

Riskbedömning och inventering av data på nationell nivå

Utvärdering av påverkan på grundvatten från platser där släckskum hanterats

Lars Rosenqvist

oktober 2020

Underlag och kunskapsstöd till seminarier 12 och 19 oktober 2020



Omslagsbild: Kran med självtryck i en ravin med flera
källflöden i Frostbrunnsdalen, Borlänge.
Fotograf: Fredrik Theolin/SGU

Författare: Lars Rosenqvist
Granskad av: Carola Lindeberg
Ansvarig enhetschef: Mats Wallin

Redaktör: Lina Rönnåsen & Johan Sporrang

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

INNEHÅLL

Inledning.....	5
Läsanvisning	5
Bakgrund.....	5
Uppdragets syfte	6
Uppdragets omfattning.....	6
Riskbedömningsmetodik	7
Redovisning och dokumentation.....	8
Avgränsning.....	8
Användning av resultaten	8
Möjligheter	8
Begränsningar	10
Sekretess	10
Underlag för riskbedömning.....	11
Potentiella påverkanskällor.....	11
Underlag från Sveriges länsstyrelser	11
Underlag från MSB	13
Rapporter från Försvarmakten	15
Skyddsobjekt.....	15
Allmänna och större enskilda vattentäkter	15
Enskilda brunnar	15
Fastigheter med enskild vattenförsörjning	16
Provanalyser avseende PFAS	17
Grundvatten och råvatten.....	17
Kompletterande provtagning och analys av PFAS i grundvatten och råvatten.....	17
Ytvatten och fisk	19
GIS-databas och datalager.....	19
Bedömningskriterier.....	21
Prioritering och urval	21
Föroreningskällans storlek.....	21
Tidpunkt för utsläpp	22
Spridning och sårbarhet.....	22
Spridningsvägar.....	22
Spridningsförutsättningar.....	23
Typområden.....	24

Bedömning av spridningsriktning.....	26
Riktvärden och gränsvärden.....	28
Genomförande av riskbedömning och dokumentation	29
Steg 1. Geografiska uppgifter och information om påverkanskällan.....	30
Steg 2. Påverkanskällans storlek och tidpunkten för utsläppet.....	30
Steg 3. Spridningsförutsättningar och spridningsvägar	31
Steg 4: Information om skyddsobjekt.....	31
Steg 5: Validering mot provanalyser.....	32
Steg 6: Bedömning av påverkan.....	33
Steg 7: Sammanvägd riskbedömning och riskklassning	33
Resultat och erfarenheter	34
Vad visar de tillgängliga analyserna av PFAS?.....	34
PFAS i grundvatten och råvatten: data från SGU	34
Kompletterande provtagning och analys av PFAS i grund- och råvatten 2018/2019.....	37
Vad visar resultaten från riskbedömningen?.....	38
Vad menas med risk?	38
Fördelning av potentiella påverkanskällor efter riskklass	38
Fördelning av potentiella påverkanskällor efter typområde.....	40
Osäkerheter	43
Exempel på riskbedömning i olika områden	44
Hultsfred, större isälvsavlagring (typområde 1)	44
Hamre – litet utsläpp, allvarliga konsekvenser.....	45
Kistinge industriområde, Halmstad	46
Borlänge – grundvattenmagasin i isälvsavlagring under skyddande lerlager	48
Långväga spridning från Göteborg-Landvetter flygplats	50
Stockholm Arlanda flygplats – komplexa spridningsförutsättningar.....	51
Slutkommentar.....	52
Referenser.....	53

INLEDNING

Läsanvisning

Detta är en redogörelse för ett projekt som Sveriges geologiska undersökning (SGU) utfört på uppdrag av Naturvårdsverket. Dokumentet är ett underlag och ett kunskapsstöd för att kunna förstå och använda de resultat som tagits fram inom ramen för uppdraget. I det inledande avsnittet beskrivs bakgrunden till uppdraget, dess syfte och omfattning, den metodik som använts och hur resultaten redovisas och kan/bör användas. I påföljande tre avsnitt, *Underlag för riskbedömning*, *Bedömningskriterier* och *Genomförande av riskbedömning och dokumentation*, beskrivs vilka underlag som använts och hur riskbedömning har utförts och dokumenterats. I avsnitten *Resultat och erfarenheter*, *Osäkerheter* och *Exempel på riskbedömning i olika områden* presenteras resultaten i form av tabeller, figurer och med några utvalda exempel. Slutligen sammanfattas de viktigaste resultaten och lärdomarna från uppdraget. Den läsare som inte önskar ta del av den relativt detaljerade beskrivningen av underlaget och metodiken rekommenderas att läsa det inledande kapitlet och därefter gå direkt till resultaten och slutsatserna. Avsikten är att underlaget framöver ska publiceras i SGUs rapportserie, vilket innebär att dess innehåll och omfattning kan komma att delvis revideras.

Bakgrund

Högfluorerade ämnen (PFAS) har historiskt använts i stor utsträckning i brandsläckningsskum och används även idag till viss del. Denna användning har förorenat yt- och grundvatten på ett flertal platser i Sverige. Det rör sig om platser där brandövning skett och andra platser där brandsläckningsskum på olika sätt hanterats. PFAS transporteras med vattnet till omkringliggande yt- och grundvattenmiljöer vilket har lett till omfattande kostnader för samhället då närliggande vattentäkter fått stänga eller installera dyr rening av råvatten för dricksvattenproduktion. Det saknas idag en samlad bild över omfattningen av problemet.

Naturvårdsverket genomförde under 2015 ett regeringsuppdrag ”Screening av förekomsten av miljögifter” som redovisades 31 mars 2016. Inom det regeringsuppdraget gjordes en sammanställning över potentiella källor till PFAS-förekomst i miljön – dels en sammanställning över tidigare uppmätta halter, dels en ny screening. Detta uppdrag kunde inte ge en komplett bild över alla platser där brandsläckningsskum använts, ofta på grund av att många brandövningsplatser inte var inlagda i EBH-databasen (nationell databas, där förorenade områden i Sverige registreras). Vidare utfördes inom regeringsuppdraget inte en analys av vilka av de identifierade platserna som utgör en risk för människors hälsa eller miljön eller för vilka platser det saknas undersökningar för en bedömning av risk samt för vilka risk eventuellt kan avskrivas.

Naturvårdsverket fick därför med regleringsbrevet för 2017 regeringsuppdraget ”Fördjupad miljöövervakning av högfluorerade miljögifter (s.k. PFAS) och av växtskyddsmedel i vatten”. I uppdraget ingick att Naturvårdsverket skulle fortsätta arbetet med inventering, riskbedömning och analyser av samtliga platser där brandskum med innehåll av PFAS har hanterats. Uppdraget avrapporterades till regeringen i maj 2018 i form av en skrivelse av hur arbetet fortgick. Naturvårdsverket gav inom ramen för detta regeringsuppdrag SGU i uppdrag att utföra datainventering, riskbedömning och dataanalys med särskilt fokus på grundvatten och i det avseendet relaterade skyddsobjekt såsom allmänna och enskilda vattentäkter.

I detta dokument presenteras och beskrivs den metodik som använts vid riskbedömning, de data som använts som underlag i analysen samt resultaten från riskbedömning och riskklassning av potentiella påverkanskällor för PFAS i grundvatten. Påverkan på grundvatten från platser där brandsläckningsskum kan ha applicerats illustreras utifrån några valda exempel inom olika områden i Sverige.

Uppdragets syfte

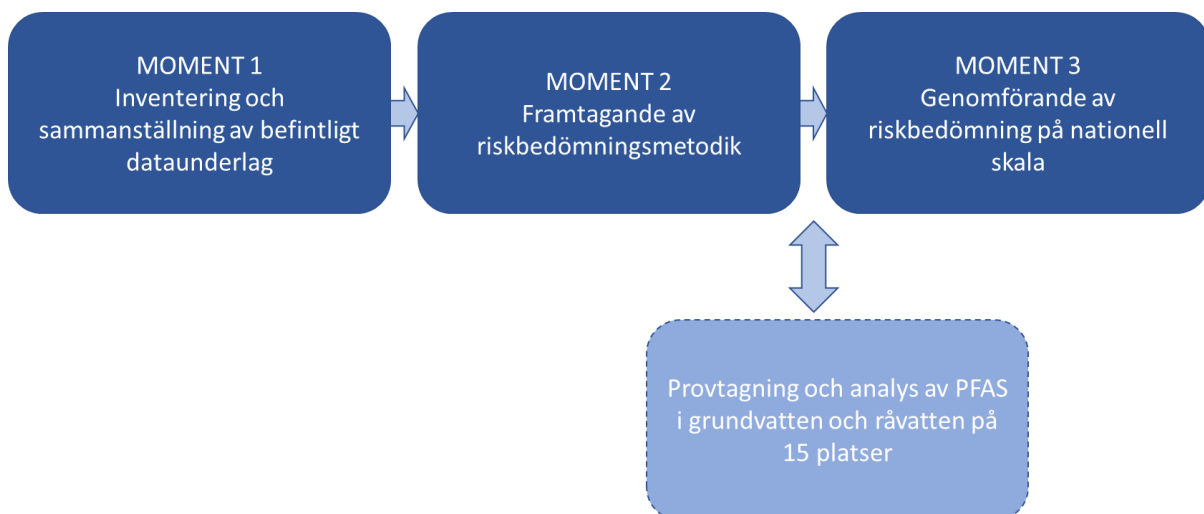
Uppdragets övergripande syfte har varit att få en bättre bild gällande påverkan av PFAS på grundvatten från platser där brandsläckningsskum historiskt har använts eller hanterats. I detta ingår att försöka svara på följande frågor:

- För vilka potentiella föroreningskällor vet vi att det föreligger en risk?
- För vilka identifierade potentiella föroreningskällor kan vi avskriva en risk?
- För vilka potentiella föroreningskällor saknas det underlag för att avgöra om det föreligger en risk?

Detta dokument vänder sig framför allt till handläggare på kommun, länsstyrelse eller statlig myndighet eller till personer som verkar inom konsultbranschen. Avsikten är att resultaten från riskbedömningen ska kunna utgöra planeringsunderlag för prioritering och beslut om undersökningsinsatser eller att avgöra om åtgärder är motiverade i ett område. Förhoppningen är att det framtagna dataunderlaget ska kunna användas vidare på lokal, regional och nationell nivå för att begränsa riskerna med dessa ämnesgrupper.

Uppdragets omfattning

Uppdraget har omfattat tre moment (fig. 1). Först gjordes en inventering och sammanställning av befintligt dataunderlag till riskbedömningen. Det omfattade inventering och sammanställning av potentiella påverkanskällor för PFAS (platser där brandsläckningsskum misstänks ha använts eller hanterats), potentiella skyddsobjekt (allmänna och enskilda vattentäkter) samt nya data, huvudsakligen i form av provanalyser av PFAS från miljöövervakning av grundvatten, som tillkommit sedan det tidigare regeringsuppdraget. Därefter utarbetades en lämplig metodik för riskbedömning baserat på tillgängligt underlagsmaterial inklusive geologiska, hydrogeologiska, hydrologiska och topografiska kartunderlag (geodata). I det tredje momentet genomfördes riskbedömning på nationell skala för ett begränsat urval av de potentiella påverkanskällorna. Riskbedömningen har stor osäkerhet vad avser använda mängder brandsläckningsskum, spridning av PFAS och påverkan på skyddsobjekt. I ett försök att förbättra valideringen av resultaten från riskbedömningen utfördes kompletterande provtagning och analys av PFAS i grundvatten (grundvattenrör) och råvatten (vattenverk) på 15 platser i södra Sverige (se avsnitt *Kompletterande provtagning och analys av PFAS i grundvatten och råvatten*).

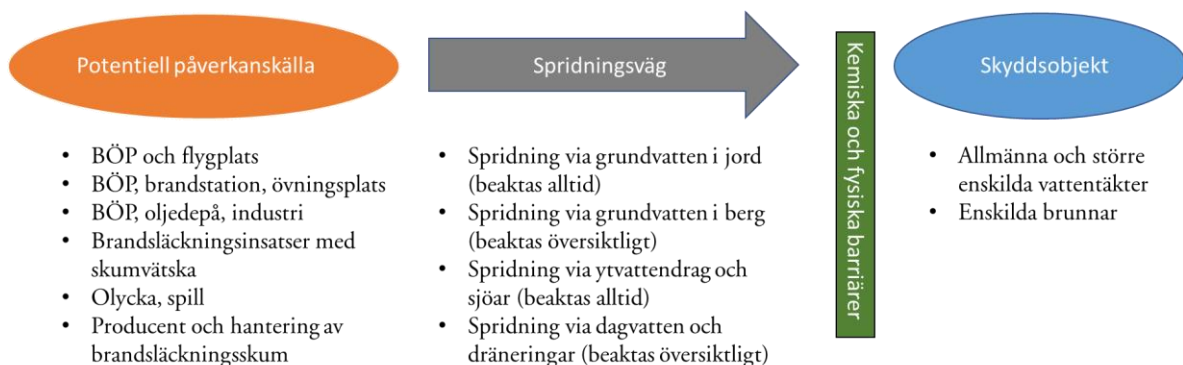


Figur 1. Översiktlig beskrivning av uppdragets olika moment.

Riskbedömningsmetodik

Riskbedömningsmetodiken som används i denna utredning baseras på den i Sverige allmänt vedertagna metodiken för ett förorenat område. För att ett utsläpp av brandsläckningsskum (i detta dokument refererad till som en potentiell påverkanskälla) ska utgöra en risk krävs att föroreningen kan spridas till platser (skyddsobjekt) där det kan orsaka exponering av människa och/eller miljö. Föreliggande riskbedömning fokuserar på grundvatten, och i det avseendet specifikt allmänna och enskilda grundvattentäkter. I riskbedömningen beaktas inte hälsorelaterade risker för människor som äter fisk eller miljörelaterade risker för vatten- och sedimentlevande organismer, markekosystem, anslutna akvatiska eller terrestra ekosystem. En övergripande konceptuell beskrivning av de potentiella påverkanskällor, spridningsvägar och skyddsobjekt som beaktas vid riskbedömningen presenteras i figur 2.

Riskbedömningen innebär en i huvudsak kvalitativ bedömning av risken för påverkan på grundvatten i anslutning till allmänna och enskilda vattentäkter. Konkret innebär resultatet av riskbedömningen att de potentiella påverkanskällorna delas in i någon av fem riskkategorier (tabell 1), samt att tillförlitligheten i individuella bedömningar uppskattas enligt en tregradig skala (tabell 2). När riskerna har bedömts har värden valts enligt försiktighetsprincipen. Det ger ett slags ”worst case”, vilket inte alltid är ett troligt fall. Konsekvenserna av detta är att riskerna för påverkan på grundvatten sannolikt tenderar att överskattas.



Figur 2. Konceptuell beskrivning som visar de potentiella påverkanskällor avseende PFAS, spridningsvägar skyddsobjekt som beaktas vid riskbedömningen. BÖP avser brandövningsplats.

Tabell 1. Riskkategorisering av påverkanskällor enligt femgradig skala.

Riskkategori	Risk för påverkan	Beskrivning
1	Hög	Risk för negativ påverkan på grundvatten föreligger med säkerhet och är i de flesta fall verifierad genom analyser av PFAS i vattenprover eller biota.
2	Medelhög	Risk för negativ påverkan på grundvatten föreligger sannolikt. Viss osäkerhet.
3	Kan ej uteslutas	Risk för negativ påverkan på grundvatten kan ej uteslutas. Stor osäkerhet.
4	Låg	Risk för negativ påverkan bedöms ej trolig, baserat på tillgängligt underlag.
5	Ej bedömd	Bedömning av risk är inte möjlig på grund av alltför stor osäkerhet och otillräckligt dataunderlag.

Tabell 2. Grad av tillförlitlighet angiven utifrån en tregradig poängskala.

Riskkategori	Nivå
3	Hög tillförlitlighet
2	Medelgod tillförlitlighet
1	Låg tillförlitlighet

Redovisning och dokumentation

I samband med Naturvårdsverkets tidigare regeringsuppdrag (Naturvårdsverket, 2016) upprättades en databas för att lagra insamlade haltdata för PFAS. Inom ramen för föreliggande uppdrag har den informationen kompletterats med nya provanalyser för grundvatten och råvatten samt utökad antal potentiella påverkanskällor.

Resultaten från riskbedömningen redovisas i detta dokument och i en databas (excelfil), i vilken de olika stegen i riskbedömningen dokumenterats för varje enskild potentiell påverkanskälla som bedömts (se avsnitt *Genomförande av riskbedömning och dokumentation*). Excelfilen kommer att kunna laddas ner från Naturvårdsverkets webbplats. Där redovisas resultat från riskklassningen av de potentiella påverkanskällorna och det går även att ta del av underliggande information som legat till grund för val av riskkategorier. Det är möjligt att från filen sortera ut specificerad information för ett särskilt område (län, kommun etc.). Avsikten är att uppgifterna ska kunna utgöra underlag för prioritering och beslut kring om undersökningsinsatser eller åtgärder är motiverade i ett område.

Avgränsning

Uppdraget har avgränsats till att omfatta risker för negativ påverkan på grundvattnets kvalitet som kan kopplas till potentiella utsläpp av brandsläckningsskum. Andra möjliga källor till PFAS i miljön såsom avfallsdeponier, papper- och livsmedelsförpackningar, hushålls- och rengöringsprodukter (Naturvårdsverket 2016) ligger utanför riskbedömningens ramar. I en nyligen genomförd screening av miljögifter i grundvatten påvisades en koppling mellan närheten till deponier och förhöjda halter PFAS i grundvatten (Herzog & Maxe 2019).

I denna riskbedömning inkluderas alla typer av släckskum oavsett användningsområde inom brandbekämpning. Anledningen till detta är att brandsläckningsutrustning som tidigare hanterat äldre typer av skum fortfarande kan innehålla rester av PFAS, samt att det finns skäl att misstänka att även modernare släckskum fortfarande kan innehålla PFAS (Naturvårdsverket 2019). PFOS förbjöds vid tillverkning av släckskum 2008, och användning av det släckskum som redan fanns i lager förbjöds 2011.

Fokus i riskbedömningen är på utsläpp och spridning av PFAS till grundvatten och risker med avseende på allmänna och enskilda grundvattentäkter. I begreppet grundvattentäkter inkluderas även de täkter där grundvattnet erhålls genom konstgjord infiltration av ytvatten eller genom inducerad infiltration av ytvatten från närliggande vattendrag eller sjö. Risker för påverkan på ytvattentäkter beaktas normalt inte, utom i de fall det finns en omedelbar koppling till utströmmande grundvatten i en ytvattenrecipient.

Av tidsskäl har det inte varit möjligt att genomföra riskbedömning av samtliga potentiella påverkanskällor som identifierats, varför prioritering och urval bland dessa har behövt göras (se avsnitt *Prioritering och urval*). Brandsläckningsinsatser med utsläpp av mindre än 25 liter skumvätska har exkluderats.

När det gäller avgränsningen i tid så är bedömningarna fokuserade på perioden mellan 1998 och 2015. Analysen skulle följaktligen behöva kompletteras med utsläpp som skett efter 2015.

Användning av resultaten

Möjligheter

Resultaten från riskbedömningen är avsedda att ge vägledning kring i vilka områden eller på vilka platser potentiella risker för grundvattnet kan existera, samt var provtagning och analys av grundvatten kan vara motiverad.

Det är befogat att utföra provtagning i anslutning till de påverkanskällor som i riskbedömningen tilldelats riskklass 1 och 2 (se tabell 1). Dessa utgör i många fall större potentiella påverkanskällor, som till exempel brandövningsplatser på civila och militära flygplatser, vilka sannolikt eller med säkerhet utgör en risk för negativ påverkan på skyddsobjekten. Å andra sidan är förekomsten av PFAS ofta känd och verifierad på dessa platser, varför provtagning i syfte att hitta ”nya” platser där PFAS kan förekomma i grundvatten inte alltid är relevant.

Betydligt svårare är det att prioritera bland de potentiella påverkanskällor som i riskbedömningen tilldelats riskklass 3 (se tabell 1). Här ingår enskilda brandsläckningsinsatser, brandstationer och mindre brandövningsplatser för vilka det inte har gått att utesluta att risk för påverkan på skyddsobjekten föreligger. Bedömningarna är här i regel behäftade med stor osäkerhet och riskerna kan vara överskattade eftersom försiktighetsprincipen har tillämpats. Att genomföra provtagning och kontroll av PFAS i grundvatten på alla dessa platser vore varken tidsmässigt möjligt eller ekonomiskt och miljömässigt försvarbart. Avsikten och förhoppningen är att den i databasen (excelfil) samlade informationen ska kunna användas för att lättare göra prioriteringar vid urval av vilka platser som ska undersökas för PFAS i grundvatten. Här ges exempel på hur informationen kan användas:

- I kolumnerna A–J hittas upplysning av geografisk karaktär och grundläggande information om påverkanskällan. Utsortering av data kan göras för olika län eller kommuner och med avseende på databas, (Länsstyrelsernas sammanställning, MSB, Försvarsmakten) objekttyp (till exempel brandövningsplats, brandsläckningsinsats) och händelsetyp (till exempel brand i byggnad).
- I kolumnerna K–N hittas grundläggande information om påverkanskällans storlek, mängden skumvätska, mängden släckvatten och tidpunkten för utsläpp. Utsortering kan exempelvis göras efter utsläppsstorlek eller baserat på de senast inträffade utsläppen.
- I kolumnerna O–X hittas information kopplad till grundvattnets sårbarhet och områdets spridningsförutsättningar. Utsortering kan göras efter typområde, markens genomsläpplighet och information om tätande jordlager ovanpå grundvattenmagasin. Här hittas även uppgifter om primära, sekundära och övriga spridningsvägar (grundvatten, ytvatten, dagvatten) och eventuella ytvattenrecipienter för förorening.
- I kolumn Y framgår om det finns skyddsobjekt som riskerar att påverkas av den aktuella potentiella påverkanskällan. Av sekretesskäl lämnas inga uppgifter ut som riskerar att avslöja vattentäkters position eller på något sätt kopplas till en specifik brunn eller fastighet med enskild vattenförsörjning.
- I kolumnerna Z–AJ hittas uppgifter om tillgängliga analyser av PFAS som kan kopplas till respektive potentiell påverkanskälla. Utsortering kan göras med avseende på olika haltintervall (se tabell 18). Informationen kan användas för att uppskatta påverkan på grundvatten, ytvatten, dagvatten och biota i ett område.
- I kolumnerna AK–AM registreras om den aktuella påverkanskällan bedöms vara den enda påverkanskälla som bidrar till påverkan på skyddsobjekt. Eller om det också kan finnas andra, antingen identifierade eller oidentifierade, påverkanskällor. Bedömd påverkan från andra identifierade eller oidentifierade potentiella påverkanskällor anges som stor, måttlig, liten eller inte relevant. Denna information kan användas för att sätta bidraget från olika påverkanskällor i relation till varandra. Det kan också vara information som visar på behovet av ytterligare undersökningar för att utreda ursprunget till förekomsten av PFAS i ett område.
- I kolumnerna AN–AO redovisas resultaten av själva riskbedömningen, det vill säga den bedömda risken för negativ påverkan på grundvatten utifrån fem riskklasser (kolumn AN) och graden av tillförlitlighet utifrån en tregradig skala (kolumn AO). Här kan utsortering göras med avseende på graden av osäkerhet i bedömningarna.

Begränsningar

En riskbedömning av det här övergripande slaget är behäftad med stora osäkerheter (se avsnitt *Osäkerheter*). Dessa källor till osäkerhet innebär begränsningar för hur resultaten från riskbedömningen kan och bör användas. Användningen av resultaten bör begränsas på följande sätt:

- De genomförda utvärderingarna har utgått från befintliga data och underlag, vilka är sammanställda på olika skalor och utifrån olika kunskapsnivåer. Precisionen med vilken riskbedömningen utförts är tillräcklig för att resultaten ska utgöra planeringsunderlag på nationell och regional nivå, men för lokala tillämpningar krävs i regel kompletteringar med platsspecifik information.
- Det går följaktligen inte att grunda beslut om specifika åtgärder, såsom rening, sanering eller administrativa insatser enbart baserat på resultat från riskbedömningen. Det krävs i regel undersökning och analys av PFAS i grundvatten på den aktuella platsen.
- Det går i allmänhet inte heller att dra säkra slutsatser om konsekvenserna av ett utsläpp, det vill säga om halten PFAS i grundvatten riskerar att överskrida tillämpliga riktvärden (se tabell 13). Undantag kan vara platser där tillgängliga provanalyser av PFAS visar att rikt- och gränsvärden överskrids.
- Resultaten kan inte användas i syfte att friskriva sig från miljökrav och egenkontroll som åligger till exempel en verksamhetsutövare. Det skulle exempelvis kunna röra sig om att peka ut andra specifika påverkanskällor än den egna verksamheten som orsak till negativ påverkan på grundvatten inom ett område. Återigen, resultaten kan ge vägledning om förekomsten av potentiella påverkanskällor, men endast genom undersökning på plats kan risker för påverkan på grundvattnet styrkas.
- En riskbedömning av det här slaget bör således användas som ett av flera underlag inför beslut om vilka undersökningsinsatser eller åtgärder som är motiverade inom ett område eller på en specifik plats.

Sekretess

Olika datahanteringsregleringar, till exempel GDPR, sekretess och hantering av känsliga uppgifter innebär begränsningar gällande dataförvaring och datautlämning (vad som kan och inte kan redovisas).

Sveriges kommunala vattentäkter har en samhällsviktig funktion eftersom de försörjer nästan åtta miljoner människor med dricksvatten. Man bedömer att rubbningar i systemet med dricksvattenförsörjning är ett hot mot Sveriges säkerhet. Med stöd av 15 kap. 2 § offentlighets- och sekretesslagen klassas därför lägesuppgifter för vattentäkter som hemlig information. Konkret innebär detta att inga lägesuppgifter i form av koordinater får uppges som avslöjar vattentäckernas position.

Enskilda brunnar omfattas inte av denna sekretess men även här gäller restriktioner kring vilka data som öppet kan redovisas. SGU har till exempel valt att inte öppet lägga ut resultat från analyser av PFAS som kan kopplas direkt till en specifik fastighet eller brunn. Inte heller får en specifik brunn eller fastighet öppet pekas ut i riskbedömningen. SGU har tagit hänsyn till ovanstående restriktioner kring vad som öppet kan presenteras i redovisningen av resultaten från riskbedömningen. Utöver sekretessen kring vattentäkter kan det röra sig om specifika uppgifter kring händelsetyp (vad som brann) i data från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). SGU har exempelvis valt att inte redovisa vissa händelsetyper (till exempel ”brand i villa”) i excel-filen.

UNDERLAG FÖR RISKBEDÖMNING

Potentiella påverkanskällor

De potentiella påverkanskällor som beaktats utgör platser i Sverige där brandskum använts eller hanterats. Dessa omfattar framför allt brandövningsplatser anknutna till olika typer av verksamheter (civila och militära flygplatser, brandstationer, oljedepåer, deponier), brandsläckningsinsatser utförda av Räddningstjänsten, olyckstillbud/utsläpp och övrig hantering av brandskum. Dataunderlag har erhållits från Sveriges länsstyrelser och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). Från Naturvårdsverket har SGU därutöver erhållit rapporter över miljötekniska markundersökningar och riskbedömningar från några av Försvarmaktens militära flygbaser. En närmare beskrivning av de potentiella påverkanskällorna ges i det följande.

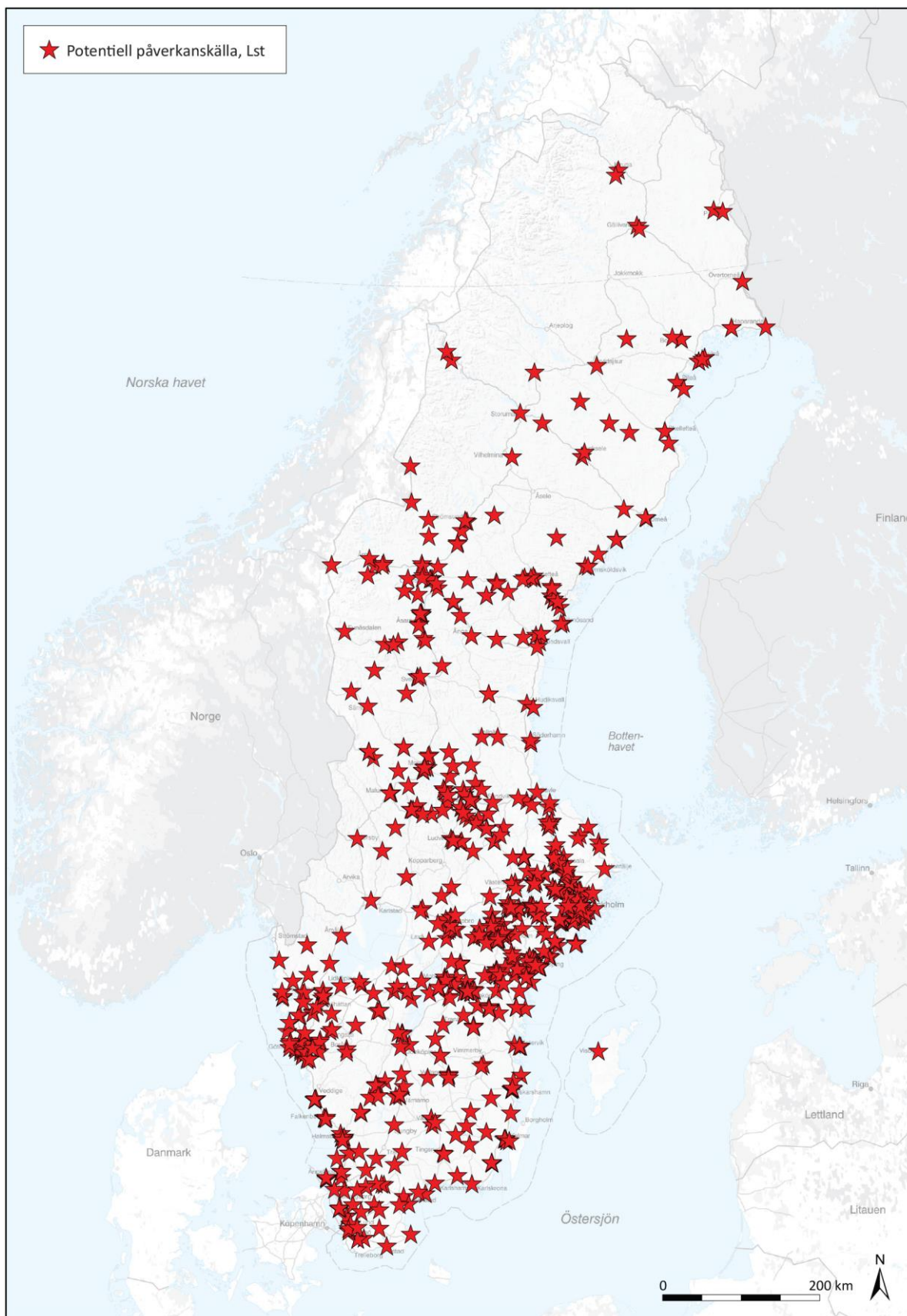
Underlag från Sveriges länsstyrelser

Från Sveriges länsstyrelser har erhållits uppdaterat underlag gällande potentiella påverkanskällor (källtermer) för PFAS, huvudsakligen brandövningsplatser (BÖP), brandstationer, industri- anläggningar och enskilda större brandsläckningsinsatser. Dataunderlaget omfattar lite fler än 800 potentiella påverkanskällor (några dubbelnoteringar förekommer), varav lite fler än 700 bedöms kunna användas för riskbedömning (rimliga positionsangivelser). Hur dessa fördelades geografiskt inom Sverige framgår av figur 3.

Uppgifter om mängd (liter eller kg) använt brandsläckningsskum eller PFAS saknas i de flesta fall men har angivits i någon form för cirka 40 påverkanskällor i länsstyrelsernas sammanställning. Angiven mängd applicerat brandsläckningsskum varierar stort, från cirka en liter till 2 500 liter eller <0,002 kg till 540 kg. Brandövningsplatser på flygplatser har generellt de högsta angivna mängderna. I tabell 3 har de potentiella påverkanskällorna delats in i några olika huvudkategorier med avseende på verksamhetstyp eller på vilket sätt PFAS applicerats över tid. Det framgår av tabellen att Räddningstjänstens brandövningsplatser utgör den största andelen av de redovisade påverkanskällorna, följt av brandövningsplatser vid civila och militära flygplatser.

Tabell 3. Av Sveriges länsstyrelser angivna potentiella påverkanskällor för PFAS uppdelade på olika huvudkategorier baserat på verksamhetstyp eller på vilket sätt PFAS applicerats över tid. BÖP avser brandövningsplats.

Potentiell påverkanskälla	Antal	Kommentar
BÖP, brandstation, övningsområden	600	Räddningstjänstens brandövningsplatser och brandstationer.
Flygplats och BÖP	100	Små till stora civila och militära flygplatser/flygfält med varierande grad av påverkan.
BÖP, oljedeponi och industri	35	Mestadels oljedepåer samt även färgindustri
BÖP och deponi	20	Deponier och anslutna BÖP
Stora brandsläckningsinsatser	20	Brand i industri, deponi, återvinningsupplag m.fl.
Små brandsläckningsinsatser	15	Brand i byggnad, fordon m.fl.
Olycka, spill/läckage	10	
Producent och hantering av brandskum	5	



Figur 3. Distributionen av potentiella påverkanskällor från länsstyrelsernas sammanställning. Riskbedömning utfördes för samtliga påverkanskällor.

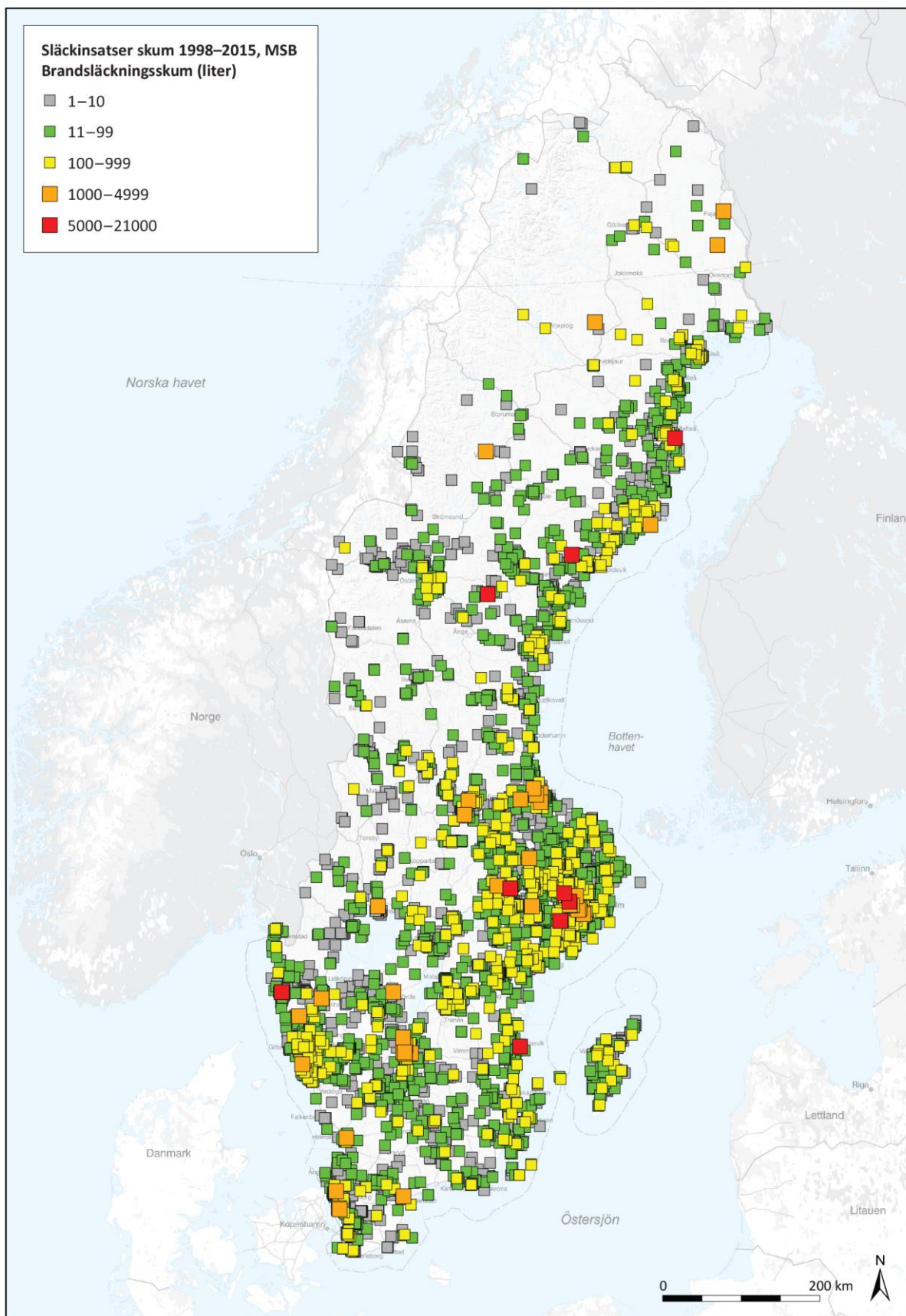
Underlag från MSB

Från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har erhållits uppdaterat underlag avseende användning av brandsläckningsskum (s.k. övriga skumvätskor) i samband med släckinsatser, med positionsangivelser (koordinater) för aktuella insatser. I den databas som upprättades i samband med Naturvårdsverkets tidigare regeringsuppdrag (Naturvårdsverket 2016) saknades positionsangivelser för släckinsatser.

Dataunderlaget representerar tidsperioden 1998 (startåret för registrering i databasen) till och med 2015 och omfattar totalt cirka 18 400 släckningsinsatser med släckskum, varav cirka 13 500 bedömdes kunna användas för riskbedömning (rimliga positionsangivelser m.m.). I databasen finns uppgifter om den mängd släckskum (alkoholresistent och övriga skumvätskor) och släckvatten som använts vid respektive släckinsats. Mängden skum som användes vid släckinsatserna varierar mellan olika brandobjekt och händelsetyper. I tabell 4 presenteras en grov indelning där mängden skum som använts relateras till antal utförda släckinsatser och olika typer av brandobjekt. Av tabellen framgår att det till de vanligaste släckinsatserna, vilka mestadels avser fordonsrelaterade bränder, har använts mellan 1 till 10 liter skumvätska, medan släckinsatser med en skumanvändning över 100 liter utgör cirka 6 procent av det totala antalet insatser. Riskbedömning utfördes för insatser med skumanvändning på 25 liter eller mer. Hur brandsläckningsinsatserna fördelades geografiskt inom Sverige framgår i figur 4.

Tabell 4. Räddningstjänstens dokumenterade brandsläckningsinsatser med skum under perioden 1998 t.o.m. 2015, där mängden skum relateras till antal utförda släckinsatser och typ av brandobjekt. Data från MSB.

Skum, alkoholresistent och övriga (liter)	Släckinsatser (antal)	Andel av totala antalet släckinsatser (procent)	Huvudsakliga brandobjekt
1 – 10	8 207	61	Papperskorg, personbil, lastbil, container, villa
>10 – 100	4 504	33	Personbil, villa container, industri
>100 – 1 000	763	5,6	Flerbostadshus, handel, industri, personbil, villa
>1 000 – 5 000	34	0,3	Soptipp/deponi, industri, flerbostadshus
>5 000 – 21 000	9	0,1	Kraftvärmeverk, industrihotell, trävaruhus, kemisk industri



Figur 4. Nationell distribution av brandsläckningsinsatser med utsläpp av skumvätska, utförda av Räddningstjänsten från 1998 t.o.m. 2015 (data från MSBs databas). Riskbedömning utfördes för släckinsatser där 25 liter eller mer skumvätska användes.

Rapporter från Försvarmakten

SGU har från Naturvårdsverket fått ta del av rapporter med resultat från miljötekniska markundersökningar och riskbedömningar vid några av Försvarmaktens militära flygplatser och flygbaser. Underlaget består av cirka 35–40 militära flygbaser och omfattar redogörelser för undersökningar av PFAS i enskilda brunnar, grundvattenrör, ytvatten, dagvatten, berggrumsvatten och jord. Det ska poängteras att underlaget inte är komplett och endast utgör en del av det totala antalet militära objekt som kan kopplas till Försvarmakten.

Skyddsobjekt

Fokus i riskbedömningen är grundvatten, där specifikt allmänna och enskilda grundvattentäkter utgör skyddsobjekt. Riskbedömningen inkluderar även grundvattentäkter som utnyttjar vatten från konstgjord infiltration av ytvatten. Risker för negativ påverkan på ytvattentäkter beaktas i undantagsfall, när det finns en tydlig, omedelbar koppling mellan en punktkälla, utflödande grundvatten och en ytvattentäkt.

Allmänna och större enskilda vattentäkter

Uppgifter om vattenverk och vattentäkter har inhämtats från SGUs databas Vattentäcksarkivet (VTAK). I Vattentäcksarkivet finns grundläggande information om allmänna anläggningar och större enskilda anläggningar för dricksvattenförsörjning (vattenverk och vattentäkter). Med allmänna vattenverk och vattentäkter avses sådana anläggningar som benämns allmänna i lagen (2006:412) om allmänna vattentjänster. Med större enskilda vattenverk och vattentäkter avses sådana anläggningar som inte ingår i definitionen av en allmän anläggning enligt vattentjänstlagen och som försörjer fler än 50 personer med vatten, eller där uttagen överstiger 10 kubikmeter per dygn. Uppgifter samlas in om bland annat uttagsmängd, läge, användning av vattnet (till exempel permanentboende, jordbruk med mera), antal anslutna och förekomst av skydd. I Vattentäcksarkivet finns idag information om 2 042 vattentäkter knutna till allmänna vattenverk. Av dessa är 1 842 grundvattentäkter och 200 ytvattentäkter. I databasen finns även information om 731 större enskilda vattentäkter (april 2019). Som framgår i avsnitt *Sekretesfrågor* klassas lägesuppgifter för vattentäkter som hemlig information, vilket innebär att inga lägesuppgifter i form av koordinater som avslöjar vattentäckernas position uppges.

Enskilda brunnar

Drygt en miljon permanentboende och ungefär lika många fritidsboende har sin dricksvattenförsörjning från egen brunn. Enligt definitionen i EUs dricksvattendirektiv är enskild vattenförsörjning vattenuttag för dricksvattenförsörjning som understiger 10 kubikmeter per dygn i genomsnitt eller betjänar mindre än 50 personer. Uppgifter om enskilda brunnar har inhämtats från SGUs databas Brunnsarkivet (BARK). Brunnsdatabasen innehåller uppgifter från drygt 680 000 brunnar (2019) och växer med drygt 20 000 brunnsuppgifter varje år. I databasen finns uppgifter om enskilda brunnars läge och tekniska data såsom djup, jorddjup, foderrörlängd, dimensioner, vattenkapacitet, vattennivåer och vad brunnen används till. Databasen innehåller även information om lagerföljder. De flesta uppgifterna i arkivet gäller främst bergborrhade brunnar och utgörs av de uppgifter som brunnsborrhare sedan 1976 enligt lag skickar till SGU. I riskbedömningen används uteslutande data för vattenbrunnar, medan energibrunnar har exkluderats. Vattenbrunnar omfattar enskilda vattentäkter (hushåll, fritidshus, mindre lantbruk), större lantbruksvattentäkter, bevattning/handelsträdgård, industrivatten, observationsbrunn/-rör och samfällda vattentäkter (minst 10 hushåll).

Fastigheter med enskild vattenförsörjning

SGUs brunnregister är inte komplett. Därför har dataunderlag avseende fastigheter med enskild vattenförsörjning inhämtats från Fastighetsregistret. Uppgifterna har använts för att försöka identifiera fastigheter (skyddsobjekt) med enskild vattenförsörjning, där uppgifter saknas i SGUs brunnregister. I Fastighetsregistret finns bland annat uppgifter om typ av vatten- och avlopp (VA) för enskilda fastigheter (KODVA). I riskbedömningen gjordes antagandet att fastigheter med enskilt vatten (KODVA 21-23) och sommarvatten (KODVA 31-33) kan ha enskild vattenförsörjning från egen brunn eller samfällt ägd brunn. Uppgifterna från fastighetsregistret måste dock användas med försiktighet eftersom det är vanligt att flera fastigheter delar brunn för sin vattenförsörjning. Dessutom saknas information om eventuellt förekommande brunnars lägen (endast fastigheter finns registrerade). Från dataunderlaget i Fastighetsregistret utsorterades samtliga fastigheter med enskild vattenförsörjning (hushålls- och lantbruksfastigheter) uppdelade per län (tabell 5).

Tabell 5. Dataunderlag från fastighetsregistret gällande fastigheter med antagen enskild vattenförsörjning (hushålls- och lantbruksfastigheter) uppdelade per län.

Län	Länskod	Länsbokstav	Fastigheter med enskild vattenförsörjning
Stockholms län	01	AB	80 384 (varav Gotland 9 834)
Uppsala län	03	C	27 430
Södermanlands län	04	D	19 667
Östergötlands län	05	E	24 321
Jönköpings län	06	F	18 756
Kronobergs län	07	G	17 653
Kalmar län	08	H	20 303
Blekinge län	10	K	11 512
Skåne län	12	M	41 097
Hallands län	13	N	18 406
Västra Götalands län	14	O	97 025
Värmlands län	17	S	27 270
Örebro län	18	T	18 494
Västmanlands län	19	U	11 569
Dalarnas län	20	W	30 110
Gävleborgs län	21	X	23 767
Västernorrlands län	22	Y	14 912
Jämtlands län	23	Z	19 691
Västerbottens län	24	AC	16 337
Norrbottnens län	25	BD	12 596

Provanalyser avseende PFAS

Grundvatten och råvatten

Analyser av PFAS i grundvatten och råvatten har inhämtats från SGUs databaser för grundvattennät och miljöövervakning (GRVN) samt Vattentäcksarkivet (VTAK), i vilka PFAS-data finns tillgängliga från och med år 2010. Utöver data som användes i Naturvårdsverkets tidigare regeringsuppdrag (Naturvårdsverket, 2016) har de provanalyser som tillkommit under åren 2015 till och med 2018 hämtats från SGUs databaser. I tabell 6 ges en översiktlig beskrivning av de databaser från vilka data för PFAS inhämtats.

Tabell 6. Beskrivning av SGUs databaser från vilka haltdata från PFAS-analyser av grundvatten och råvatten inhämtats (tidsperiod: 2010–2018).

SGU-databas	Beskrivning och omfattning
Vattentäcksarkivet (VTAK)	I Vattentäcksarkivet lagras analysresultat från råvatten- och dricksvattenprover från allmänna grund- och ytvattenanläggningar (vattenverk och vattentäkter). Från år 2015 lagras endast analysresultat från råvattenprover. År 2014 tog Livsmedelsverket (SLV) över insamlingen av analysprotokoll för dricksvattenprover. I Vattentäcksarkivet finns vattenkvalitetsinformation från ungefär 1 035 000 vattenprover. Provanalyser med avseende på PFAS finns tillgängliga mellan åren 2010 och 2018 fördelade på cirka 350 provplatser.
Databas för grundvattennät och miljöövervakning av grundvatten (GRVN)	Här lagras analysresultat för grundvattenprover inom ramen för den nationella miljöövervakningen av grundvatten. PFAS har analyserats i ett fåtal prover vid de 110 trendstationerna (provtagning flera gånger per år) och de 528 omdrevsstationerna (provtagning en gång vart sjätte år enligt rullande schema). Merparten av stationerna utgörs av källor, medan några stationer utgörs av grundvattenobservationsrör eller kommunala vattentäkter. I databasen finns även analysresultat för PFAS i grundvatten och råvatten från en screening av miljögifter inom urbana områden (Maxe & Carlström 2019).

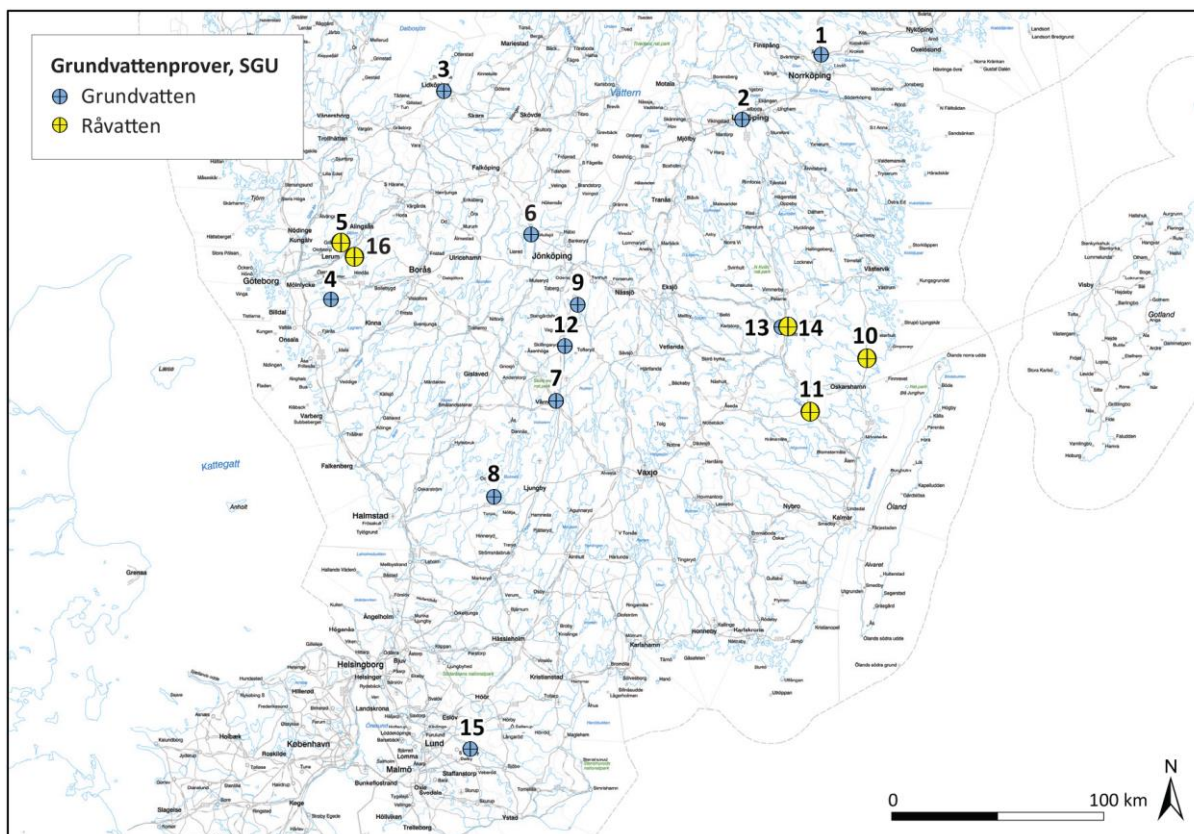
Kompletterande provtagning och analys av PFAS i grundvatten och råvatten

Som ett led i valideringen av riskbedömningen utfördes kompletterande provtagning och analys av PFAS i grundvatten- och råvattenprover från 16 strategiskt utvalda grundvattenrör och grundvattentäkter i södra delen av Sverige (fig. 5). Provplatserna beskrivs översiktligt i tabell 7.

Utgångspunkter för val av provpunkter var

- områden där det skett flera större brandsläckningsinsatser (med skum) och där enskilda brunnar utgör en betydande andel av vattenförsörjningen
- områden där förhöjda halter konstaterats i grundvatten men där påverkan på enskilda brunnar i omgivningen är oviss.

Urval av provpunkter genomfördes i samråd med regionansvariga för grundvattenkarteringen på SGU samt med ansvariga för den kommunala vattenförsörjningen i berörda kommuner. Provtagning i fält genomfördes i november och december 2018, varefter 16 vattenprover analyserades med avseende på 32 PFAS. För analyserna anlätades analyslaboratoriet Eurofins.



Figur 5. Distribution av 16 provtagningsplatser för kompletterande provtagning och analys av PFAS i grundvatten och råvatten i november och december 2018. Vit symbol avser grundvatten (grundvattenrör) och gul symbol avser råvatten. En kort beskrivning av respektive provplats ges i tabell 7.

Tabell 7. Översiktlig beskrivning av de 16 provplatserna för kompletterande provtagning av grundvatten och råvatten. Av sekretessskäl anges inga koordinater för vattentäkter (se avsnitt *Sekretess* i det inledande kapitlet). Provtagningsplatsernas lokalisering framgår i kartan i figur 5.

Provtagningsplats	Koordinater		Beskrivning
	N	S	
1. Norrköping			Befintligt grundvattenrör, söder om en släckinsats
2. Linköpings flygplats			Befintligt grundvattenrör inom flygplatsområdet (förorenad plats)
3. Lidköping, Råda källa	6486697	389170	Källa inom område med flera större och mindre potentiella påverkanskällor
4. Inseros, Västra Ingsjöns utlopp	6388262	335865	Befintligt grundvattenrör i isälvsavlagring, vid Västra Ingsjöns utlopp
5. Vattentäkt 1, Lerums kommun			
6. Mullsjö			Befintligt grundvattenrör, söder om ett område med flera släckinsatser
7. Värnamo	63404064	42250	
8. Byholma, Ljungby	6295120	412944	Befintligt grundvattenrör i närheten av militär flygbas
9. Eckershom	6385605	452653	Befintligt grundvattenrör nedströms flera brandsläckningsinsatser
10. Vattentäkt, Oskarshamns kommun			
11. Vattentäkt, Högsby kommun			
12. Skillingaryd	6366182	446493	Befintligt grundvattenrör i anslutning till militärt övningsområde

Tabell 7. Fortsättning.

Provtagningsplats	Koordinater		Beskrivning
	N	S	
13. Hultsfred	6375049	549721	Befintligt grundvattenrör i större isälvsavlagring i närheten av militär flygbas
14. Vattenverk, Hultsfreds kommun			Vattenverk i större isälvsavlagring i närheten av militär flygbas
15. Revinge by	6175616	401865	Befintligt grundvattenrör i närheten av MSB Revinges övningsfält
16. Vattentäkt 2, Lerums kommun			

Ytvatten och fisk

Provanalyser avseende PFAS i ytvatten och fisk har inhämtats från den databas som upprättades i samband med Naturvårdsverkets tidigare regeringsuppdrag (Naturvårdsverket, 2016).

Informationen har använts för att påvisa förekomst och spridning av PFAS i ytvattendrag och sjöar. Underlaget omfattar cirka 585 analyser av PFAS i ytvatten och ett tiotal analyser av PFAS i fisk. Insamlade data utgör på intet sätt ett komplett eller heltäckande underlag och skulle behöva kompletteras med befintliga data från nationell, regional och lokal miljöövervakning.

GIS-databas och datalager

För genomförande av riskbedömningen har en GIS-databas upprättats på nationell skala. I tabell 8 redovisas den data från olika datavärdar som sammanställts i GIS-databasen samt på vilka sätt data har använts i riskbedömningen. Riskbedömningen kräver tillgång till geologisk och hydrogeologisk information. Mycket av underlagsdata kan erhållas via SGU och Geodatasamverkan (se faktaruta).

SGUs grundvattenkartor

SGU tillhandahåller ett stort kartmaterial via myndighetens webbplats (sgu.se). Kartor över jordarter, grundvattenmagasin, brunnar, källor samt resultat från grundvattenmätningar och kemiska parametrar är exempel på material som finns i SGUs Kartvisare. Där visas informationen direkt på webbsidan och kräver alltså inte tillgång till GIS-program. Kartan över grundvattenmagasin visar informationen med olika upplösning eftersom metoden och noggrannheten på SGUs karteringar har utvecklats sedan starten på 1970-talet. För grundvattenmagasin som är kartlagda av SGU finns informationen både i form av en karta och i vissa fall en skriftlig beskrivning. Beskrivningarna finns att ladda ner som pdf-filer i Geolagret.

SGU har en visningstjänst som kallas WMS (*Web Map Service*), med kartor i form av färdiga bilder som kan användas i egna system eller applikationer (till exempel GIS-program). Här finns kartorna från kartvisaren samt till exempel karta över grundvattnets sårbarhet. Det går att beställa kartmaterial från SGU genom att vända sig till kundtjänst.

På webbplatsen Geodata (www.geodata.se) finns en nationell presentation av vilken geografisk information som finns och vilka aktörer som är ansvariga för den. Sidan ger en överblick över tillgänglig information, både från SGU och andra aktörer. På webbplatsen framgår det också vilken information som är tillgänglig via Geodatasamverkan (ett myndighetsövergripande användaravtal för tillgång till geodata).

Tabell 8. Sammanställning av de datalager som används vid riskbedömning samt beskrivning av hur data har använts i riskbedömningen.

Datavärd	Datalager	Typ av data som används	Beskrivning
Lantmäteriet	Visningstjänst Topografiska Webbkartan		Används som grundlager.
Lantmäteriet	GSD-höjddata, grid 2+		Används för att bedöma topografin och hydrauliska gradienter i landskapet.
SMHI	Aro_y_2012_2	Delavrinningsområden	Används för tolkning av den storskaliga avrinningen och spridningen i landskapet.
SMHI	Hydrografiskt nätverk ws_rss_sverige	Visar ytvattnets strömningsriktning i vattendrag, diken och sjöar	Används för bedömning av storskalig avrinning och spridning via ytvatten i vattendrag, diken och sjöar.
SGU	Genomsläpplighet	Visar områden med låg, medelhög, hög och ej bedömd genomsläpplighet (grön, gul, röd resp. grå färgning)	Används för att bedöma grundvattnets sårbarhet för förorening och andel spridning som sker via grundvatten och ytvatten.
SGU	Jordarter 1:25 000–1:100 000	Fördelning av isälvsmaterial, postglacial sand, morän, lera och torv (brun)	Används som komplement till datalagret för genomsläpplighet för att bedöma markens genomsläpplighet, grundvattnets sårbarhet andel spridning som sker via grundvatten och ytvatten.
SGU	Jordarter 1:250 000 Nordligaste Sverige		Används inom vissa delar av Sverige där jordartskartor i skala 1:25 000–1:100 000 saknas.
SGU	Jordarter 1:750 000 Mittnorden		Används inom vissa delar av Sverige där jordartskartor i skala 1:25 000–1:100 000 eller 1:250 000 saknas.
SGU	Kartor över grundvattenmagasin med olika upplösning (1:50 000 och 1:250 000)	<ul style="list-style-type: none"> - Grundvattenmagasin i jordlager - Grundvattenmagasin i sedimentärt berg - Grundvattnets strömningsriktning (endast skala 1:50 000) - Grundvattendelare (endast skala 1:50 000) - Tillrinningsområden (endast skala 1:50 000) - Låggenomsläppliga lager ovanpå magasin (endast skala 1:50 000) - Ytvattenkontakter (endast skala 1:50 000) 	Används för att lokalisera grundvattenmagasin. För magasin karterade i skala 1:50 000 kan bedömningar göras av grundvattnets strömningsriktning, tillrinningsområden till magasinet och ytvattenkontakter (utströmning resp. inströmning av grundvatten).
SGU	Källor	Data från källarkivet som visar lokalisering av källor (utströmning av grundvatten)	Används för att lokalisera utströmningsområden för grundvatten (potentiell spridning av PFAS från grundvatten till ytvatten)
SGU	Brunnar	Företrädesvis bergboreade brunnar registrerade i SGUs brunnsarkiv: enskild vattenförsörjning och bergvärme.	Enskilda brunnar utgör skyddsobjekt. Komplement till data från Metria avseende fastigheter med enskild vattenförsörjning
SGU	VSO_polygon	Vattenskyddsområden (avgränsning yttre skyddszon)	
SGU	Provanalyser, Vattentäcksarkivet (VTAK)	Data från SGUs vattentäcksarkiv (533 provlokaler)	Provanalyser används för bedömning och validering av risk. Data från Vattentäcksarkivet får av sekretesskäl endast hanteras och analyseras i säkerhetsklassat rum av behörig personal vid SGU.
SGU	Provanalyser, Miljöövervakningen av grundvatten (GRVN)	Data från SGUs miljöövervakning av grundvatten	Skyddsobjekt (känd påverkan). Kan användas för validering av riskbedömningsmetod.
Fastighetsregistret	KODVA	Fastigheter med enskild vattenförsörjning	Används för att lokalisera fastigheter med enskild vattenförsörjning, där uppgifter saknas i SGUs Brunnsregister.
Länsstyrelserna	Länsstyrelsernas sammanställning av påverkanskällor	Potentiella påverkanskällor, bl.a. brandövningsplatser (flygplatser, räddningstjänsten), avfallsanläggningar/deponier, enskilda bränder. Sammanlagt cirka 800 objekt.	Påverkanskälla
MSB	MSBs databas över räddningstjänsternas brandsläckningsinsatser med skum	Brandsläckningsinsatser med släckskum. Sammanlagt cirka 13 500 objekt.	Påverkanskälla

BEDÖMNINGSKRITERIER

Prioritering och urval

Det dataunderlag över potentiella påverkanskällor som sammanställts av Sveriges länsstyrelser (brandövningsplatser, brandstationer, olyckstillbud med flera) och MSB (Räddningstjänstens brandsläckningsinsatser) omfattar cirka 700 respektive 13 500 potentiella påverkanskällor som kan medräknas i en riskbedömning. Dessutom tillkommer cirka 30 potentiella påverkanskällor med koppling till Forsvarsmaktens militära flygbaser.

I riskbedömningen var det nödvändigt att prioritera och sortera bort de påverkanskällor som förväntas utgöra en relativt sett liten risk för påverkan på skyddsobjekten. I föreliggande fall har prioritering och urval gjorts genom utsortering av små släckinsatser (bilbränder, bränder i containrar, papperskorgar m.fl.), där mängden skum uppgår till mindre än 25 liter (tabell 4). Dessa motsvarar cirka 20 procent av det totala antalet släckinsatser med skumvätska som utfördes mellan 1998 och 2015, och utgörs till största del av fordonsrelaterade bränder. Detta förfarande innebar en minskning från cirka 13 500 till 3 200 potentiella påverkanskällor att riskbedöma.

När påverkanskällor prioriteras bort enbart baserat på händelsetyp eller mängden utsläppt skumvätska behöver de osäkerheter som uppstår identifieras. Även ett förhållandevis litet utsläpp kan innebära en risk för påverkan på grundvatten lokalt om det sker på ”fel” plats. Dessutom riskerar många små utsläpp inom ett område tillsammans bidra till en betydande belastning på grundvattnet.

Föroreningskällans storlek

Risken för att ett utsläpp ska leda till negativ påverkan på skyddsobjekt är till stor del avhängig storleken på föroreningskällan, det vill säga den mängd PFAS-innehållande släckskum som använts vid ett enstaka tillfälle eller fortlöpande över tid. För brandsläckningsinsatserna i MSBs databas finns mängden skum och släckvatten som använts vid respektive insats dokumenterad. Däremot saknas i de flesta fall uppgifter om använda mängder skum eller PFAS för de påverkanskällor som ingår i länsstyrelsernas sammanställning. För jämförelse mellan påverkanskällornas användning av brandsläckningsskum har en femgradig relativ skala använts med indelning enligt: mycket liten (1), liten (2), medelstor (3), stor (4) och mycket stor (5). Hur detta har fördelats på olika kategorier av påverkanskällor redovisas i tabell 10. Det ska framhållas att indelningen generellt sett inte baseras på verifierade uppgifter om representativa mängder skum för olika typer av händelser och påverkanskällor. Viss vägledning har erhållits från forskningsprojektet RE-PATH som redovisat uppskattade mängder PFAS som använts vid brandövning vid två stora civila flygplatser (Norström m. fl. 2015).

Tabell 10. Indelning av potentiella påverkanskällor i fem storleksklasser baserat på antagen mängd använt släckskum. BÖP avser brandövningsplats.

Kategori	Påverkanskällans storlek	Påverkanskällor, kategorier
5	Mycket stor	- BÖP på civil och militär flygplats
4	Stor	- BÖP på brandstation, övningsplats - BÖP på oljedepå, industri - BÖP och deponi - Enskild brandsläckningsinsats (> 5000 liter skum)
3	Medelstor	- Brandstation (ingen uppgift om BÖP) - Enskild brandsläckningsinsats (250–5000 liter skum)
2	Liten	- Enskild brandsläckningsinsats (50–250 liter skum)
1	Mycket liten	- Enskild brandsläckningsinsats (< 50 liter skum)

Tidpunkt för utsläpp

Underlagsmaterialet omfattar potentiella utsläpp av PFAS under de senaste två till tre decennierna. I riskbedömningen är det därför betydelsefullt att beakta tidpunkten vid vilken utsläppet skedde. Intill en påverkanskälla antas risken för påverkan på skyddsobjekt vara större om utsläppet inträffat alldeles nyligen jämförts med om det skedde för lång tid sedan. Detta eftersom effekten av ett utsläpp förmodas avta över tid, på grund av utspädning och borttransport av PFAS från föroreningens källområde. Längre bort från utsläppsplatsen däremot, kan risken för påverkan på skyddsobjekt antas öka över tid, till följd av spridning av PFAS över ett större område. Hur stort detta ”påverkansområde” är beror på faktorer som utsläppets storlek, dess omfattning över tid samt på vilket sätt spridning sker. Andra svårigheter består i att avgöra under hur lång tid ett utsläpp utgör en reell risk för skyddsobjekt. När avtar effekten av ett utsläpp? När kan risken avskrivas? Detta är frågor som i de flesta fall inte kan besvaras med det tillgängliga underlaget.

För de enskilda brandsläckningsinsatserna i MSBs databas finns tidpunkten för utsläppet registrerad (år-månad-dag), medan motsvarande uppgift ofta saknas för de påverkanskällor som registrerats i länsstyrelsernas sammanställning. Många av påverkanskällorna i länsstyrelsernas sammanställning utgör brandövningsplatser (tabell 3), där brandövning med skum ägt rum kontinuerligt under flera års tid. För de påverkanskällor där uppgift om tidpunkt för utsläpp saknas görs antagandet att det rör sig om ett pågående utsläpp för att inte underskatta risken för påverkan på grundvatten (värstafallscenario).

Spridning och sårbarhet

Spridningsvägar

I tabell 11 presenteras en sammanfattning av de transportvägar för PFAS som beaktas i riskbedömningen, samt i vilken omfattning dessa beaktas.

Tabell 11. Transportvägar för PFAS via grundvatten och ytvatten och hur dessa beaktas i riskbedömningen.

Spridningsväg	Hur spridningsvägen beaktas i riskbedömningen
Grundvatten i jord	Beaktas alltid
Grundvatten i berg	Beaktas, men oftast översiktligt på grund av stor osäkerhet gällande vattenförande sprickors förekomst och utbredning. Särskilt viktigt att beakta i områden med tunna jordtäcken på sprickrik berggrund och i områden med grundvattenmagasin i sedimentära bergarter (sandsten, kalksten).
Naturliga ytvattendrag, grävda diken och sjöar	Beaktas alltid
Ledningsnät, rörledningar, dräneringar	Beaktas, men alltid översiktligt eftersom tillräckligt heltäckande data saknas för riskbedömning. Bedöms dock ställvis vara en viktig spridningsväg för PFAS, framförallt i urbana områden, i områden med jord- och skogsbruk och längs vägnätet.

Spridningsförutsättningar

Hur olika PFAS-föreningar sprider sig i jord och grundvatten styrs bland annat av hur genomsläpplig jorden är, hur ämnet löser sig i vatten och hur väl ämnet binder till partiklar i jorden. När föreningen nått grundvattnet kan den spridas vidare till andra områden via grundvattenflödet. Hur jordlagerföljden ser ut på platsen spelar därför en avgörande roll för vilka konsekvenser som uppstår vid ett utsläpp till mark. Ju genomsläppligare och tunnare jordlager desto större är risken för allvarligare konsekvenser av ett utsläpp av farliga ämnen. Ungefärliga vattenhastigheter i olika jordarter vid mättat flöde samt uppskattning av tider för att nå grundvattenytan presenteras i tabell 12. Ett tillfälligt mättat flöde ovanför grundvattennivån kan exempelvis uppstå vid användning av stora mängder släckvatten samt vid långvarig nederbörd. Terrängens lutning och de grundvattenförande lagrens genomsläpplighet avgör hur snabbt grundvattnet rör sig. Jordens genomsläpplighet är även avgörande för hur stor andel av den totala föroreningstransporten som kan förväntas ske via grundvatten respektive ytvatten. Om markytan har låg genomsläpplighet rör sig utsläppet på ytan, om den har hög genomsläpplighet rör sig vätskan nedåt. I jordarter med hög genomsläpplighet (sand och grus) sker föroreningstransporten främst via grundvattnet, medan jordarter med låg genomsläpplighet (lera och silt) i stor utsträckning avvattnas via ytvattendrag och diken. I moränterräng avtar genomsläppligheten mot djupet, varför det ytliga grundvattnet transporteras mycket snabbare än det djupare (Aastrup m.fl. 1995).

Grundvattnets sårbarhet för föroreningar beror även på var i terrängen som utsläpp sker. Risken för att en förorening sprider sig i grundvattnet är mindre om utsläppet sker i ett utströmningsområde än om det sker i ett inströmningsområde för grundvatten. I ett inströmningsområde riskerar föroreningen att sprida sig till djupare nivåer och över ett större område innan grundvattnet strömmar ut i ett ytvattendrag eller en våtmark. För utströmningsområden är riskerna i större grad associerade med ytvatten än grundvatten.

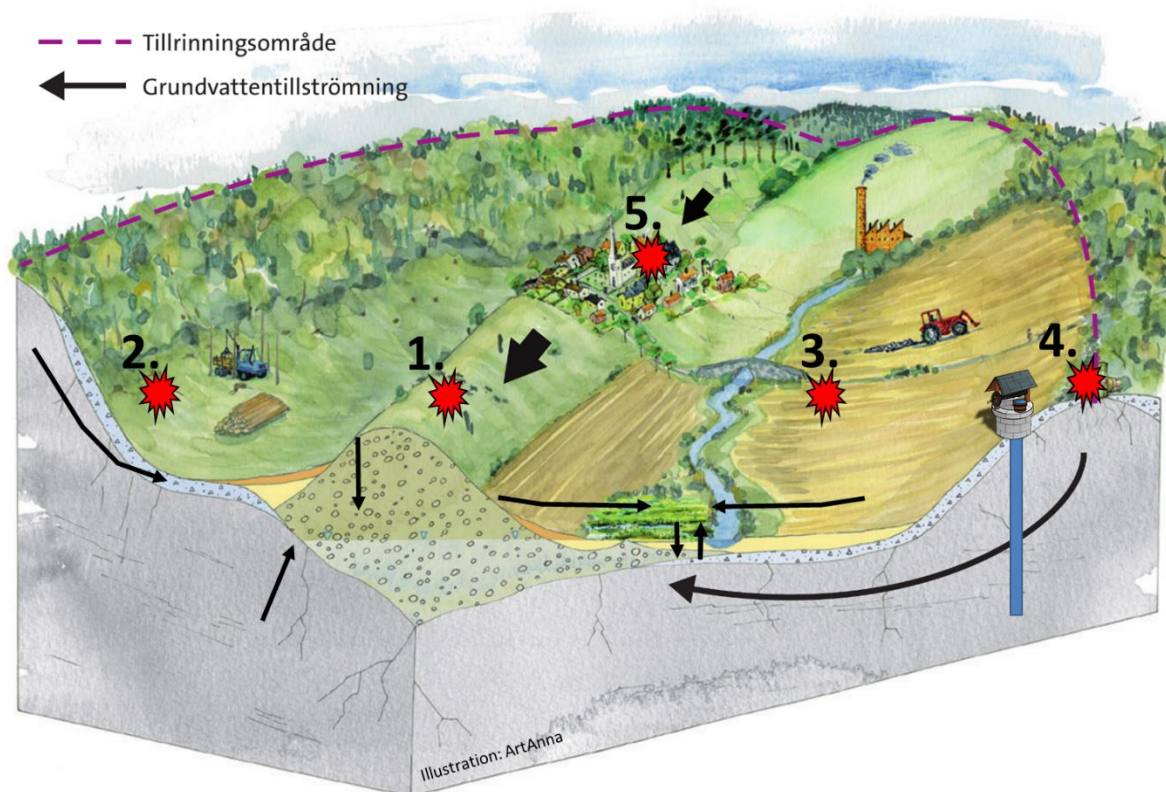
Normalt sker föroreningsspridningen långsammare än grundvattnets flödeshastighet. Kemiska sorptionsprocesser medför att molekyler fastnar vid partiklar i marken. För PFAS står sorptionen oftast i direkt proportion till halten av organiskt kol (Higgins & Luthy 2006, Ahrens m.fl. 2011; Milinovic m.fl. 2015). För PFAS med långa kol-fluorkedjor minskar vattenlösligheten och ökar bindningen till markens partiklar. Kortkedjade PFAS kommer därför att laka till grundvattnet i större utsträckning än långkedjade. Fördelningen av olika PFAS i ett vattenprov kan i vissa situationer användas för att påvisa dess koppling till föroreningskällan eller för att bedöma om föroreningen är lång- eller korttransporterad. Längre bort från föroreningskällan kan andelen kortkedjade PFAS förväntas öka relativt långkedjade PFAS.

Tabell 12. Ungefärlig vattenhastighet i olika jordarter vid mättat flöde under gradienten 1. Uppskattning av tider för att nå grundvattenytan om tillfälligt mättat flöde uppstår ovanför grundvattenytan. Från Thorsbrink med flera (2009), baserat på Naturvårdsverkets rapport 4852 (Naturvårdsverket 1998).

Jordart	Vattenhastighet	Tid till grundvattenytan vid olika djup till grundvattenytan		
		1 m	5 m	10 m
Grus	1 – 100 m/h	< 1 h	< 1 h	< 1 h
Sand	10 cm/d – 1 m/h	< 1 d	< 1 d – 1 mån	1 d – 1 år
Silt	1 cm – 1 m/år	1 mån – 1 år	> 1 år	> 10 år
Lera	1 – 10 cm/år	1 mån – 1 år	-	-
Grov morän	10 m/år – 1 m/h	< 1 d	< 1 d – 1 mån	1 d – 1 år
Lerig morän	10 cm – 100 m/år	1 d – 1 mån	1 mån – 1 år	1 mån – 1 år
Torv	1 – 100 m/år	> 1 d	-	-

Typområden

Riskbedömning har utförts för fem olika typområden baserat på olikheter i geologi, hydrogeologi, markanvändning, grundvattnets sårbarhet för föroreningar samt områdesspecifika spridningsförutsättningar med avseende på PFAS. Som underlag vid indelning i typområden har SGUs kartor över jordarter och markens genomsläpplighet använts. De senare visar en starkt förenklad bild över markens genomsläpplighet och bygger på omklassning av jordartskartan till tre klasser av genomsläpplighet: låg, medelhög och hög. I faktarutan *Typområden för riskbedömning* presenteras en översiktlig beskrivning av de fem typområdena och spridningsförutsättningar inom respektive område. För ökad förståelse illustreras i figur 6 var i terrängen dessa typområden påträffas.



Figur 6. Typiska jordarter och hydrogeologiska miljöer under högsta kustlinjen med ett grundvattenmagasin i en rullstensås omgiven av lera-silt med uppstickande moränhöjder och berghällar. De röda stjärnsymbolerna illustrerar utsläpp på olika platser i terrängen. Siffrorna vid varje symbol refererar till typområdena 1–5 i faktarutan *Typområden för riskbedömning*. Notera att tillrinning av grundvatten till magasinet även kan ske från omgivande berg- och moränområden.

Typområden för riskbedömning

Typområde 1. Sand och grusavlagringar

- Jordarter med hög genomsläpplighet och hög sårbarhet för utsläpp av PFAS
- Områden markerade i grönt (isälvsavlagringar) respektive orange (svallsand) på SGUs jordartskarta
- Områden markerade i rött på SGUs markgenomsläpplighetskarta (hög genomsläpplighet).
- Spridningen av PFAS sker huvudsakligen via grundvatten.
- Risk för relativt snabb ämnestransport över långa sträckor (100-tals – 1 000-tals meter) via grundvatten i sandigt, grusigt material med hög genomsläpplighet.
- Grundvattnets strömningsriktning följer nödvändigtvis inte topografiskt betingade gradienter.
- Inrymmer ofta grundvattenmagasin med goda uttagmöjligheter. Utspädning av föroreningar och omsättningen av grundvatten kan vara relativt stor.
- Större grundvattentäkter och grävda enskilda brunnar är ofta belägna inom isälvsavlagringar och andra sandiga avlagringar.
- Många civila och militära flygplatser och flygbaser med brandövningsplatser ligger på flacka isälvsavlagringar och andra sandavlagringar. Även många vägar är lokaliserade längs rullstensåsar.

Typområde 2. Moränområden

- Jordarter med medelhög genomsläpplighet. Variationerna kan vara mycket stora beroende på kornstorleksfördelning och packningsgrad.
- Områden som markeras i blått på jordartskartan och i gult på kartan över genomsläpplighet.
- Grundvattnets sårbarhet mot föroreningar uppvisar stor variation.
- Spridning av PFAS kan förväntas ske via grundvatten, men även via ytvatten i terrängens lågpunkter.
- Grundvattnets flödesriktning sammanfaller relativt väl med topografiskt betingade gradienter.
- Spridningen via grundvatten i typområde 2 är mer begränsad i geografisk utbredning jämfört med typområde 1 p.g.a. moränens lägre genomsläpplighet och större fastläggning av PFAS till organiskt material och jordpartiklar.

Typområde 3. Finkorniga jordarter (lera och silt) samt torv

- Jordarter med låg genomsläpplighet, grundvattnet uppvisar låg sårbarhet
- Områden som är markerade i olika nyanser av gult (lera och silt) och brunt (torv) på jordartskartan.
- Områden som är markerade i grönt på kartan över genomsläpplighet.
- Grundvattentransport begränsad p.g.a. jordarter med låg genomsläpplighet.
- Risk för spridning via ytvattendrag och dräneringar i vilka PFAS snabbt kan transporteras över långa avstånd.
- Risk för spridning till ev. underliggande grundvattenmagasin via preferentiella flödesvägar (exempelvis torksprickor i lera).
- Många civila och militära flygplatser och -baser med tillhörande brandövningsplatser ligger inom flacka områden dominerade av lera och silt.

Typområde 4. Områden med mycket tunna jordtäcken eller berg i dagen

- Områden markerade i rött på jordartskartan
- Oftast områden under högsta kustlinjen (HK), särskilt kustnära områden
- Mycket varierande genomsläpplighet, från ingen alls till hög i sprickzoner. Oftast markerade i gult (medelhög genomsläpplighet) på kartan för genomsläpplighet.
- Risk för snabb spridning till vattenförande sprickor i berget.
- Grundvatten i berg nyttjas ofta för enskilda vattentäkter (bergbörade brunnar).

Typområde 5. Urbana områden

- Områden med reducerad grundvattenbildning p.g.a. stor andel hårdgjorda ytor
- Ofta svårt att bedöma spridning. En betydande andel av spridningen förmodas ske via ledningsnät och rörledningar till närmaste ytvattendrag, sjöar och hav.
- Hårdgjorda ytor leder till ytavrinning, men fyllnadsmaterial kan vara mycket genomsläppligt.
- Ofta rött på markgenomsläpplighetskartan, men avslöjar inget om hårdgjorda ytor.
- Mestadels allmän vattenförsörjning, liten andel enskilda brunnar.

Bedömning av spridningsriktning

I de flesta områden kan topografiska data (högupplösta höjddata och höjdkurvor) användas för bedömning av vattnets och PFAS väg genom landskapet (tabell 8). Utgångspunkten är att vattnet genom tyngdkraftens inverkan rör sig från högre terrängavschnitt till lägre.

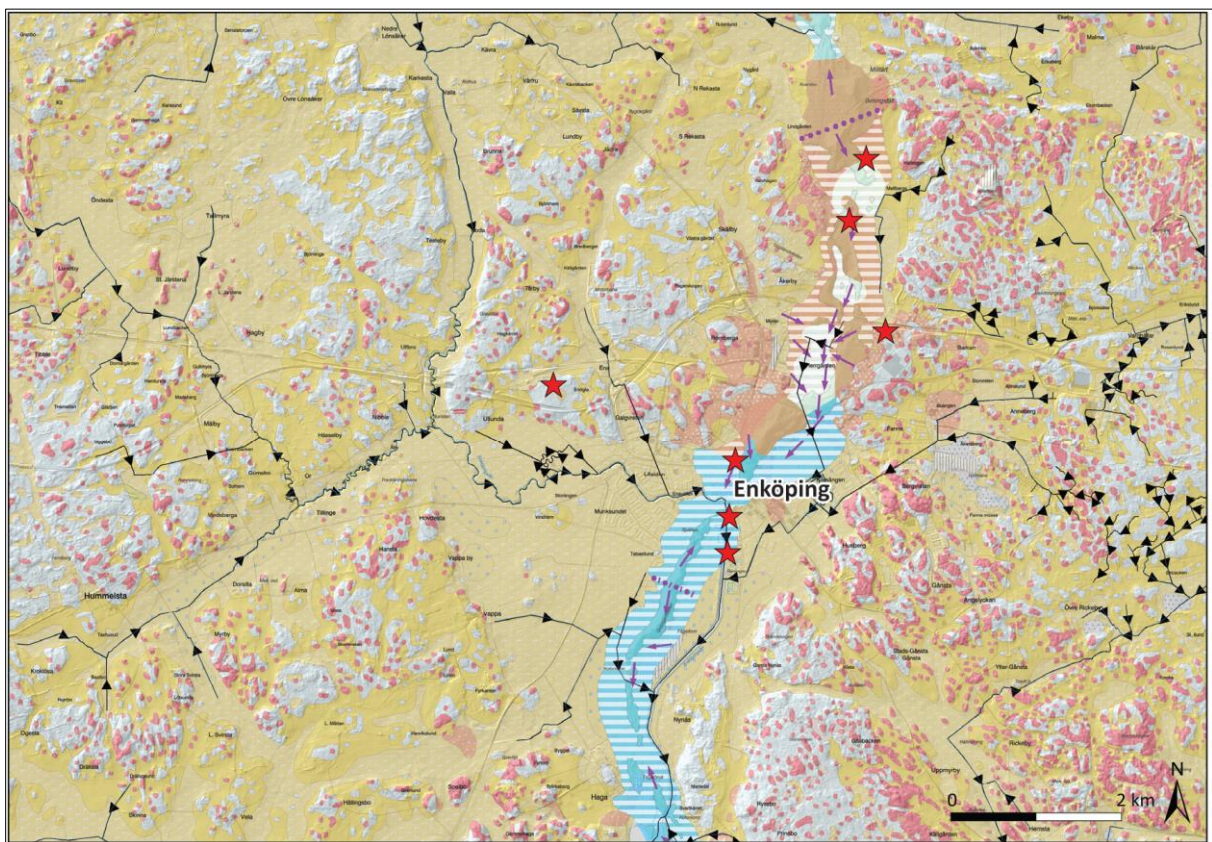
Undantag är områden dominerade av isälvsavlagringar (**typområde 1**), där grundvattenströmning ofta sker längs flacka gradienter oberoende av markytans topografi. I SGUs nuvarande kartläggning av grundvattenmagasin i skala 1:50 000 ingår bedömningar om grundvattnets strömningens riktning. Inom dessa grundvattenmagasin kan grundvattenströmningss pilar och information om grundvattendelare användas för att bedöma i vilken riktning förorenings-spridning sker (fig. 7). Informationen ger en generaliserande bild av huvudströmningens riktningen inom grundvattenmagasinet. Vidare kan utströmningss områden för grundvatten lokaliseras med hjälp av källflöden (SGUs Källarkiv) och förekomsten av våtmarker/torvmarker (markerade i brunt på jordartskartan) i anslutning till grundvattenmagasinen. Genom att på detta sätt lokalisera utströmningss punkter i grundvattenmagasinen kan en kvalificerad gissning om förorenings-transporten göras även där information om grundvattnets strömning är bristfällig. Inom SGUs kartläggning av grundvattenmagasin görs även en bedömning av tillrinningsområdet till magasinet och hur stor del av den effektiva nederbörden som kommer att nå grundvattenmagasinet. Sådan information kan användas för att bedöma om spridning av föroreningar kan ske från omgivningen till grundvattenmagasinet. Dessutom kan vattendrag som korsar eller löper längs isälvsavlagringar vittna om möjligt utbyte av vatten och PFAS mellan grundvattenmagasin och vattendrag (fig. 7). Det kan dock vara svårt att avgöra om flöde sker riktat från ytvatten till grundvatten eller omvänt. För majoriteten av de grundvattenmagasin som är kartlagda av SGU har det förutom kartor även upprättats beskrivningar där information om hydrogeologiska förhållanden, ytvattenkontakter, uttagss möjligheter, grundvattenkemi och grundvattnets användning finns att tillgå. Beskrivningarna finns att ladda ner som pdf-filer i GeoLagret på SGUs webbplats.

I moränområden (**typområde 2**) antas grundvattnets strömning följa topografiskt betingade gradienter. Terrängens lutning och de grundvattenförande lagrens genomsläpplighet avgör hur snabbt grundvattnet rör sig. Spridningen av PFAS antas ske både via grundvatten och via ytvatten i terrängens lågpunkter. Det är därför betydelsefullt att lokalisera inströmningss- och utströmningss områden för grundvatten liksom ytvattendrag där vidare förorenings-transport kan ske. I riskbedömningen har hydrografiska data från SMHI (hydrografiskt nätverk) använts för att lokalisera spridningss vägar längs ytvattendrag, diken och sjöar (se strömningss pilar för ytvatten i figur 7).

I områden dominerade av finkorniga ler- och siltjordarter eller torv (**typområde 3**) är grundvattenbildningen och -transporten oftast begränsad på grund av låg genomsläpplighet. En betydande del av spridningen (> 70 procent) antas därför ske via ytvattendrag, diken och dräneringar till större recipienter (sjöar och hav). Det föreligger risk för snabb spridning över långa avstånd. Även här används hydrografiska data från SMHI (hydrografiskt nätverk) för att lokalisera spridningss vägar längs ytvattendrag, diken och sjöar (fig. 7). I vissa områden återfinns grundvattenmagasin i genomsläppliga jordlager under mer eller mindre mäktiga lager av silt-lera med låg genomsläpplighet för vatten och föroreningar. I den hydrogeologiska kartan (1:50 000) markeras förekomsten av grundvattenmagasin under lågpermeabla jordlager med vitstreckade raster (fig. 7). Detta medför naturligt skydd mot förorening, men innebär inte automatiskt att risken för spridning av förorening till magasinet helt kan avskrivas. De låggenomsläppliga jordlagrens kontinuitet och utbredning är osäkra med den skala som används. Bedömningar måste göras från fall till fall och med hänsyn tagen till den mängd släckskum som släppts ut.

Områden med tunna jordtäcken (<0,5 m) eller berg i dagen (**typområde 4**) är markerade med röd färg i SGUs jordartskarta. Det rör sig i de flesta fall om moränområden med förhöjd risk för att utsläpp snabbt transporteras ner till vattenförande sprickor i berggrunden. Denna områdestyp återfinns vanligen i kustnära områden där omfattande svallning i samband med landhöjning omlagrat jordarterna efter den senaste istiden.

I urbana områden (**typområde 5**) är grundvattenbildningen ofta avsevärt reducerad till följd av hårdgjorda ytor och stor andel ytvattenavrinning. Dag- och dränvattensystem bedöms utgöra viktiga spridningsvägar till närliggande vattendrag, sjöar och hav. Dricksvattenuttag från enskilda brunnar är begränsad. Risken för påverkan till följd av utsläpp är i större grad associerad med ytvatten än med grundvatten. Undantag är tätorter belägna på grundvattenmagasin (till exempel rullstensåsar), där stora uttag görs för den allmänna vattenförsörjningen.



Figur 7. Exempel på hur information från hydrogeologiska kartor (SGU) och hydrografiskt nätverk (SMHI) kan användas för att uppskatta spridningen av föroreningar (PFAS) i terrängen. Röda stjärnsymboler är potentiella påverkanskällor för PFAS. I kartan syns hur en isälsavlagring (grön) sträcker sig i nordsydlig riktning genom landskapet, omgiven av lerslätter (gul) och däri uppstickande moränhöjder (blå) och berghällar (röd). Strömningss pilar (rosa) visar grundvattnets strömningsriktning i det grundvattenmagasin som finns inrymt i isälsavlagringen. Notera att på var sin sida om de två grundvattendelarna (rosa prickad linje) så strömmar grundvattnet åt olika håll, vilket är viktig information vid uttolkning av förorenings-spridning. I den södra delen av kartan syns vitstreckade raster som visar utbredningen av låggenomsläppliga jordlager ovanpå grundvattenmagasinet. Svarta strömningss pilar (hydrografiskt nätverk) visar ytvattnets strömning i landskapet. Där vattendrag korsar isälsavlagringen finns risk för möjligt utbyte av vatten och föroreningar mellan grundvattnet och ytvattnet.

Riktvärden och gränsvärden

Kemiska analyser av PFAS har i de fall sådana funnits att tillgå använts för bedömning av föroreningsnivå och kartläggning av spridning. Ambitionen har varit att samla in provanalyser från olika provtagningsmedier (grundvatten, ytvatten och fisk) för att få ett heltäckande underlag. Det finns flera olika bedömningsgrunder för PFAS som olika myndigheter har tagit fram och de har olika juridisk status. I tabell 13 presenteras en sammanställning av de riktvärden som i någon grad beaktats i föreliggande riskbedömning. Det kan dock nämnas att den europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten, Efsa, i september 2020 fastställde nya värden för tolerabelt dagligt intag av PFAS, som är betydligt lägre än vad som tidigare angetts. Det medför att de olika svenska gräns-, rikt- och begränsningsvärdena behöver ses över och möjligen kommer att justeras till lägre nivåer än de nuvarande.

Tabell 13. Myndigheternas bedömningsgrunder för PFAS (gränsvärden, riktvärden och begränsningsvärden).

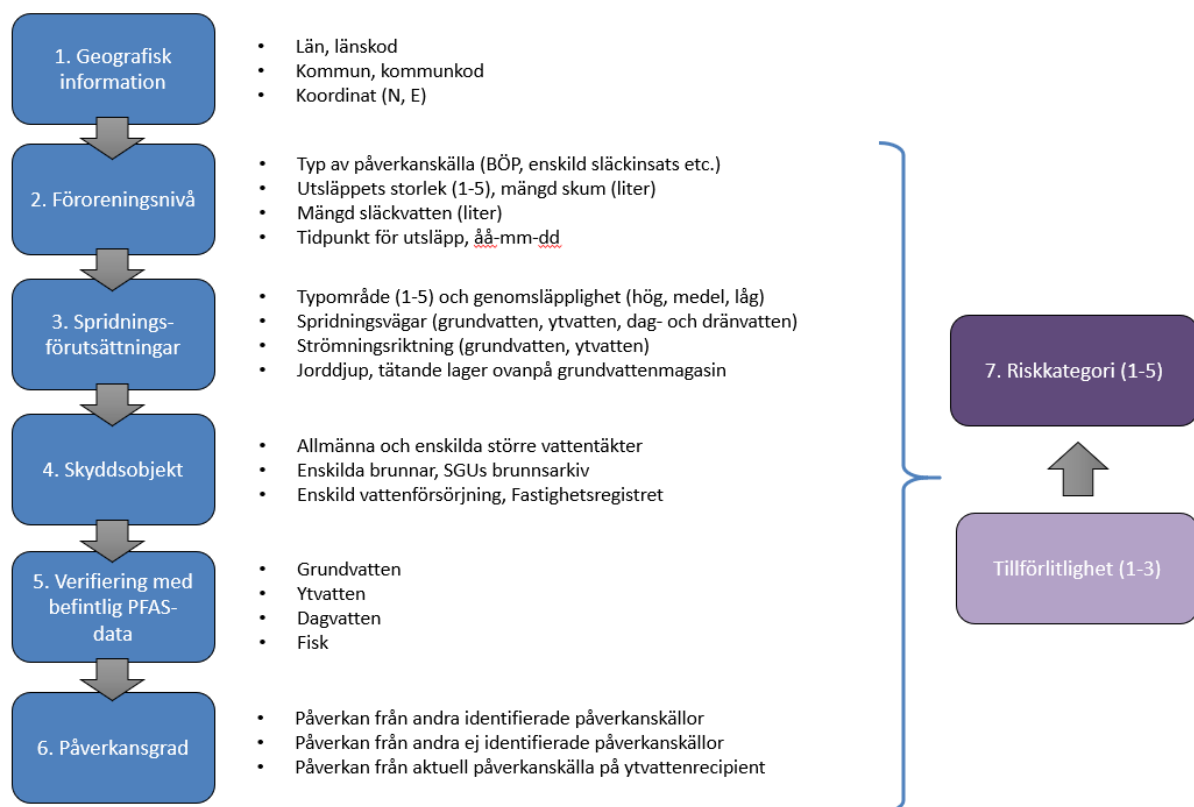
Typ av prov	Ämne och halt	Kommentar
Grundvatten	Summan av 11 individuella PFAS 90 ng/l ¹ , tidigare summan av 7 individuella PFAS ² .	Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för dricksvatten. Om gränsen överskrids bör dricksvattenproducenten vidta åtgärder för att sänka halten till så låga nivåer som är praktiskt möjligt.
Grundvatten	Miljö kvalitetsnorm för PFAS (summa 11 ¹) i grundvatten. - Riktvärde: 90 ng/liter - Utgångspunkt för att vända uppåtgående trend: 18 ng/liter	Miljö kvalitetsnorm (MKN) för grundvatten i grundvattenförekomster avgränsade inom vattenförvaltningen. Juridiskt bindande riktvärde för bedömning av påverkan, risk, status och åtgärdsbehov. Utgår från Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för dricksvatten.
Grundvatten	45 ng PFOS/liter	Preliminärt riktvärde för PFOS i grundvatten (SGI, 2015). Används för bedömning av hälso- och miljörisker som ett förorenat område utgör. Ett överskridande av riktvärdet innebär inte nödvändigtvis att negativa effekter för människa eller miljö föreligger.
Inlandsytvatten	Årsmedelvärde 0,65 ng PFOS/liter	Grund för miljö kvalitetsnorm (MKN). Gränsvärde som är juridiskt bindande för vattenmyndighetens bedömning av påverkan, risk, status och åtgärdsbehov.
Fisk	9,1 mg PFOS/kg	Grund för miljö kvalitetsnorm (MKN). Gränsvärde som är juridiskt bindande för vattenmyndighetens bedömning av påverkan, risk, status och åtgärdsbehov.

¹ Perfluorbutansulfonat (PFBS), Perfluorhexansulfonat (PFHxS), Perfluoroktansulfonat (PFOS), Fluortelomersulfonat (6:2 FTS), Perfluorbutanoat (PFBA), Perfluorpentanoat (PFPeA), Perfluorhexanoat (PFHxA), Perfluorheptanoat (PFHpA), Perfluoroktanoat (PFOA), Perfluornonanoat (PFNA) och Perfluordekanoat (PFDA).

² Perfluorbutansulfonat (PFBS), Perfluorhexansulfonat (PFHxS), Perfluoroktansulfonat (PFOS), Fluortelomersulfonat (6:2 FTS), Perfluorbutanoat (PFBA), Perfluorpentanoat (PFPeA), Perfluorhexanoat (PFHxA), Perfluorheptanoat (PFHpA), Perfluoroktanoat (PFOA), Perfluornonanoat (PFNA) och Perfluordekanoat (PFDA).

GENOMFÖRANDE AV RISKBEDÖMNING OCH DOKUMENTATION

I detta avsnitt beskrivs hur riskbedömningen har genomförts i sju steg, vilka schematiskt beskrivs i figur 8. Riskbedömning har gjorts för varje individuell påverkanskälla som till sist tilldelats en riskkategori (relativ femgradig skala) samt ett mått på bedömningens tillförlitlighet (tregradig poängskala). De olika stegen och resultaten av riskbedömningen har dokumenterats i en databas (excelfil) som kommer att kunna laddas ner från Naturvårdsverkets webbplats (se avsnitt *Redovisning och dokumentation*). I de nästkommande avsnitten beskrivs hur riskbedömning av varje individuell potentiell påverkanskälla för PFAS har utförts (steg 1–7) och hur information från respektive steg har dokumenterats i databasen.



Figur 8. Schematisk bild som visar de olika stegen i riskbedömningen.

Steg 1. Geografiska uppgifter och information om påverkanskällan

I det första steget bokförs grundläggande information om den aktuella påverkanskällan och dess lokalisering (tabell 14).

Tabell 14. Geografiska uppgifter och information om påverkanskällan.

Kolumn Excel	Info	Förkortning Excel	Förklaring och hänvisning
A	ID påverkanskälla	ID	Numrerade från norr till söder
B	Län	LAN	
C	Länskod	LANKOD	
D	Kommun	KOM	
E	Kommunkod	KOMKOD	
F	Koordinat, N	KOORD_N	SWEREF
G	Koordinat, E	KOORD_E	SWEREF
H	Databas	DATAB	Här anges från vilken databas påverkanskällan söks ut: <ul style="list-style-type: none">- LST (länsstyrelsernas sammanställning)- MSB (data från MSB avseende enskilda brandsläckningsinsatser)- ÖVR (rapporter från Försvarsmakten m.fl.)
I	Objekttyp	OTYP	Ex. brandövningsplats (BÖP), brandsläckningsinsats
J	Händelsetyp	HTYP	Ex. brand i personbil, industrifastighet

Steg 2. Påverkanskällans storlek och tidpunkten för utsläppet

I ett andra steg bokförs tillgänglig information om den aktuella påverkanskällans storlek och tidpunkten för utsläppet (tabell 15). I databasen har tillgängliga uppgifter om mängd skum (liter), mängd släckvatten (liter) och tidpunkt för utsläpp (år-månad-dag) noterats. För att möjliggöra jämförelse mellan påverkanskällor har påverkanskällans storlek angetts enligt femgradiga skala enligt principer för indelning presenterade i avsnitt *Föreningsskällans storlek*.

Tabell 15. Information om påverkanskällans storlek och tidpunkten för utsläppet.

Kolumn Excel	Info	Förkortning Excel	Förklaring och hänvisning
K	Mängden skum	KALLA_SKUM	Anges som antal liter skum där uppgift finns, eller som "iu" i de fall uppgift saknas.
L	Mängden släckvatten	KALLA_SLVAT	Anges som antal liter släckvatten där uppgift finns eller "iu" i de fall uppgift saknas.
M	Källtermens storlek, kategori	KALLA_STL_KAT	Anges enligt femgradig skala där (5) anger mycket stor, (4) stor, (3) medelstor, (2) liten och (1) mycket liten storlek. Principer för indelning presenteras i avsnitt <i>Föreningsskällans storlek</i> .
N	Tidpunkt för utsläpp	KALLA_TIDP	Anges som åååå-mm-dd där uppgift finns eller som "iu" där uppgift saknas

Steg 3. Spridningsförutsättningar och spridningsvägar

I ett tredje steg samlas information som möjliggör bedömning av spridningen av PFAS och dess omfattning (tabell 16). Detta innefattar uppgifter om typområde, markens genomsläpplighet och spridningsvägar (se avsnitt *Spridning och sårbarhet*).

Tabell 16. Spridningsförutsättningar och spridningsvägar.

Kolumn Excel	Info	Förkortning Excel	Förklaring och hänvisning
O	Typområde	SPRID_TYPOMR	Typområde enligt indelning i fem kategorier: (1) sand och grusavlagringar, (2) moränområden, (3) finkorniga jordarter samt torv, (4) tunt jordtäckte el. berg i dagen och 5) urbana områden
P	Markens genomsläpplighet	SPRID_MARKG	Hög (H), medelgod (M) eller låg (L)
Q	Förekomst av lågpermeabla jordlager ovanför grundvattenmagasin.	SPRID_LUG	Anges med JA om så är fallet.
R	Primär spridningsväg	SPRID_PRIM	Bedömd primär spridningsväg för PFAS (t.ex. grundvatten, ytvatten, dagvatten).
S	Primär spridningsväg, kommentar	SPRID_PRIM_KOM	Ex. "bedömd spridning åt N"
T	Sekundär spridningsväg	SPRID_SEK	Bedömd sekundär spridningsväg för PFAS (t.ex. grundvatten, ytvatten, dagvatten)
U	Sekundär spridningsväg, kommentar		Som för primär spridningsväg, kommentar ovan
V	Övrig spridningsväg	SPRID_OVR	Övriga spridningsvägar av betydelse (t.ex. grundvatten, ytvatten, dagvatten)
W	Övrig spridningsväg kommentar		Som för primär spridningsväg, kommentar ovan
X	Ytvattenrecipient för utsläpp	SPRID_REC	Här namnges ytvattenrecipient/-er för utsläpp (vattendrag, sjö, hav)

Steg 4: Information om skyddsobjekt

I ett fjärde steg bokförs information om skyddsobjekt (se avsnitt *Skyddsobjekt*) som riskerar att påverkas av den aktuella potentiella påverkanskällan (tabell 17). Till grund för riskbedömning ligger bland annat uppgifter om vattentäktstyp (grundvattentäkt, konstgjord infiltration), brunns- typ (grävda, bergborrade), brunnars användning (dricksvattenförsörjning, annan användning) och jorddjup (från brunnsprotokoll). Av sekretesskäl kan emellertid inga uppgifter lämnas ut som riskerar att avslöja vattentäkters position eller på något sätt kan kopplas till en specifik brunn eller fastighet med enskild vattenförsörjning (se avsnitt *Sekretess*). Specifika uppgifter om vattentäkter och enskilda brunnar delges ej. Utlämnande av eventuella ytterligare uppgifter kan på begäran komma att prövas av SGU från fall till fall.

Tabell 17. Information om skyddsobjekt.

Kolumn Excel	Info	Förkortning Excel	Förklaring och hänvisning
Y	Förekomst av allmänna eller större enskilda grundvattentäkter och/eller enskilda brunnar som beaktas i bedömningen.	SKY_MP	JA/NEJ

Steg 5: Validering mot provanalyser

I ett femte steg noteras om det finns provanalyser avseende PFAS att tillgå för validering, vilken typ av analyser som finns (grundvatten, ytvatten, biota), tidpunkten för provtagning (år) och hur resultaten förhåller sig till de i tabell 13 redovisade tillämpliga rikt- och gränsvärdena för PFAS (summa 11), PFAS (summa 7) och PFOS (tabell 18). Som tidigare nämnts kan de nya lägre värden för tolerabelt dagligt intag av PFAS som fastställdes av den europeiska livsmedels-säkerhetsmyndigheten, Efsa, i september 2020 föranleda en sänkning av nu gällande rikt- och gränsvärden.

Tabell 18. Validering mot provanalyser.

Kolumn Excel	Bokförd information	Förkortning Excel	Förklaring
Z	Finns tillgång till provanalyser för validering?	VAL_MD	Ja/Nej
AA	Grundvatten PFAS (summa 7 eller summa 11), uppmätt halt	VAL_GVPFASSUM_H	Haltintervall i förhållande till tillämpliga riktvärden redovisade i tabell 13, enligt: <ul style="list-style-type: none"> - ≤ LOQ¹ - >LOQ – <18 ng/l² - 18 – <90 ng/l³ - 90 – <900 ng/l - ≥ 900 ng/l⁴
AB	Grundvatten PFAS (summa 7 eller summa 11), tidpunkt	VAL_GVPFASSUM_T	Datum (åå-må-dd) eller år provtagning utfördes
AC	Grundvatten PFOS, uppmätt halt	VAL_GVPFOS_H	Haltintervall i förhållande till tillämpliga riktvärden redovisade i tabell 13, enligt: <ul style="list-style-type: none"> - <LOQ¹ - >LOQ – <45 ng/l⁵ - ≥ 45 ng/l
AD	Grundvatten, PFOS, tidpunkt	VAL_GVPFOS_T	Datum (åå-må-dd) eller år provtagning utfördes
AE	Ytvatten PFOS, uppmätt halt	VAL_YVPFOS_H	Haltintervall i förhållande till tillämpliga riktvärden redovisade i tabell 13, enligt: <ul style="list-style-type: none"> - <LOQ¹ - >LOQ – <0,65 ng/l⁶ - ≥ 0,65 ng/l
AF	Ytvatten PFOS, tidpunkt	VAL_YVPFOS_T	Datum (åå-må-dd) eller år provtagning utfördes
AG	Fisk PFOS, uppmätt halt	VAL_FKPFOS_H	Haltintervall i förhållande till tillämpliga riktvärden redovisade i tabell 13, enligt: <ul style="list-style-type: none"> - < 9,1 mg/kg⁷ - ≥ 9,1 mg/kg
AH	Fisk PFOS, tidpunkt	VAL_FKPFOS_T	Datum (åå-må-dd) eller år provtagning utfördes
AI	Dag- och dräneringsvatten, uppmätt halt	VAL_DV_H	Samma som för ytvatten
AJ	Dag- och dräneringsvatten, tidpunkt	VAL_DV_T	Samma som för ytvatten

¹ LOQ (*limit of quantification*) avser laboratoriets rapporteringsgräns för analysen

² Riktvärde (18 ng/l) för att vända uppåtgående trend inom grundvattenförekomster avgränsade i vattenförvaltningen

³ Livsmedelsverkets åtgärdsgräns (90 ng/l) för summan av 11 PFAS (tidigare PFAS summa 7), tillika miljökvalitetsnorm för grundvatten i grundvattenförekomster avgränsade i vattenförvaltningen

⁴ Haltgräns (900 ng/l) vid vilken Livsmedelsverket avråder att dricka vattent

⁵ Preliminärt riktvärde för PFOS (45 ng/l) i grundvatten (SGI, 2015).

⁶ Miljökvalitetsnorm för PFOS (0,65 ng/l) i ytvattenförekomster (årsmedelvärde, inlandsytvatten)

⁷ Miljökvalitetsnorm för PFOS (9,1 mg/kg) i fisk

Steg 6: Bedömning av påverkan

Det sjätte momentet har bestått i att för varje individuell potentiell påverkanskälla bedöma dess påverkan på grundvatten i förhållande till det totala bidraget från andra potentiella påverkanskällor i omgivningen (tabell 19). Potentiell påverkan från andra identifierade och ej identifierade potentiella påverkanskällor (inkluderas respektive saknas i underlaget) anges som stor, måttlig, liten eller ej relevant. Ej relevant, innebär att inga andra påverkanskällor än den aktuella bedöms kunna orsaka påverkan på grundvatten och relaterade skyddsobjekt (allmänna och enskilda vattentäkter). Denna typ av information kan vara relevant i till exempel tätbebyggda områden där många släckinsatser med skumvätska genomförts inom ett begränsat område. Inom ramen för steg 6 uppskattas även graden av påverkan på nedströms liggande ytvattenrecipient. Detta görs för att även belysa risker för negativ påverkan på ytvatten, eftersom det endast är risker för påverkan på grundvatten som beaktas vid riskklassning av potentiella påverkanskällor.

Tabell 19. Bedömning av påverkan.

Kolumn Excel	Bokförd info	Förkortning Excel	Förklaring och hänvisning
AK	Påverkan från andra identifierade påverkanskällor	PAV_IPK	Stor, måttlig, liten, obetydlig, ej relevant
AL	Påverkan från ej identifierade påverkanskällor i närområdet ¹	PAV_EIPK	Stor, måttlig, liten, obetydlig, ej relevant
AM	Påverkan från aktuell påverkanskälla på ytvattenrecipient	PAV_YVR	Stor, måttlig, liten, obetydlig, ej relevant

¹ Relevant i de fall det finns en oidentifierad påverkanskälla för PFAS, t.ex. då provanalyser visar att påverkan på grundvatten föreligger men denna ej kan kopplas till någon känd identifierad påverkanskälla i området.

Steg 7: Sammanvägd riskbedömning och riskklassning

I det sista steget sammanvägs för varje individuell potentiell påverkanskälla för PFAS information om:

- Påverkanskällans storlek (relativ skala 1–5), mängd utsläppt släckskum och släckvatten.
- Tidpunkten för utsläpp (år, mån, dag).
- Typområde (5 st.), grundvattnets sårbarhet, genomsläplighet (låg, medelhög, hög).
- Primära, sekundära och övriga spridningsvägar (grundvatten, ytvatten, dagvatten m.fl.).
- Skyddsobjekt (allmänna och enskilda större vattentäkter samt enskilda brunnar).
- Tillgängliga provanalyser med avseende på PFAS, validering mot uppmätta halter.
- Grad av påverkan på skyddsobjekt från andra identifierade eller ej identifierade påverkanskällor för PFAS.

Baserat på den sammanvägda informationen tilldelas respektive påverkanskälla slutligen en riskkategori (relativ skala 1–5) samt ett mått på bedömningens tillförlitlighet (poängskala 1–3), se avsnitt *Riskkategorisering*.

Tabell 20. Sammanvägd riskbedömning och riskklassning.

Kolumn Excel	Bokförd info	Förkortning Excelfil	Förklaring och hänvisning
AN	Riskklass	RES_KAT	1. Risk för påverkan föreligger med säkerhet, oftast verifierad med provanalyser avseende PFAS. 2. Risk för påverkan föreligger sannolikt. Viss osäkerhet. 3. Risk för påverkan kan ej uteslutas. Stor osäkerhet. 4. Risk för påverkan ej trolig baserat på tillgängligt underlag. 5. Bedömning av risk är inte möjlig, otillräckligt dataunderlag.
AO	Grad av tillförlitlighet	RES_TIL	3. Hög tillförlitlighet 2. Medelgod tillförlitlighet 1. Låg tillförlitlighet

RESULTAT OCH ERFARENHETER

I detta avsnitt presenteras inledningsvis en översiktlig sammanställning av de provanalyser avseende PFAS som använts i riskbedömningen. Först redovisas tillgängliga analysdata från SGUs databaser för grundvattennät och miljöövervakning (GRVN) samt Vattentäktsarkivet (VTAK). Därefter redovisas resultat från den kompletterande provtagning och analys av 32 PFAS i grundvatten och råvatten som utfördes i november och december 2018 på 16 strategiskt utvalda platser i södra Sverige. Vidare presenteras ett sammandrag av resultaten från riskbedömningen. Hur riskbedömning utförts i olika typområden illustreras med några exempel. Slutligen redovisas de huvudsakliga osäkerheter som bedöms föreligga vid riskbedömningen.

Vad visar de tillgängliga analyserna av PFAS?

PFAS i grundvatten och råvatten: data från SGU

I SGUs databaser för grundvattennät och miljöövervakning (GRVN) samt Vattentäktsarkivet (VTAK) återfinns analyser av PFAS från 2009 och senare. Före 2011 analyserades oftast endast PFOS och PFOA, men senare analyser omfattar i regel sju (PFAS-7), elva (PFAS-11) eller, i enstaka fall, ytterligare PFAS. Insamlade data representerar både opåverkade och av människan påverkade områden med avseende på PFAS.

I tabell 21 framgår antalet provplatser (vattentäkter, vattenverk, grundvattenrör eller källor) där PFAS har analyserats samt på hur många av dessa provplatser enskilda PFAS samt summan av 11 PFAS har uppmätts i halter över analyslaboratoriernas rapporteringsgränser (LOQ, eng. *limit of quantification*). Redovisningen har begränsats till att omfatta de 11 PFAS som omfattas av Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för dricksvatten. Redovisning görs i fallande ordning efter fyndfrekvens (det vill säga den procentuella andelen provplatser där PFAS detekterats i halter över rapporteringsgräns).

Det framgår att PFOS och PFOA är de enskilda PFAS som har analyserats på flest platser (723 respektive 717 platser) och att PFAS (summa 11) har analyserats på mindre än hälften av dessa platser (316). Följaktligen är det svårt att på många platser relatera uppmätta PFAS-halter till Livsmedelsverkets åtgärdsgräns på 90 ng/l avseende PFAS (summa 11). På de platser där PFAS (summa 11) analyserats i grundvatten och råvatten har halter över rapporteringsgränsen påvisats vid nästan hälften av provplatserna (47 procents fyndfrekvens). Den höga fyndfrekvensen beror på att provtagning i många fall utförts på platser där PFAS kan förväntas förekomma i grundvatten och ska inte ses som ett representativt värde för grundvattnet som helhet i Sverige. På platser där det saknas punktkällor för PFAS ligger halterna i grundvatten oftast under rapporteringsgränsen.

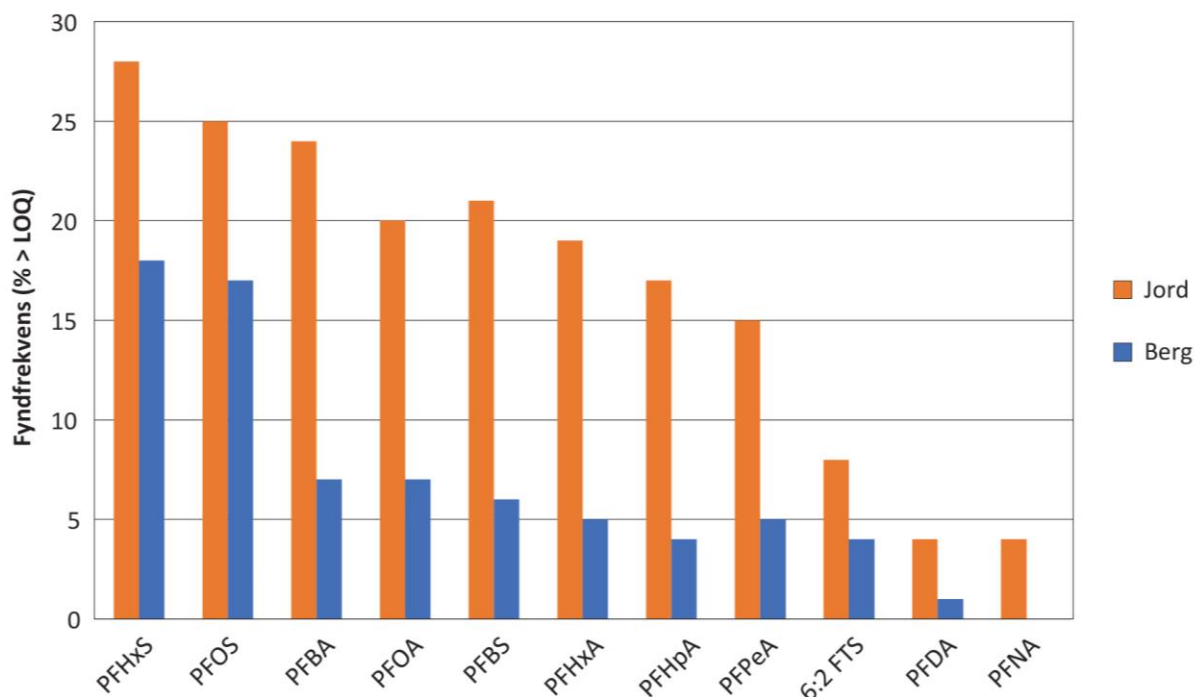
I fråga om enskilda PFAS så är det PFHxS och PFOS som var vanligast förekommande i grundvatten och råvatten, med en fyndfrekvens kring 25 procent (det vill säga var fjärde provplats). Därefter följer PFBA, PFOA och PFBS vilka detekterades i halter över rapporteringsgräns vid ungefär var femte provplats där dessa ämnen analyserades. Dessa PFAS är vanligt förekommande på platser där till exempel brandövning har förekommit. Resultaten indikerar att brandsläcknings-skum är en möjlig källa till PFAS i grundvatten.

Betydligt fler analyser finns att tillgå för jordgrundvatten än grundvatten i berg (tabell 21). Jordgrundvatten har också högre fyndfrekvens för samtliga PFAS (fig. 9). En högre fyndfrekvens kan illustrera att jordgrundvatten generellt sett är mer exponerat för föroreningar än grundvatten i berg, men är till stor del ett resultat av att provtagning av jordgrundvatten i högre grad än grundvatten i berg har utförts i anslutning till befintliga punktkällor för PFAS, till exempel nära civila och militära flygplatser.

Tabell 21. Antal provplatser i SGUs databaser med tillgängliga analyser av PFAS. LOQ (eng. *limit of quantification*) avser laboratoriets rapporteringsgräns.

PFAS	Antal provtagningsplatser				
	Provtagna			Koncentration	Fyndfrekvens ¹
	Alla	Jord	berg	>LOQ (Alla)	% > LOQ (Alla)
PFAS (summa 11)	316	/	/	148	47
PFHxS	619	459	160	155	25
PFOS	723	544	179	172	24
PFBA	441	341	100	92	21
PFOA	717	690	184	125	17
PFBS	623	599	163	105	17
PFHxA	623	599	163	94	15
PFHpA	623	599	163	83	13
PFPeA	616	592	163	79	13
6:2 FTS	439	429	100	33	8
PFDA	617	593	159	23	4
PFNA	616	592	159	20	3

¹ Fyndfrekvens anger andelen provplatser där halter över rapporteringsgräns (LOQ, eng. *limit of quantification*) påvisades i relation till totala antalet provplatser där PFAS analyserades.



Figur 9. Fyndfrekvens för analyserade PFAS i jord- respektive berggrundvatten. Fyndfrekvens avser andelen provplatser med analyserade halter över laboratoriernas rapporteringsgränser (% > LOQ).

Det ska även nämnas att viss skillnad gällande fyndfrekvens kan urskiljas mellan Vattentäcksarkivet (VTAK) och databasen för grundvattennätet och miljöövervakningen (GRVN). Fyndfrekvensen för PFOS PFHxS och PFOA var till exempel högre i GRVN-databasen (26, 36 respektive 22 procent) än i VTAK (21, 16 respektive 12 procent). Återigen är den troliga anledningen att databasen GRVN i högre grad än Vattentäcksarkivet inkluderar provanalyser från områden i närheten av befintliga punktkällor för PFAS.

De uppmätta halterna av PFAS i grundvatten är relativt låga på de flesta provplatser. Endast vid 15 platser uppmättes halter över Livsmedelsverkets åtgärdsgräns på 90 ng/l (tabell 22). Vid två platser överskred halten PFAS (summa 11) den gräns (>900 ng/l) vid vilken Livsmedelsverket avråder konsumenter från att dricka vattnet. Vid 53 provplatser överskred PFAS (summa 11) den halt som inom vattenförvaltningen används som riktvärde för utgångspunkt att vända uppåt-gående trend (18 ng/l för PFAS summa 11). På 159 av de 316 platser där PFAS (summa 11) analyserats låg halterna under rapporteringsgränsen.

Halter av PFOS över SGI:s preliminära riktvärde på 45 ng/l uppmättes vid 20 av de 172 provplatser där halten PFOS i grundvatten översteg rapporteringsgränsen (tabell 23). Fördelningen mellan grundvatten i jord och i berg visar att samtliga provplatser där halten PFOS överstiger 45 ng/l representerar jordgrundvatten och att inga halter över riktvärdet påträffades i grundvatten i berg. I regel uppmättes högre halter av PFOS i jordgrundvatten än i grundvatten i berg. Till exempel låg den högsta halten för grundvatten i berg på 20 ng/l, medan den i jordgrundvatten uppmättes till hela 3 200 ng/l. Detta är som tidigare nämnts ett resultat av att provtagning av jordgrundvatten i högre grad än grundvatten i berg utförts i anslutning till förorenade platser.

Tabell 22. Uppmätta halter av PFAS (summa 11) i grundvatten. Data från SGUs databaser för grundvattennät och miljöövervakning (GRVN) samt Vattentäcksarkivet (VTAK).

Kategori	Provtagningsplatser (antal)					
	Provtagna	Koncentration				
		<LOQ	> LOQ – 18 ng/l	>18 – 90 ng/l	>90 – 900 ng/l	> 900 ng/l
PFAS 11 (alla)	316	168	95	38	13	2

Tabell 23. Uppmätta halter av PFOS i grundvatten och fördelning mellan grundvatten i jord och i berg. Data från SGUs databaser för grundvattennät och miljöövervakning (GRVN) samt Vattentäcksarkivet (VTAK).

Kategori	Provtagningsplatser (antal)			
	provtagna	Koncentration		
		< LOQ	> LOQ – 45 ng/l	> 45 ng/l
PFOS (alla grundvatten)	723	551	152	20
PFOS (jordgrundvatten)	532	497	115	20
PFOS (berggrundvatten)	167	139	28	0

Kompletterande provtagning och analys av PFAS i grund- och råvatten 2018/2019

I den kompletterande provtagningen med 16 prover från södra Sverige (se figur 5) överskreds Livsmedelsverkets åtgärdsgräns på 90 ng/l för summahalten av 11 PFAS i två vattenprover, se tabell 24. Ytterligare fem prover har halter över laboratoriets rapporteringsgräns och åtta av de femton analyserade proverna har halter under laboratoriets rapporteringsgräns (provplatser med halter under rapporteringsgränsen visas inte i tabellen). De två vattenprover med halter av PFAS (summa 11) över Livsmedelsverkets åtgärdsgräns representerar grundvatten (provtagning i grundvattenrör) i anslutning till militära flygbaser med dokumenterad användning av brandsläckningsskum. Inga prover på råvatten tagna i vattenverk uppvisade PFAS-halter (summa 11) som föranleder någon åtgärd.

Det fanns ingen tydlig koppling mellan ett stort antal släckinsatser inom ett område och förhöjda halter PFAS i grundvattnet. I många av grundvattenproverna detekterades inga PFAS över rapporteringsgränsen trots att provtagningen utfördes i områden med förhållandevis många potentiella påverkanskällor. I grundvatten från Norrköping och Skillingaryd uppgick halterna av PFAS (summa 11) till 12 respektive 13 ng/l, vilket möjligen indikerar påverkan från brandsläckning eller brandövning.

Tabell 24. Analysresultat för de vattenprover där halten av någon enskild PFAS översteg rapporteringsgränsen (LOQ). Även summahalter av 11 PFAS samt 32 PFAS redovisas. Provtagningsplatsernas lokalisering framgår i kartan i figur 5. En översiktlig beskrivning av respektive provplats återfinns i tabell 7. < avser halter lägre än rapporteringsgräns (LOQ).

PFAS-ämne	Provtagningsplats									
	5. Vattentäkt 1, Lerums kommun	16. Vattentäkt 2, Lerums kommun	8. Byholma, Ljungby grundvattenrör	11. Vattentäkt, Högsby kommun	12. Skillingaryd, grundvattenrör	2. Linköping, flygplats, grundvattenrör	1. Norrköping, grundvattenrör	13. Hultsfred, grundvattenrör	14. Vattenverk, Hultsfreds kommun	
PFBA	<	<	2,3	<	<	2 100	<	<		
PFPeA	<	<	2,5	<	<	4 600	<	<	<	
PFHxA	<	<	9,7	<	<	1 000	<	<	<	
PFHpA	<	<	2,1	<	<	10	<	<	<	
PFOA	0,31	0,38	3,2	<	<	2 000	<	<	<	
PFNA	<	<	<	<	<	10	<	<	<	
PFBS	<	<	14	0,47	<	5 600	<	<	1,1	
PFHxS	<	<	76	0,33	<	45 000	<	0,43	<	
PFHpS	<	<	3	<	<	890	<	<	<	
PFOS	0,32	0,38	59	0,51	<	16 000	12	1,2	<	
6:2 FTS	<	<	<	<	13	240	<	<	<	
PFPeS	<	<	12	<	<	5 200	<	<	<	
PFAS (s:a 11)	0,63	1,2	170	1,3	13	77 000	12	1,6	1,1	
PFAS (s:a 32)	0,63	1,2	180	1,3	13	84 000	12	1,6	1,1	

Vad visar resultaten från riskbedömningen?

I det följande ges en överblick över resultaten från riskbedömningen, som också är samlade i den excel-fil som går att ladda ner på Naturvårdsverkets webbplats. Målet med denna rapport är att ge viss vägledning för att kunna förstå och använda resultaten.

Vad menas med risk?

Det bör inledningsvis tydliggöras vad som egentligen menas med ”risk för negativ påverkan på grundvatten” i föreliggande dokument. För att en risk ska kunna uppstå måste det finnas skyddsobjekt (i denna utredning definierade som allmänna och enskilda vattentäkter) som kan exponeras för föroreningen, samt spridningsvägar från föroreningskälla till skyddsobjekt. Enbart förekomsten av en förorening innebär i denna utredning således inte automatiskt en risk för negativ påverkan.

I en riskanalys bestäms risknivån av kombinationen sannolikhet och konsekvens. Sannolikheten för att förorening i form av PFAS ska kunna ta sig från den potentiella påverkanskällan till en allmän grundvattentäkt eller enskild brunn bedöms med hjälp av bland annat geologiska och hydrogeologiska kartunderlag och med kunskap om hur PFAS sprids i miljön. Konsekvenserna av påverkan på grundvattnet beror på graden av påverkan, vilken kan uppskattas utifrån jämförelser mellan uppmätta halter och tillämpliga rikt- och gränsvärden för PFAS (se tabell 13). Problemet vid föreliggande riskbedömning är att det för majoriteten av de potentiella påverkanskällorna saknas verifierande provanalyser av PFAS. Det är därför i de flesta fall inte möjligt att bedöma graden av negativ påverkan på grundvatten, och därmed konsekvenserna av möjliga utsläpp.

Den riskklassning som gjorts innebär i regel kvalitativa bedömningar av risker för påverkan på skyddsobjekten (allmänna och enskilda vattentäkter), där en rankingskala (fem riskklasser, se tabell 1) används till att beskriva hur allvarliga de olika potentiella utsläppen är i förhållande till varandra, utifrån graden av osäkerhet i bedömningarna. När det gäller osäkerheter så tillämpas försiktighetsprincipen i bedömningar tillsammans med värstafallscenarioperspektiv (inte alltid troliga fall). Med detta tillvägagångssätt riskeras en överskattning snarare än en underskattning av riskerna för negativ påverkan på grundvatten.

Fördelning av potentiella påverkanskällor efter riskklass

Riskbedömning har utförts för totalt cirka 3 230 påverkanskällor, varav cirka 700 från länsstyrelsernas sammanställning, cirka 2 500 från MSBs databas över enskilda släckinsatser med skum samt cirka 30 andra påverkanskällor (Försvarmaktens flygbaser, civila flygfält, oljelager m.fl.). Riskbedömning har utförts för brandsläckningsinsatser med skumanvändning över 25 liter. Dessa utgör lite mindre än 20 procent av det totala antalet registrerade brandsläckningsinsatser med släckskum, mellan åren 1998 och 2015, som kunde användas till riskbedömningen.

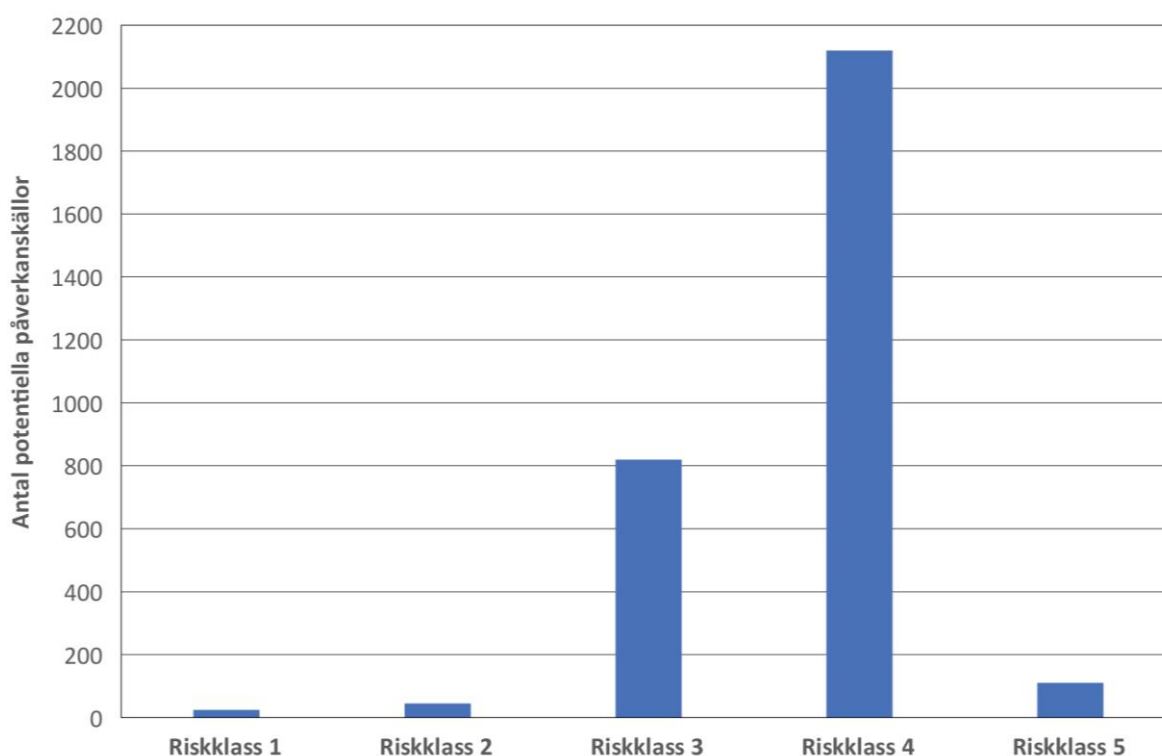
I figur 10 visas fördelningen av potentiella påverkanskällor efter tilldelade riskklasser 1 till 5. De flesta potentiella påverkanskällor (68 procent) har tilldelats riskklass 4. För dessa har det inte bedömts troligt att det, med befintligt underlag, föreligger en risk för negativ påverkan, varken för allmänna eller enskilda grundvattenvattentäkter. Även de påverkanskällor som tilldelats riskklass 3 (risk för påverkan kan ej uteslutas) utgör en relativt stor grupp (26 procent). För dessa påverkanskällor har det funnits omständigheter som inneburit att risken för påverkan på skyddsobjekten inte helt har kunnat avskrivas. Majoriteten av dessa utgörs av enskilda brandsläckningsinsatser med skumvätska mellan åren 1998 till 2015. Även brandstationer utgör en förhållandevis stor andel av de potentiella påverkanskällorna inom riskklass 3.

För majoriteten av de potentiella påverkanskällorna råder alltså relativt stor grad av osäkerhet vid riskbedömning, på grund av avsaknad av tillräckligt underlag. Det är endast få påverkanskällor (cirka 2,5 procent) för vilken det sannolikt (riskklass 2) eller med säkerhet (riskklass 1) kan sägas att det föreligger en risk för negativ påverkan på grundvattnet och relaterade skyddsobjekt

(allmänna och enskilda grundvattenvattentäkter). Det handlar i regel om stora, ofta väl undersökta utsläpp, där det finns tillgång till analyser av PFAS i grundvatten, ytvatten och/eller dagvatten. Majoriteten av dessa påverkanskällor utgör brandövningsplatser på civila och militära flygplatser samt i anslutning till exempelvis brandstationer.

När det gäller enskilda brandsläckningsinsatser var det endast en plats som i riskbedömningen tilldelades riskklass 1. Det är en släckinsats som genomfördes i januari 2015 i samband med en villabrand i Hamre, Hudiksvalls kommun, och som ledde till allvarliga konsekvenser för den enskilda vattenförsörjningen i flera bergborrade enskilda brunnar. Vid insatsen användes 40 liter skumvätska och 100 kubikmeter släckvatten enligt uppgift i MSBs databas. För mer information kring denna släckinsats hänvisas till avsnitt *Exempel på riskbedömning i olika områden*.

Osäkerheten i bedömningarna återspeglas även i den angivna graden av tillförlitlighet i de genomförda bedömningarna. För påverkanskällor inom riskklasserna 1 och 2 råder hög grad av tillförlitlighet. För påverkanskällor där risk inte kan uteslutas (riskkategori 3) råder låg tillförlitlighet i majoriteten av bedömningarna. För påverkanskällor inom riskklass 4 är tillförlitligheten i allmänhet medelgod till låg i de riskbedömningar som gjorts.



Figur 10. Fördelningen av potentiella påverkanskällor efter tilldelade riskklasser 1 till 5.

Riskklass 1. Risk för negativ påverkan föreligger med säkerhet och är oftast verifierad i vattenprover eller biota

Riskklass 2. Risk för negativpåverkan föreligger sannolikt. Viss osäkerhet.

Riskklass 3. Risk för påverkan kan ej uteslutas. Stor osäkerhet.

Riskklass 4. Risk för påverkan bedöms försumbar, baserat på tillgängligt underlag.

Riskklass 5. Bedömning av risk ej möjlig på grund av alltför stor osäkerhet och/eller otillräckligt underlag.

Fördelning av potentiella påverkanskällor efter typområde

En grundvattenrecipients känslighet för utsläpp, liksom förutsättningar för spridning, varierar från plats till plats beroende på de geologiska och hydrogeologiska förutsättningarna samt mänsklig påverkan. I riskbedömningen baseras indelning i fem olika typområden på skillnader i grundvattnets sårbarhet och förutsättningar för spridning (se avsnitt *Genomförande av riskbedömning och dokumentation*). Hur de potentiella påverkanskällor som bedömts, totalt cirka 3 200 objekt, fördelades inom dessa fem typområden framgår i tabell 25. Vidare illustreras i figur 11 hur riskklassningen av potentiella påverkanskällor föll ut inom de fem olika typområdena. Överst visas det totala antalet påverkanskällor inom respektive riskklass (fig. 11A), och under visas andelen påverkanskällor inom respektive riskklass, redovisade för varje typområde (fig. 11 B).

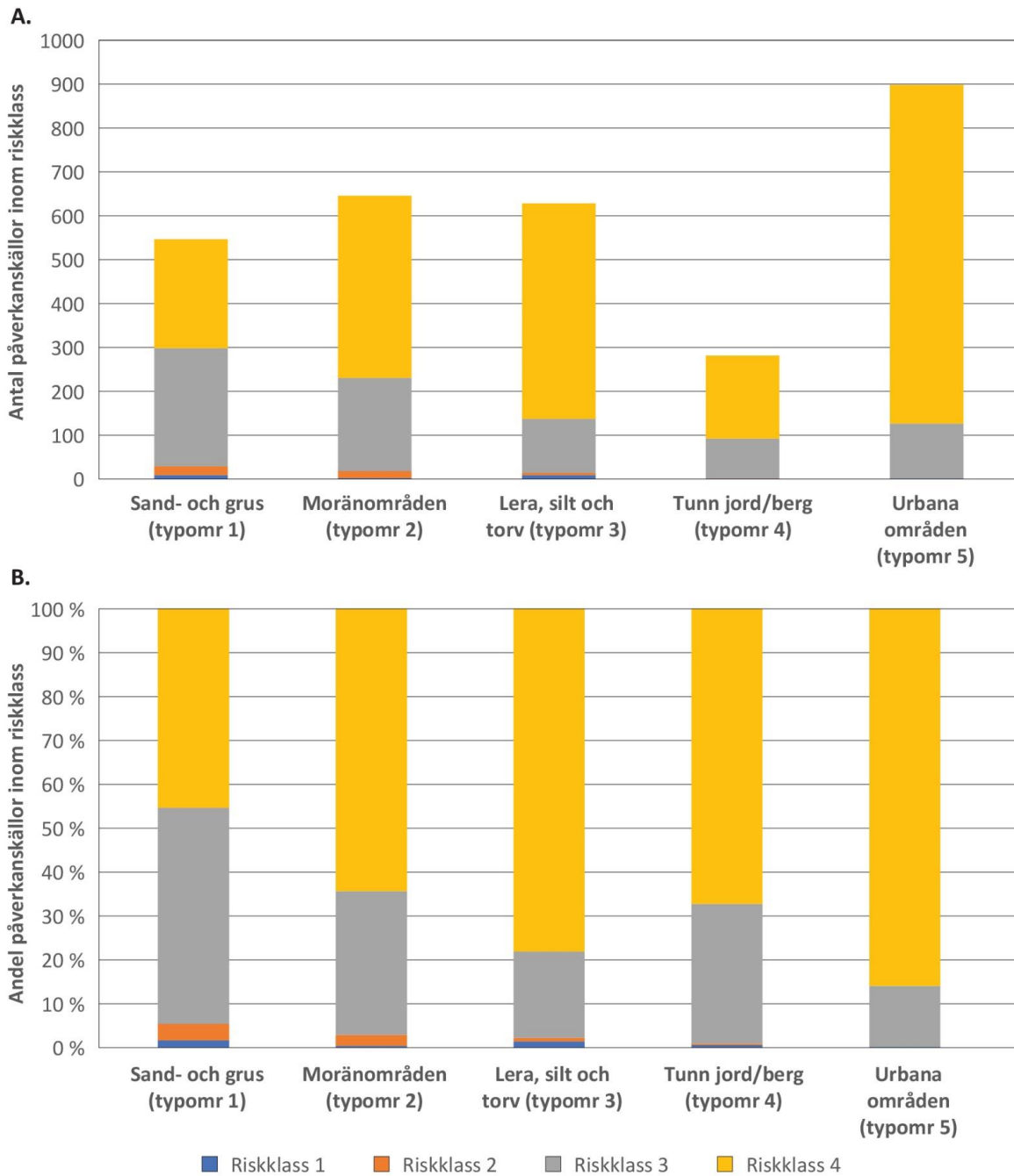
Tabell 25. Fördelning av påverkanskällor efter typområde.

Typområde	Antal påverkanskällor
1 Sand- och grusavlagringar	550
2 Moränområden	650
3 Ler- och siltområden samt torv	630
4 Tunna jordtäcken och/eller berg i dagen	280
5 Urban markanvändning	900

Från tabell 25 och figur 11 går det att utläsa följande:

- I ett nationellt perspektiv tycks de största riskerna för skyddsobjekten föreligga för utsläpp av brandsläckningsskum på sand- och grusavlagringar (typområde 1). I figur 11B och typområde 1 framgår att påverkanskällor med riskklasserna 1, 2 och 3 utgör den största andelen jämfört med andra typområden. Sand- och grusavlagringar är genomsläppliga och grundvattnet uppvisar i regel hög sårbarhet för föroreningar. Konsekvenserna av utsläpp riskerar att bli allvarliga då större sand- och grusavlagringar ofta även inrymmer större grundvattenmagasin som kan utnyttjas både inom den allmänna och enskilda vattenförsörjningen. Vad gäller den allmänna vattenförsörjningen är det främst de lite större utsläppen som bedöms kunna orsaka allvarliga konsekvenser eftersom både omsättningen av vatten och utspädningen av föroreningar kan förväntas vara hög. Många flygplatser med tillhörande brandövningsplatser är lokaliserade på mäktiga isälvsavlagringar. Även mindre utsläpp kan vara svåra att avskriva, men för dessa bedöms riskerna i huvudsak vara kopplade till den enskilda vattenförsörjningen, i synnerhet grävda brunnar.
- Fler utsläpp av brandsläckningsskum har skett inom moränområden (typområde 2) än inom sand- och grusavlagringar, men riskerna för påverkan på grundvattnet tycks vara mindre än vid utsläpp på sand- och grusavlagringar. Strax över 30 procent av de potentiella påverkanskällorna inom moränområden tilldelades någon av riskklasserna 1, 2 eller 3, jämfört med lite fler än 50 procent inom sand- och grusavlagringar. Morän är den vanligast förekommande jordarten i Sverige och täcker ungefär 75 procent av landets yta. Större grundvattenuttag är normalt inte möjliga i morän varför riskerna i huvudsak bedöms vara kopplade till den enskilda vattenförsörjningen, främst bergborrade brunnar. Bland annat har uppgifter om jordlagrens mäktighet (djup till berg) från SGUs brunnsarkiv använts för att bedöma risken för påverkan på grundvatten i bergborrade brunnar. Ett tunt jordtäckte har använts som ett kriterium för att föroreningen ska kunna spridas till vattenförande sprickor i berget.

- Finkorniga jordarter som lera och silt (typområde 3) erbjuder visst skydd mot förorening av grundvattnet. Jordarter som lera och silt har mycket låg genomsläpplighet, men för att utgöra ett naturligt skydd för grundvatten bör silt-lerlagret vara åtminstone 2–4 meter mäktigt (Bovin m.fl. 2015). Torksprickor och rotkanaler kan öka genomsläppligheten i det övre markskiktet. Dessutom kan i leran uppstickande moränhöjder och berghällar utgöra möjliga transportvägar för PFAS till angränsande grundvattenmagasin i mer genomsläppliga jordarter och i berggrunden. Avvattningen av ler- och siltområden sker huvudsakligen via vattendrag, diken och dräneringar, varför riskerna vid ett utsläpp är associerade med ytvatten snarare än med grundvatten. Trots det tilldelades ungefär 20 procent av de potentiella påverkanskällorna någon av riskklasserna 1, 2 eller 3. Detta speglar den stora osäkerheten i bedömningarna samt att många större påverkanskällor, såsom flygplatser med tillhörande brandövningsplatser, är lokaliserade inom flacka ler- och siltområden.
- Minst antal utsläpp tycks ha inträffat inom typområde 4, som representerar områden med tunna jordtäcken (företrädesvis morän) eller berg i dagen. Som kan utläsas i figur 11B tycks det dock föreligga relativt hög risk för påverkan på grundvatten jämfört med andra typområden. Lite mer än 30 procent av påverkanskällorna inom typområde 4 tilldelades någon av riskklasserna 1, 2 eller 3. Den förhöjda risken för grundvattnet är framför allt associerad med bergborrade brunnar. På grund av tunna jordtäcken eller avsaknad av jord riskerar föroreningar som släpps ut på markytan att snabbt ta sig ner i vattenfyllda sprickor i berggrunden.
- Flest utsläpp av brandsläckningsskum har skett inom urbana områden (typområde 5), vilket speglar att många brandsläckningsinsatser sker inom tätbebyggda områden. Dock bedöms endast en liten andel av dessa utgöra en risk för påverkan på grundvatten; drygt 10 procent har tilldelats någon av riskklasserna 1, 2 eller 3. Grundvattenbildningen i urbana områden är ofta avsevärt reducerad till följd av hårdgjorda ytor och stor andel ytvattenavrinning. Enligt Aastrup & Thunholm (2001) är grundvattenbildningen i Stockholm 20 procent jämfört med opåverkade förhållanden. Dag- och dränvattensystem utgör viktiga spridningsvägar till närliggande vattendrag och reningsverk. De flesta människor i tätorter har sin vattenförsörjning via kommunala vattenverk, varför risker för privata brunnar är begränsade. Flera tätorter och större städer (t.ex. Ockelbo och Uppsala) får dock sin kommunala vattenförsörjning från grundvatten i större isälvsavlagringar.



Figur 11. Det totala antalet (A) och den procentuella andelen (B) påverkanskällor inom respektive riskklass 1–4, redovisat för varje typområde. Förklaring, riskklasser:

- Riskklass 1: Risk för påverkan föreligger med säkerhet och är oftast verifierad genom analyser av PFAS
- Riskklass 2: Risk för påverkan föreligger sannolikt. Viss osäkerhet.
- Riskklass 3: Risk för påverkan kan ej uteslutas. Stor osäkerhet.
- Riskklass 4: Risk för påverkan bedöms ej trolig, baserat på tillgängligt underlag.

Osäkerheter

En riskbedömning av det här övergripande slaget är behäftad med betydande osäkerheter. Här redovisas några av de mest betydande källorna till osäkerhet och dess konsekvenser för resultaten:

- Bedömning av spridningsrisk görs som noggrannast utifrån geologiska och hydrogeologiska kartor i skalorna 1:25 000–1:100 000. Med den skalnoggrannheten går det inte att dra säkra slutsatser om risker på lokal nivå. Kartinformationen kan användas som ett första underlag vid bedömning av spridningsrisken, men måste kompletteras med en platspecifik bedömning. Begränsningar vad gäller kartunderlag finns framför allt i norra Sverige på grund av mycket storskaliga kartor (1:200 000–1:750 000) eller icke kartlagda områden. Det råder även stor osäkerhet kring förekomsten av dagvattenledningar och dräneringar som kan leda till snabb spridning över långa avstånd.
- Det tillgängliga underlaget är ofullständigt, både när det gäller potentiella påverkanskällor och provanalyser av PFAS. Detta innebär sannolikt att risker förbises eller underskattas. Flera av de potentiella påverkanskällorna från länsstyrelsernas sammanställning och MSBs databas har fallit bort på grund av felaktiga lägesangivelser med mera. Dessutom saknas information om utsläpp som inträffat efter 2015. Troligen saknas även många potentiella påverkanskällor för PFAS från Försvarmaktens verksamheter, och även provanalyser från förorenade områden och från regional/lokal miljöövervakning av PFAS i ytvatten och biota saknas. Sannolikt finns också en stor mängd data och kunskap på kommuner och länsstyrelser samt hos privata verksamhetsutövare och konsulter.
- Misstänkt felaktiga eller osäkra lägesangivelser (koordinater) för potentiella påverkanskällor innebär osäkerheter vid bedömning av grundvattnets sårbarhet, spridningsvägar och påverkanskällornas läge i förhållande till skyddsobjekt. Om detta på en storskalig nivå innebär över- eller underskattning av risker för påverkan på skyddsobjekten (allmänna och enskilda vattentäkter) är svårt att bedöma.
- Det råder osäkerhet om många av de potentiella påverkanskällorna i underlaget verkligen utgör en reell risk för påverkan på skyddsobjekten. Det är exempelvis osäkert om det på många brandstationer verkligen har skett brandövning eller hanterats brandsläckningsskum. Oavsett så antas alltid att utsläpp har skett på platsen, såvida inte annat anges. Detta innebär sannolikt överskattning av risken för påverkan på grundvatten i många fall. Likaså innebär sannolikt det generella antagandet att allt släckskum som använts vid räddningsinsatser innehåller PFAS, en överskattning av risken för påverkan på skyddsobjekten.
- För många påverkanskällor i länsstyrelsernas sammanställning saknas närmare uppgifter om den mängd släckskum som släppts ut och tidpunkten för utsläpp.
- Det råder även stor osäkerhet kring enskilda brunnar, både ifråga om lägesangivelser och om de används för dricksvattenuttag. I SGUs brunnsarkiv hittas uppgifter om brunnars användning samt osäkerheter kring lägesangivelser. När det gäller möjligheten att använda fastighetsregistret för att lokalisera eventuella enskilda brunnar som saknas i SGUs brunnsregister är osäkerheterna betydligt större. Det är högst osäkert huruvida det finns en brunn kopplad till en fastighet med enskild vattenförsörjning i Fastighetsregistret, var den i så fall är lokaliserad, och om den används i dricksvattensyfte. Dessutom kan flera fastigheter dela på en och samma brunn, vilket inte framgår i Fastighetsregistret. Nyttjandet av Fastighetsregistret på det sätt som gjorts i riskbedömningen innebär sannolikt en överskattning av risken för påverkan på skyddsobjekten.

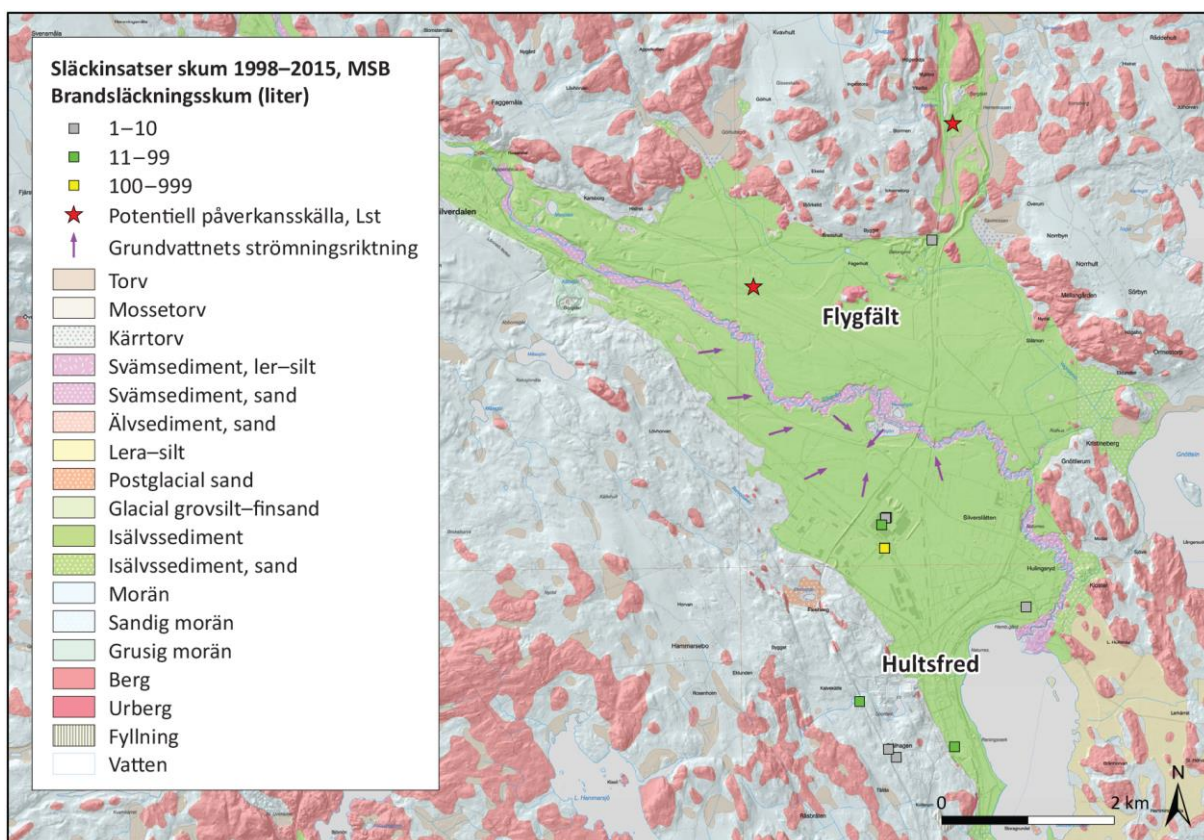
När det gäller osäkerheter tillämpas försiktighetsprincipen i bedömningar. Ett slags värsta-fall-scenario-perspektiv (inte alltid troliga fall). Med detta angreppssätt riskeras en överskattning snarare än en underskattning av riskerna för påverkan på skyddsobjekten på grund av släckskumsanvändning. Störst osäkerhet föreligger för de potentiella påverkanskällor som tilldelats riskklass 3 (risk för påverkan kan ej uteslutas).

Exempel på riskbedömning i olika områden

Hultsfred – större isälvsavlagring (typområde 1)

Figur 12 visar ett exempel på riskbedömning i ett område med en stor sammanhängande isälvsavlagring (grönfärgat), med ett grundvattenmagasin som nyttjas för både den allmänna och enskilda vattenförsörjningen. Grundvattnets strömningsriktning har kartlagts av SGU och framgår av strömningspilarna i kartan. Uttagsmöjligheten avseende grundvatten är stor och har av SGU angetts till över 125 l/s. Genom magasinet rinner ett vattendrag i riktning från nordväst till sydost. Grundvattenmagasinet avgränsas mot morän (blåfärgat) och partier med tunt jordtäckte eller berg i dagen (rödfärgat).

Inom grundvattenmagasinet, söder om Fagerhult, finns en brandövningsplats i anslutning till en militär flygbas (röd stjärna). Den utsläppta mängden brandskum har bedömts som stor, jordens genomsläpplighet som hög och grundvattnets sårbarhet som stor. Spridning bedöms huvudsakligen ske via grundvatten i riktning åt söder och sydväst. Det finns risk att grundvatten strömmar ut i ån och att spridning sker via ytvatten till sjön söder om Hultsfred. Området kring flygbasen har undersökts på uppdrag av Försvarmakten och provanalyser indikerar påverkan på enskilda brunnar i området nedströms flygplatsen i grundvattnets strömningsriktning. Brandövningsplatsen har därför tilldelats riskklass 1 (risk för påverkan föreligger med säkerhet). Provanalyser från SGUs vattentäcksarkiv, liksom resultat från kompletterande provtagning hösten 2018 påvisar dock mycket låga halter av PFAS i råvatten i jämförelse med Livsmedelsverkets åtgärdsgräns för dricksvatten (se tabell 13).



Figur 12. Utsläpp av PFAS i isälvsavlagring med stort sammanhängande grundvattenmagasin i Hultsfred.

Ungefär 2,5 km norr om flygplatsen, söder om Ytterbo, finns ytterligare en påverkanskälla (uppgift från länsstyrelsernas sammanställning), en brandstation med tillhörande brandövningsplats. Det är okänt om övning med brandskum utförts på den aktuella platsen, men det kan inte uteslutas. Påverkanskällan har tilldelats riskklass 3 (risk för påverkan kan inte uteslutas) då strömningspilar för ytvatten (hydrografiskt nätverk, SMHI, visas ej i kartan) indikerar möjlig spridning åt söder i riktning mot det stora grundvattenmagasinet och några enskilda brunnar. Bedömningen är mycket osäker och tillförlitligheten därför satt till 1 (låg tillförlitlighet).

I den sydöstra delen av grundvattenmagasinet, söder om Silverslätten, har tre brandsläckningsinsatser med släckskum genomförts 2004, 2007 och 2009. Som framgår i legenden användes varierande mängder släckskum vid de tre insatserna. Vid den största insatsen, en brand i en trävaruindustri, användes 500 liter släckskum och 60 000 kbm släckvatten. Denna släckinsats har tilldelats riskkategori 3, medan de övriga två har tilldelats riskkategori 4 (risk för påverkan bedöms ej trolig). Provanalyser av PFAS i grundvatten från den kompletterande provtagningen av grundvatten under hösten 2018, har påvisat PFAS i grundvatten inom magasinet, men halterna av PFAS (summa 11) är låga (1,1–1,6 ng/l). Utspädningen av föroreningar, liksom omsättningen av grundvatten, är sannolikt stor inom magasinet, varför enskilda utsläpp nödvändigtvis inte leder till allvarliga konsekvenser för skyddsobjekten.

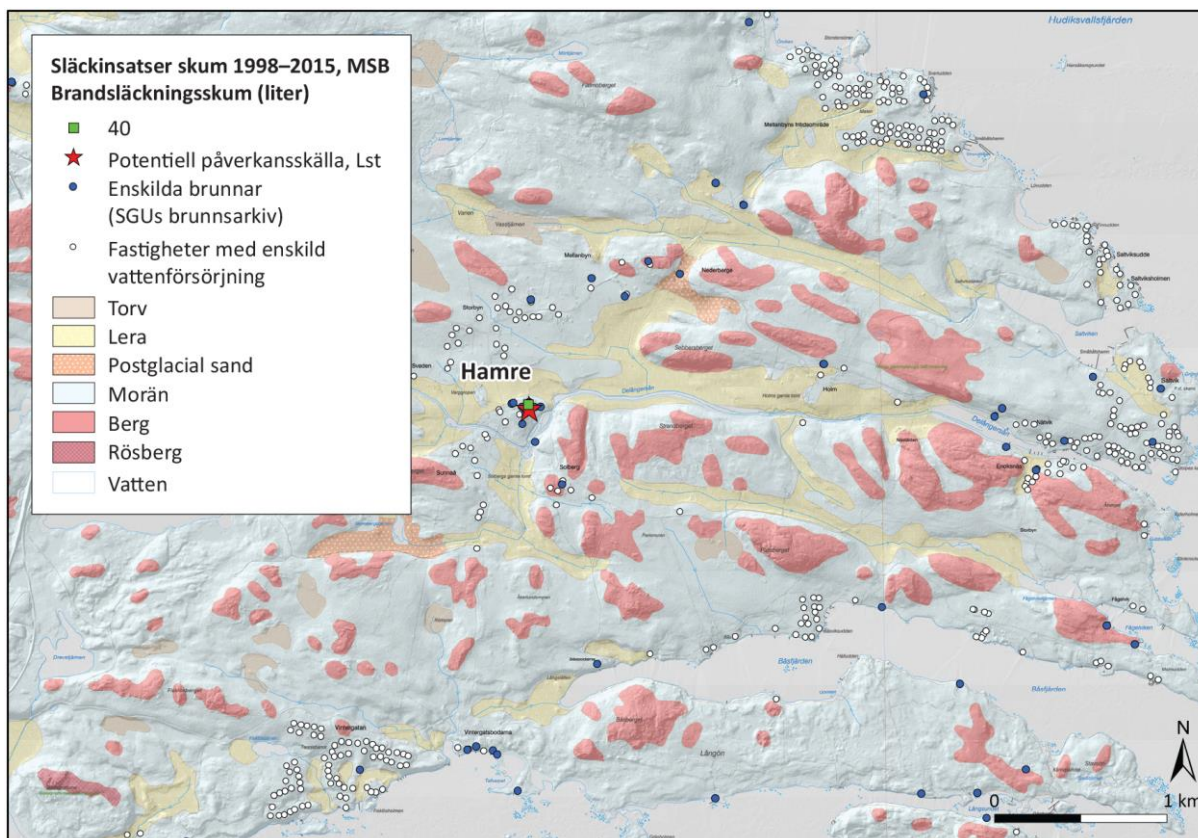
Hamre – litet utsläpp, allvarliga konsekvenser

Exemplet är hämtat från det område söder om Hudiksvall där en brandsläckningsinsats i byn Hamre, i januari 2015, ledde till att flera enskilda vattentäkter (bergborrade brunnar) förorenades av PFAS (fig. 13). I några av brunnarna uppmättes halter av PFAS (summa 11) över Livsmedelsverkets åtgärdsgräns på 90 ng/l. Från MSBs databas framgår att utsläppet omfattade 40 liter skumvätska och 100 000 liter släckvatten. I Hamre skedde utsläppet i ett område med förhållandevis tunt jordtäckte (typområde 4) där föroreningen snabbt kunde transporteras ner till vattenförande sprickor i berget. Dessa hydrogeologiska förhållanden är särskilt vanliga i kustnära områden där vågor och svallprocesser har omlagrat jordarterna efter den senaste istiden.

Det som skedde i Hamre visar att även ett förhållandevis litet utsläpp av släckskum kan leda till allvarliga konsekvenser, åtminstone för den enskilda vattenförsörjningen, om det sker på en plats där grundvattnets sårbarhet för föroreningar är hög. Det gör det svårt att avskriva en potentiell påverkanskälla enbart utifrån den utsläppta mängden skum. Kriterier för att inte avskriva risk för påverkan har varit om grundvattnet anses vara särskilt sårbart, om jorddjupet är ringa och om en släckinsats utförts i samband med till exempel en villabrand, framför allt om det finns en registrerad brunn i SGUs brunnarkiv i nära anslutning och/eller om det rör sig om en fastighet med enskild vattenförsörjning enligt Fastighetsregistret. Potentiella påverkanskällor för vilka dessa kriterier uppfylls har tilldelats riskklass 3 (risk för negativ påverkan kan inte avskrivas). Detta förhållningssätt leder sannolikt till en överskattning av riskerna i ett nationellt perspektiv.

Vad som kan anses vara ett litet respektive stort utsläpp är också relaterat till storleken på det grundvattenmagasin till vilket utsläppet sker. I ett stort grundvattenmagasin, till exempel en rullstensås, är utspädningen av föroreningar och omsättningen av grundvatten stor, varför det krävs ett större utsläpp för att orsaka allvarliga konsekvenser för en allmän eller enskild vattentäkt. För enskilda brunnar i ett litet grundvattenmagasin, som i Hamrefallet, kan däremot ett relativt litet utsläpp antas kunna leda till allvarliga konsekvenser för vattenförsörjningen.

Underlaget som använts i denna studie innehåller inte fler exempel, utöver Hamrefallet, där en enskild släckinsats har lett till negativ påverkan på grundvattnets kvalitet i en vattentäkt. Det finns i MSBs databas lite mer än 500 släckningsinsatser med skum för vilka ”brand i villa” uppges som händelsetyp. Många av dessa ligger i anslutning till en registrerad brunn i SGUs brunnarkiv och/eller inom en fastighet med enskild vattenförsörjning enligt uppgifter i Fastighetsregistret.

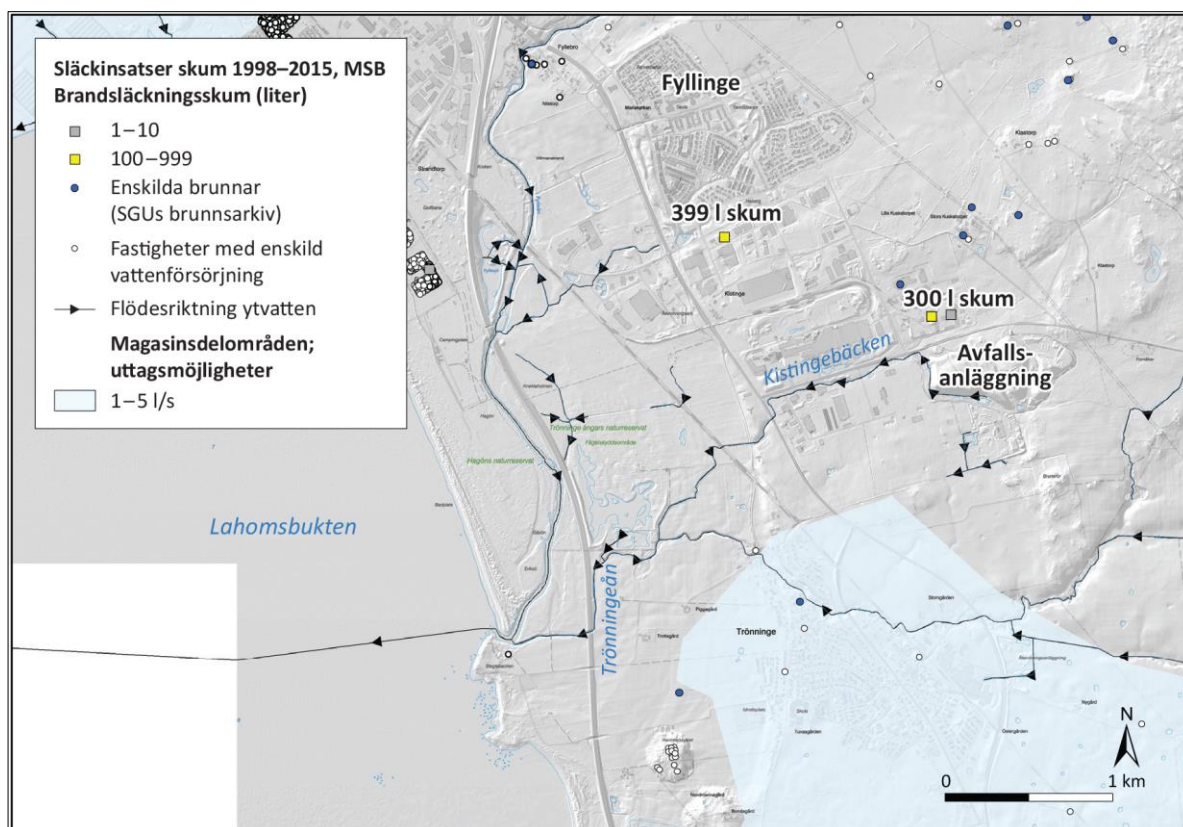


Figur 13. Utsläpp av PFAS och beskrivning av Hamre och det kustnära området söder om Hudiksvall.

Spridningen av PFAS till och via grundvatten i berg beaktas oftast översiktligt i riskbedömningen, eftersom tillräckligt underlag saknas. Grundvattenflöden i berg är svåra att klarlägga till följd av bergets heterogena egenskaper (Sundqvist m.fl. 2009). Ur ett riskperspektiv är spridningen till och via grundvatten i berg emellertid högst relevant att beakta, med tanke på att de flesta enskilda vattentäkter i Sverige utgörs av bergborrade brunnar. Föroreningar kan till exempel spridas i berg genom pumpning i närliggande bergborrade brunnar. Borrhål i berggrund orsakar vanligen kortslutning mellan vattenförande sprickor och zoner.

Kistinge industriområde, Halmstad – "oidentifierad" påverkanskälla

Länsstyrelsen i Hallands län gick den 17 september 2020 ut med information på sin webbplats om att mycket höga halter av PFAS uppmätts i både grundvatten och ytvatten i och intill Kistinge industriområde, söder om Halmstad (fig. 14). Det kommunala dricksvattnet i Trönninge är inte påverkat, men flera hushåll med enskild vattenförsörjning riskerar att påverkas. I både Kistingebäcken, precis söder om industriområdet, och i Trönningeån, längre nedströms, har höga halter av PFAS uppmätts. Provanalysen visar att PFAS-halter upp till 20 000 ng/l har hittats i grundvattnet och i ytvatten har halter upp till 3 000 ng/l uppmätts. Mycket höga halter har också uppmätts i spillvattenledningen som går från Kistinge industriområde. Från informationen från Länsstyrelsens hemsida framgår att fler prover kommer att tas i området för att utreda ursprunget till föroreningarna och kartlägga utbredningen.



Figur 14. Utsläpp av PFAS i området kring Kistinge industriområde, söder om Halmstad.

Förväntad spridningsriktning för föroeningen i grundvattnet går i sydvästlig riktning från industriområdet. Ett begränsat område norr och väster om Trönninge kyrka kan ligga i den förmodade föroreningsplymens riktning. Här finns flera enskilda brunnar registrerade i SGUs brunnarsarkiv och flera fastigheter med enskild vattenförsörjning enligt Fastighetsregistret. Trönninge samhälle är beläget på ett grundvattenmagasin (jordakvifer) vars norra avgränsning återfinns strax norr om samhället.

De potentiella påverkanskällor som i föreliggande riskbedömning identifierats i Kistinge industriområde är fyra brandsläckningsinsatser, varav två mindre (≤ 10 liter skumvätska), och två något större, vad gäller mängden utsläppt skum. En släckinsats ägde rum år 2013 i norra delen av industriområdet (brand i tillverkningsindustri) och omfattade 399 liter skumvätska och 3 kbm släckvatten. En annan ägde rum år 2010 i den sydvästra delen av industriområdet (brand i soptipp/deponi) och omfattade 300 liter skumvätska och 25 kbm släckvatten. Dessa släckinsatser har i riskbedömningen tilldelats riskklass 3 (risk för påverkan kan inte uteslutas) på grund av närheten till två enskilda möjliga dricksvattenbrunnar registrerade i SGUs brunnarsarkiv. Det är dock tveksamt om dessa enskilda släckinsatser är den enda orsaken till de mycket höga PFAS-halter som uppmätts i grundvatten och ytvatten då det förmodligen finns ytterligare en eller flera ”oidentifierade” påverkanskällor i området. Sådana ”oidentifierade” påverkanskällor för PFAS behöver inte nödvändigtvis vara direkt kopplade till brandsläckning eller brandövning. I en av SGU relativt nyligen genomförd screening av miljögifter i grundvatten observerades en koppling mellan närheten till deponier och höga halter av PFAS i grundvatten (Herzog & Maxe 2019). Följaktligen skulle avfallshanteringen i området kunna vara en möjlig påverkanskälla för PFAS, vilket framgår från informationen på Länsstyrelsen i Hallands län webbplats. De strömningspilar för ytvatten (hydrografiskt nätverk, SMHI) som visas i figur 14 indikerar att avvattning av

avfallsdeponin, sydöst om Kistinge industriområde, sker till Kistingebäcken. Utifrån höjddata och strömningspilar för ytvatten förefaller det även finnas någon form av avvattning söder om avfallsdeponin (dike, kulvert?) i riktning västerut mot Trönninge samhälle.

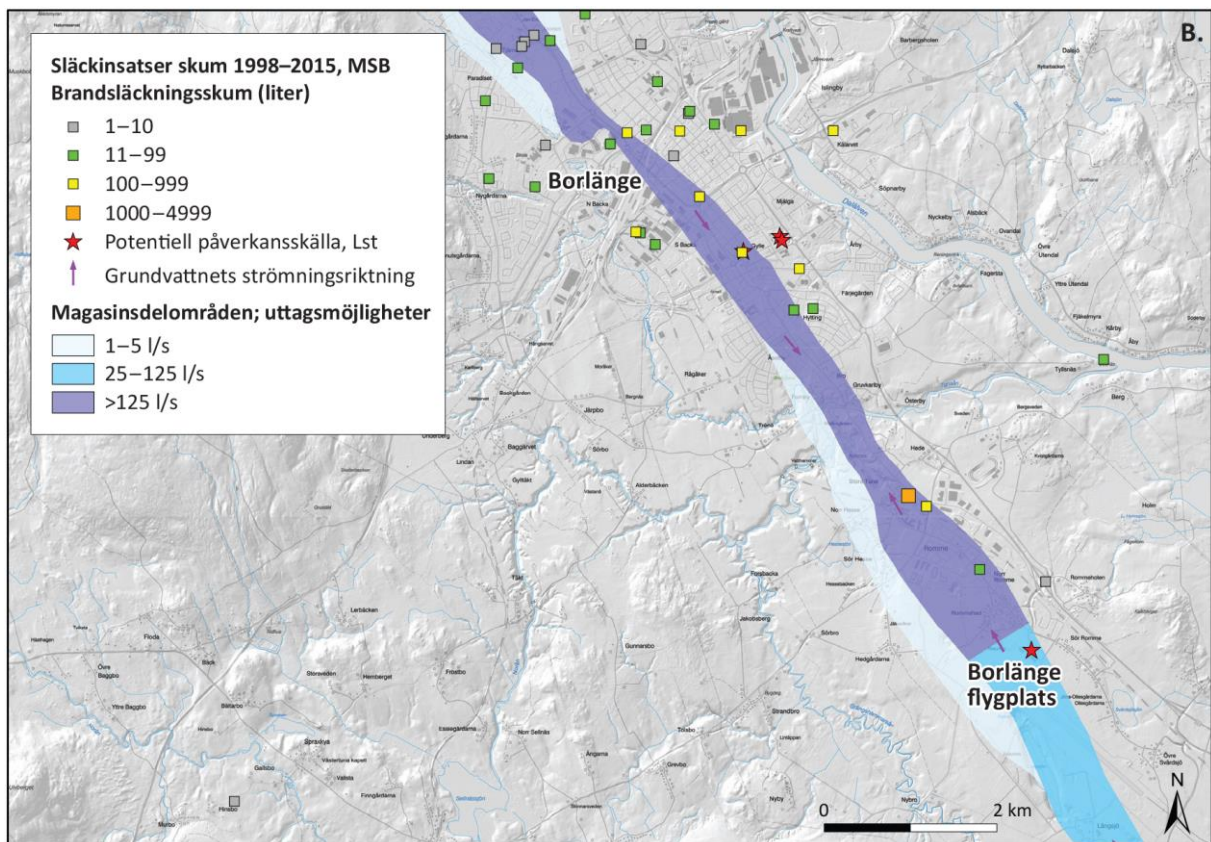
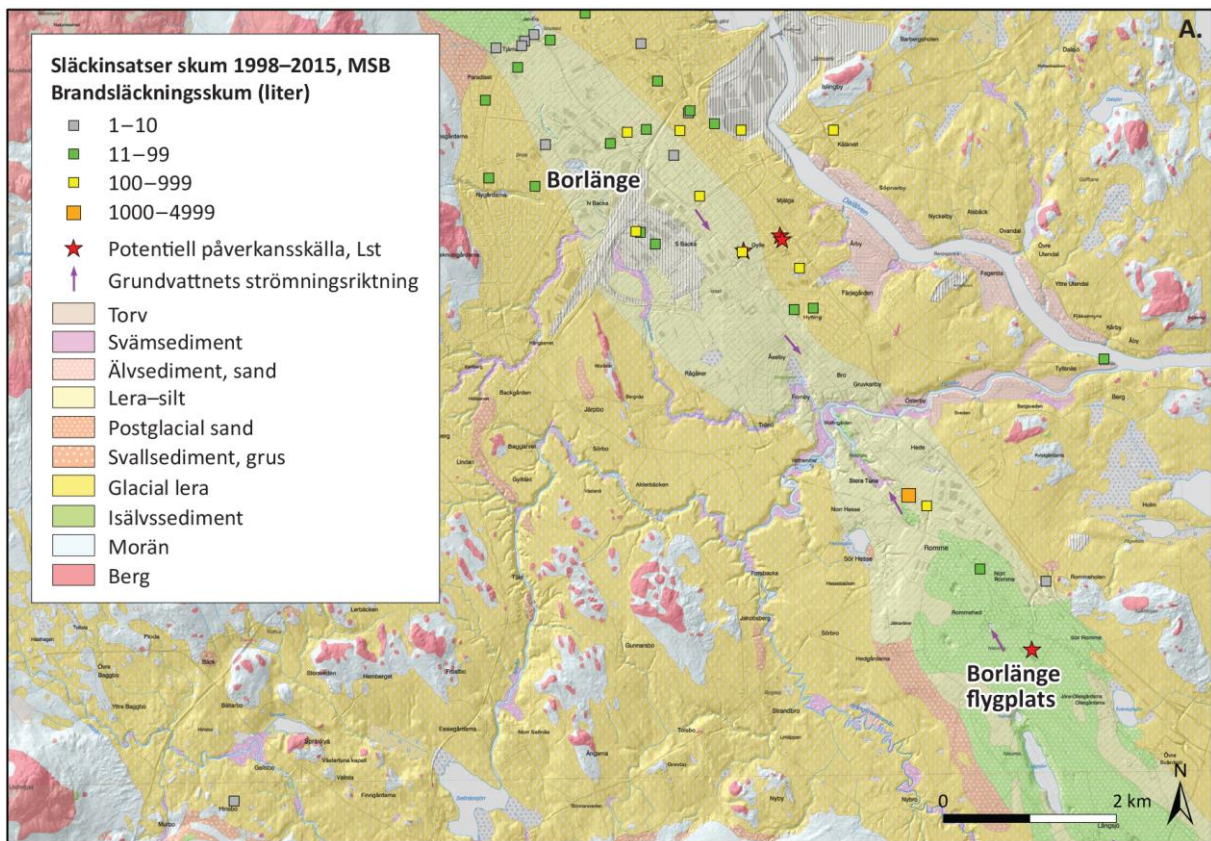
Den situation som presenteras här, där oidentifierade påverkanskällor bedöms utgöra risk för påverkan på grundvatten förekommer även på andra platser inom landet. I Excel-filen har påverkan på grundvatten från oidentifierade potentiella påverkanskällor dokumenterats (kolumn AL) genom en bedömning av graden av påverkan som stor, måttlig, liten eller obetydlig. För omkring 40 till 50 potentiella påverkanskällor för vilka riskklassning utförts bedömdes oidentifierade påverkanskällor stå för den påverkan som kunde skönjas på platsen.

Borlänge – grundvattenmagasin i isälvsavlagring under skyddande lerlager

Inom kartområdet i figur 15A finns en sand- och grusavlagring (grönt) som löper diagonalt genom området från nordost till sydväst, till stor del under skyddande lager av lera-silt (ljusgult) som är den dominerande jordarten i ytan. Den genomsläppliga sand- och grusavlagringen inrymmer ett grundvattenmagasin med stor uttagskapacitet (125 l/s) för grundvatten (fig. 15B). Enligt strömningspilarna i den hydrogeologiska kartan tycks grundvattenströmning ske från norr och från söder till en lågpunkt norr om Stora Tuna. I tätbebyggda områden sker troligen en stor del av spridningen via dagvattenledningar till närliggande vattendrag. I området finns allmänna grundvattentäkter, vilkas positioner av sekretesskäl inte får avslöjas. Potentiella påverkanskällor utgör Borlänge flygplats (brandövningsplats), brandstationer i höjd med Årby samt ett flertal brandsläckningsinsatser, varav den största, i höjd med Stora Tuna, omfattade 1 500 liter skumvätska enligt uppgift i MSBs databas.

Särskilt sårbara områden är där det sandiga, grusiga isälvs materialet går i dagen (grönt på kartan). Så är fallet i området kring Borlänge flygplats, söder om Romme, och vid Stora Tuna, där de två större potentiella påverkanskällorna är lokaliserade. Dessa har tilldelats riskklass 3 (risk för påverkan kan ej uteslutas) trots stor omsättning av grundvatten i magasinet, stor förmodad utspädning av föroreningar, samt avsaknad av verifierande provanalyser avseende PFAS i grundvatten. Risken för påverkan på de potentiella skyddsobjekten skulle behöva verifieras genom analys av PFAS i grundvatten och råvatten, om detta inte redan gjorts.

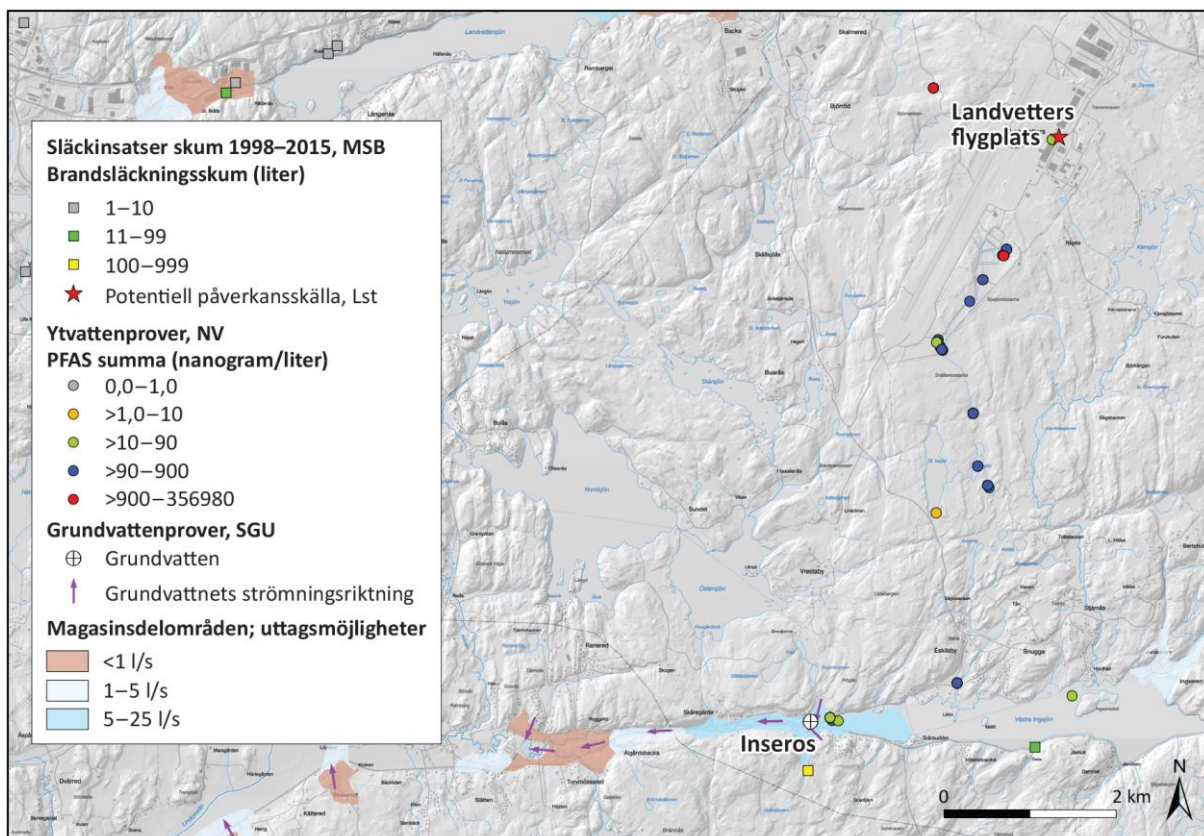
De ler- och siltområden (guldfärgade) som övertäcker stora delar av magasinet bedöms erbjuda visst skydd mot förorening av grundvattnet. Svårigheten ligger i att bedöma om den samlade påverkan från många enskilda påverkanskällor ovanpå leran-silten kan innebära en risk för påverkan på grundvattnets kvalitet, för de skyddsobjekt som beaktas. Ansamlingen av potentiella påverkanskällor i den norra delen av kartbladet (fig. 15) har inte bedömts utgöra någon uppenbar risk för påverkan på grundvatten i magasinet på grund av de skyddande lagren av lera-silt, och har därför tilldelats riskklass 4 (risk för påverkan ej trolig, baserat på tillgängligt underlag).



Figur 15. Grundvattenmagasin under låggenomsläppliga jordlager i Borlänge.

Göteborg-Landvetters flygplats – långväga spridning via ytvatten

Exemplet från Landvetter visar hur geologiska och hydrogeologiska kartor samt provanalyser kan kombineras för att spåra långväga spridning av PFAS från en påverkanskälla (brandövningsplatsen på Göteborg-Landvetters flygplats), samt avgöra huruvida spridning sker mellan ytvatten och grundvatten i en sand- och grusavlagring. Spridningen av PFAS från Landvetters flygplats är väldokumenterad (Norström m.fl. 2015) och kan följas med hjälp av provanalyser av ytvatten via Issjöbäcken söderut till Västra Ingsjön (fig. 16). Sjön avvattnas västerut i höjd med Inseros via en å som rinner längs en sand- och grusavlagring med östlig-västlig utbredning. Isälvsavlagringen inrymmer ett grundvattenmagasin med en högsta bedömd uttagskapacitet på mellan 5 och 25 liter per sekund, och som framgår av strömningspilarna i kartan sker grundvattenströmning huvudsakligen åt väster. Vid Västra Ingsjöns utlopp har PFOS-halter uppemot 15 ng/l uppmätts i ytvatten vid provtagning 2012, och en analys från 2007 indikerar extremt höga PFOS-halter (180 ng/l). SGU tog i december 2018 ett vattenprov i ett befintligt grundvattenrör norr om Inseros för att undersöka om grundvattnet är påverkat av PFAS. Ingen av de 32 PFAS som analyserades i grundvattnet detekterades i halter över laboratoriets rapporteringsgräns. Detta skulle kunna tolkas som att det inte sker någon spridning av betydelse från ytvatten till grundvatten, men enligt SGUs kartläggning av grundvattenmagasinet kan det finnas hydraulisk kontakt mellan Västra Ingsjön och grundvattenmagasinet.

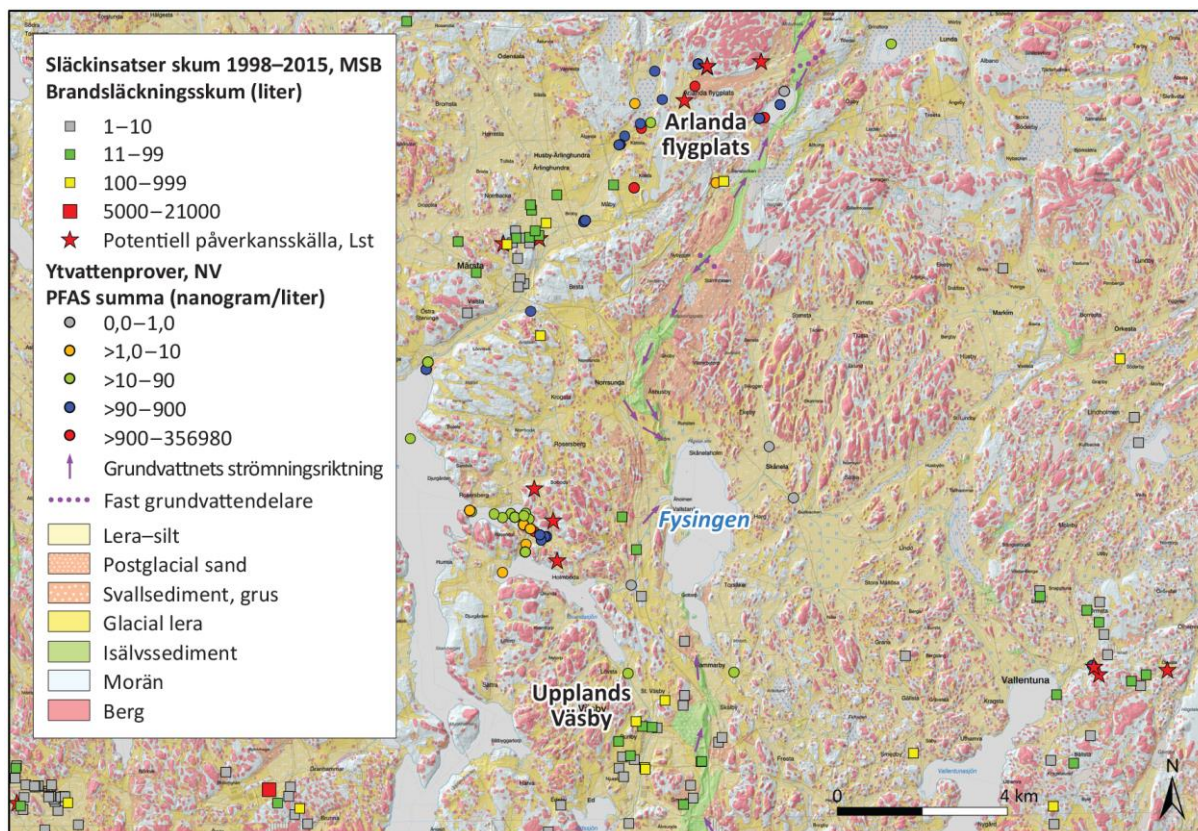


Figur 16. Långväga spridning av PFAS via ytvatten från Göteborg-Landvetter flygplats.

Söder om Inseros, väster om Västra Ingsjön finns ytterligare en potentiell påverkanskälla (fig. 16). Det rör sig om en enskild brandsläckningsinsats utförd 2011, vid vilken 500 liter skumvätska användes i samband med en brand i en fastighet. Med tanke på att inga PFAS detekterades i grundvatten vid provtagning 2018 är det mindre troligt att en påverkanskälla av den här storleken inneburit någon större långvarig påverkan på grundvatten i magasinet. Bedömningen är dock att negativ påverkan på några närliggande enskilda brunnar inte kan uteslutas. I SGUs brunnregister återfinns flera brunnar i anslutning till den enskilda brandsläckningsinsatsen och i fastighetsregister framträder flera fastigheter med enskild vattenförsörjning. Den enskilda brandsläckningsinsatsen har därför tilldelats riskklass 3 (risk för påverkan kan inte uteslutas) och tillförlitlighetsklass 1 (låg tillförlitlighet).

Stockholm-Arlanda flygplats – komplexa spridningsförutsättningar

Detta är ett exempel på den komplexitet som kan föreligga när det gäller att bedöma spridningen i ett område. Delar av området (fig. 17) är mycket väl kartlagda vad gäller förekomst och spridning av PFAS. I kartans norra del ligger Stockholm-Arlanda flygplats där omfattande brandövningar med PFAS-innehållande släckskum har utförts under många års tid. En annan stor punktkälla för PFAS är Rosersbergs gamla övningsområde, norr om Upplands Väsby, intill sjön Mälaren, som utgör dricksvattentäkt för tusentals människor i Stockholmsregionen. Därtill finns en mängd brandsläckningsinsatser, av vilka de som återfinns söder om sjön Fysingen, på Stockholmsåsen, bedöms utgöra störst risk för negativ påverkan på grundvattnets kvalitet.



Figur 17. Stockholmsåsen och området kring Stockholm-Arlanda flygplats och Upplands Väsby, norr om Stockholm.

Hydrogeologiskt sett är området kartlagt i skala 1:50 000. En mäktig isälvsavlagring (grön), Stockholmsåsen, skär genom landskapet i nordsydlig riktning, lerområden (gult) med uppstickande moränhöjder (blått) som på många ställen karakteriseras av tunna jorddjup och berg i dagen (rött). Strömningspilar visar grundvattnets strömningsriktning inom det grundvattenmagasin som inryms i åsen. Det ska särskilt noteras att det finns en fast grundvattendelare (lila-färgad prickad linje) i åsen cirka 3 km söder om Arlanda flygplats. Norr om vattendelaren sker grundvattenströmning norr ut, och söder om vattendelaren sker grundvattenströmning söderut i åsen.

Den bedömning som görs med befintligt underlag är att varken brandövningsplatsen på Arlanda flygplats eller Rosersbergs övningsområde utgör någon uppenbar risk för påverkan på det grundvatten som förekommer i åsen norr och söder om sjön Fysingen. Den PFAS som uppmätts i åsen söder om sjön Fysingen härrör sannolikt från andra påverkanskällor.

För påverkanskällan Arlanda flygplats hindrar en fast grundvattendelare spridning av föroreningar söderut längs åsen. Den huvudsakliga spridningen av PFAS från flygplatsen sker snarare via ytvatten genom Märstaån till Mälaren, vilket har påvisats i tidigare undersökningar (Norström m.fl. 2015, Rosenqvist m.fl. 2017). Spridningen av PFAS via ytvatten från Arlanda flygplats kan följas genom de provanalyser som finns tillgängliga för ytvatten (se provanalyser av PFAS i ytvatten i figur 17). I Rosersbergs övningsfält förhindras spridning västerut till åsen av de höga berg- och moränlägen som återfinns väster om påverkanskällan. Den huvudsakliga spridningen från övningsfältet bedöms ske via ytvatten och dagvatten till Oxundasjön och vidare till Mälaren.

SLUTKOMMENTAR

Denna utredning betonar vikten av att använda ett heltäckande underlag vid riskbedömning av platser där brandsläckningsskum historiskt har använts eller hanterats. Genom att kombinera geologiska, hydrogeologiska och hydrologiska kartunderlag med provanalyser och information om potentiella påverkanskällor kan en bättre bild avseende påverkan av PFAS på grundvatten erhållas. Sammanställning av provanalyser från olika provtagningsmedier (grundvatten, ytvatten, fisk och dagvatten) ger en övergripande bild av spridningen av PFAS inom ett område. Det vore önskvärt att den information om PFAS som idag finns utspridd på olika myndigheter och hos olika privata aktörer kunde sammanställas för att få bättre överblick avseende riskerna med PFAS.

Denna utredning belyser även de stora osäkerheter som råder kring bedömning av risker för påverkan på grundvattnet kopplade till användningen av brandsläckningsskum. För många av de potentiella påverkanskällor som bedömdes kunde risk för påverkan inte helt och hållet uteslutas (riskklass 3) med det underlag som användes för riskbedömning. Precisionen med vilken riskbedömningen utförts är tillräcklig för att resultaten ska utgöra planeringsunderlag på nationell och regional nivå, men för lokala tillämpningar krävs kompletteringar med platsspecifik information. En riskbedömning av det här slaget bör följaktligen användas som ett av flera underlag inför beslut om vilka undersökningsinsatser eller åtgärder som är motiverade inom ett område eller på en specifik plats.

REFERENSER

- Ahrens, L., Yeung, L.W.Y., Taniyasu, S., Lam, P.K.S. & Yamashita, R., 2011: Partitioning of perfluorooctanate (PFOA), perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctane sulphonamide (PFOSA) between water and sediment. *Chemosphere*, 85, 731–737.
- Aastrup, M., Thunholm, B., Johnson, J., Bertills, U. & Berntell, A., 1995: Grundvattnets kemi i Sverige. *Naturvårdsverket rapport 4415*. ISBN 91-620-4415-X
- Aastrup, M. & Thunholm, B., 2001: Heavy metals in Stockholm groundwater – concentrations and fluxes. *Water, Air, and Soil pollution: Focus 1*, 25–41.
- Bovin, K. Vikberg, E., & Morén, I., 2015: Tätande jordlager – en kunskapssammanställning. *SGU-rapport 2015:32*, Sveriges geologiska undersökning.
- Carlström, J. & Maxe, L. 2019: Miljögifter i urbant grundvatten. *SGU-rapport 2019:02*, Diarie-nr: 35-782/2016, Sveriges geologiska undersökning.
- Herzog, A. & Maxe, L. 2019: Mätningar av miljögifter i grundvatten. *SGU-rapport 2019:17*, Diarie-nr: 35-1157/2018, Sveriges geologiska undersökning.
- Higgins, C., P. & Luthy, R., G., 2006: Sorption of perfluorinated surfactants on sediments. *Environmental Science and technology*, 40, 7 251-7 526.
- Milinic, J., Lacorte, S., Vidal, M. & Rigol, A., 2015: Sorption behaviour of perfluoralkyl substances in soils. *Science of the Total Environment*, 511, 63–71.
- Naturvårdsverket, 1998: Bedömning av grundvattnets sårbarhet – utvecklingsmöjligheter. Lena Maxe och P-O Johansson. *Naturvårdsverkets Rapport 4852*.
- Naturvårdsverket, 2016: Högfluorerade ämnen (PFAS) och bekämpningsmedel – en sammantagen bild av förekomsten i miljön. Redovisning av ett regeringsuppdrag. *Naturvårdsverket rapport 6709*. ISBN 978-91-620-6709-0.
- Naturvårdsverket, 2019: Vägledning om att riskbedöma och åtgärda PFAS-föroreningar inom förorenade områden. *Naturvårdsverket Rapport 6871*. ISBN 978-91-620-6871-4.
- Norström, K., Viktor, T., Palm Cousins, A., & Rahmberg, M., 2015: Risks and Effects of dispersion of PFAS on Aquatic, Terrestrial and Human populations in the vicinity of International Airports. Final report of the RE-PATH project 2009-2014. *IVL Swedish Environmental Research Institute. Report number B 2232*.
- Rosenqvist, L., Vestergren, R., Westberg, E., Eliaeson, K., Norström, K., Liljeberg, M., Strandberg, J. & Rahmberg, M. 2017: Spridning av högfluorerade ämnen i mark från Stockholm Arlanda Airport. Förutsättningar för beräkning av platsspecifika riktvärden för mark. *IVL Svenska Miljöinstitutet rapport Nr B 2289*.
- Sundqvist, U., Graffner, O., Lindblad, T., Borg, G., Wallroth, T., Holmström, P., Bank, A. & Håkansson, K., 2009: Undersökning av föroreningar i berggrund. *Naturvårdsverket, rapport 5930*. Kunskapsprogrammet hållbar sanering.
- Thorsbrink, M., Carlsson, C-H., Blad, L. Jirner Lindström, E. & Rhode, L., 2009: Erfarenhetsrapport Sårbarhetskartor för grundvatten anpassade för räddningstjänstens behov. *SGU-rapport 2009:5*, Sveriges geologiska undersökning.