indelning-i-regioner/>
- SGU. (2024d). *Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)*. Hämtad 20 mars, från:
<https://www.sgu.se/anvandarstod-for-geologiska-fragor/bedomningsgrunder-for-grundvatten/grundvattnets-kvalitet--organiska-amnesgrupper/pah/>
- SGU. (2025a). *Dioxiner från sågverk*. Hämtad 26 mars 2025, från:
<https://www.sgu.se/samhallsplanering/fororenade-omraden/dioxin-och-sagverk/>

- SGU. (2025b). *Nitrit*. Sveriges Geologiska Undersökning. Hämtad 23 mars 2025, från:
<https://www.sgu.se/anvandarstod-for-geologiska-fragor/bedomningsgrunder-for-grundvatten/grundvattnets-kvalitet--oorganiska-amnen/nitrit/>
- SGUs Kartvisare. (u.å.-a). Hämtad 01 april 2025, från:
<https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-1-miljon.html#>
- SGUs Kartvisare. (u.å.-b). Hämtad 03 april 2025, från:
<https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-berg-50-250-tusen.html?zoom=378837.8636856178,6393748.868255217,400341.90669370384,6403968.888695257>
- SGUs Kartvisare. (u.å.-c). Hämtad 03 april 2025, från:
<https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-lagerobservationer.html?zoom=-1819250.8182496373,5521622.273354546,2998998.8182496373,8248267.726645454>
- Singh, K., Kumar, N., Kumar Yadav, A., Singh, R., & Kumar, K. (2023). Per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) as a health hazard: Current state of knowledge and strategies in environmental settings across Asia and future perspectives. *Chemical Engineering Journal*, 475, 145064. Hämtad 23 mars 2025, från:
<https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2023.145064>
- SIS. (u.å.). *Standard - Miljöledningssystem - Krav och vägledning (ISO 14001:2015) SS-EN ISO 14001:2015 - Svenska institutet för standarder, SIS*. Hämtad 31 mars 2025, från:
<https://www.sis.se/produkter/foretagsorganisation/foretagsorganisation-och-foretagsledning-ledningssystem/ledningssystem/sseniso140012015/>
- SLU. (u.å) *Digitala kartor och geodata*. Hämtad 28 februari 2025, från:
<https://www.slu.se/site/bibliotek/soka-och-lana/soka/digitala-kartor/>
- SLU. (2024a). *Miljörisker med kemisk bekämpning*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Hämtad 07 april 2025, från:
<https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/epok-centrum-for-ekologisk-produktion-och-konsumtion/vad-sager-forskningen/vaxtskydd-och-bekampningsmedel/miljorisker-med-kemisk-bekampning/>
- SLU. (2024b). *Odlade organogena jordar*. Hämtad 07 april 2025, från:
<https://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/forskning/hydroteknik/odlade-organogena-jordar/>
- SMHI. (u.å.-a). *Avdunstning*. Hämtad februari 27, 2025, från:
https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/vattenbalans-och-vattnets-kretslopp/avdunstning?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTEAAR7fCRcra9hSzWg4FEFcRpx3lSNxHbdWDOOnOqA8OgkHWPAA6mf2VLU8oDYvojBw_aem_0XYPui_aaXHLdxXgjp6WQQ
- SMHI. (u.å.-b). *Kartor*. Hämtad februari 27, 2025, från:
<https://www.smhi.se/data/meteorologi/kartor/medel/arsnederbord-medel>

- SMOHF. (2024). *Fordonsverkstad*. Hämtad 03 april 2025, från:
<https://www.smohf.se/amnesomraden/foretagare/miljofarlig-verksamhet/fordonsverkstad-2/>
- Söderqvist, T., Lindhe, A., Rosén, L., & Kinell, G. (2014). *Grundvattnets ekosystemtjänster och deras ekonomiska värden - en inledande kartläggning*. Hämtad 18 april 2025, från:
<https://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1440-rapport.pdf>
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. I *EXS* (Vol. 101). Hämtad 20 mars 2025, från:
https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
- Trafikverket. (u.å.). Hämtad 04 maj 2025, från:
<https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>
- Trafikverket. (2020). *Vägen och vattnet*. Trafikverket. Hämtad 04 april 2025, från:
<https://bransch.trafikverket.se/om-oss/var-verksamhet/sa-har-jobbar-vi-med/Miljo-och-halsa/Vatten-och-mark/Vagen-och-vattnet/>
- TräGuiden. (2019). *Träskyddsklasser*, Hämtad 20 april 2025 från:
<https://www.traguiden.se/underhall/drift-och-underhall/altaner-balkonger-och-yttertrappor/altaner-balkonger-och-yttertrappor/traskyddsklasser/>
- USEPA. (1987). *Guidelines for delineation of wellhead protection areas*. Hämtad 26 februari 2025 från:
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=2000L001.txt>
- VISS. (u.å.). *VISS - VattenInformationsSystem för Sverige*. Hämtad 08 april 2025, från:
<https://extgeoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=1589fd5a099a4e309035beb900d12399>
- Västra Götalands Län. (2024). *Prioriteringslista över förorenade områden i Västra Götalands län*. Hämtad 28 mars 2025 från:
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.2d929a2118383b5aa75466cb/1730111034201/Priolista-f%C3%B6r-L%C3%A4nsstyrelsen-i-V%C3%84STRA-G%C3%96TALANDS-L%C3%84N.pdf>



CHALMERS