

Fördjupad riskanalys yt- och grundvattenskydd

Fyra spår Uppsala

Söder Bergsbrunna – Uppsala Centralstation
Uppsala kommun, Uppsala län



Trafikverket

Postadress: Trafikverkets Ärendemottagning Fyra spår Uppsala, Box 810, 781 28 Borlänge

E-post: investeringsprojekt@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Fördjupad riskanalys yt- och grundvattenskydd

Författare: Staffan Druid, Ebba Pegestam, Nilas Sparrström och Nils-Petter Sköld

Granskare: Vania Khairallah

Dokumentnummer: FSUK003-04-025-0000-56_67-0012

Dokumentdatum: 2024-11-25

Ärendenummer: 2020/21139

Åtgärdsnummer: 8095

Uppdragsnummer: 168592

Version i TRV dokumenthanteringssystem (PDBi): _.7

Kontaktperson: Trafikverket, projektledare Malin Blåudd Lingh

Innehåll

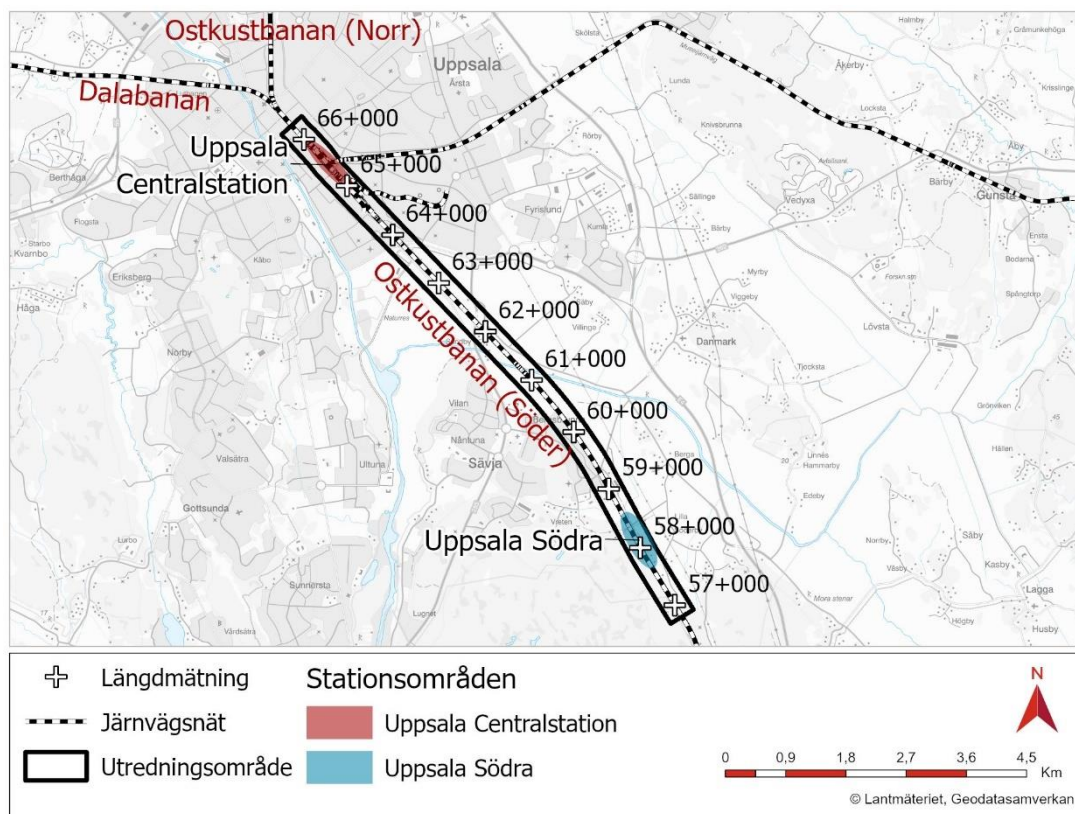
1	INLEDNING	5
1.1.	BAKGRUND.....	5
1.2.	SYFTE.....	6
2	METOD	7
3	JÄRNVÄGSSTRÄCKA EFTER UTBYGGNAD	9
4	OMRÅDESBESKRIVNING	11
4.1.	GEOLOGI OCH TOPOGRAFI	11
4.2.	GRUNDVATTEN.....	12
4.3.	YTVATTEN	14
4.4.	SKYDDSVÄRDA OMRÅDEN	16
4.4.1.	<i>Vattenförekomster</i>	16
4.4.2.	<i>Vattenskyddsområde</i>	17
4.4.3.	<i>Känslighetsklassning Uppsalaåsen</i>	17
4.4.4.	<i>Natura 2000-områden</i>	18
4.5.	AVVATTNING	19
5	RISKANALYS	20
5.1.	KONTAKTSTRÄCKOR	20
5.1.1.	<i>Grundvatten</i>	20
5.1.2.	<i>Ytvatten</i>	23
5.2.	BEDÖMNING AV SANNOLIKHETSKLASS	32
5.2.1.	<i>Metodik</i>	32
5.2.2.	<i>Sannolikhetsklassning grundvatten</i>	35
5.2.3.	<i>Sannolikhetsklassning ytvatten</i>	36
5.2.4.	<i>Sannolikhetsbedömning transformatorstationer, cisterner och sliprar</i>	36
5.2.5.	<i>Sannolikhetsbedömning bangård samt korsande vägar</i>	38
5.3.	BEDÖMNING AV VÄRDE.....	38
5.3.1.	<i>Metodik</i>	38
5.3.2.	<i>Grundvatten</i>	40
5.3.3.	<i>Ytvatten</i>	41
5.4.	BEDÖMNING AV SÄRBARHET.....	41
5.4.1.	<i>Metodik</i>	41
5.4.2.	<i>Grundvatten</i>	45
5.4.3.	<i>Ytvatten</i>	47
5.5.	KONSEKVENSKLASS	49
5.5.1.	<i>Metodik</i>	49
5.5.2.	<i>Konsekvensvärdering</i>	50
5.6.	RISKKLASS	51
5.6.1.	<i>Metodik</i>	51
5.6.2.	<i>Riskvärdering</i>	53
5.7.	RISKER KOPPLADE TILL FASTA ANLÄGGNINGAR.....	54
5.8.	RISKER I BYGGSEDE.....	55
6	ÅTGÄRDSALTERNATIV	56
6.1.	MÅLRISKNIVÅ OCH ACCEPTABEL RISKNIVÅ	56
6.2.	SPECIFICERING AV ÅTGÄRDSFUNKTION.....	56
6.3.	ÅTGÄRDER	56
6.3.1.	<i>Urval - Åtgärder enligt handboken</i>	57
6.4.	UTVÄRDERADE OCH FÖRESLAGNA ÅTGÄRDSALTERNATIV	59
6.4.1.	<i>Tätskikt</i>	59
6.4.2.	<i>Urspårningsräl</i>	60

6.4.3.	<i>Beredskapsplan</i>	60
6.4.4.	<i>Åtgärder för fasta installationer</i>	61
6.4.5.	<i>Åtgärder under byggtid</i>	61
6.4.6.	<i>Övriga åtgärder</i>	62
7	KOSTNADS-NYTTOANALYS	63
7.1.	METODIK	63
7.1.1.	<i>Diskontering och tidshorisont</i>	64
7.1.2.	<i>Osäkerheter</i>	65
7.2.	ARBETSGÅNG KNA.....	66
7.3.	BERÄKNAD RISKKOSTNAD.....	67
7.3.1.	<i>Sannolikhet att vattentäkt förorenas</i>	67
7.3.2.	<i>Konsekvenskostnad</i>	72
7.4.	ÅTGÄRDSEFFEKT	75
7.5.	BERÄKNAT NETTONUVÄRDE	76
7.5.1.	<i>Känslighetsanalys av ingångsvariablers osäkerhet</i>	79
7.5.2.	<i>Känslighetsanalys diskontering och tidshorisont</i>	80
7.5.3.	<i>Känslighetsanalys åtgärdskostnad</i>	81
7.6.	FÖRDELNINGSPANALYS	82
8	SLUTSATSER	84
	KÄLLOR	86

1 Inledning

1.1. Bakgrund

Trafikverket har i Nationell plan fått uppdraget att komplettera de befintliga två spåren mellan Uppsala och länsgränsen mot Stockholm med ytterligare två spår samt bygga nya stationer i Bergsbrunna (Uppsala Södra) och Alsike. Programmet har beslutat att dela in sträckan i två järnvägsplaner och två projekteringsuppdrag. Detta uppdrag, FSUK003, behandlar delen Uppsala C ned till strax söder om Bergsbrunna, se Figur 1.



Figur 1. Översiktsskarta, Östkustbanan Uppsala C – Uppsala Södra.

Ändamålet med båda järnvägsplanerna är att öka tillgängligheten och kapaciteten för tågtrafiken mellan Stockholm och Uppsala. För att kunna uppfylla ändamålet anpassas Uppsala central för fler vändande tåg och två nya spår byggs parallellt med de befintliga spåren söder om Uppsala. Enligt avtal mellan staten och Uppsala kommun ska det även byggas en station i södra Bergsbrunna (arbetsnamn Uppsala Södra). Visionen är att den utbyggda järnvägen ska klara av att hantera den växande befolkningen i regionen i stort samt i de stationsnära lägen som planeras i Bergsbrunna och i Alsike i Knivsta kommun. Målet är också att, genom att öka antalet sittplatser på tågen, minska gångtiderna och göra järnvägssystemet mer tillgänglig längs sträckan, öka järnvägens attraktivitet för att få fler att välja tåget.

Sträckan löper över skyddsvärda vattenresurser och för att identifiera och vid behov reducera risker för yt- och grundvatten som kan förekomma i byggskedet, drift och underhåll av järnvägen utför Trafikverket denna riskanalys. Eventuella åtgärder ska bidra till en reduktion av infrastrukturens miljöbelastning på yt- och grundvatten och medföra att risker kopplade till anläggningen reduceras till en acceptabel nivå.

Detta dokument utgör en fördjupad riskanalys för yt- och grundvatten baserat på den föreliggande översiktliga riskanalysen som gjorts på platsen. Riskanalysen utgår från Trafikverkets handbok för yt- och grundvattenskydd (se vidare metodbeskrivning i kapitel 2).

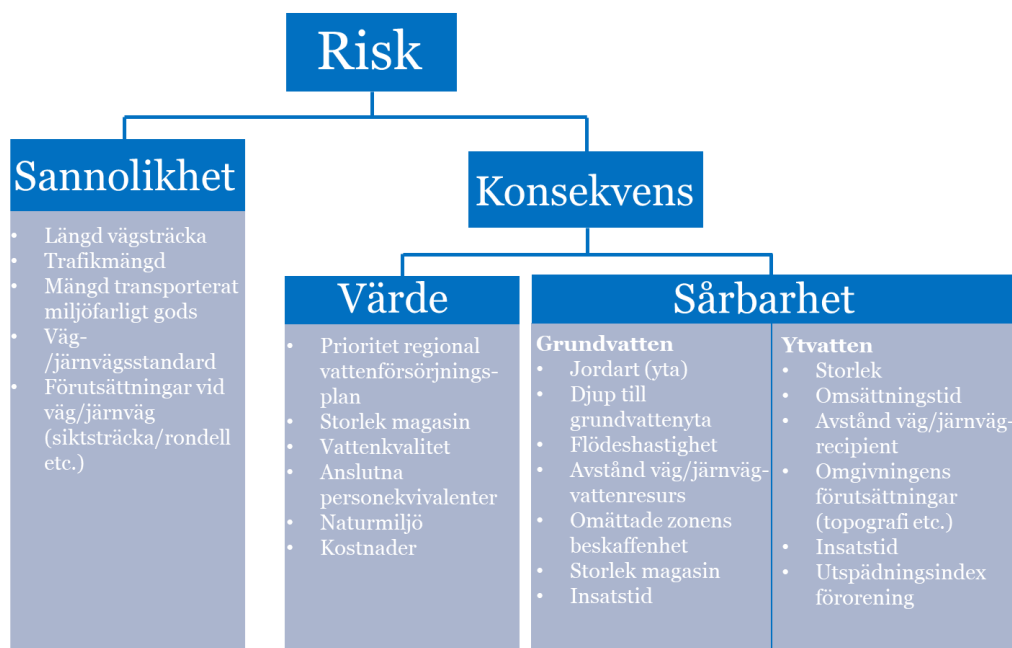
1.2. Syfte

Syftet med föreliggande dokument är att utföra en fördjupad riskanalys och redovisa risknivån som järnvägstrafiken ger upphov till avseende eventuell olycka med resulterande förorening av skyddsvärt yt- och grundvatten. Utöver risker kopplade till olyckor i driftskedet ska även risker i byggskede och i samband med den fasta anläggningen beskrivas. Riskanalysen ska även redovisa hur risknivån kan värderas och vilket behov av skyddsåtgärder som bedöms föreligga. Åtgärderna ska analyseras ur ett kostnadsnyttoperspektiv vilket innebär att nyttan av åtgärderna kvantifieras och jämförs med kostnaderna för att vidta dessa. En mer fördjupad beskrivning av detta beskrivs under metoden i kapitel 2.

2 Metod

Metodiken för fördjupad riskanalys följer steg 3–5 i *Yt- och grundvattenskydd, Metodik för riskhantering och riskanalys samt principer för åtgärdsval, 2020:171* (Trafikverket, 2020a, s. 50), hädanefter refererad som Trafikverkets Handbok.

Risk definieras som en sammanvägning av sannolikhet för en oönskad händelse och en konsekvens av denna. Konsekvensen är i sin tur en sammanvägning av värde och sårbarhet, se Figur 2 för vidare beskrivning. Enligt metodiken är en del av värdet för yt- och grundvatten kopplat till regional vattenförsörjningsplan, i form av storlek på magasin, vattenkvaliteten och uttagsmöjligheterna. Sårbarhet omfattas av faktorer som är avgörande för hur värdet kan påverkas vid en olycka, såsom djup till grundvatten, genomsläppligheten i material och insattid och kapacitet hos räddningstjänst eller liknande.



Figur 2. Förenklat riskträd för miljöpåverkan på mark och vatten vid vägar, men kan i stor utsträckning användas även till järnväg. Figuren visar de viktigaste sambanden samt påverkansfaktorer i en sådan riskanalys. Bilden är tagen från Trafikverkets handbok.

Utgångspunkten är att klassificera risknivån utmed järnvägssträckan enligt den riskmatris som beskrivs i Trafikverkets Handbok. Riskmatrisen utgörs av sannolikhetsklasser (värde 1-5) och konsekvensklasser (värde 1-5). Om risknivån bedöms vara oacceptabelt hög ska mer detaljerade analyser vidtas för att avgöra om, var och vilka riskreducerande åtgärder som är motiverade.

Till skillnad från en översiktlig riskanalys där sannolikhetsklassen fastställs genom att beräkna risker kopplade till olyckor med utsläpp av föroreningar i driftskeden, behöver en fördjupad riskanalys även identifiera andra risker och riskkällor kopplade till järnväg, såsom:

- utsläpp vid skötsel av anläggningarna, exempelvis växtreglering eller spårhalkbekämpning,
- emissioner från dagvatten, driftskeden eller byggskeden,
- fasta installationer såsom sugtransformatorer,

- bangårdar och godstransporter på järnväg och
- olyckor med utsläpp under byggske.

Inom arbetet med den fördjupade riskanalysen har platsbesök genomförts, för att få bättre förståelse för förutsättningarna på plats och ha bra underlag vid framtagande av åtgärdsval.

Metodiken för bedömning av sannolikhetsklass, värdeklass, sårbarhetsklass, konsekvensklass och slutligen riskklass redovisas under respektive kapitel i riskanalysen i kapitel 5.

3 Järnvägssträcka efter utbyggnad

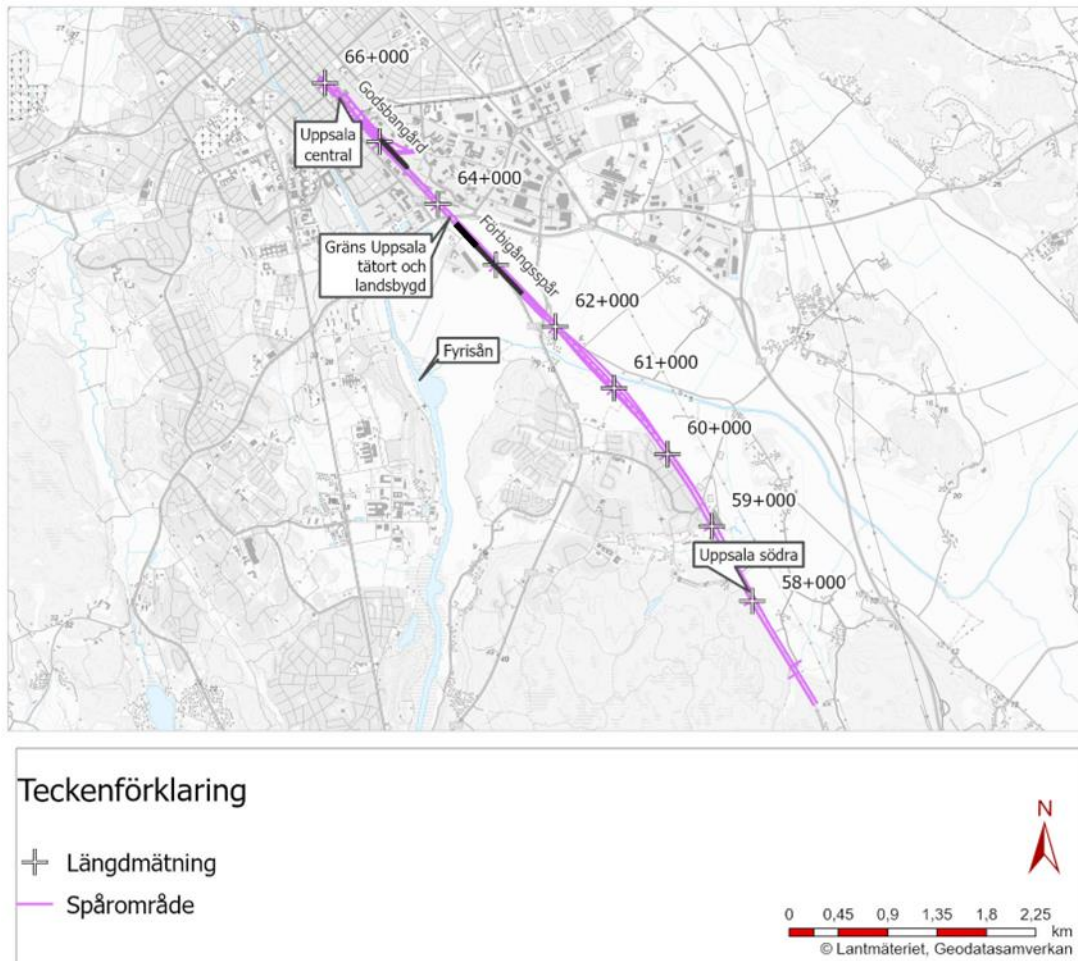
Föreliggande riskanalys utgör underlag för om det behövs yt- eller grundvattenskydd för att genomföra planförslaget. Nedanstående förutsättningar beskriver i korthet aktuellt projekt.

Prognosen för ÅDT (årsmedeldygnstrafik) i utbyggt läge uppskattas till 255,5 tåg, varav cirka 8,3 tåg bedöms utgöras av godstrafik.

Olyckor på järnvägsanläggningar under normal trafikering är ovanliga. Störst risk för olyckor är vid plankorsningar, växlar, på bangårdar, vid fasta anläggningskomponenter med miljöfarliga ämnen (såsom transformatorer) samt vid lossning och lastning av gods.

Inom projektet planeras ombyggnation av Uppsala bangård (cirka kilometertal 65+000, se Figur 3) för uppställning och vändning av huvudsakligen persontåg. Det sker även viss lastning och lossning av gods på bangården, vilka omfattar farligt gods i mindre utsträckning. Vid cirka km 62+700 – 63+700 planeras ett förbigångsspår som är till för väntande godstrafik, se Figur 3. Inom järnvägssträckan finns idag elva hjälpkraftstransformatorer och sju sugtransformatorer. På tre platser kommer transformatorer att tillkomma i samband med detta projekt: under rulltrapporna vid den nya stationen Uppsala Södra (arbetsnamn), i södra delen av det nya förbigångsspåret samt på Trafikverkets fastighet vid bangården.

Längs med aktuell järnvägssträcka transporteras regelbundet farligt gods, bland annat flygbränsle.



Figur 3. Kartbild över järnvägssträckan som studeras samt bangårdens och förbigångsspårets ungefärliga placering.

4 Områdesbeskrivning

4.1. Geologi och topografi

Aktuell sträcka löper mellan Uppsala centrum och söder om Bergsbrunna. Topografin i området är flack förutom vid Uppsala Södra station (arbetsnamn) som karaktäriseras av en mer tydlig topografi där marken är kuperad och skogsbevuxen med inslag av berg i dagen. Sträckan passerar över flera vägar och korsar Sävjaån.

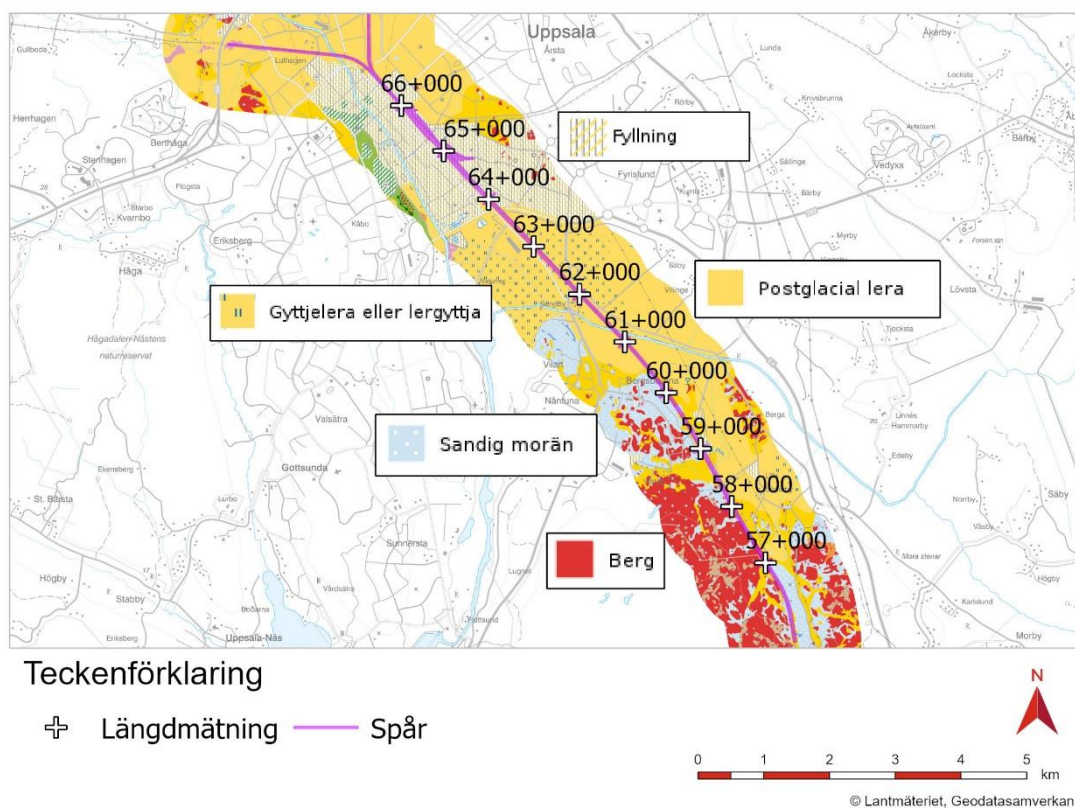
Uppsala Centralstation ligger inom Uppsalas stadslandskap. Söderut övergår stadslandskapet till åkerlandskap och ytterligare söderut passerar samhället Bergsbrunna. Läget runt Uppsala Södra är idag nästan obebyggt.

Jordartsförhållanden längs sträckan visas i Figur 4. Längs norra delen av sträckan består jorden av fyllning på lera underlagrad av isälvsmaterial (åsmaterial). Grundvatten förekommer i stora mängder i detta jordlager, samt i förmodat uppsprucket berg precis under. Mäktigheten av fyllningen varierar mellan 0–5 meter och lerdjupet är på denna plats bedömt till 0–15 m, vilket innebär att det förekommer platser i Uppsala tätort där skyddande lerlager saknas. Enligt SGU:s jorddjupskarta varierar djupet till berg mellan 20–30 meter.

Mellan Sävjaån och Bergsbrunna minskar isälvmaterialets omfattning och lera underlagras istället av morän, som dock står i hydraulisk kontakt med isälvmaterialet längre norrut. Slätten mellan Uppsala tätort och Bergsbrunna i söder saknar fyllning ovan lera (bortsett från själva banvallen, vilken är uppbyggd av fyllning), men utgörs av lerlager med en mäktighet på uppåt 20–25 meter. Vid samhället Bergsbrunna går järnvägssträckan på randen mellan lera och tunna moränjordar samt fyllning av grus.

Söder om Bergsbrunna samhälle finns en svacka med glacial lera underlagrad av morän och längst söderut förekommer ett stort sammanhängande urbergparti med tunna moränjordar.

Där fyllning på lera förekommer kan både övre och undre grundvattenmagasin förekomma. I områden med tunna jordlager kan jorden vara torr. Artesiskt grundvatten förekommer längs sträckan i låglänta områden.



Figur 4. Jordartskarta (SGU) längsmed aktuellt spårområde.

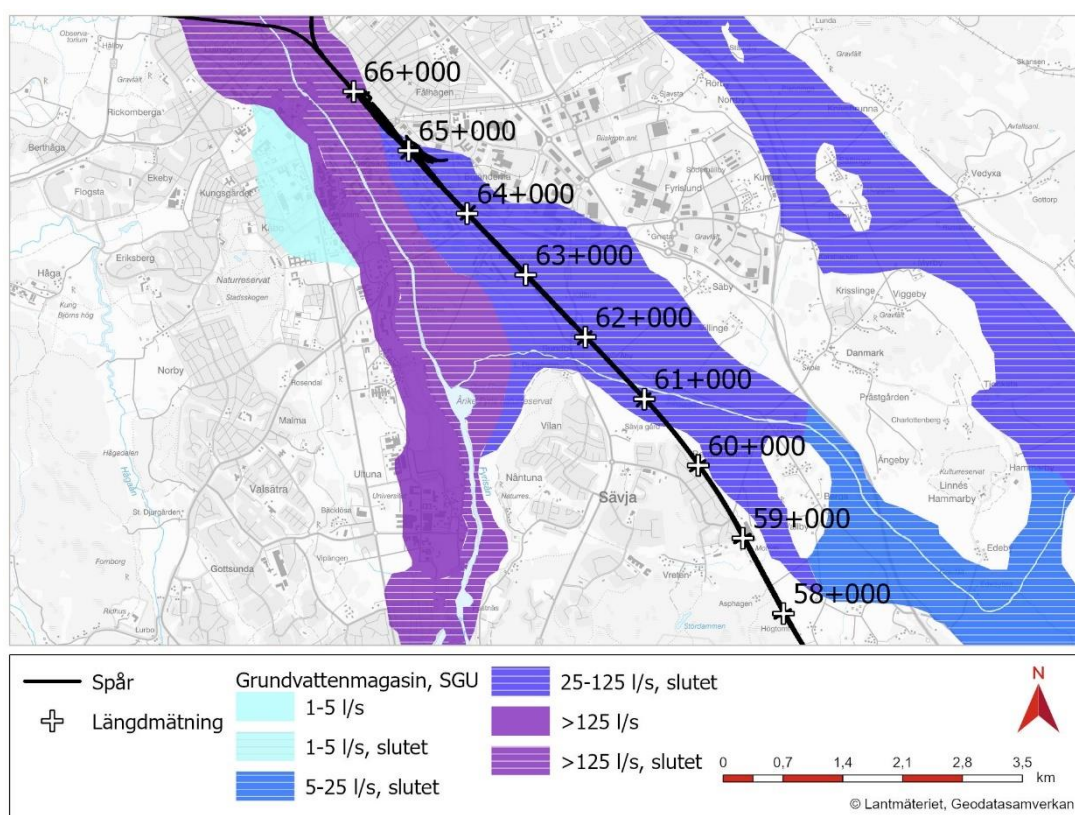
4.2. Grundvatten

Det vattenförande lagret under lera längs spårområdet är uppdelade i två grundvattenförekomster, Uppsalaåsen – Uppsala och Sävjaån – Samnan. Uppsalas vattenförsörjning är uppbyggd runt Uppsalaåsen, en ås som sträcker sig över hela kommunen och som går rakt under Uppsala. Uppsalaåsens dricksvattenanläggningar är klassade som riksintresse. Åsen fungerar som råvattenmagasin, vattentäkt och ”behandlingsanläggning” av ytvatten från Fyrisån och sjön Tämnaren (Uppsala vatten, 2022). Grundvattenförekomsten Sävjaån-Samnan har flödesriktning mot Uppsalaåsen och magasingränsen utgör ingen hydraulisk gräns då det inte finns något som skiljer grundvattnet i Uppsalaåsen från det grundvatten som rinner från magasinet i Sävjaån-Samnan och in mot Uppsalaåsen. Gränsen mellan magasinerna har dragits där det vattenförande materialet bedöms övergå till att ha sitt ursprung från Uppsalaåsen och dess mer traditionellt avsatta isälvsediment jämfört med materialet i Sävjaån-Samnan, som utöver isälvsmaterial också utgörs av löst lagrad morän eller uppsprucket berg under lera. Det innebär att materialet i Uppsalaåsen är mer vattenförande jämfört med Sävjaån-Samnan. Isälvsmaterialet längs sträckan är täckt av skyddande täta lerlager. Vattnet från Uppsalaåsen används för att försörja Uppsala tätort, Gunsta, Länna, Lövstalöt, Bålinge, Björklinge, Läby och Skuttunge. Vidare försörjer Vattholmaåsen (biås till Uppsalaåsen) Storvreta, Vattholma och Skyttorp.

Sammantaget uppskattas mer än 80 procent av alla som bor i Uppsala kommun vara anslutna till den allmänna dricksvattenförsörjningen, där merparten av vattnet hämtas från Uppsalaåsen. Detta motsvarar cirka 200 000 personer (Uppsala vatten, 2020). Den del av dricksvattentäkten som berörs av aktuell järnvägsanläggning inom detta projekt utgör en andel av denna befolkningsmängd och ovan nämnda orter. Idag saknas reservvattentäkt.

Uppsalaåsen -Uppsala (WA99626655) är en sand- och grusförekomst med en area på 28 km². Grundvattenförekomsten tillhör Uppsala och Knivsta kommuner. Enligt VISS finns det ovanligt goda uttagmöjligheter i grundvattenmagasinet, i storleksordningen >125 l/s (VISS, 2022). Även en bedömning utifrån SGU:s grundvattenkarta (2021) visar att uttagmöjligheter är >125 l/s där järnvägsspåren sträcker sig (se Figur 5).

Sävjaån-Samnan (WA23980703) är en grundvattenförekomst med en area på 31 km². Grundvattenförekomsten tillhör Uppsala och Knivsta kommuner. Enligt VISS finns det mycket goda eller utmärkta uttagmöjligheter i grundvattenmagasinet, i storleksordningen 5-25 l/s (VISS, 2022). En bedömning utifrån SGU:s grundvattenkarta (2021) visar på samma uttagmöjligheter (se Figur 5). I VISS beskrivs magasinet som en "Sand- och grusförekomst", men Trafikverkets geotekniska undersökningar indikerar att magasinet – åtminstone vid Vimpelgatan – snarare utgörs av morän med inslag av sand och grus. Vid geotekniska undersökningar vid Vimpelgatan bekräftades även att bergets överyta är uppsprucket och kan anses utgöra del av grundvattenmagasinet.



Figur 5. Uttagkapacitet ur grundvattenförekomsterna Uppsalaåsen (lila) och Sävjaån-Samnan (mörkblå-ljusblå). Svart linje markerar järnvägssträckan.

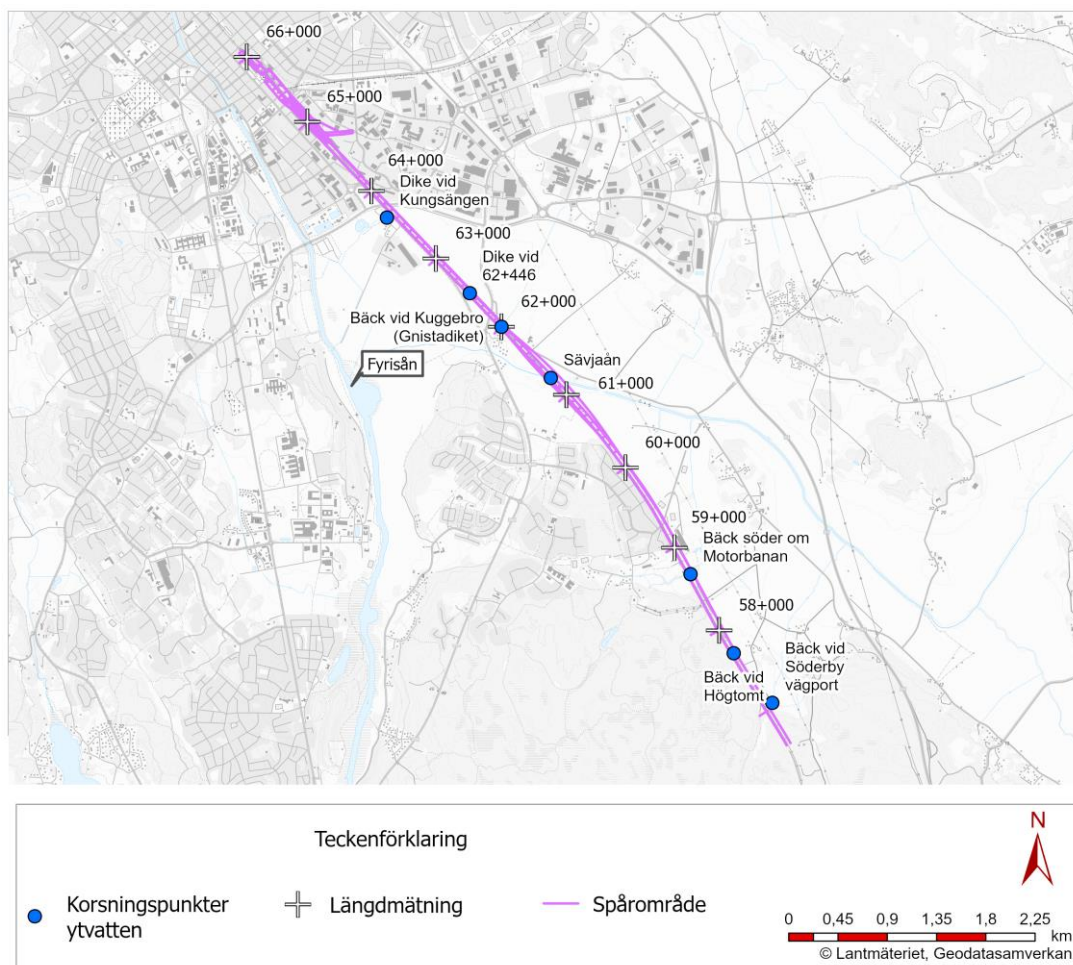
Utöver att de utpekade grundvattenförekomsterna och dricksvattentäkten är i synnerhet skyddsvärda finns det preciseringar av Sveriges miljömål *Grundvatten av god kvalitet* som pekar ut en större omfattning grundvatten som skyddsvärt. Dessa preciseringar beskriver konkret vad som gör grundvatten skyddsvärt och utgör mål i sig (Sveriges miljömål, 2018):

- Grundvattnets kvalitet: Grundvattnet är med få undantag av sådan kvalitet att det inte begränsar användningen av grundvatten för allmän eller enskild dricksvattenförsörjning.

- God kemisk grundvattenstatus: Grundvattenförekomster som omfattas av förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön har god kemisk status.
- Kvaliteten på utströmmande grundvatten: Utströmmande grundvatten har sådan kvalitet att det bidrar till en god livsmiljö för växter och djur i källor, sjöar, våtmarker, vattendrag och hav.
- God kvantitativ grundvattenstatus: Grundvattenförekomster som omfattas av förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön har god kvantitativ status.
- Grundvattennivåer: Grundvattennivåerna är sådana att negativa konsekvenser för vattenförsörjning, markstabilitet eller djur- och växtliv i angränsande ekosystem inte uppkommer.
- Bevarande av naturgrusavlagringar: Naturgrusavlagringar av stor betydelse för dricksvattenförsörjning, energilagring, natur- och kulturlandskapet är fortsatt bevarade.

4.3. Ytvatten

Järnvägssträckan korsar, alternativt ligger inom, det topografiska tillrinningsområdet för sex ytvatten, se Figur 6. Av dessa är endast Sävjaån en ytvattenförekomst enligt VISS. *Sävjaån* (WA82797609) (km 61 +250) är en ytvattenförekomst och ett vattenrelaterat Natura 2000 område (art och habitat- samt fågeldirektivet) med flödesriktning mot Årike Fyris naturreservat, ytvattenförekomsten Fyrisån (WA67670465) och vattenskyddsområdet Uppsala- och Vattholmaåsarna. Direktkontakt mellan grundvattenförekomsterna och Sävjaån respektive Fyrisån kan ej uteslutas (VISS, 2022). Fyrisån mynnar i sin tur i sjön Mälaren. Medelflöde i Sävjaån är beräknat till cirka 4,03 m³/s.



Figur 6. Illustration över de sju ytvatten som järnvägssträckan korsar eller går parallellt med och som kan komma att påverkas vid olycka.

Dike vid Kungsängen (km 63+374) har flödesriktning mot Fyrisån. Flödet är okänt. Diket är en del av dagvattenreningsanläggningen och är grävt med syfte att avleda dagvatten från en dagvattenledning till en dagvattendamm. Anläggningen i sig är ett skydd mot att föroreningar når Fyrisån och i och med det bör diket inte utredas som en kontaktsträcka för ytvatten.

Dike vid 62+446 är ej synlig i underlagskartor men anas på ortofoto. Trumma för bäcken planeras inom ramen av detta projekt.

Bäck vid Kuggebro (62+000) har en flödesriktning mot Sävsjön och kallas ibland även Gnistadiket. Från järnvägen är rinnsträckan till att den mynnar ut i Sävsjön knappt 300 meter. Denna bäck har ett beräknat medelflöde på cirka 0,03 m³/s. Detta flöde är beräknat i PM Avvattning som flödet från omgivande naturmark, och eventuellt bidragande flöde från dagvatten är under utredning. I detta sammanhang bedöms uppskattningen 0,03 m³/s vara tillräckligt för bedömning av risk.

Bäck söder om Motorbanan (58+675) har också flödesriktning mot Sävsjön. Från järnvägen är rinnsträckan till att den mynnar ut i Sävsjön cirka 1 900 meter. Denna bäck har ett beräknat medelflöde på cirka 0,03 m³/s.

Bäck vid Högtomt (57+709) har flödesriktning mot Sävsjön och är ej synlig i underlagskartor men anas på ortofoto. Trumma för bäcken planeras förlängas inom ramen

av detta projekt. Från järnvägen är rinnsträckan till att den mynnar ut i Sävjaån cirka 1 100 meter. Flödet för bäcken är okänt men bedöms vara litet utifrån platsbesök.

Bäck vid Söderby vägport (cirka 57+080) har också flödesriktning mot Sävjaån och ligger knappt 80 meter från järnvägen.

En mer ingående beskrivning och bedömning av kontaktsträckorna är presenterade under kapitel 5.1.2.

4.4. Skyddsvärda områden

Inom aktuell sträcka finns ett antal skyddsvärda områden som redovisas i detta kapitel samt i Figur 7, sida 18.

4.4.1. Vattenförekomster

En vattenförekomst är en specifik vattensamling i naturen av en viss geografisk storlek och de utpekade vattenförekomsterna finns samlade på Vatteninformationssystem Sverige, VISS (VISS, 2022). Att ett vatten är klassat som en vattenförekomst innebär att det finns mål för vilken nivå dess miljötillstånd ska ha uppnått vid en viss tidpunkt, enligt miljö kvalitetsnormer för vatten (MKN). Tillståndet i en vattenförekomst får inte försämrats, det så kallade icke-försämringskravet (förordning 2015:516). Hela sträckan från de centrala delarna av Uppsala fram till strax norr om Bergsbrunna är belägna på grundvattenförekomster (Uppsalaåsen-Uppsala samt Sävjaån-Samnan) och järnvägen korsar även en ytvattenförekomst (Sävjaån mynning -Storån), se Figur 7, sida 18.

Grundvattenförekomsten Uppsalaåsen-Uppsala har otillfredsställande status med avseende på PFAS11 och BAM (1,2-diklorbensamid, bekämpningsmedel) och är således i risk att inte nå god status till mållåret 2027. År 2016 uppmättes PFAS-nivåerna till 181 ng/l, vilket är dubbelt så högt som riktvärdet. I den senaste förvaltningscykeln har uppmätta halter för olika typer av PFAS ökat vid två mätstationer inom grundvattenförekomsten, omkring 45 % högre halter år 2021 jämfört med år 2017. Riktvärde för BAM har överskridits vid två tillfällen, och halterna ökar i åsens strömningsriktning. Tidsfrist för att uppnå god status för PFAS11 och BAM infördes, där utsläppsbehandlande åtgärder behöver genomföras för att uppnå god status år 2027. Tidsfristen till 2027 infördes med motiveringen att det inte var tekniskt möjligt att uppnå god status till 2021. Höga halter av klorid har uppmätts, där halterna ökar i åsens strömningsriktning - förekomsten bedöms ändå ha god status med avseende på klorid, men riskerar inte nå god status i framtiden. En stor och vältrafikerad väg som saltas och går över öppen åskärna har identifierats utgöra risk för att klorid kan leda till sänkt status. Även andra ämnen har påvisats i grundvattnet, bland annat klorerade lösningsämnen och rester av vissa läkemedel. Påverkanskällor som har identifierats är bland annat aktiva verksamhetsutövare samt tidigare industrier (VISS, 2022).

Grundvattenförekomsten Sävjaån-Samnan har otillfredsställande status med avseende på PFAS11 samt tri- och tetrakloreten. PFAS11-föreningar har hittats inom flera olika förorenade områden inom förekomsten. Halter så höga som 4 000 ng/l har uppmätts i grundvattnet, vilket är långt över riktvärdet 90 ng/l. Tri- och tetrakloreten förekommer också på flera förorenade områden inom förekomsten, samt i lägre halter i stora delar av förekomsten. Uppmätt halt är 11 µg/l, vilket är strax över riktvärdet 10 µg/l. Tidsfrist för att uppnå god status för PFAS11 och BAM infördes, där utsläppsbehandlande åtgärder behöver genomföras för att uppnå god status år 2027. Tidsfristen till 2027 infördes med motiveringen att det inte var tekniskt möjligt att uppnå god status till 2021. Påverkanskällor

som har identifierats är bland annat aktiva verksamhetsutövare samt tidigare industrier. Ett stort antal vägar som saltas har identifierats utgöra risk för att klorid får sänkt status (VISS, 2022).

Ytvattenförekomsten Sävjaån mynning – Storån har måttlig ekologisk status och uppnår ej god kemisk status. Den ekologiska statusen påverkas av en sämre än god status gällande övergödning, till följd av höga halter närsalter, samt att fysiska ingrepp i konnektiviteten och morfologin förekommer. Den kemiska statusen är påverkad av höga halter av miljögifter, vilka överskrider bedömningsgrunderna. Mer specifikt är det höga halter av ämnet PFOS som gör att förekomsten inte uppnår god status. Miljögifterna tros ha sina ursprung i pågående och nedlagda verksamheter inom påverkansområdet (VISS, 2022).

Sävjaån mynnar i Fyrisån, vilken omfattas av ytvattenförekomsten Fyrisån Ekoln – Sävjaån. Denna vattenförekomst har, precis som Sävjaån, måttlig ekologisk status och uppnår ej god kemisk status. Den ekologiska statusen påverkas av en sämre än god status gällande övergödning, till följd av höga halter närsalter, samt att fysiska ingrepp i konnektiviteten och morfologin förekommer. Vidare påverkas den ekologiska statusen av det särskilt förorenande ämnet ammoniak, vilket tros kunna härröra från bland annat reningsverk, läckande gödsellagring och enskilda avlopp. Den kemiska statusen är påverkad av höga halter av miljögifter, vilka överskrider bedömningsgrunderna. Mer specifikt är det höga halter av ämnena PFOS, antracen, benzo(a)pyren och tributyltennföreningar som gör att förekomsten inte uppnår god status. Miljögifterna tros ha sina ursprung i pågående och nedlagda verksamheter inom påverkansområdet (VISS, 2022).

4.4.2. Vattenskyddsområde

Järnvägen, från de centrala delarna av Uppsala fram till en bit söder om Kungsängens gård ligger inom vattenskyddsområdet för Uppsala-Vattholmaåsarna (Figur 7). Ett vattenskyddsområde har en geografisk avgränsning och kan vara indelat i olika zoner. Kopplat till ett vattenskyddsområde finns föreskrifter till skydd för vattnet (Länsstyrelsen Uppsala län, 1990). Vattenskyddsområdet för Uppsala-Vattholmaåsarna är indelat i två zoner, inre och yttre skyddszon, där den aktuella järnvägssträckan passerar genom yttre skyddszon. Föreskrifterna beslutades av länsstyrelsen i Uppsala län 1990 och innehåller bland annat restriktioner för hur nära grundvattenytan ett markarbete får ske och hur petroleum och andra kemikalier ska förvaras inom vattenskyddsområdet (Uppsala vatten, 2022). Uppsalaåsens dricksvattenanläggningar är även klassade som riksintresse.

4.4.3. Känslighetsklassning Uppsalaåsen

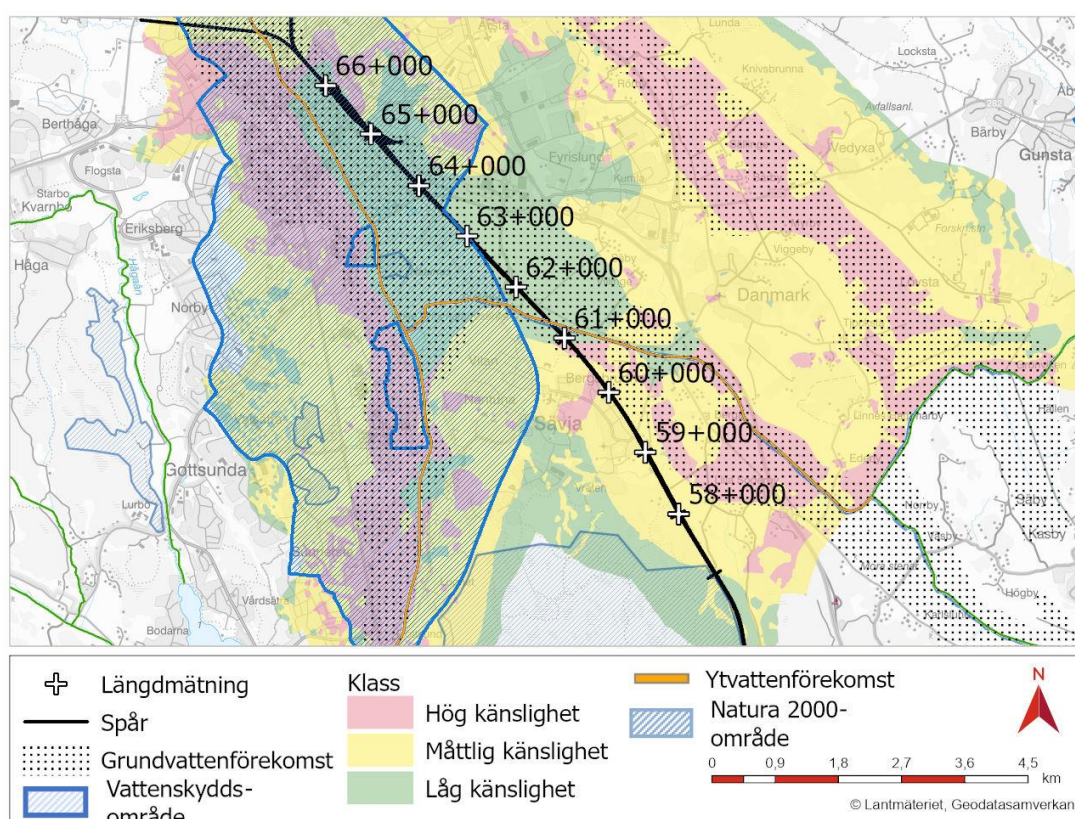
Hela den aktuella järnvägssträckan ligger inom det område som omfattas av Riskanalys av Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde ur grundvattensynpunkt som togs fram under ledning av Uppsala kommun under 2018 (Geosigma, 2018). Projektet resulterade bland annat i en känslighetskarta som klassar områden utifrån hur känslig marken är ur grundvattensynpunkt, från låg känslighet till hög känslighet (Figur 7). Största delen av den aktuella järnvägssträckan löper genom de lägre känslighetsklasserna, låg och måttlig, men mindre områden som klassas med hög känslighet passeras.

I mars 2023 – efter att majoriteten av arbetet med att ta fram denna fördjupade riskanalys var utfört – presenterades en uppdaterad version av känslighetskartan. Denna skiljer sig något från den tidigare känslighetskartan gällande gränser och områden för olika känslighetsklassningar. Kontakträckor för grundvatten har baserats på den tidigare känslighetskartan och inte arbetats om för den nya versionen. Detta motiveras med att

känslighetskartan endast ligger till grund för indelningen av kontaktsträckor – själva riskbedömningen har genomförts i större detalj utifrån platsspecifika förutsättningar (såsom jordlagerföljd, jorddjup, grundvattennivåer etc.). Ändring av indelning för kontaktsträckor enligt den nya versionen av känslighetskartan bedöms därtill endast ge marginella skillnader i längden av kontaktsträckor. Av denna anledning används den äldre versionen av känslighetskartan i denna riskbedömning.

4.4.4. Natura 2000-områden

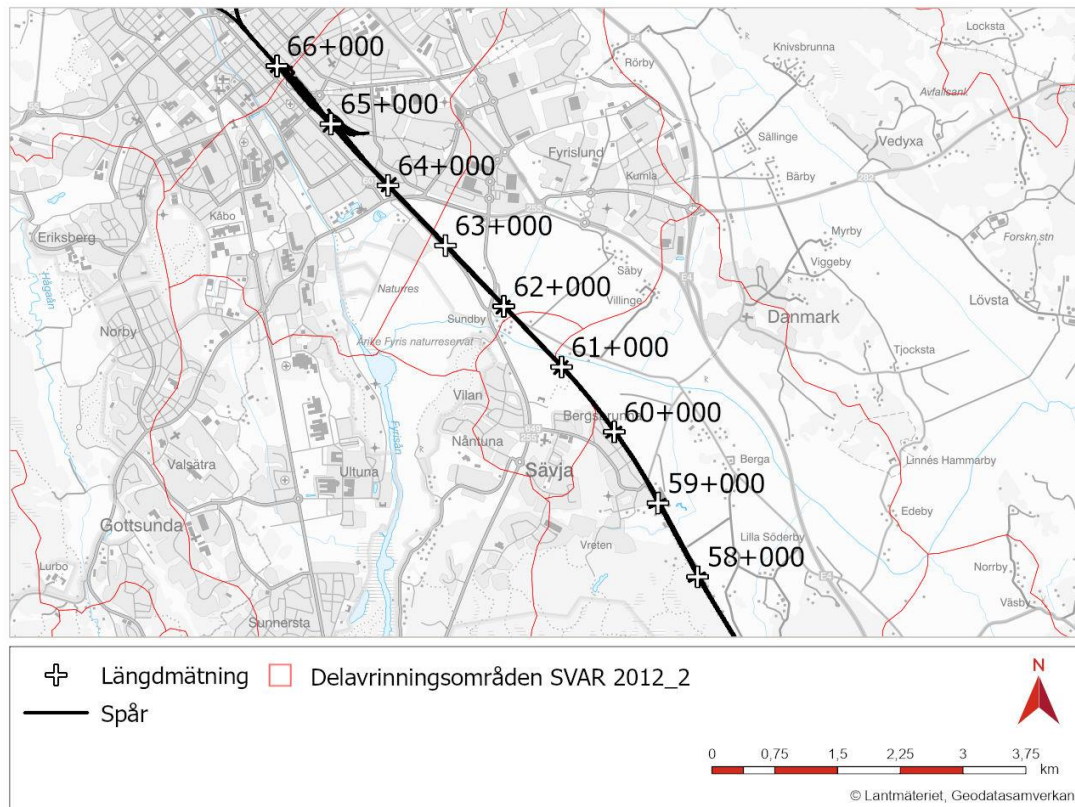
Från kommungränsen mellan Knivsta och Uppsala upp till Karlsro löper järnvägen parallellt med Natura 2000-området (och naturreservatet) vid Lunsen (Figur 7). Järnvägen passerar även Sävjaån som är ett Natura 2000-område. Ett Natura 2000-område är skyddat av art- och habitatdirektivet och i eller vid ett Natura 2000-område är det förbjudet att utan tillstånd bedriva verksamheter eller åtgärder som på ett betydande sätt kan påverka miljön.



Figur 7. Skyddsvärda områden längs aktuell sträcka. "Hög-, måttlig- och låg känslighet" indikerar grundvattnets känslighet (Geosigma, 2018). Natura 2000-område överlappas av ytvattenförekomst längs Sävjaån.

4.5. Avvattning

Aktuellt utredningsområde passerar genom fem delavrinningsområden, varav de två nordligaste leder ut i Fyrisån och övriga i Sävjaån, se Figur 8. Samtliga fem tillhör huvudavrinningsområdet Norrström.



Figur 8. Delavrinningsområden längs med järnvägssträckan (svart linje). Röda linjer visar gräns mellan delavrinningsområdena. Röd pil illustrerar norr. Hämtat från vattenkartan (VISS, 2022).

Längs med järnvägen anläggs diken eller dräneringsledning för att säkerställa att vatten inte blir stående i banunderbyggnad och riskerar att påverka anläggningen negativt. Mellan Vaksalagatan i norr och Kungsängsleden i söder anläggs dräneringsledning till följd av att det är tät stadsbebyggelse längs med sträckan och det är ont om plats.

Dräneringsledningarna ansluts till befintliga dagvattenledningar som sedan leder vattnet till recipienten Fyrisån.

Söder om Kungsängsleden består avvattningsystemet mestadels av öppna diken som ansluts till befintliga åkerdiken eller vattendrag. Där det finns fastigheter med närliggande byggnader eller andra anläggningar som ska bevaras i största möjliga utsträckning anläggs dräneringsledning för att minska intrånget. Från Bergsbrunna till järnvägsplanens gräns i söder går järnvägen till största del på hög bank vilket innebär att det inte krävs några diken eller dräneringsledning. Vatten tillåts infiltrera i slänterna och bankroppen är naturligt dränerad. Generellt leds allt vatten söder om Kungsängsleden till befintliga åkerdiken som mynnar i Sävjaån, som i sin tur rinner ut i Fyrisån.

Eftersom det finns en befintlig järnväg direkt intill den planerade sträckningen (med undantag för sträckan över Sävjaån) finns det befintliga trummor som utgör genomledning för vattendrag, diken och vatten som ansamlas i lågpunkter intill järnvägen. Där järnvägen går över Sävjaån går samtliga fyra spår i ny sträckning.

5 Riskanalys

5.1. Kontaktsträckor

Beroende på var längs aktuell vägsträcka som en olycka med spill inträffar blir konsekvenserna olika stora, som en direkt följd av varierande geologi och därmed sårbarhet. Därför har sträckan delats in i flera delar som behandlas separat. Riskanalysen har bland annat tagit hänsyn till jordlagerföljder från undersökningssonderingar och grundvattennivåmätningar utförda inom projektet.

Bestämningen av kontaktsträckor utgår från att järnvägen passerar direkt på eller inom närheten av en utpekad vattenförekomst (se Del C i Tabell 3). I den översiktliga riskanalysen bestämdes konfliktsträckor för yt- och grundvatten, med utgångspunkt i hur järnvägen korsade eller passerade parallellt med vattenförekomster.

I den fördjupade riskanalysen bestäms kontaktsträckorna utifrån markens exploateringsgrad (stad/landsbygd) och utifrån jordarternas sårbarhet, varvid de har setts över och reviderats något utifrån ett helhetsperspektiv för risk. Se Tabell 1 för slutgiltig indelning av kontaktsträckor för yt- och grundvatten. En närmare beskrivning av dessa återfinns i följande kapitel.

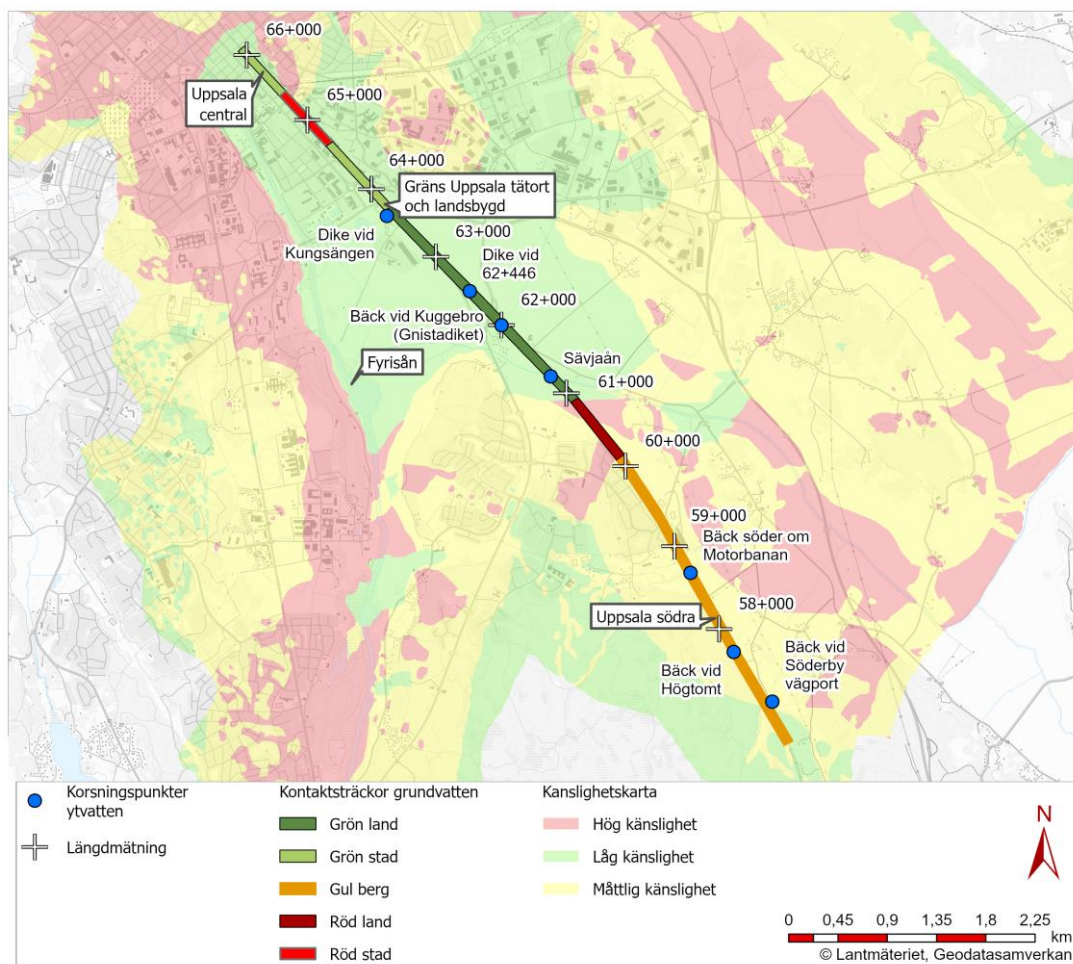
Tabell 1. Kontaktsträckor för yt- och grundvattenförekomster inom projektet.

Typ	Kontaktsträcka	Från km (ungefär)	Till km (ungefär)	Längd (km)
Grundvatten	Grön stad	66+100 64+650	65+400 63+750	1,6
	Röd stad	65+400	64+650	0,7
	Grön land	63+750	60+900	2,8
	Röd land	60+900	60+100	0,8
	Gul berg	60+100	56+600	3,5
Ytvatten	<i>Sävjaån samt bäckar som når Sävjaån</i>			0,44
	Bäck vid Kuggebro	62+000		0,12
	Sävjaån	61+250		0,15
	Bäck söder om motorbanan	58+675		0,10
	Bäck vid Högtomt	57+709		0,09
	Bäck Söderby vägport	57+100		0,07
	<i>Bäckar som når Fyrisån</i>			
	Dike vid Kungsängen	63+374		0,01

5.1.1. Grundvatten

Kontaktsträckan för grundvatten mäter totalt 9,5 km från Uppsala central till järnvägsplanens södra gräns. Hela denna järnvägssträcka har utvärderats som en

kontaktsträcka eftersom grundvattnet längs hela sträckan bedöms stå i hydraulisk kontakt och grundvattenströmningen är riktad mot dricksvattentäkten i norr. Den totala sträckan över grundvattenmagasinen (se Figur 7) mäter 5,5 km. Uppdelad mellan de två grundvattenförekomsterna går 443 m inom Uppsalaåsen och 5 027 m inom Sävjaån-Samnan. Båda grundvattenmagasinen är slutna och består utav friktionsjord under postglacial lera. På grund av detta bedöms att ingen uppdelning bör ske mellan de olika grundvattenmagasinen, utan att de räknas ihop till en enda kontaktsträcka. Uppdelningen i olika kontaktsträckor utgår ifrån känslighetskartan (Geosigma, 2018), se Figur 9.



Figur 9. Kontaktsträckor för grundvatten baserat på markanvändning och känslighetskarta för grundvatten (Geosigma, 2018). Färgerna motsvarar olika känsligheter, se legend i bilden.

Järnvägssträckan går igenom två zoner med hög känslighet: en i början nära Uppsala centralstation, och en på slutet av sträckan, en liten bit efter Sävjaån, se Figur 9.

Resterande del av sträckan utgörs av låg till måttlig känslighet fram till järnvägsplanens södra gräns.

Uppsalas centrala del har delats upp i två kontaktsträckor med underlag av känslighetskartan. En röd zon (hög känslighet) vid Uppsala centralstation har i denna bedömning utökats söderut för att även innefatta bangården. Denna sträcka mäter cirka 730 meter och kallas hädanefter för *Röd stad*. Gemensamt för hela denna sträcka är att exploatering av marken riskerar ha medfört att skyddande lerlager har schaktats bort och ersatt av fyllningsjord.

Bangården planeras främst användas som uppställningsplats för persontåg, och endast i mindre utsträckning för lastning och lossning av gods. Utsläpp av farligt ämne sker oftast i samband med lastning och lossning, vilket innebär att riskerna kopplade till bangården i första hand är kopplat till diffusa utsläpp från järnvägsanläggningen. På bangårdar är generellt föroreningskällorna fler än i spårområdet i övrigt (Trafikverket, 2020a). När det gäller sannolikhet för olyckor med läckage som följd bedöms därmed sannolikheten på samma sätt för bangården som för övriga spår för kontaksträckan Röd stad.

Den andra kontaktsträckan som går igenom den centrala delen av Uppsala kallas hädanefter för *Grön stad*, och mäter cirka 1 600 meter. Sträckan går igenom stadsområde med osäkra och varierande data för schaktområden och jordmäktighet. Enligt känslighetskartan är sträckan bedömt till låg känslighet, men på grund av osäkerheterna med data bedöms den konservativt till en högre känslighetsklass.

Järnvägen söder om stadsområdet sträcker sig över slättområde bestående av lera vilket gör att känsligheten tolkas som låg. Kontaktsträckan *Grön land* börjar precis efter stadsområdet och sträcker 2 840 meter, fram tills att känsligheten övergår från låg till hög, se Figur 9. Till denna sträcka räknas även det planerade förbigångs- och mötesspåret beläget runt 62+700 – 63+700.

Kontaktsträckan *Röd land* sträcker sig över den del av slättområdet som har klassats som hög känslighet, och mäter cirka 790 meter. Inom denna sträcka föreligger siltskikt i leran som kan orsaka läckage vilket bidrar till den höga känsligheten.

Den sydligaste delen av järnvägssträckan går igenom en annan typ av terräng med berg i dagen och moränlager. Denna kontaktsträcka benämns *Gult berg*, och mäter cirka 3 350 meter. Det föreligger även här siltskikt i lerlager på vissa platser inom sträckan, vilket bidrar till den måttliga känslighetsbedömningen. Grundvatten i detta område bedöms stå i hydraulisk kontakt med grundvattenförekomsterna längre norrut och grundvattenströmningen är därtill riktad norrut. Då sträckan går på ett stort avstånd från grundvattenmagasinen längre norrut bedöms den dock till en lägre känslighet i denna riskanalys.

5.1.2. Ytvatten

Samtliga ytvattenförekomster är redovisade Figur 6, sida 15. Enligt Trafikverkets handbok ska kontaktsträckorna för ytvatten definieras utifrån avstånd och avrinningsförhållanden och viktas, se Tabell 2 och Tabell 3.

Tabell 2. Anvisningar för att bedöma avrinningsförhållanden vid kontaktsträckan.

	Avrinningsförhållanden		
	Låg	Medel	Hög
Järnvägens avvattningssystem	Avvattning koncentreras inte i diken eller sker till damm eller fördröjningsmagasin.	Avvattning sker till öppna diken utan tätskikt, viss infiltration i diket.	Konstant vattenförande järnvägsdike. Diken med dräneringsledning och underliggande tätskikt. Bortledning från hårdgjorda ytor via brunnar och täta ledningar.
Topografi	Flack	Svag	Skarp. Riktad mot öppen vattenyta.
Jordtyp	Högpermeabla jordarter. Grus och makadam. Jordar med djup organisk horisont.	Medelpermeabla jordarter (sand). Ytliga organiska jordskikt förekommer.	Lågpermeabla jordarter (silt, lera). Järnvägen går i bergskärning. Organiska jordskikt är tunna eller saknas.
Markanvändning	Gräsklädda sidoområden eller mellanliggande mark kan förväntas kvarhålla merparten av föroreningen.	Vegeterade sidoområden eller mellanliggande mark kan förväntas kvarhålla en del av föroreningen.	Hårdgjorda ytor. Vegetationslösa sidoområden eller mellanliggande mark.

Tabell 3. Bedömningsgrunder för att kalibrera kontaktsträckan. Medel avrinning är ett spann mellan vikten för låg och hög avrinning beroende på avrinningsförhållanden presenterat i Tabell 2.

	Avstånd	Tilldelad vikt		
		Låg avrinning	Medel avrinning	Hög avrinning
Del A	Närmare än 25 m från en öppen vattenyta eller på ett avstånd där en förorening bedöms kunna nå en sådan yta inom insatstiden.	50 %	50% - 100%	100 %
Del B	Mellan 25 och 100 m från en öppen vattenyta eller på ett avstånd där en typisk föroreningsplym på markytan kan nå en sådan yta inom två gånger insatstiden.	10 %	10% - 50%	50 %
Del C	I ytterkanten av det topografiska tillrinningsområdet till korsning mellan väg och tillrinnande vattendrag eller mer än 100 m från en öppen vattenyta eller på ett avstånd där en typisk föroreningsplym kan nå en öppen vattenyta inom tre gånger insatstiden.	0 %	0% - 10%	10 %

Den viktade kontaktsträckan räknas därefter ut med hjälp av ekvation 1.

$$L(km) = vikt\%(A) * längd A + vikt\%(B) * längd B + vikt\%(C) * längd C \quad (1)$$

En sammanställning av kontaktsträckorna visas i Tabell 4. Mer utförlig beskrivning av respektive sträcka och dess viktning återfinns i kapitel 5.1.2.1 - 5.1.2.1.

Tabell 4. Sammanställning av de reducerade kontaktsträckorna.

Kontakt-sträcka Ytvatten	Vikt Del A	Sträcka Del A	Vikt Del B	Sträcka Del B	Vikt Del C	Sträcka Del C	Avrundad viktad sträcka (km)
Dike vid Kungsängen			10%	100 m			0,01
Bäck vid Kuggebro	80%	50 m	35%	215 m			0,12
Sävjaån	90%	45 m	40%	155 m	5%	909 m	0,15
Bäck söder om motorbanan	70%	50 m	30%	150 m	7%	340 m	0,10
Bäck vid Högtomt	75%	50 m	30%	150 m	5%	240 m	0,09
Bäck vid Söderby vägport			40%	180 m			0,07
Totalt							
Bäckar som mynnar i Sävjaån, inkl. Sävjaån							0,53
Bäckar som mynnar Fyrisån, exkl. Sävjaån							0,01

5.1.2.1. Uppsala stad-dagvatten (km 63+880 – 66+100)

Avvattning vid järnvägsspåren sker via dagvattenhantering via dagvattenledningar. Dessa går i detta fall mot Fyrisån vilket kan skapa problem vid olycka och potentiellt läckage från järnvägen. Dessa utformas i form av dräneringsledningar i anslutning till ballasten, strax under järnvägsspårens nivå. Dräneringsledningarnas funktion är således att leda bort högt stående mark- och grundvatten för att undvika att spåren står under vatten, vilket vanligen endast är aktuellt vid stora nederbörds mängder, då vattnet kan nå upp till dräneringsledningarna. Att läckage från olycka skulle ledas bort via järnvägens dräneringsledningar är således inte sannolikt och kräver att olyckan sker samtidigt som ett stort skyfall. I övriga fall ligger dräneringsledningarna för högt upp i marken för att leda bort förorening; istället kommer ett läckage att infiltrera marken och nå ett övre eller undre grundvattenmagasin. Kontaktsträcka för ytvatten för dagvatten inne i Uppsala bedöms således inte vara aktuellt.

5.1.2.2. Dike vid Kungsängen (km 63 +374)

Diket vid Kungsängen mynnar i Fyrisån. Diket är en del av en dagvattenreningsanläggning med syfte att avleda dagvatten från dagvattenledning till dagvattendamm. Anläggningen är alltså i sig ett skydd mot att föroreningar når Fyrisån.

Flödet i diket är okänt. Då bäcken förekommer cirka 67 meter sydväst om spåret och järnvägen inte passerar över, görs det i detta fall enbart en bedömning utifrån potentiell flödesväg från spåret. Allt potentiellt läckage från spåret kommer passera två diken innan bäcken, där infiltration kan ske, men även bortledning av vattnet ner till vägdikena på Kungsängsleden. Dikenas djup mäter cirka 1,5 meter respektive 0,6 meter, vilket bedöms i första hand transporteras till andra, ofta torra, diken. Dessa diken når Fyrisån efter cirka 2,2 km. På grund av de gynnsamma förhållandena görs enbart en viktning likt ”del B” i Tabell 3. Sträckan bedöms till 100 m då det är den del av sträckan längs med järnvägen där läckage potentiellt kan nå vattendraget, se Figur 10. Topografin är mestadels flack och jordarten är lera, med ett tunt organiskt lager ovanpå. Markanvändningen är varierad från genomsläpplig makadam till lera och asfalt, med vegetationsbeklädda diken. Beskrivande avrinningsförhållanden bidrar till den bedömda vikten 10%.

Den fysiska längden för delsträckan mäter totalt 100 meter, vilket ger enligt ekvation 1 en viktad kontaktsträcka på 0,01 km.



Figur 10. Viktade sträckan av Diket vid Kungsängen.

5.1.2.3. Dike (km 62+446)

Vid denna plats finns en befintlig bro under järnvägen där ett dike ligger i kulvert förutom under järnvägen. Förlängningen av kulverten genomförs genom att den befintliga kulverten ansluts till en brunn som i sin tur ansluts till en ny ledning som förläggs under järnvägen.

Området är framför allt påverkat av åkerdränering men omfattas inte av något markavvattningsföretag.

Den ekonomiska kartan från 50-talet visar att ett vattendrag har passerat under järnvägen men i dag finns det inget synligt dike. Möjligen har ett nedströms vattendrag, som omfattas av markavvattning, slagits ihop med detta tidigare vattendrag.

Den planerade anläggningen för framtida driftskede (efter att den nya järnvägen är klar) är i skrivande stund ännu inte helt projekterad, men sannolikt kommer hela bäcken att ligga i kulvert. I och med detta kommer inte vattendraget att ligga i kontakt med framtida järnvägsanläggning, och diket beaktas därmed inte i den fördjupade riskanalysen.

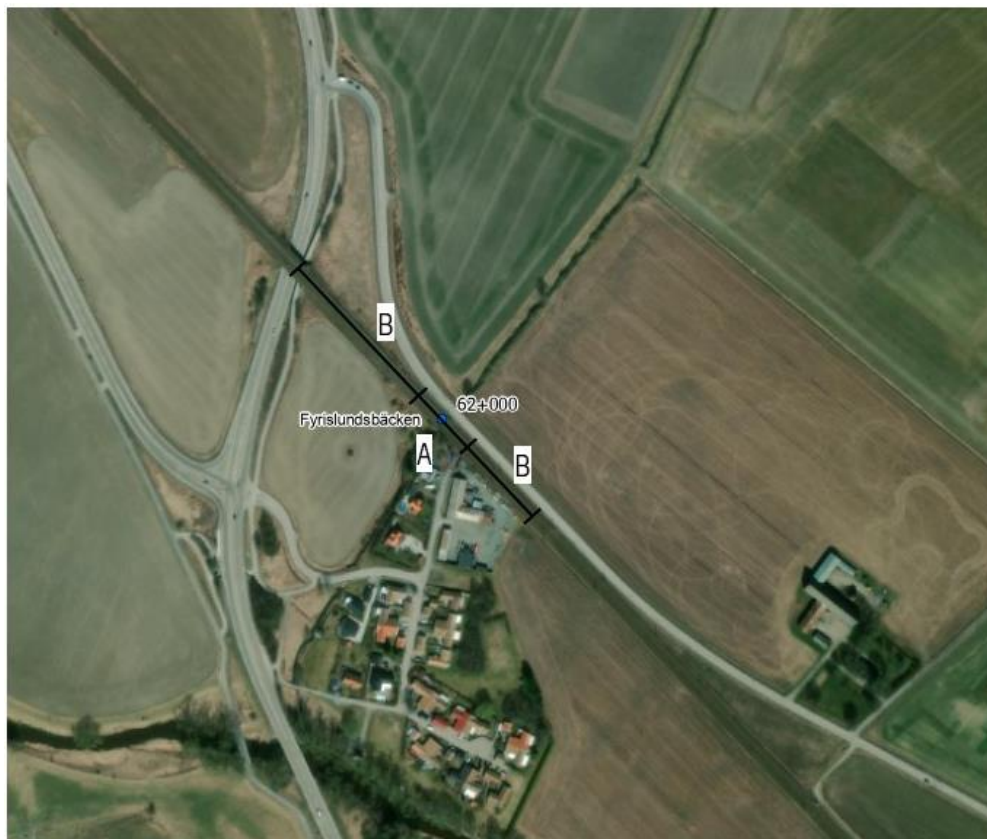
5.1.2.4. Bäck vid Kuggebro (Gnistadiket) (62 + 000)

Bäcken vid Kuggebro har en flödesriktning mot Sävjaån. Från järnvägen är transportsträckan till Sävjaån knappt 300 meter. Denna bäck har ett beräknat medelflöde på cirka 0,03 m³/s. Kontaktsträckan är uppdelad i 2 delar, A och B, baserat på Tabell 2 och Tabell 3, se Figur 11.

Del A består av en sträcka på 25 m åt vardera håll. Avrinningen sker till öppna diken på norra sidan och tomtmark på södra sidan, och bedöms därför till medelhög. Topografin är flack och jordarten är dels gytjelera med en del organiskt ytlager då det förekommer tomtmark på den sydvästra sidan. Sidoområdena består av vegetation på den södra delen av spåret och asfalt på den norra delen av spåret vilket ger en samlad bedömning för markanvändning till medel. Del A bedöms till en vikt på 80% baserat på den asfalterande vägen på den norra sidan av spåret som ger en ökad avrinning.

Del B består av liknande egenskaper som i del A, men med en sträcka på sammanlagt 215 m. Denna del sträcker sig fram till väg 255 då det finns en pumpstation i vägporten för dagvatten. Det är inte känt vart vattnets leds, men uppskattningen är att det leds till bäcken vid Kuggebro, därav den förlängda sträckningen västerut (mot Uppsala centrum). Del B bedöms ha en vikt på 35%, baserat på samma egenskaper som vid bedömning för sträcka A.

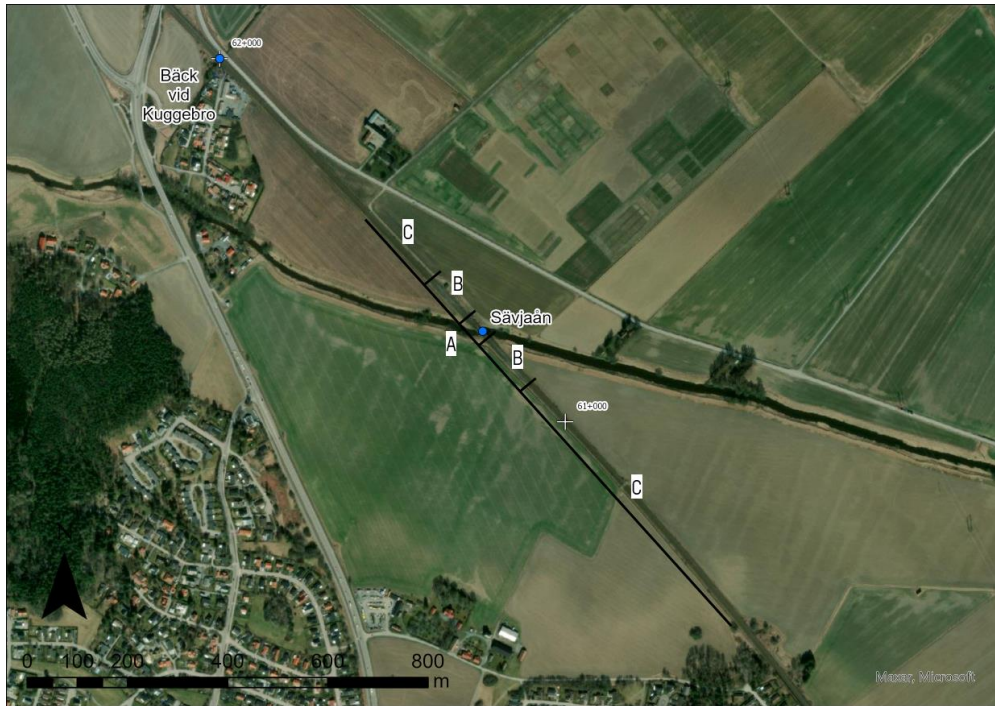
Den fysiska längden för delsträckan mäter totalt 265 meter vilket ger en viktad kontaktsträcka på 0,12 km, enligt ekvation 1.



Figur 11. Bäck vid Kuggebros uppdelning baserat på viktning. Bäckens kallas även Gnistadiket.

5.1.2.5. Sävjaån (WA82797609) (km 61 +250)

Sävjaån är en ytvattenförekomst och ett vattenrelaterad Natura 2000-område (art och habitat- samt fågeldirektivet) med flödesriktning mot Fyris naturreservat, ytvattenförekomsten Fyrisån (WA67670465) och vattenskyddsområdet Uppsala- och Vattholmaåsarna. Direktkontakt mellan grundvattenförekomsterna och Sävjaån respektive Fyrisån kan ej uteslutas (VISS, 2022). Fyrisån mynnar i sin tur i sjön Mälaren. Medelflöde i Sävjaån är beräknat till cirka 4,03 m³/s.



Figur 12. Sävjaåns kontaktsträcka uppdelad i olika sträckor beroende på viktning.

Sävjaåns kontaktsträcka är uppdelad i tre delar, utifrån avstånd och avrinningsförhållanden beskrivet i Tabell 2 och Tabell 3. Uppdelningen visas i Figur 12.

Del A sträcker sig 30 meter norrut, respektive 15 meter söderut, från ån. Sträckan bedöms ha en medelhög avrinning med öppna vattenförande diken och med en topografi som är skarp riktad mot ån. Markanvändningen bedöms som medel i avrinningsförhållandena då det förekommer vegetation i sidoområdena som kan förväntas kvarhålla en del av potentiellt läckage. Baserat på avrinningsförhållandena tilldelas del A en viktning på 90% och en sammanlagd längd på 45 meter.

Del B mäter 70 meter norrut och 85 meter söderut, vilket ger en sammanlagd sträcka på 155 m. Sträckan bedöms ha en medelhög avrinning till öppna diken utan tätskikt. Topografin är svag och jordtypen är lera och silt. Markanvändningen bedöms till medel då det förekommer vegetation på sidoområdena. Baserat på avrinningsförhållandena tilldelas en viktning på 40% då de lågpermeabla jordarterna ger en lite högre avrinning.

Del C mäter 209 meter norrut och 700 meter söderut, fram till respektive topografiska gräns. Detta ger en sammanlagd sträcka på 909 m. Avrinningen bedöms vara låg till medium då det förekommer diken av varierande djup och vattenföring. Topografin är flack på vardera sida om ån och jordarten är silt och lera. Markanvändningen består av gräsklädda sidoområden vilket bidrar till låg avrinning. Då jordarten är lågpermeabla och diket söderut är relativt djupt bidrar det till en vikt på 5%.

Den fysiska längden för delsträckan mäter totalt 1109 meter vilket ger en viktad kontaktsträcka på 0,15 km, enligt ekvation 1.

5.1.2.6. Bäck söder om motorbanan (km 58+675)

Bäcken söder om motorbanan har en flödesriktning mot Sävjaån. Från järnvägen är flödessträckan till Sävjaån cirka 1 900 meter. Denna bäck har ett beräknat medelflöde på cirka 0,03 m³/s. Kontaktsträckan är uppdelad i tre delar, baserat på Tabell 2 och Tabell 3. Uppdelningen visas i Figur 13.

Del A sträcker sig 25 meter åt båda hållen, vilket ger en sammanlagd sträcka på 50 meter. Avrinningen sker till ett öppet dike, cirka 2 meter djupt, söder om bäcken, medan norra delen är öppen mot åkrarna. Marken består utav fyllnadsmaterial med underliggande lera. Topografin är svagt lutad och markanvändningen består av gräsklädda och vegetationsrika områden. Utifrån avrinningsförhållandena bedöms del A ha en vikt på 70%, mestadels på grund av det djupa diket.

Del B sträcker sig 75 meter norrut och 75 meter söderut, vilket ger en sammanlagd sträcka på 150 m. Del B bedöms ha avrinningsegenskaper som del A, vilket ger en vikt på 30%.

Del C sträcker sig 134 meter norrut och 206 meter söderut, vilket ger en sammanlagd sträcka på 340 m. Topografin är relativt brant mot vattendraget på den norra delen, men svagt lutad mot vattendraget från södra delen. Jordarten består liksom de andra delarna av fyllningsmaterial och lera, men i norra delen finns även av morän. Markanvändningen ser likadan ut som i del A och del C, med ett vattenförande dike på den södra sidan. Detta ger en vikt på 7% för del C.

Den fysiska sträckan mäter totalt 540 meter vilket ger en viktad kontaktsträcka på 0,10 km, enligt ekvation 1.



Figur 13. Bäckens söder om motorbanans uppdelning baserat på viktning.

5.1.2.7. Bäck vid Högtomt (km 57+709)

Bäckens vid Högtomt har en flödesriktning mot Sävjaån. Från järnvägen är flödessträckan cirka 1100 meter. Flödet för bäcken är okänt men uppskattas till låg utifrån platsbesök.

Kontaktsträckan är uppdelad i tre delar, baserat på Tabell 2 och Tabell 3. Uppdelningen visas i Figur 14. Avrinningsförhållandet är detsamma för alla delar.

Avrinningen sker till öppen mark då järnvägen går på bank genom partiet. Topografin är skarp riktad mot bäcken som går till Sävjaån. Jordarterna består av lera och silt öster om järnvägen och berg i dagen på den västra sidan om järnvägen. På båda sidor om järnvägen finns skogsområden som kan kvarhålla merparten av potentiell förorening vid olycka. Sammantaget ses avrinningsförhållandet som medelhög, vilket ger en vikt på 75%.

Del A sträcker sig upp till 25 meter från bäcken åt vardera håll, vilket ger en sammanlagd sträcka på 50 meter.

Del B mäter 75 meter åt vardera håll, vilket ger en sammanlagd sträcka på 150 meter. Samma avrinningsförhållande som i del A, vilket ger en vikt på 30%.

Del C mäter 25 meter norrut, och 215 meter söderut, vilket ger en sammanlagd sträcka på 240 meter. Avrinningsförhållandet är densamma som del A och B, vilket ger en vikt på 5%.

Den fysiska sträckan mäter totalt 440 meter vilket ger en viktad kontaktsträcka på 0,09 km, enligt ekvation 1.



Figur 14. Bäckens vid Högtomts uppdelning baserat på viktning.

5.1.2.8. Bäck vid Söderby vägport (km 57+080)

Bäcken vid Söderby vägport har en flödesriktning mot Sävjaån och har sin början cirka 80 meter från järnvägen. Under järnvägen, strax söder om vägporten, finns en trumma som avvattnar den västra sidan av järnvägen och sannolikt leder vatten vidare till bäcken vid höga flöden – bäcken leds således inte genom trumman utan börjar först på den östra sidan om järnvägen.

Då vattendraget inte korsar järnvägen inom järnvägsplanens område, görs en sammanställd bedömning likt "Dike vid Kungsängen". Sträckan mäter 130 meter söderut och 50 meter norrut beroende av topografin, vilket visas i Figur 15. Avrinningen sker till åkermark och topografin är skarpt lutad mot den öppna vattenytan. Jordarten består av lera med en del berg i dagen samt lite morän på vissa platser. Markanvändningen består av vegeterade sidoområden bestående av gräs och buskar. Den bedömda viktningen är 40% mestadels på grund av topografin samt de lågpermeabla jordarterna, enligt Tabell 2 och Tabell 3.

Den fysiska sträckan mäter totalt 180 meter vilket ger en viktad kontaktsträcka på 0,07 km, enligt ekvation 1.



Figur 15. Viktad sträcka vid Söderby vägport.

5.2. Bedömning av sannolikhetsklass

Sannolikhetsklassen för respektive kontaktsträcka har beräknats och bedömts enligt metodiken redovisad i kapitel 5.2.1.

5.2.1. Metodik

Sannolikhetsklassen fastställs genom att beräkna frekvensen för olycka med godståg och ett resulterande utsläpp av farligt gods. Noterbart är att Trafikverkets handbok saknar vägledning för att bedöma sannolikhetsklass för järnväg med kvantitativ metod. Här har det, i samråd med Trafikverket, tagits fram en beräkningsmodell som är delvis baserad på den beräkningsmodell som i Trafikverkets handbok ska nyttjas för sannolikhetsberäkningar av olycka med samtidigt utsläpp på väg (Trafikverket, 2020a). Justeringar i beräkningen har gjorts, delvis med hjälp av den metodik som används vid beräkning av olycka med farligt gods på järnväg i samband med detaljplaneläggning, delvis enligt beskrivning nedan i kapitel 5.2.1.1.

I Tabell 5 samt Tabell 6 visas beskrivningar samt klassificering av sannolikhetsklass, så som de beskrivs i Trafikverkets handbok. Tabell 5 redovisar en kvalitativ kategorisering av de olika sannolikhetsklasserna, och Tabell 6 redovisar en kvantitativ kategorisering av sannolikhetsklass utifrån beräknade återkomsttider för olycka med utsläpp av miljöfarligt ämne för järnväg.

Tabell 5. Kvalitativ kategorisering av de olika sannolikhetsklasserna. Tabell 8-3 från Trafikverkets handbok (2020a).

Sannolikhetsklass	Återkomsttid för olycka (år)	Beskrivning
5	0–7	Sannolikheten för minst en händelse med utsläpp inom 20 år är över 95 procent. Detta är en mycket hög sannolikhetsnivå som i regel är oacceptabel, inte bara ur ett vattenskyddsperspektiv. Om sannolikheter på denna nivå identifieras bör detta snarast påtalas för samtliga berörda intressenter och omedelbara åtgärder kan behöva vidtas.
4	7–20	Sannolikheten för minst en händelse med utsläpp inom 50 år är nära 100 procent och är att betrakta som hög eller mycket hög och är i sig en stark indikator på att det kan finnas en oacceptabel risknivå.
3	20–100	Sannolikheten för minst en händelse med utsläpp inom 50 år är mellan 39 och 92 procent, vilket får anses vara en hög nivå. Riskkostnaderna kan vara allt ifrån låga till höga och det är i regel motiverat att genomföra fördjupade riskanalyser.
2	100–700	Sannolikheten för minst en händelse med utsläpp inom 50 år är 39 procent eller mindre och är inte obetydlig och kan medföra en förhöjd risk, särskilt vid svåra konsekvenser. Riskkostnaderna kan i allmänhet förväntas vara låga i förhållande till kostnaderna för förebyggande åtgärder.
1	700–5000	Sannolikheten för minst en händelse med utsläpp inom 50 år är 7 procent eller mindre. Sannolikheten är låg nog att risken kan betraktas som ej beaktansvärd, såvida inte konsekvenserna av en skadehändelse är mycket stora.
0	5000-	Sannolikheten för minst en händelse med utsläpp inom 50 år är 1 procent eller mindre. Sannolikheter på denna nivå innebär att objektet hamnar utanför riskmatrisen, riskklass 0.

Tabell 6. Kvantitativ kategorisering av sannolikhetsklasser för beräknade återkomsttider för olycka med utsläpp av miljöfarligt ämne och för några olika riskföreteelser vid järnväg. Tabell 8-2 från Trafikverkets handbok (2020a).

Sannolikhetsklass	Återkomsttid för olycka (år)	Riskföreteelse
5	0-7	
4	7-20	
3	20-100	Transformatorolja i stationär enhet
2	100-700	Transformatorolja, bränsle eller hydraulolja i fordon. Cistern
1	700-5000	Miljöfarligt gods på järnväg
0	5000-	

5.2.1.1. Sannolikhetsbedömning olycka godstrafik

Sannolikheten för olycka med godstrafik på järnvägssträckan med efterföljande utsläpp av drivmedel eller farligt gods (P_{OU}) beräknas med nedanstående ekvation (2) (enligt Trafikverkets handbok):

$$P_{OU} = L_{\text{kontaktsträcka}} \cdot \text{ÅDT}_{\text{godståg}} \cdot 365 \cdot f_{\text{urspärning}} \cdot P_{FG\text{-vagn}} \cdot P_{\text{utsläpp}} \quad (2)$$

Där,

P_{OU} = Sannolikhet för olycka med godstrafik på järnvägssträckan med efterföljande utsläpp av drivmedel eller farligt gods

$L_{\text{kontaktsträcka}}$ = Den undersökta kontaktsträckans längd [km]. För ytvatten används den viktade kontaksträckan.

$\text{ÅDT}_{\text{godståg}}$ = Årscygnsmedeltrafik för godståg [antal]

$f_{\text{urspärning}}$ = Urspärningsfrekvens [antal per tågkilometer]

$P_{FG\text{-vagn}}$ = Sannolikheten att minst en vagn innehållandes farligt gods spårar ur vid olycka

$P_{\text{utsläpp}}$ = Sannolikheten att en urspärning av minst en farligt gods-vagn leder till utsläpp av farligt gods (i vätskeform)

Sannolikheten (P) för att minst en farligt gods-vagn spårar ur vid olycka (som leder till urspärning) beräknas med nedanstående ekvation (3):

$$P = 1 - P_e \quad (3)$$

Där P_e är sannolikheten att endast vagnar som INTE innehåller farligt gods spårar ur.

P_e beräknas genom formeln (4):

$$P_e = \frac{(N-k)!(N-d)!}{N!(N-k-d)!} \quad (4)$$

Där

N = Antal vagnar per tåg

¹ Eulers gammafunktion har använts för att generalisera fakulteten $n!$, det vill säga heltalsprodukten $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$, till de reella talen.

k = Antal farligt gods-vagnar per tåg

d = Antal vagnar som spårar ur per tåg och olycka

Metoden ovan kan härledas till kombinatorikens beräkning av *Val utan återläggning och utan hänsyn till ordning*².

Enligt information från Gävle hamn (Trafikverket, 2020c) trafikeras den aktuella sträckan av 2 flygbränsletåg med 17 vagnar vardera per dygn. Beräkningen av sannolikhet för olycka har utgått från antagandet att detta kommer förbli oförändrat i utbyggt läge. För resterande godstrafik har mer generella antaganden fått göras. Nationell statistik från förvaltningsmyndigheten Trafikanalys har använts för att göra ansättningen att farligt gods utgör 5 % av det totala antalet godstransporter och att godstågen i genomsnitt har 25 vagnar. De parametervärden som har använts vid beräkning av sannolikhet redovisas i Tabell 7.

Tabell 7. Parametrar som använts till beräkning av återkomsttid för olycka.

Parameter	Värde		Enhet	Kommentar
	Farligt gods-tåg	Övriga godståg		
Växlar eller kurvspår	JA/NEJ		-	Olika för olika kontaktsträckor
Kontaktsträckans längd	-		km	$L_{\text{Kontaktsträcka}}$ Olika för olika kontaktsträckor
ÅDT Godståg	2	8,3	Antal/dag	$\text{ÅDT}_{\text{Godståg}}$
Antal dagar med trafikering	365		Dagar/år	
Urspårningsfrekvens	$8,5 \cdot 10^{-8}$		Antal/tågakilometer	$f_{\text{urspårning}}$
Antal vagnar per tåg	17	25	Antal	
Antal vagnar med farligt gods	17	1,25	Antal	
Antal vagnar som spårar ur vid olycka	3,5		Antal	
Sannolikhet att åtminstone en farligt gods-vagn spårar ut vid olycka	100%	17%	%	

5.2.2. Sannolikhetsklassning grundvatten

Olycksfrekvens och återkomsttiden för olycka med samtidigt utsläpp för godstrafik presenteras i Tabell 8. Beräkningarna utgår från trafikprognoser för år 2040 och tillämpar ekvationen 2 (se kapitel 5.2.1). För kontaktsträckor över grundvattenförekomsterna bedöms **sannolikhetsklass 0–1**. P05 och P95 avser 5- respektive 95-percentilen av osäkerhetsintervall för beräknad återkomsttid och motsvarande sannolikhetsklass.

² <http://www.math.chalmers.se/Math/Grundutb/GU/LMA110/Vo8-1B/kombinatorik.pdf>

Tabell 8. Beräkning av sannolikhetsklass för olycka för kontaktsträckor för grundvatten. P05 och P95 avser 5- respektive 95-percentilen av osäkerhetsintervall för beräknad återkomsttid och motsvarande sannolikhetsklass.

Kontaktsträcka Grundvatten	L (km)	Återkomsttid (år)	Återkomsttid (år)	Sannolikhetsklass	Sannolikhetsklass
		P05	P95	P05	P95
Grön stad	1,6	19 000	3 100	0	1
Röd stad	0,7	41 000	6 600	0	~1
Grön land	2,8	10 000	1 700	0	1
Röd land	0,8	380 000	61 000	0	0
Gul berg	3,5	8 400	1 400	0	1

Återkomsttiden för kontaktsträckan Röd land ligger betydligt högre i återkomsttid för olycka jämfört med övriga kontakträckor. Detta beror på att denna kontakträcka är den enda som helt saknar växlar i den planerade järnvägsanläggningen. Förekomst av växlar spelar stor roll för olycksrisken och sannolikhetsklassningen, och avsaknad av växlar ger en betydligt längre återkomsttid för olyckor. Även återkomsttiden för Röd stad är lägre än för övriga kontakträckor på grund av att det förväntas röra sig om en mer begränsad sträcka (i längd).

Med hänsyn till de osäkerheter som ingår i riskanalysen har sannolikhetsklassen för Röd stad skattats till att uppgå till sannolikhetsklass 1 (~1) för att inte undervärdera kontakträckans sammantagna risk.

5.2.3. Sannolikhetsklassning ytvatten

Återkomsttid och sannolikhetsklass för olycka med utsläpp för godstrafik presenteras i Tabell 9, baserat på ekvation 2. Kontaktsträckorna presenterade under kapitel 5.1.2. är grupperade utifrån sin recipient och bedöms ha sannolikhetsklass 0.

Tabell 9. Beräkning av sannolikhetsklass för olycka för kontaktsträckor för ytvatten.

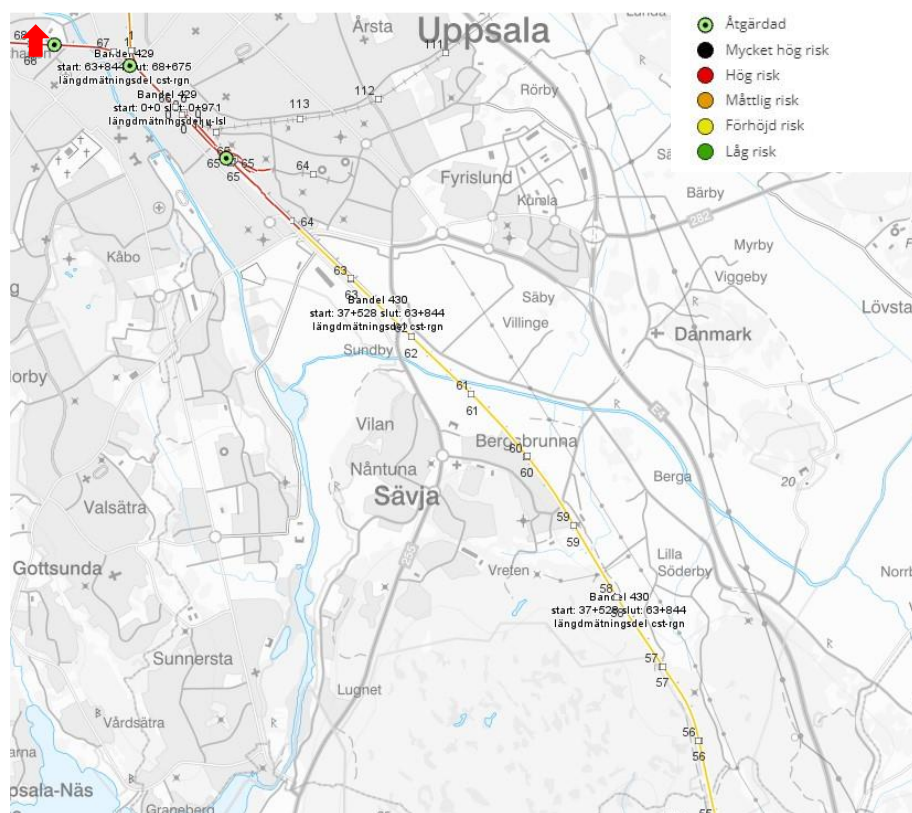
Kontaktsträcka Ytvatten	L (km)	Återkomsttid (år)	Sannolikhetsklass
Bäckar som når Sävjaån	0,53	16 000	0
Bäckar som når Fyrisån	0,01	940 000	0

5.2.4. Sannolikhetsbedömning transformatorstationer, cisterner och sliprar

Längs med järnvägssträckan som utreds finns som ovan nämnt ett antal transformatorstationer. Riskbedömning för sugtransformatorer finns att hämta i Trafikverkets kartverktyg Stigfinnaren. I Figur 16 redovisas att det inom utredningsområdet inte finns några befintliga sugtransformatorer som utgör någon risk för oljeläckage. Endast sugtransformatorer markerade som "Åtgärdade" finns längsmed aktuell järnvägssträcka. "Åtgärdade" innebär i detta sammanhang sannolikt att sugtransformatorer inom vattenskyddsområde monterades ned och placerades i skyddsbyggnad med

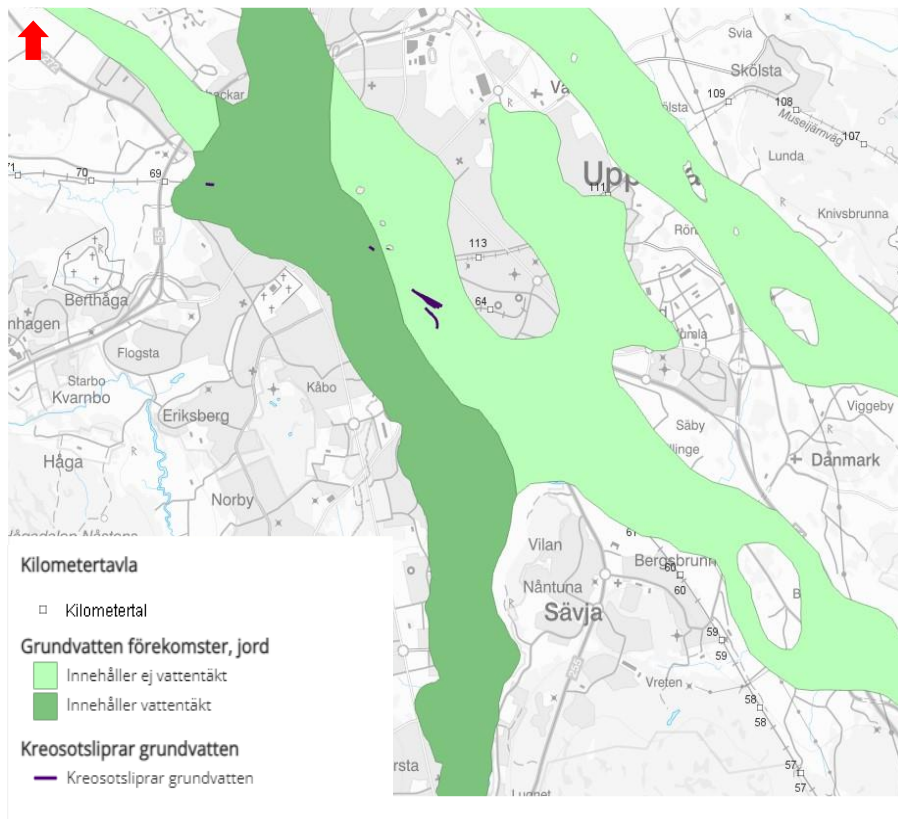
oljeuppsamlande fundament. Denna åtgärd genomfördes på flertalet platser längsmed Ostkustbanan under 2019 (Trafikverket, 2020e).

Inga befintliga cisterner förekommer längs sträckan och det tillkommer inte nya.



Figur 16. Karta över riskbedömning av sugtransformatorer. Röd pil illustrerar norr. Samtliga sugtransformatorer längsmed aktuell järnvägssträcka är markerade som "Åtgärdade", vilket antas bedöma att åtgärder har vidtagits för att motverka risken för läckage. Kartan är hämtad från Trafikverkets kartverktyg Stigfinnaren.

Kreosotsliprar utgör miljöfara och kan skada grundvattentäkten. Inom utredningsområdet finns ett antal befintliga kreosotsliprar, se Figur 17. Ny sträcka kommer inte att byggas med dessa material. Huruvida befintliga kreosotsliprar kommer att tas bort i samband med detta projekt går inte att säga i detta skede. På de platser där större ombyggnation planeras (exempelvis bangården) kommer sliprar endast att återanvändas där det är lämpligt, vilket innebär att kreosotsliprar kan komma att bytas ut längsmed delar av sträckan.



Figur 17. Karta över kreosotslippar. Röd pil illustrerar norr. Kartan är hämtad från Trafikverkets kartverktyg Stigfinnaren.

5.2.5. Sannolikhetsbedömning bangård samt korsande vägar.

Vid bangårdar och förbigångsspår kan det finnas en ökad risk. Dessa platser behandlas i större detalj i kapitel 5.1.1 (sida 20) som en viktig faktor i kontaktsträckan Röd stad. Under byggtiden kan en ökad risk finnas. Korsande vägar kan också utgöra en risk, men efter projektets färdigställande kommer ett flera befintliga plankorsningar att ha byggts om till planskilda korsningar.

5.3. Bedömning av värde

Värdeklass för respektive kontaktsträcka har beräknats och bedömts enligt metodiken redovisad i kapitel 5.3.1.

5.3.1. Metodik

I Trafikverkets handbok redovisas värdeklasserna kopplat till ekologisk miljö, hur stort uttag som är möjligt från yt- och grundvattenförekomster uttryckt i liter per sekund, antalet personer som nyttjar vattentäkten och om det finns reservvattentäkt eller inte. Sammanställning av värdeklasserna återfinns i Tabell 10 nedan. För bedömning av grundvattenförekomster används även Tabell 11.

Tabell 10. Värdeklasser för yt- och grundvatten och beskrivning av dem. Tabell 8-5 i Trafikverkets handbok handbok (2020a).

Värdeklass	Beskrivning (exempel)
5	<p>Ett vatten som utgör en fundamental förutsättning för en utpekad och särskilt skyddad ekologisk miljö.</p> <p>Ett vatten med hög uttagskapacitet som nyttjas för dricksvattenförsörjning för ett stort antal personekvivalenter (ur ett regionalt perspektiv) och där reserv- eller alternativkapacitet saknas.</p>
4	<p>Ett vatten som är av betydelse för en utpekad och särskild skyddad ekologisk miljö.</p> <p>Ett vatten med hög uttagskapacitet som nyttjas för dricksvattenförsörjning för ett stort antal personekvivalenter (ur ett regionalt perspektiv) där reserv- och alternativkapacitet finns tillgänglig.</p> <p>Ett vatten som nyttjas för ett medelstort antal personekvivalenter (ur ett regionalt perspektiv) där reserv- eller alternativkapacitet saknas.</p>
3	<p>Ett vatten som nyttjas för dricksvattenförsörjning för ett medelstort antal personekvivalenter (ur ett regionalt perspektiv) och där reserv- och alternativkapacitet finns tillgänglig.</p> <p>Ett vatten som nyttjas för ett mindre antal personekvivalenter (ur ett regionalt perspektiv) där reserv- eller alternativkapacitet saknas.</p>
2	<p>Ett vatten som nyttjas för dricksvattenförsörjning för ett mindre antal personekvivalenter (ur ett regionalt perspektiv) och där reserv- eller alternativkapacitet finns tillgänglig.</p>
1	<p>Ett vatten som översiktligt bedömts ha en god uttagskapacitet som inte nyttjas i dag och där det inte heller finns utpekanden för framtida nyttjande.</p>

Tabell 11. Värdeklasser grundvattenobjekt med avseende på uttagskapacitet i jord respektive berg och förekomst av allmän vattentäkt. Tabellnummer 8-12 i Trafikverkets handbok (2020a).

Värdeklass 1	Värdeklass 2	Värdeklass 3	Värdeklass 4	Värdeklass 5
			>125 l/s lokal kartering eller 25-125 l/s lokal kartering och allmän vattentäkt eller >125 l/s regional kartering och allmän vattentäkt	
		25-125 l/s lokal kartering eller 5-25 l/s lokal kartering och allmän grundvattentäkt eller >125 l/s regional kartering eller 5-125 l/s regional kartering och allmän grundvattentäkt eller i berg, 60 000-200 000 l/tim lokal kartering		
	5-25 l/s lokal kartering eller 1-5 l/s lokal kartering och allmän grundvattentäkt eller 25-125 l/s regional kartering eller 5-25 l/s regional kartering och allmän grundvattentäkt eller oklassat grundvatten med allmän grundvattentäkt eller i berg, 20 000-60 000 l/tim lokal kartering eller 60 000-200 000 l/tim regional kartering			
1-5 l/s lokal kartering eller 5-25 l/s regional kartering eller 1-5 l/s regional kartering och allmän grundvattentäkt eller i berg, 6 000-20 000 l/tim lokal kartering eller 20 000-60 000 l/tim regional kartering				

5.3.2. Grundvatten

Utifrån Tabell 10 och Tabell 11 bedöms Uppsalaåsen ha **värdeklass 5** då det är en stor och viktig grundvattenförekomst som förser många människor med dricksvatten.

Grundvattenförekomsten Sävjaån-Samnan ligger inom tillrinningsområdet för Uppsala- och Vattholmaåsarna och inom vattenskyddsområdet Uppsala- och Vattholmaåsarna. Förekomsten har i sig ett högt värde men eftersom flödet även går till Uppsalaåsen bedöms Sävjaån-Samnan också ha **värdeklass 5**.

Grundvatten i jordlager söder om grundvattenförekomsterna bedöms stå i hydraulisk kontakt med, och ha grundvattenströmningsriktning mot, grundvattenförekomsterna och Uppsalas dricksvattentäkt. Detta gör att allt grundvatten i kontakt med samtliga kontaktsträckor längs med sträckan har en **värdeklass 5**.

Uttag ur Uppsalaåsen för dricksvattenförsörjning sker vid ett antal olika platser längsmed åsen. Vid en eventuell olycka med utsläpp av förorening som följd inom detta projekt kan de sydligare uttagsbrunnarna antas drabbas hårdast av förorening, i och med att den aktuella järnvägssträckan till största del är belägen inom dricksvattentäktens södra delar. Vidare kan vissa uttagsbrunnar längre norrut sannolikt klara sig utan att bli förorenade, givet att grundvattenströmningen i åsen främst är riktad från norr och de sydligare uttagsbrunnarna sannolikt drar åt sig den största delen av föroreningen. En grov uppskattning är således att en olycka med förorening som utsläpp (som inte saneras i tid) möjligen kan komma att slå ut ungefär halva Uppsalas dricksvattenkapacitet, genom förorening av den södra delen av

täkten. Det är mycket svårt att uppskatta följderna av att halva dricksvattentäkten slås ut, då det finns många osäkerheter och okända faktorer kring hur dricksvattenförsörjningen i praktiken skulle fungera under sådana förhållanden. En viss reservkapacitet finns i och med att (antaget) halva dricksvattenförsörjningen kvarstår, men i detta system saknas kapacitet för att på sikt försörja Uppsalas vattenbehov. Av denna anledning ansätts värdeklass 5 och inte 4, trots att en viss reservkapacitet kan antas finnas i och med att delar av täkten förblir opåverkade vid olycka.

5.3.3. Ytvatten

Sävjaån är ett vattenrelaterat Natura 2000 område (art och habitat- samt fågeldirektivet). Naturreservatet Årike Fyris är beroende av Sävjaån, där Sävjaåns flödesriktning dessutom är mot vattenskyddsområdet Uppsala- och Vattholmaåsarna och mot Fyrisån. Direktkontakt mellan åarna och grundvattenförekomsterna kan heller inte uteslutas. Utifrån Tabell 10 bedöms Sävjaån ha **värdeklass 5**. ”Bäck vid Kuggebro (Gnistadiket)”, ”Bäck söder om Motorbanan”, ”Bäck vid Högtomt” och ”Bäck vid Söderby vägport” mynnar alla ut i Sävjaån och bedöms därför till samma **värdeklass 5**.

Sävjaån och diket vid Kungsängen mynnar båda ut i Fyrisån, som också är inom samma vattenskyddsområde och har ett värde kopplat till naturreservatet Årike Fyris. Fyrisåns värdeklass bedöms till **4**.

5.4. Bedömning av sårbarhet

Sårbarhetsklass för respektive kontaktsträcka har beräknats och bedömts enligt metodiken redovisad i kapitel 5.4.1. Vid bedömning av sårbarhet används begreppet ”skyddsobjekt” för att beskriva ett yt- eller grundvattenobjekt som riskerar att förorenas av riskkällor, från vilka föroreningar kan nå skyddsobjektet via yt- eller grundvattentransport (Trafikverket, 2020a). Ett skyddsobjekt kan alltså likställas med det skyddsvärda yt- eller grundvatten vars risk för förorening utreds i denna riskanalys.

5.4.1. Metodik

Grundvattenförekomst

Sårbarheten för grundvatten för varje kontaktsträcka bedöms utifrån förutsättningarna för att vattenförekomsten påverkas utifrån bland annat markens genomsläpplighet, djup till grundvattenyta, transporttider, typ av olycka, räddningstjänstens insatstid samt tid till att sanering kan påbörjas (Trafikverket, 2020a). Insatstiden förutsätter att räddningstjänsten tar emot ett larm. Om ett utsläpp sker som inte ”upptäcks” (till exempel vid läckage) så kan det nå riskobjekt utan att larm går till räddningstjänsten.

Sårbarhetsklassificering av grundvattenförekomster har utförts med utgångspunkt från tabell 8-19 – 8-21 i Trafikverkets handbok. Dessa tabeller ger en överblick över viktiga parametrar att ta hänsyn till vid bedömning av sårbarhet för respektive kontaktsträcka: jordart, uppskattat genomsläpplighet och förutsättningar för sanering. Det finns dock ytterligare platsspecifika faktorer att ta hänsyn till vid bedömning av sårbarhet för grundvatten, vilka inte riktigt fångas upp i ovan nämnda tabeller i handboken:

- I Uppsala stad (kontaktsträckor Röd stad och Grön stad) finns det osäkerheter i hur väl leran som finns under fyllningen skulle skydda det undre magasinet vid eventuellt läckage. Detta eftersom leran kan ha schaktats bort och endast tunna eller

inga lerlager kvarstår, samt att exploatering kan ha orsakat rinnvägar mellan övre och undre magasin (schaktning för ledningar, husgrunder, pålning med mera).

- I Uppsala stad (kontaktsträckor Röd stad och Grön stad) är närområdet omkring järnvägsanläggningen i hög grad exploaterad, vilket troligen försvårar eventuellt saneringsarbete. Detta eftersom hänsyn måste tas till närliggande byggnader, ledningar, vägar med mera vid schaktning för förorening.
- I kontaktsträckan Röd land utgörs den höga känsligheten enligt Geosigma (2018) av att det förekommer mer genomsläppliga siltskikt i leran, utöver ett tunnare lerskikt.

Bedömning av sårbarhet har således utförts platsspecifikt enligt samma kriterier som använts till kostnadsnyttoanalysen (se kapitel 7.3.1). Denna sårbarhetsbedömning baseras på ett händelsetråd med specificerade händelser som krävs för att dricksvattentäkten ska förorenas:

- Infiltration sker genom markytan (bedömning av kontaktsträckans ytligaste jordlager)
- Vertikal transport mot vattenförande lager (bedömning av huruvida det förekommer täta jordlager som skyddar grundvattenmagasinet)
- Sanering hinner inte genomföras innan föroreningen sprids med grundvattenflödet (bedömning av förutsättningarna att genomföra sanering)
- Grundvattenströmningen är mot vattentäkten (bedömning av grundvattenströmningens riktning)
- Föroreningen når uttagsbrunnen i sådan koncentration att grundvattnet blir otjänligt (bedömning av kontaktsträckans avstånd från värdet, i detta fall uttagsbrunnar för dricksvattentäkten)

Den sammanvägda bedömningen stäms av kvalitativt mot Tabell 12.

Tabell 12. Sårbarhetsklasser (för grundvatten) och beskrivning av dem (tabell 8-15 från Trafikverket (2020a)). Med "skyddsobjekt" avses ett grundvattenobjekt som riskerar förorenas av riskkällor, från vilka föroreningar kan nå objektet via yt- eller grundvattentransport – i detta fall avses grundvattenförekomsterna som utgör Uppsalas dricksvattentäkt.

Sårbarhetsklass	Beskrivning
5	Det är i praktiken omöjligt att efter en skadehändelse (till exempel olycka med utsläpp) förhindra att skyddsobjektet förorenas och skadas. Skadan är dessutom av sådan art att skyddsobjektet upphör att fungera, exempelvis ett ekosystem som förorenas till den grad att det inte kan återhämta sig från skadorna.
4	Med god beredskap och vid gynnsamma förutsättningar kan skada på skyddsobjektet förhindras med räddnings- och saneringsinsatser, efter inträffad skadehändelse. Alternativt bedöms det möjligt att inom överskådlig tid reparera den skada som uppkommer på skyddsobjektet. Ett exempel är en grundvattentäkt där tillfälligt distributionsstopp måste införas på grund av petroleumutsläpp, men där petroleumföroreningen kan saneras och vattentäkten åter tas i bruk efter sanering.
3	Spridningsförloppet vid ett utsläpp är begränsat så att akuta och efterföljande räddnings- och saneringsinsatser förhindrar skada på skyddsobjektet även under mindre gynnsamma förutsättningar. Alternativt är skadan på skyddsobjektet av sådan art att objektet kan fortsätta att fungera, om än i reducerad omfattning. Ett exempel är en grundvattentäkt där halkbekämpning medför förhöjda kloridhalter. Täckten är brukbar även om kloridhalterna överskrider gällande riktvärden.
2	Spridningsförloppet av ett utsläpp är starkt begränsat, men kommer med tiden ändå att förorena skyddsobjektet om objektet inte saneras. Ett exempel är en transformator som läcker ut några hundra liter olja på finkornig jord där den beräknade vertikala transporttiden är några decimeter per dygn. Här förväntas den omättade zonen ha en kvarhållandekapacitet så att flödet i princip upphör. Föroreningen kan dock förväntas att åter mobiliseras vid nederbörd, särskilt vid starkare sådan.
1	Spridning såväl vertikalt som horisontalt är begränsad till en mindre yta och infiltrationen är begränsad till det djup där biologisk aktivitet pågår och upprätthåller en porositet, vanligtvis inte djupare än 30 cm. Underliggande jordar är att betrakta som täta. Ett exempel är en bränsletank som läcker ut i en vägs sidoområde på en lerjord i flack terräng.

Ytvattenförekomst

Sårbarhetsbedömningen för ytvatten utgörs av en översiktlig kvalitativ bedömning av dess resiliens enligt kapitel 8.4.3.4. i Trafikverkets handbok (2020a, s. 91). Utöver det utreds även följande aspekter för att bestämma sårbarheten:

- Flödesvägar och flödesriktningar- vilka förutsättningar finns för transport av förorening till skyddsobjektet
- Topografi – lutning

- Rinntider till skyddsobjektet – se Tabell 13
- Saneringsmöjligheter – tidsmässig och praktisk genomförbarhet vid ytvattenförekomsten
- Förutsättningar vid insats – kan exempelvis vattenintaget stängas av vid olycka? Isåfall- hur lång tid tar det från larm till avstängning?
- Jordtyp och markanvändning- infiltrationsförhållanden

Ytvattnets sårbarhetsbedömning bygger på rinntiden mellan utsläppsplatsen och skyddsobjektet, samt vilken storlek ytvattnet (bäcken/ån/sjön) har. Rinntider för ytvatten kan skilja sig kraftigt mellan en sjö, ett vattendrag, vid avrinning på markytan eller vid avvattning via ledningsnät (i värsta fall direkt till skyddsobjekt). Flödes hastigheten varierar även inom respektive objekt, bland annat med lutningen i vattendraget, vindförhållanden i sjö, bottenbeskaffenhet, geometri och markanvändning vid avrinning. När rinntiden beräknats klassas den relativt den plats specifika insatstiden enligt en fyrgradig skala illustrerad i Tabell 13.

Tabell 13. Sårbarhetsklassning av rinntid relativt insatstid enligt en fyrgradig skala. Tabell 8-8 i Trafikverkets handbok (2020a).

Rinntid	Klass 1-4
>3 gånger insatstiden	1
2–3 gånger insatstiden	2
1–2 gånger insatstiden	3
<insatstiden	4

Enligt samtal med Räddningstjänsten i Uppsala kommun kan insatstiden för hela sträckan uppskattas till 10 minuter. Tiden omfattar inte eventuella saneringsarbeten eller flytt av tåg vid olycka. För bedömning av rinntid i vattendrag anger Trafikverkets handbok (2020a) att flödes hastigheten kan antas till 1 m/s.

Utspädning mellan konfliktsträckan och inloppet till skyddsobjektet förekommer om föroreningen från en olycka når skyddsobjektet via ett vattendrag. Om det finns mellanliggande sjöar sker ytterligare utspädning i dessa. Utvärdering av utspädningens effekt på sårbarheten görs enligt metodiken som presenteras i Trafikverkets handbok, se Tabell 14.

Tabell 14. Sårbarhetsklassning enligt utspädning enligt tabell 8-9 i Trafikverkets handbok (2020a). Sårbarhet tas fram genom att addera siffror från storlek på vattendrag och aktiv sjövolym.

Vattendrag (area tillrinningsomr.)	Siffror vattendrag	Aktiv sjövolym (km ²)	Siffror sjö	Tot. Siffror och sårbarhetsklass
Dike (<5 km ²)	1	<0,05	2	
Bäck (5 – 25 km ²)	2	0,05–0,099	3	0–2 ger 4
Stor bäck (25 – 50 km ²)	3	0,1–0,49	4	3–4 ger 3
Å (50 – 500 km ²)	4	0,5–1	5	5–6 ger 2
Älv (> 500 km ²)	5	>1	6	7–11 ger 1

Bedömning av sårbarhetsklass för ytvatten kontrolleras kvalitativt mot Tabell 15. Den fördjupade riskanalysen ska sedan justera dessa bedömningar vid behov enligt skyddsobjektets egenskaper, såsom skyddsobjektets resiliens, flödesvägar för förorening, topografi, jordtyp och saneringsmöjligheter. En eventuell justering kräver dock fortsatt stort beaktande av sårbarhetsskalan som används vid den översiktliga riskanalysen.

Tabell 15. Kvalitativ kategorisering av sårbarhetsklasser för ytvatten. Klassningen är gjord med utgångspunkten att hellre sätta en för hög klass än en för låg klass. Tabell 8-11 i handboken (Trafikverket, 2020a). Med "skyddsobjekt" avses ett ytvattenobjekt som riskerar förorenas av riskkällor, från vilka föroreningar kan nå objektet via yt- eller grundvattentransport – i detta fall avses de korsande vattendrag som identifierats inom riskanalysen.

Sårbarhetsklass	Beskrivning
5	Objekt med area under 1 km² eller ekologiskt värde Det är i praktiken omöjligt att efter en skadehändelse (till exempel olycka med utsläpp) förhindra att skyddsobjektet förorenas och skadas. Skadan är dessutom av sådan art att skyddsobjektet upphör att fungera, exempelvis ett ekosystem som förorenas till den grad att det inte kan återhämta sig från skadorna.
4	Med god beredskap och vid gynnsamma förutsättningar förhindras skada på skyddsobjektet genom räddnings- och saneringsinsatser, efter att skadehändelse inträffat. Alternativt bedöms det möjligt att inom överskådlig tid reparera den skada som uppkommer på skyddsobjektet. Ett exempel är ett ekosystem som förorenas och där ekologin lidit svår skada. Efter sanering kvarstår dock inga föroreningar och ekosystemet har möjlighet att återhämta sig. Ett annat exempel är en ytvattentäkt där distributionen tillfälligt stoppas men där vattentäkten åter kan tas i bruk efter sanering.
3	Spridningsförloppet vid ett utsläpp är begränsat så att akuta och efterföljande räddnings- och saneringsinsatser förhindrar skada på skyddsobjektet under normala eller gynnsamma förutsättningar. Alternativt är skadan på skyddsobjektet av sådan art att objektet kan fortsätta att fungera, om än i reducerad omfattning. Ett exempel är en ytvattentäkt där vattentäkten är brukbar trots att värden överskrider gällande riktvärden.
2	Spridningsförloppet av ett utsläpp är begränsat så att akuta och efterföljande räddnings- och saneringsinsatser förhindrar skada på skyddsobjektet även under mindre gynnsamma förhållanden. Alternativt är skadan av sådan art att skyddsobjektet kan fortsätta att fungera i normal omfattning. Ett exempel är en ytvattentäkt som är brukbar trots att värden är förhöjda men där gällande riktvärden inte överskrids.
1	Spridningsförloppet av ett utsläpp är starkt begränsat, men kommer med tiden ändå att förorena skyddsobjektet i någon utsträckning om objektet inte saneras.

5.4.2. Grundvatten

Grundvattenförekomsterna utgörs främst av isälvsediment som består av genomsläppliga sand- och grusmaterial. På marken längs med järnvägssträckan överlagras isälvs materialet

av lera. Leran är mestadels mäktig men kan innehålla mer vattenförande siltskikt och den kan bitvis vara tunn eller saknas. Eftersom järnvägssträckan ovan åsen går igenom tät bebyggelse (urbant område) kan en del av leran dessutom vara bortschaktad eller penetrerad och skyddet minskat. Sprickbildning i torr lera och inverkan från rötter kan också påverka transportegenskaperna genom leran. Att det är urbant område kan försvåra saneringen med hänsyn till exempelvis åtkomst (byggnader/ledning/pålar) och stabilitetsutmaningar.

Flygbränsle, som är en av de farliga gods produkter som regelbundet trafikerar sträckan, har en hög spridningspotential. Utsläpp till följd av en olycka längs denna sträcka riskerar därmed att hamna i det skyddsvärda grundvattnet.

Kontaktsträckorna för grundvatten har delats in efter markanvändning (stad, landsbygd) och vidare efter känslighetsklassningen enligt (Geosigma, 2018). Detta ger följande kontakträckor med respektive sårbarhetsklass för grundvatten:

Grön stad

Kontaktsträckan Grön stad är uppdelad i två sektioner och sträcker sig genom centrala Uppsala, med undantag för centralstationen och bangården som tillhör *Röd stad*. Kontaktsträckan bedöms ha en låg känslighet för grundvattenkontaminering, utifrån känslighetskartan (Geosigma, 2018), men utifrån dess läge bedöms ha en högre sårbarhetsklass. Jorddjupet är skattat till 10–20 m, men på grund av det centrala läget kan lera vara bortschaktad på vissa ställen och därmed öka sårbarhet för infiltration av föroreningar. Vid olycka kan räddningstjänst vara på plats inom 10 minuter för att påbörja räddningsinsats. Det är dock svårt att bedöma själva insatstiden då läget innebär komplicerade och tidskrävande processer i stadsmiljö vilket bidrar till bedömningen av sårbarhetsklass. De osäkra jordlagren tillsammans med den långa och svåra räddningsprocessen gör att kontaktsträckan anses ha **sårbarhetsklass 4**.

Röd stad

Kontaktsträckan röd stad bedöms ha en hög sårbarhet utifrån känslighetskartan (Geosigma, 2018). Kontaktsträckan bedöms även ha hög avrinning i och med att sträckan går igenom centrala Uppsala, med dräneringsledningar som leder vattnet mot Fyrisån. Röd stad innefattar även bangården, som går längsmed spåret innan centralstationen. Sårbarheten för bangården ses som hög, vilket bidrar till bedömningen. Jordlagerföljden är densamma som för *Grön stad*, dvs fyllningsmaterial över postglacial lera, med ett jorddjup på 5–10 meter. Det går en spröd deformationszon längs med centrala delen av Uppsala, vilket kan påverka transporten ner till grundvattnet. Även om räddningstjänst kan vara på plats inom 10 minuter vid olycka, blir räddningsarbetet försvårat i och med det centrala läget, vilket bidrar till den höga **sårbarhetsklass 5**.

Grön land

Kontaktsträckan Grön land bedöms ha en låg känslighet för grundvattenkontaminering enligt känslighetskartan (Geosigma, 2018). Sträckan ligger på landsbygd, utanför stadsbebyggelse, vilket betyder att viktig jordmån förmodligen inte schaktats bort. Jordarten består av lera med ett varierande jorddjup på 20–30 meter. Räddningstjänst kan vara på platsen inom 10 minuter vid olycka och räddningsarbetet är inte begränsad av stadsmiljö. Det behöver nödvändigtvis inte innebära en kort insatstid. Om exempelvis en tågagn måste bärgas på platsen innan man kan påbörja arbetet kan detta ta väldigt lång tid. Sammantaget bedöms denna sträcka till **sårbarhetsklass 2**.

Röd land

Inom kontaktsträckan Röd land finns siltskikt i leran som kan orsaka läckage ner till grundvattnet. Siltskikten är funna vid Sävjagård och GC gårdsvägen vid km-tal 60+620 och 59+270. Enligt känslighetskartan (Geosigma, 2018), har kontaktsträckan en hög sårbarhet för grundvattnet vid olycka, dels för läckage ner till grundvattnet, dels vid släckningsarbete och släckvatten. Jordarterna består av lera, silt och morän med ett jorddjup på 5–10 meter. Kontaktsträckan ligger utanför stadsmiljö vilket underlättar räddningsarbetet och bedöms till **sårbarhetsklass 4**.

Gult berg

Kontaktsträckan Gult berg anses ha en måttlig känslighet för grundvattnet enligt känslighetskartan (Geosigma, 2018). Men eftersom sträckan inte ligger i direkt anslutning till grundvattenförekomsten och relativt långt bort från vattenskyddsområdet anses sträckan ha en lägre sårbarhetsklass. Vid vägport Gårdsvägen samt viltpassagen vid km talen 58+700 och 58+800 påträffas siltskikt, men då de ligger förhållandevis långt bort från vattenskyddsområde bedöms sårbarheten vara lägre än om det skulle ligga närmare grundvattenmagasinet. Eftersom värdet är bedömt 5, trots avstånd till vattenskyddsområdet, anses sårbarheten vara lägre för att ”väga upp” vikten. Infiltrationskapaciteten och grundvattenflödet i moränlagret är svåra att fastställa, vilket bidrar till att sårbarheten är svår att bedöma. Därför **bedöms sårbarhetsklassen variera från 2–3**, för att kunna analysera resultatet.

Sammanställda sårbarhetsklasser visas i Tabell 16 nedan.

Tabell 16. Sammanfattning av sårbarhetsklass för respektive kontaktsträcka.

Kontaktsträcka	Sårbarhetsklass
Grön stad	4
Röd stad	5
Grön land	2
Röd land	4
Gult berg	2–3

5.4.3. Ytvatten

Dike vid Kungsängen

Det är cirka 1 100 meter från öppen vattenyta närmast järnvägen till Fyrisån vilket ger en rinntid på 18 minuter. Detta ger sårbarhetsklass 3 utifrån Tabell 13. Utspädning beräknas enligt Trafikverkets handbok (2020a, s. 70-72) där tillrinningsområdets area³ vid inloppet till skyddsobjektet uppskattas till cirka 0,3 km², vilket resulterar i sårbarhetsklass 4. Då diket vid Kungsängen är en del utav en dagvattenreningsanläggning, är anläggningen i sig ett skydd mot att föroreningar, vilket ger en positiv effekt för en minskad sårbarhet. Området är dessutom flackt och förhållandet för markavrinning vid olycka förutsätts god, och förutsättningar för räddningsarbetet är goda med näraliggande vägar och en insatstid på under 10 minuter. Detta ger en sammanvägd **sårbarhetsklass 2**.

³ Tillrinningsområdets area har uppskattats i programmet Scalgo.

Bäck vid Kuggebro (Gnistadiket)

Det är cirka 300 meter från öppen vattenyta vid järnvägen till Sävjaån vilket ger en rinntid på 5 minuter. Detta ger sårbarhetsklass 4 utifrån Tabell 13. Utspädning beräknas enligt Trafikverkets handbok (2020a, s. 70–72) där tillrinningsområdets area¹ vid inloppet till skyddsobjektet uppskattas till cirka 8 km², vilket resulterar i sårbarhetsklass 4.

Området är flackt och förutsättningar för sanering är god med näraliggande vägar samt en snabb insatstid på 10 minuter av räddningstjänsten. Markanvändning och jordtyp består av en blandning av lera och matjord vid näraliggande villor.

Detta ger en sammanvägd **sårbarhetsklass 4**.

Sävjaån

Rinntiden och utspädningen för ett föroreningsutsläpp i Sävjaån bedöms till noll eftersom Sävjaån i sig har en skyddsvärd miljö som inte bör påverkas. Viss kontakt mellan Sävjaån och grundvattenförekomsten Sävjaån-Samnan kan inte heller uteslutas, där finns dock en rinntid.

Med god beredskap och vid gynnsamma förutsättningar bedöms en bestående skada på Sävjaån kunna förhindras. Om olycka sker bedöms ån även kunna återhämta sig inom överskådlig tid. Området är flackt och lättillgängligt och Räddningstjänsten förväntas vara på plats inom 10 minuter vilket gynnar förutsättningen för insats. Utifrån den bedömningen och utifrån Tabell 13 resulterar detta i **sårbarhetsklass 4** för Sävjaån.

Bäck söder om motorbanan

Det är cirka 1 900 meter från öppen vattenyta vid järnvägen till Sävjaån vilket ger en rinntid på 32 minuter. Detta ger sårbarhetsklass 1 utifrån Tabell 13. Utspädning beräknas enligt Trafikverkets handbok (2020a, s. 70–72) där tillrinningsområdets area¹ vid inloppet till skyddsobjektet uppskattas till mycket liten (<5 km²), vilket resulterar i sårbarhetsklass 4.

Området ligger mellan två höjder som är dels skogbeklädda, dels villaområde. Själva bäcken ligger i ett lerområde. Förutsättningar för en räddningsinsats är god med näraliggande vägar och en snabb insatstid på 10 minuter.

Detta ger en sammanvägd **sårbarhetsklass 4**.

Bäck vid Högtomt

Det är cirka 1 100 meter från öppen vattenyta vid järnvägen till Sävjaån vilket ger en rinntid på 18 minuter. Detta ger sårbarhetsklass 3 utifrån Tabell 13. Utspädning beräknas enligt Trafikverkets handbok (2020a, s. 70–72) där tillrinningsområdets area¹ vid inloppet till skyddsobjektet uppskattas till mycket liten (<5 km²), vilket resulterar i sårbarhetsklass 4.

Området ligger nära en fastighet med tillhörande väg fram hela vägen till bäcken. Förutsättningar för en räddningsinsats är god med näraliggande vägar och en snabb insatstid på 10 minuter.

Detta ger en sammanvägd **sårbarhetsklass 4**.

Bäck vid Söderby vägport

Det är cirka 1 900 meter från öppen vattenyta vid järnvägen till Sävjaån vilket ger en rinntid på 32 minuter. Detta ger sårbarhetsklass 1 utifrån Tabell 13. Utspädning beräknas enligt Trafikverkets handbok (2020a, s. 70–72) där tillrinningsområdets area⁴ vid inloppet till

⁴ Tillrinningsområdets area har uppskattats i programmet Scalgo.

skyddsobjektet uppskattas till mycket liten (<5 km²), vilket resulterar i sårbarhetsklass 4. Omgivningen består av skogsområden med en topografi lutad mot bäcken. Förutsättningar för en räddningsinsats är god med närliggande vägar, dock kan topografin och skogsområdena utgöra hinder för framkomlighet till platsen om olycka sker på en ogynnsam plats.

Detta ger en sammanvägd **sårbarhetsklass 4**.

Sammanfattning

Den sammanlagda bedömningen för ytvattenförekomsterna ger en **sårbarhetsklass 4**, då Sävjaån har en så pass betydande sårbarhet och högt skyddsvärde.

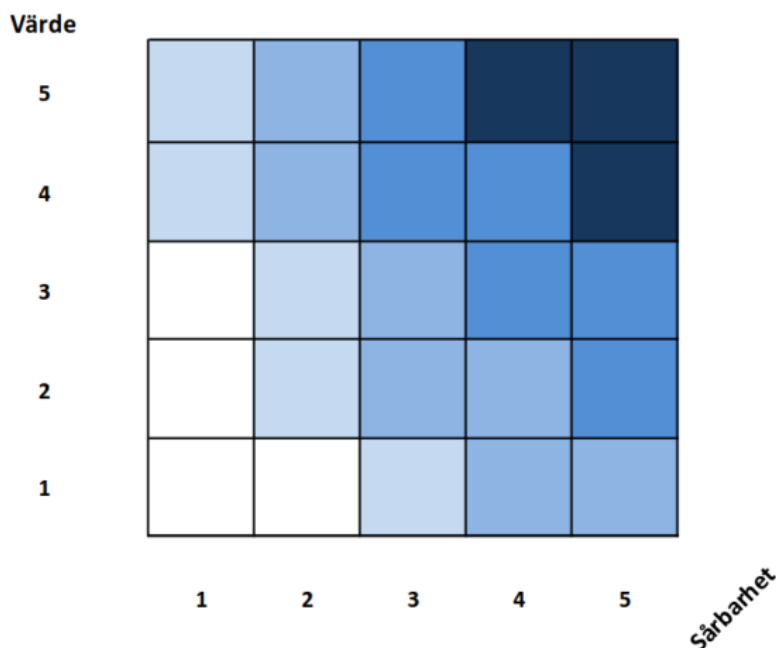
5.5. Konsekvensklass

Konsekvensklass för respektive kontaktsträcka har beräknats och bedömts enligt metodiken redovisad i kapitel 5.5.1.

5.5.1. Metodik

Konsekvensen beskrivs enligt Trafikverkets handbok (2020a) i fem klasser genom att kombinera värde och sårbarhet.

Konsekvensklass för kontaktsträcka bedöms utifrån en matris för värde- och sårbarhetsklass som illustreras i Figur 18.



Figur 18. Sammanvägning av värde och sårbarhet för konsekvensklass. Konsekvensklasserna 1–5 representeras av färg, mörkblått är klass 5 och vitt klass 1 enligt tabell 7-2 i Trafikverkets handbok (2020a).

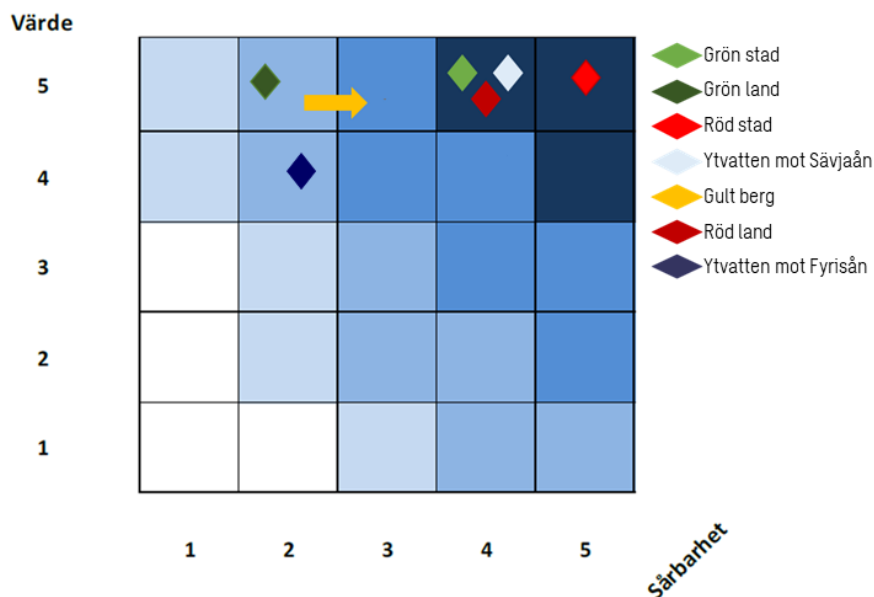
Exempel på, men inte uttömmande av, motivering till konsekvensklass ges i Tabell 17:

Tabell 17. Konsekvensklasser (ur ett regionalt dricksvattenperspektiv) och beskrivning av dem. Tabell 7-2 i Trafikverkets handbok (2020a).

Konsekvensklass	Beskrivning
5 Katastrof	En dricksvattenresurs som försörjer ett medelstort antal personekvivalenter (ur ett regionalt perspektiv) slås ut permanent. En dricksvattenresurs som försörjer ett stort antal personekvivalenter (ur ett regionalt perspektiv) slås ut temporärt, men kan återställas. Ett vatten som är av betydelse för en utpekad och särskild skyddad ekologisk miljö slås ut permanent. Ett vatten som utgör en fundamental förutsättning för en utpekad och särskilt skyddad ekologisk miljö slås ut temporärt, men kan återställas.
4 Mycket stor	En dricksvattenresurs som försörjer ett medelstort antal personekvivalenter (ur ett regionalt perspektiv) slås ut temporärt, men kan återställas. Ett vatten som är av betydelse för en utpekad och särskild skyddad ekologisk miljö slås ut temporärt, men kan återställas.
3 Stor	En vattenresurs lider skada, men kan återställas. Dess funktion kvarstår under återställningstiden om än i begränsad omfattning.
2 Lindrig	Ett utsläpp utgör ingen omedelbar skada, men ett hot om skada kvarstår tills sanering är genomförd.
1 Mycket liten	Hydrologiska eller hydrogeologiska förutsättningar finns för att ett utsläpp till slut ska riskera att förorena en värdefull vattenresurs. Förutsättningar för sanering är dock goda, både med avseende på omfattning och tid.

5.5.2. Konsekvensvärdering

Konsekvensklass för kontaktsträckan bedöms utifrån matrisen för värde- och sårbarhetsklass som illustreras i Figur 19. För Röd stad, Grön stad, Ytvatten mot Sävjaån (omfattar Sävjaån samt dess biflöden) och Röd land bedöms konsekvensklassen till *katastrof*. För Ytvatten mot Fyrisån bedöms konsekvensklassen till *stor*. För Grön land bedöms konsekvensklassen till *stor*. Gult berg bedöms ha ett spann mellan *stor* och *mycket stor*.



Figur 19. Konsekvensklass: sammanvägning av värde och sårbarhet för kontaktsträckor för yt- och grundvatten beskrivna i denna riskanalys. Konsekvensklasserna 1-5 representeras av färg, mörkblått är klass 5 och vitt klass 1 enligt tabell 7-2 sida 41 i Trafikverkets handbok (2020a). Kontaktsträckorna representeras av romber, alternativt pilar i de fall där kontaktsträckan faller in under flera olika klasser. Kontaktsträckan "Ytvatten mot Sävjaån" omfattar Sävjaån samt dess biflöden.

Konsekvensklasserna sammanfattas i Tabell 18 nedan:

Tabell 18. Sammanfattning av konsekvensklass för respektive kontaktsträcka.

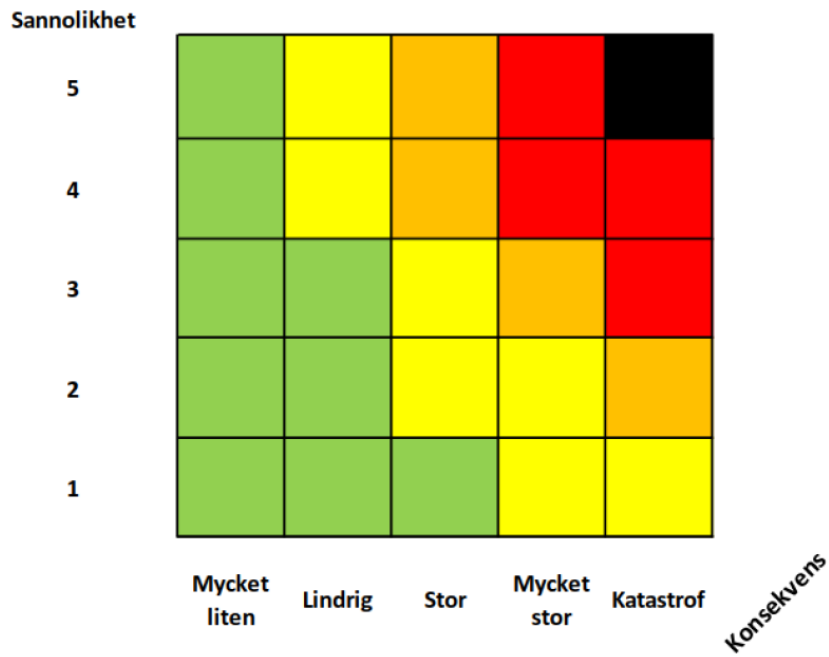
Kontaktsträcka	Konsekvensklass
Grön stad	5
Röd stad	5
Grön land	3
Röd land	5
Gult berg	3
Ytvatten mot Sävjaån (Sävjaån och dess biflöden)	5
Ytvatten mot Fyrisån	3

5.6. Riskklass

Riskklass för respektive kontaktsträcka har beräknats och bedömts enligt metodiken redovisad i kapitel 5.6.1.

5.6.1. Metodik

Vid bedömning av riskklass 1-5 används en riskmatris, vilken väger samman sannolikhets- och konsekvensklassningen för respektive kontaktsträcka, se Figur 20.



Figur 20. Riskmatris där olika riskklasser är representerade av olika färger. Ju högre riskklass, desto mer långtgående åtgärder är motiverade.

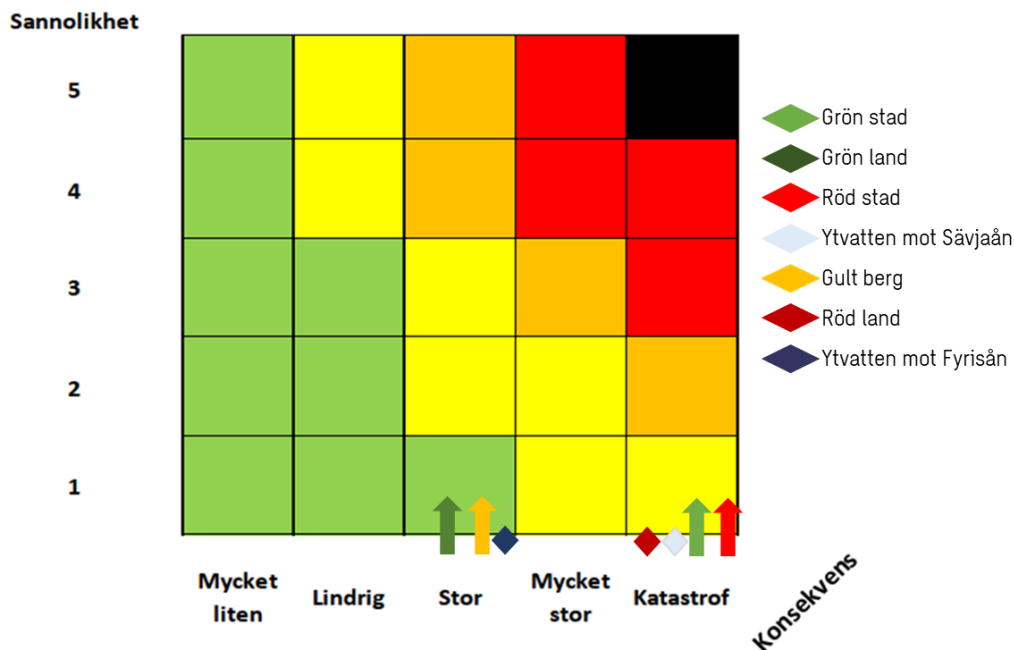
Förslag på hur de olika riskvärderingsklasserna ska tolkas enligt Trafikverkets handbok (2020a) framgår av Tabell 19. I handboken anges dock att gränserna mellan dem ska betraktas som flytande.

Tabell 19. Risknivåklasser samt beskrivning av dem. Tabell 7–1 i Trafikverkets handbok (Trafikverket, 2020a).

Riskklass	Beskrivning
Mycket hög risk (svart)	Olyckshändelser inklusive skadehändelser som inträffar återkommande, där konsekvenserna om ett utsläpp skulle nå skyddsobjektet är katastrofala. <i>Långtgående riskreducerande åtgärder behöver vidtas, nedstängning och flyttning av riskkällan kan vara motiverad</i>
Hög risk (rött)	Olyckshändelser eller incidenter som inträffar återkommande och där konsekvenserna om ett utsläpp skulle nå och påverka skyddsobjektet är mycket stora. <i>Långtgående riskreducerande åtgärder är motiverade, reglering av trafiken bör övervägas.</i>
Måttlig risk (orange)	Olyckshändelser inom skyddsobjektet har förekommit och konsekvenserna av utsläpp är betydande. <i>Riskreducerande förebyggande åtgärder bör vidtas, omfattande åtgärder kan i vissa fall vara motiverade</i>
Förhöjd risk (gult)	Konsekvenserna av en skadehändelse är inte försumbara, för de flesta tänkbara händelser är dock förutsättningarna för lyckad sanering mycket goda. <i>Riskreducerande förebyggande åtgärder kan vara motiverade, kostnad kontra nyttan avgör</i>
Låg risk (grönt)	Det är låg sannolikhet för skadehändelser och nödvändiga saneringsinsatser vid utsläpp tar små resurser i anspråk. <i>Förebyggande åtgärder är inte motiverade</i>

5.6.2. Riskvärdering

Sannolikheten för att en järnvägsolycka ska inträffa inom området bedöms vara låg men konsekvenserna kan bli stora, vilket leder till en låg riskvärdering. Se sammanställning i Figur 21 och Tabell 19. Notera att det finns en del osäkerheter, då det generellt är en låg risk för urspårning med samtidigt utsläpp längs med järnväg, detta osäkerhetsintervall illustreras i matrisen med pilarna.



Figur 21. Riskvärderingsmatris avseende transporter av farligt gods. Riskklass 1 motsvarar grön färg och riskklass 5 motsvarar svart färg. Kontaktsträckorna representeras av romber, alternativt pilar i de fall där kontaktsträckan faller in under flera olika klasser till följd av spann i sannolikhetsklass. Kontaktsträckan "Ytvatten mot Sävjaån" omfattar Sävjaån samt dess biflöden.

Tabell 20. Sammanfattning av riskklass för respektive kontaktsträcka. Se även resultaten i Figur 21.

Kontaktsträcka	Riskklass	Kommentar
Grön stad	0 – 2	Osäkerhetsintervall mellan noll och förhöjd risk som följd av den låga sannolikheten för urspårning med samtidigt utsläpp.
Röd stad	0 – 2	
Grön land	0 – 1	Osäkerhetsintervall mellan noll och låg risk som följd av den låga sannolikheten för urspårning med samtidigt utsläpp.
Röd land	0	Urspårning med samtidigt utsläpp är ytterst osannolikt längs med denna sträcka, detta ger riskklass noll .
Gult berg	0 – 1	Osäkerhetsintervall mellan noll och låg risk som följd av den låga sannolikheten för urspårning med samtidigt utsläpp.
Ytvatten mot Sävjaån (Sävjaån och dess biflöden)	0	Urspårning med samtidigt utsläpp är ytterst osannolikt längs med denna sträcka, detta ger riskklass noll .
Ytvatten mot Fyrisån	0	Urspårning med samtidigt utsläpp är ytterst osannolikt längs med denna sträcka, detta ger riskklass noll .

5.7. Risker kopplade till fasta anläggningar

I arbetet med fördjupad riskanalys ingår, utöver risk för förorening från olycka med utsläpp, även att utreda och beskriva risker kopplade till fasta anläggningar i järnvägsanläggningen. Källor till miljöfarliga utsläpp som kan påverka yt- och grundvatten till följd av

järnvägsanläggningen är spill eller större läckage, som kan uppstå från fasta anläggningar där oljor eller kemikalier hanteras och lagras. Ett exempel på en sådan anläggning är större cisterner för lagring av bränsle. Fasta installationer kan förekomma bland annat på bangårdar och rangerbangårdar. Ett läckage kan till exempel uppstå till följd av korrosion eller sprickor i anläggningen. Även transformatorer är en fast anläggning som är kopplad till risk för utsläpp, vilka kan haverera och släppa ut olja som används för kylning (Trafikverket, 2020a).

Inom projektet tillkommer transformatorer på tre platser: under rulltrapporna vid den nya stationen Uppsala Södra (motsvarande kontaktsträcka gult berg), i den södra änden av det planerade förbigångsspåret (motsvarande kontaktsträcka röd land) samt på Trafikverkets fastighet vid bangården. (motsvarande kontaktsträcka röd stad).

Sannolikheten för att utsläpp av kylarolja från transformatorer sker kan bedömas kvantitativt utifrån tabell 8-4 i Trafikverkets handledning till som högst sannolikhetsklass 3 (återkomsttid för olycka på 20 – 100 år). Detta ger riskklass 3 (Uppsala Södra) respektive 4 (bangård) för de tillkommande transformatorerna, vilket innebär att åtgärder för att minska risken för dessa anläggningar bör vidtas. Möjliga åtgärder enligt Trafikverkets handledning redovisas i kapitel 6.4.

5.8. Risker i byggskede

Sannolikheten för utsläpp av miljöfarliga ämnen under byggskede är påtaglig. Det är relativt vanligt med mindre och medelstora utsläpp av framför allt dieselbränsle och hydraulolja. Det är inte ovanligt att entreprenadmaskiner hyser flera kubikmeter av hydraulolja och att det uppstår brott på slangar eller läckage på hydraulsystem. En förhöjd risk för läckage av drivmedel föreligger särskilt vid tankning av arbetsfordon och vid påfyllning av stationära eller mobila cisterner.

Utifrån detta bör cisterner och liknande placeras så att det inte står på utsatta ställen, riskerar påbackning av fordon eller liknande (Trafikverket, 2020a). Ytterligare en riskfaktor för läckage är rostangrepp, vilket kan upptäckas och åtgärdas genom regelbundna inspektioner. Cisterner bör vara omgärdade av yttre skydd, antingen dubbelmantlade eller invallade med möjlighet att minst hålla hela volymen som förvaras. Invallning skyddar även för läckage från röranslutningar och liknande, vilket dubbelmantlad cistern inte gör.

Tät spillzon vid tankstället bör även vara ansluten till oljeavskiljare (Trafikverket, 2020a). Saneringsutrustning som exempelvis absorptionsmedel, oljelänsar och saneringsvätska ska finnas nära tillhands. Ytterligare en åtgärd är nivåvakt för kylolja eller i bränsletank.

Även om sannolikheten för utsläpp kan bedömas som hög innebär det inte att risken automatiskt blir hög för att ett skyddsobjekt kommer till skada. Konsekvenserna av ett utsläpp kan många gånger begränsas avsevärt av att utsläppet upptäcks snabbt, att det sker på en plats där sårbarheten hos eventuella vattenskyddsobjekt är låg samt att utrustning för sanering finns nära att tillgå.

På grund av det höga värdet av aktuell vattentäkt är det viktigt att förebyggande åtgärder vidtas. Entreprenören behöver vara väl medveten om konsekvenserna av ett läckage och åtgärda förebyggande därefter. Även konsekvensreducerande åtgärder behöver tas fram.

6 Åtgärdsalternativ

I detta kapitel redovisas möjliga åtgärder för att reducera bedömd risknivå för kontaktsträckor inom förhöjd risk (se Figur 21) till målrisknivån/acceptabel risknivå.

6.1. Målrisknivå och acceptabel risknivå

Målrisknivå syftar på den riskklass som riskreducering avser att uppnå via valda åtgärder. Utgångspunkten är att föroreningsrisker kopplade till järnvägsanläggningen – efter åtgärder – ska ligga inom riskklass 1 (målrisknivå).

I de fall där målrisknivån inte är ekonomiskt genomförbar eller försvarbar att uppnå kan istället en acceptabel risknivå eftersträvas. Bedömning av acceptabel risknivå görs bland annat med stöd av kostnadsnyttoanalysen (se kapitel 7) och en reflektion över hur skyddsobjektet i stort påverkas av beslutet.

6.2. Specificering av åtgärdsfunktion

Det första steget i åtgärdsvalsprocessen är att specificera åtgärdsfunktion, där åtgärdsvalet görs med utsläpp vid olycka som primär risk. Vattenskyddsåtgärdens åtgärdsfunktion specificeras kvalitativt, baserat på kontaktsträckornas risk enligt Figur 21 samt kunskap om platsens förutsättningar.

I praktiken innebär detta att vald åtgärd ska syfta till att minska den karaktär av risken (sannolikhet eller konsekvens) som är högst – om risken för utsläpp vid olycka för en given kontaktsträcka karaktäriseras av hög sannolikhet för att olycka med utsläpp sker ska åtgärden syfta till att minska sannolikheten för olycka med utsläpp och vice versa för konsekvens. Vid hög konsekvens kan åtgärder antingen syfta till att minska sårbarheten, då värdet inte går att påverka, eller syfta till att minska konsekvensen som helhet.

Specificering av åtgärdsfunktion ger information om vilken typ av funktion som förväntas ge störst riskreduktion och var längs järnvägssträckan sannolikheten eller sårbarheten är som störst, och åtgärderna därmed gör störst nytta.

Risken för samtliga kontaktsträckor karaktäriseras av en låg sannolikhet, vilket är typiskt för järnvägstrafik. Åtgärder bör därmed fokusera på att minska sårbarheten för kontaktsträckorna i första hand. Åtgärdsfunktionerna som specificeras i detta projekt är således med fokus på förbättrad beredskap och begränsad infiltration och föroreningsspredning.

6.3. Åtgärder

I handledningen 2020:171 (Trafikverket, 2020a, bilaga A Åtgärder) listas åtgärder för att minska sannolikhet, sårbarhet och i vissa fall risk. Dessa åtgärder, ibland i kombination med varandra, kan användas för att minska risken för de kontaktsträckor där risken är på en oacceptabelt hög nivå.

Åtgärder kan vara i form av fysiska skydd, såsom tätskikt eller avstängningsbara dammar, eller administrativa åtgärder, exempelvis beredskapsplan. Det är även möjligt att en åtgärd består av att utföra ytterligare utredningar (hydrogeologiska, geotekniska etc.) om informationen för att rekommendera åtgärder inte bedöms vara tillräcklig.

Det är ytterst relevant att en åtgärd är praktiskt genomförbar vid platsen och inte motverkar andra intressen till en oacceptabel nivå. Därtill är det viktigt att ta i beaktande hur olika åtgärder samverkar och står i relation till varandra, då effekterna av åtgärder inte alltid är additiva. Av denna anledning är bedömning av föreslagna åtgärder helt kvalitativ, och stor vikt behöver läggas vid de platsspecifika förutsättningarna.

6.3.1. Urval - Åtgärder enligt handboken

Åtgärder som syftar till att minska risken för att olyckor med utsläpp sker på järnväg enligt Bilaga A i handledning redovisas i Tabell 21, genom en reduktion av sårbarhet-, konsekvens- eller riskklass. Risken för samtliga kontaktsträckor karaktäriseras av en låg sannolikhet, vilket är typiskt för järnvägstrafik. Urvalet av åtgärdsalternativ för riskreducering i samband med olycka med utsläpp som utreds vidare har därmed gjorts utifrån möjliga åtgärder som minskar sårbarhetsklass och/eller konsekvensklass. Detta eftersom sannolikheten för samtliga kontaktsträckor redan är i princip så låg den kan vara. Tabellen nedan redovisar åtgärder som minskar sårbarhets- och/eller konsekvensklass.

Tabell 21. Relevanta åtgärder för att minska risken för olycka med utsläpp på järnvägsanläggning enligt Bilaga A i Trafikverkets handbok.

Åtgärd	Aspekt och reduktion	Beskrivning	Kommentar
Skyddsräler	Sårbarhet 1–2 steg	Syftet att behålla tåg kvar på banan kan anläggas vid platser där konsekvenser av urspårning bedöms som stora.	Utreds som åtgärdsalternativ i kostnads-nyttoanalys
Täta diken (geomembran)	Sårbarhetsreducering med som mest 3 klasser, men i normalfall 1–2.	Underlättar snabb sanering då tätskiktet förhindrar spridning av föroreningar och dessa kan ledas vidare till exempelvis en damm.	Kräver även slutet dagvattensystem för att kunna hantera eventuell förorening. Utreds som åtgärdsalternativ i kostnads-nyttoanalys
Information till trafikledning	Sårbarhet 1–2 steg	Exempelvis urspårningsdetektorer, information om skyddsobjekt i BIS etc. Ökar förutsättningar för snabb räddnings- och eventuellt saneringsinsats.	Förutsätter att räddnings- och saneringsinsats kan minska konsekvensen. Beredskapsplan bedöms vara mer prioriterat och denna åtgärd utreds därmed inte ytterligare i denna riskanalys.

Åtgärd	Aspekt och reducereing	Beskrivning	Kommentar
Beredskapsplan	Konsekvensklass 2 som lägst	Ger goda förutsättningar att minska konsekvens vid olycka med farligt gods, eller brand på tåg.	Uppskattad kostnad ca 50 – 150 tusen kronor Föreslås som åtgärd då det ger en potentiellt stor konsekvensreducering till relativt liten kostnad.
Eftergivande kontaktstolpar	Har möjlighet att påverka sårbarheten med högst ett steg.	Syftar till att minska skada vid olycka.	Minskar sårbarheten specifikt vid kollision med kontaktstolpar. Bedöms inte kunna uppnå tillräckligt låg konsekvensklass och utreds därmed inte ytterligare.
Hastighetsreducering	Svår att bedöma	Hastighetsreducering på begränsade banavsnitt kan eventuellt minska konsekvens av olycka med farligt gods.	Åtgärder bedöms aktuella inom Uppsala stad, där hastigheten redan är låg. Denna åtgärd skulle sannolikt inte ge någon effekt och har därmed uteslutits.
Mer miljövänliga material- och ämnesval	Förhållandevis begränsad i sin genomslagskraft på konsekvensreducering		Mer utförlig beskrivning saknas i handboken. Bedöms inte kunna garantera tillräcklig sänkning av konsekvens och har därmed inte utretts ytterligare.
Borttagning av järnvägsväxlar	Ytterligare beskrivning eller information saknas i handledningen		Åtgärden bedöms inte vara aktuell i detta projekt då järnvägsväxlarna inte kan tas bort eller flyttas ut ur vattenskyddsområdet, enligt avstämning med ansvariga för spår och projektering.

Åtgärder som syftar till att minska risken för utsläpp från den fasta anläggningen enligt Bilaga A i handledning redovisas i Tabell 22.

Tabell 22. Åtgärder för att minska risken för utsläpp från fasta anläggningar enligt Bilaga A i Trafikverkets handbok.

Åtgärd	Aspekt och reducering	Beskrivning
Uppsamlingskärl runt sugtransformatorer etc.	Sannolikhet klass 1	Förhindra läckage från fasta installationer- förhindra transformatorolja att läcka ut till mark och vatten.
Tätare inspektioner	Sannolikhet klass 1, sårbarhet 1-2 steg	Förutsätter att inspektioner sker så tätt att omfattningen av ett ev. läckage kan begränsas
Utbyte till AT-transformator	Sannolikhet, sårbarhet klass 1	Förhindra läckage från fasta installationer. Sugtransformatorer byts ut till AT-transformatorer i tät "kiosk".
Invallning av cistern och liknande	Sannolikhet klass 1	Ska placeras så att de inte står på utsatta ställen, riskerar påbackning av fordon eller liknande. Invallning skyddar även mot läckande röranslutningar, vilket dubbelmantlade cisterner inte gör.

6.4. Utvärderade och föreslagna åtgärdsalternativ

I detta kapitel beskrivs de åtgärder som bedömts vara lämpliga att överväga för skydd av yt- och grundvatten, utifrån förutsättningarna på respektive kontaktsträcka (kapitel 6.4.1 - 6.4.3) samt för fasta anläggningar (kapitel 6.4.4) och åtgärder under byggtid (kapitel 6.4.5).

Rekommendationer om åtgärdernas lämplighet längs järnvägssträckan diskuteras i kostnadsnyttoanalysen i kapitel 7.

6.4.1. Tätskikt

Ett sätt att minska konsekvens av en olycka med utsläpp är att underlätta en snabb sanering och förhindra att förorening når omättad och mättad zon (Trafikverket, 2020a). Genom att till exempel anlägga ett tätskiktssystem (även kallat geomembran) under en spåranläggning förhindras spridning av föroreningar till grundvatten vid en olycka. Avvattning av tätskikt brukar utformas med 2% lutning och med långsgående dräneringsledningar till

dagvattendammar som utformas med motsvarande tätskikt med möjlighet till stängning av utflöde vid eventuell olycka.

Tätskiktets nivå anpassas till nivån på terrassen, under kontaktledningsfundamentens djup. I ytterkanterna på sektionen anläggs ett skyddslager, som förhindrar mekanisk påverkan på tätskiktssystemet vid en eventuell urspårning.

Tätskikt bedöms vara ett möjligt alternativ för att minska sårbarhetsklass och utvärderas därmed i kostnadsnyttoanalysen (kapitel 7). Kostnadsnyttoanalysen avgör huruvida tätskikt är motiverad, sett till dess kostnad kontra dess riskreducering.

6.4.2. Urspårningsräl

En urspårningsräl (ibland även kallat skyddsräl) är en eller två extra räler som placeras mellan de vanliga rälerna. Funktionen är att vid en urspårning fånga upp tåget med de extra rälerna så att tåget håller sig på spåret och därmed sannolikt upprätt. På detta sätt hindras tåget från att välta eller hamna längre utanför spåret vid en urspårning. Om tåget hålls upprätt minskar risken för läckage av farligt gods.

Metoden är vida använd av Trafikverket och andra järnvägsförvaltningar världen över. Inom Trafikverkets anläggningar används urspårningsräler vid broar, tunnlar, höga banker eller andra ställen där en urspårning skulle kunna få extra allvarliga konsekvenser.

Urspårningsrälen funktion är att fånga upp hjulen som av någon anledning lämnar den normala farrälen. Den huvudsakliga riktningen tåget kommer vilja röra sig i är i den ursprungliga färdriktningen på grund av att de mekaniska krafterna. Men om tågets hjul kommer utanför sliprarna kan de sjunka ner i bankroppen och därmed välta eller styras åt en oönskad riktning. Urspårningsrälen håller tåget på sliprarna där det kör ovanpå dessa och kan även styras med om spåret svänger. Metoden gör att vältning och felstyrning minskas.

Åtgärden kommer ej att påverka konsekvenserna om tåget trots Urspårningsrälen lämnar banan. Utformningen av skyddsrälen skall vara sådan att den är väl fastsatt och att den är av en rälsmodell som är hög och kraftig nog att fånga upp en urspårad axel.

Urspårningsräler innebär försvårat service- och underhållsarbete på spåret (VTI, 1994). Detta medför att service- eller underhållsarbete kan fördröjas. Trafikverkets säkerhetskrav är dock fortsatt desamma som för spår utan urspårningsräler.

Urspårningsräler måste besiktas och lyftas bort vid slipersbyte. Även vid ballastplog kan skyddsrälen utgöra ett hinder. Detta genomförs bland annat efter varje spårriktning och på sträckor där urspårningsräl finns innebär detta mycket handskottning av makadam.

Urspårningsräl bedöms vara ett möjligt alternativ för att minska sårbarhetsklass och utvärderas därmed i kostnadsnyttoanalysen (kapitel 7). Kostnadsnyttoanalysen avgör huruvida urspårningsräl är motiverad, sett till dess kostnad kontra dess riskreducering.

6.4.3. Beredskapsplan

En beredskapsplan rekommenderas för hela järnvägssträckan. Då de geologiska förutsättningarna varierar längs med sträckan behövs det en tydlig förklaring vart de olika känslighetszonerna befinner sig och hur man bör agera vid olycka beroende på vart längs med sträckan olyckan inträffar. En beredskapsplan är ett bra verktyg för räddningstjänsten som kommer till platsen och behöver veta vad som är prioriterat för den specifika

geografiska sträckan. Beredskapsplan har möjlighet att sänka konsekvensklassen till som lägst klass 2, givet att den utformas på ett sätt som garanterar ett snabbt omhändertagande av eventuellt läckage.

Beredskapsplan bedöms vara ett möjligt alternativ för att minska sårbarhetsklass och utvärderas därmed i kostnadsnyttoanalysen (kapitel 7). Kostnadsnyttoanalysen avgör huruvida framtagande av beredskapsplan är motiverat, sett till dess kostnad kontra dess riskreducering.

6.4.4. Åtgärder för fasta installationer

För de tillkommande transformatorerna som planeras vid Uppsala Södra och bangården bör åtgärder för att minska risken för utsläpp vidtas. Möjliga åtgärder enligt handboken listas nedan (Trafikverket, 2020a):

- Genom att använda uppsamlingskärl (invallning) runt exempelvis stolptransformatorer, förhindras transformatorolja från att läcka ut till mark och vatten. De behöver även ha tak för att förhindra påfyllnad från nederbörd. Riskreduktion: minskning av sannolikhetsklass till klass 1 eller lägre.
- Dubbelmantlade transformatorer. Riskreducering: svårt att kvantifiera.
- Miljövänlig transformatorolja. Riskreducering: svårt att kvantifiera.
- Ytterligare en åtgärd är tätare inspektioner av fasta installationer för att tidigare upptäcka läckage. Riskreducering: minskning av sannolikhet till klass 1 och minskning av sårbarhet 1 – 2 steg, under förutsättning att inspektion kan ske tillräckligt tätt för att omfattningen av ett eventuellt läckage kan begränsas.
- Vid drift/underhåll bör särskild försiktighet vidtas och uppsugande material kan medtas vid eventuellt spill.

Rekommenderade åtgärder för transformatorer är i första hand oljeuppsamlingskärl i botten av markplacerade transformatorer. För stolptransformatorer som riskerar läcka skadliga ämnen vid haveri kan motsvarande åtgärder vara exempelvis dubbelmantling för att fånga upp olja. Dessa rekommenderade åtgärder har arbetats in i projektering av transformatorer i detta projekt.

Diffusa utsläpp såsom läckage från last, bränsletankar eller transformatorer är vanskligt att förhindra (Trafikverket, 2020a) och åtgärder för att begränsa diffusa utsläpp kommer inte att utredas ytterligare.

6.4.5. Åtgärder under byggtid

Under byggnation eller ombyggnation omfattas entreprenaden av miljökontroll. Som riskreducerande åtgärder under byggskede kan bland annat följande gälla. Åtgärderna är hämtade från Trafikverkets handbok (Trafikverket, 2020a):

- Markförlagda ledningar ska märkas ut innan schaktnings-, sprängnings- och rivningsarbeten påbörjas.
- Bränsletankar, oljefat och dylikt ska vara uppställda på tät yta med uppsamlingsmöjligheter och så att påkörning förhindras.
- Etableringsplatser bör ha rening av spillvatten samt godkänd VA-anslutning.

- Bygg- och länshållningsvatten avleds och hanteras på ett sådant sätt att recipienter inte riskerar att skadas.
- Depåer, ADR-cisterner och platser där farliga kemikalier och farligt avfall förvaras ska vara skyddade och skyltade. Kontroll ska ske regelbundet och med ändamålsenliga intervall.
- Eventuella ADR-cisterner bör ha sekundärt skydd, vara försedda med nederbördsskydd eller vara dubbelmantlade. ADR-cisterner ska vara försedda med lås och ha genomgått godkänd kontrollbesiktning.
- Kemikalielista ska upprättas för de kemikalier som kommer att användas inom känsligt område. Skadliga kemikalier ska förvaras inlåst eller på tät yta med invallning eller kant som med marginal rymmer hela den förvarade volymen.
- Utrustning för sanering vid utsläpp av förorening såsom adsorptionsmedel ska finnas lättillgängligt vid flera platser på byggarbetsplatsen, både på fordon och vid stationära ytor där behov finns. Platserna ska skyltas. Personal ska ha kunskap om hur saneringsarbete ska utföras och hur oljelänsar med mera fungerar.
- Arbetsmaskiner drivs och smörjs med miljöklassade drivmedel och oljor, vilket gäller även hydrauloljor.
- I entreprenaden ska det finnas krav på utsläppsförebyggande rutiner hos entreprenören. Personalen ska ha relevant utbildning kring utsläppsrisker och saneringsåtgärder.
- Uppställningsplatser med hårdgjorda ytor och separat omhändertagande av dagvatten ska finnas för fordon och maskiner.
- Tankning ska ske på tät yta med uppsamlingsmöjlighet.
- Tvätt av fordon ska ske på plats avsedd för fordonstvätt och nödvändiga försiktighetsmått ska vidtas.
- Borrhål och liknande ska tätas med tätningsmedel så att vatten från markytan inte kan tränga ner i hålen efter det att arbetena har avslutats. Om spolvatten används vid borrning ska detta provtas om osäkerhet råder om vattenkvalitet.

6.4.6. Övriga åtgärder

Utöver ovan nämnda åtgärder kommer passage över järnvägen vid Vimpelgatan samt Gårdsvägen byggas om. Dagens plankorsningar byggs bort och ersätts mot planskilda korsningar, en positiv åtgärd i avseende att minska sannolikheten för olycka.

PM Risk inom detta projekt har undersökt behovet av skyddsåtgärder för att människor i järnvägsanläggningens närhet inte exponeras för ej tolerabla risknivåer. Detta innebär att PM Risk har analyserat och bedömt sannolikheter för olyckor vid järnvägsanläggningen tillsammans med konsekvenser för personer som befinner sig i anläggningens närhet. Skyddsåtgärder enligt PM Risk syftar till att urspårade fordon får en påverkan utanför spårområdet samt att bränder vid olyckor med farligt gods påverkar närliggande byggnader. Skyddsåtgärder enligt PM Risk av intresse för yt- och grundvattenskydd sammanfattas nedan (Trafikverket, 2022):

- Skyddsräll (urspårningsräll) föreslås längs spår 0 vid Uppsala C och strax söder om Strandbodgatan (ca km 65+200 – 65+600). Övriga spår vid Uppsala C kommer att ha en motsvarande funktion i form av plattformar, vilka begränsar urspårningen.

- Skyddsräil (urspårningsräil) föreslås för de västra spåren (spår för godstrafik) längs Boländerna (ca km 64+330 - 64+600). Skyddsräil föreslås även för det östra spåret vid Boländerna (ca km 63+820 - 63+970, km 64+000 - 64+120 samt km 64+250 - 64+440).
- Skyddsräil (urspårningsräil) föreslås för spår för godstrafik i Bergsbrunna (ca km 59+000 - 60+000).
- Makadamfyllning i spårområdet, i kombination med skyddsräil, föreslås vid Bergsbrunna för att begränsa utbredning av brandfarliga vätskor vid olyckor med farligt gods.
- Vid Bergsbrunna planeras bullerskydd installeras med tät botten för att begränsa det ytliga flödet av läckage från olycka, och förhindra att förorening från järnvägsanläggningen når tomterna väster om järnvägen.

Åtgärder från PM Risk har en positiv effekt ur skyddssynpunkt även för yt- och grundvatten. Ytterligare sträckor med urspårningsräil medför lägre risk för att olyckor medför läckage av förorening, och att bullervall i Bergsbrunna förses med tät botten innebär att ett eventuellt läckage på denna plats är lättare att omhänderta.

7 Kostnads-nyttoanalys

7.1. Metodik

Samhällets resurser är begränsade och det ligger i samhällets intresse att utforma strategier och åtgärder som säkerställer en effektiv resursfördelning som tillvaratar så många behov som möjligt. Vid val av åtgärder är det därför viktigt att se till vilka samhällsekonomiska konsekvenser som respektive åtgärd kommer att medföra. Ett standardverktyg för att utvärdera samhällsekonomiska konsekvenser är kostnads-nyttoanalys (KNA). I en KNA jämförs positiva (nyttor) och negativa (kostnader) konsekvenser i samhället i förhållande till ett referensalternativ. Notera att en samhällsekonomisk analys inte är en analys av pengaflöden. Pengar används i stället som ett verktyg för att värdera välfärdsförändringar i samhället.

Om en åtgärd bidrar med nyttor eller kostnader över en längre tid och om kostnader och nyttor då uppstår vid olika tidpunkter används en diskonteringsränta för att visa hur värdet av framtida nyttor och kostnader värderas idag. Diskonterade nuvärden beräknas för alla kostnader och nyttor och ett nettonuvärde (NNV) som är summan av alla nuvärdesberäknade nyttor minus alla nuvärdesberäknade kostnader kan således beräknas enligt

$$NNV_i = \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+r)^t} (N_{it}) - \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+r)^t} (K_{it})$$

där:

NNV_i = nettonuvärdet av att genomföra åtgärdsalternativet i

N_i = nyttor av att genomföra åtgärdsalternativet i

K_i = kostnader för att genomföra åtgärdsalternativet i

r = diskonteringsränta

T = tidshorisont angivet i antal år t

Samhällsekonomisk lönsamhet kännetecknas av ett positivt NNV. Det vill säga att summan av samtliga nyttor för alla berörda individer och företag överstiger summan av samtliga kostnader för alla individer och företag. Med andra ord ska vägskalet med de totala nyttorna väga tyngre än vägskalet med de totala kostnaderna för att en åtgärd eller ett projekt skall vara samhällsekonomiskt lönsamt. Desto högre positivt värde, desto bättre är alternativet.

Notera att användningen av kostnads-nyttoanalyser främjar att effekter ska värderas i ekonomiska termer, vilket kan vara komplicerat för en del nyttor/kostnader. Det är endast i undantagsfall som det går att uttrycka alla identifierade positiva och negativa effekter i monetära enheter. Huruvida kriteriet för samhällsekonomisk lönsamhet är uppfyllt eller inte kan ofta endast delvis utvärderas genom en jämförelse av monetära mått. De effekter som inte kunnat kvantifieras och uttryckas i ett monetärt värde behöver därför beskrivas kvalitativt och åtföljas av en bedömning av i vilken grad de skulle kunna påverka utfallet i analysen.

I denna riskanalys har en KNA genomförts för att utvärdera huruvida det förväntas vara samhällsekonomiskt lönsamt att anlägga föreslagna vattenskyddsåtgärder (geomembran eller urspårningsräl) utmed de utpekade kontaktsträckorna (se kapitel 5.1).

Nyttan har definierats som vattenskyddsåtgärdernas förväntade riskreducerande effekt mot att ett utsläpp av farligt gods ska påverka Uppsalaåsen som vattentäkt. Kostnaden är definierad som anläggningskostnaden för respektive vattenskyddsåtgärd.

7.1.1. Diskontering och tidshorisont

Diskontering är ett vanligt begrepp inom samhällsekonomiska beräkningar. Det innebär en omräkning med hjälp av en räntesats för att ta hänsyn till att nyttor och kostnader inträffar vid skilda tidpunkter och därför inte kan jämföras direkt med varandra. En diskonteringsränta används därför för att räkna om alla nyttor och kostnader i kostnads-nyttoanalysen till ett nuvärde.

Allmänt gäller att ju högre diskonteringsränta och ju längre fram i tiden en konsekvens inträffar, desto lägre blir dess nuvärde. Om diskonteringsräntan däremot är noll värderas framtida kostnader och nyttor lika högt som dagens kostnader och nyttor.

Diskontering är en omdebatterad metod, eftersom kostnaderna för exempelvis en infrastrukturåtgärkning i huvudsak utfaller tidigt i åtgärkningens livstid medan nyttor från åtgärningen är mera jämnt fördelade över hela åtgärkningens livstid. För samhällsekonomiska beräkningar av infrastruktur rekommenderar Trafikverket en räntesats på 3,5 %, baserat på produktiviteten i samhället (Trafikverket, 2020b).

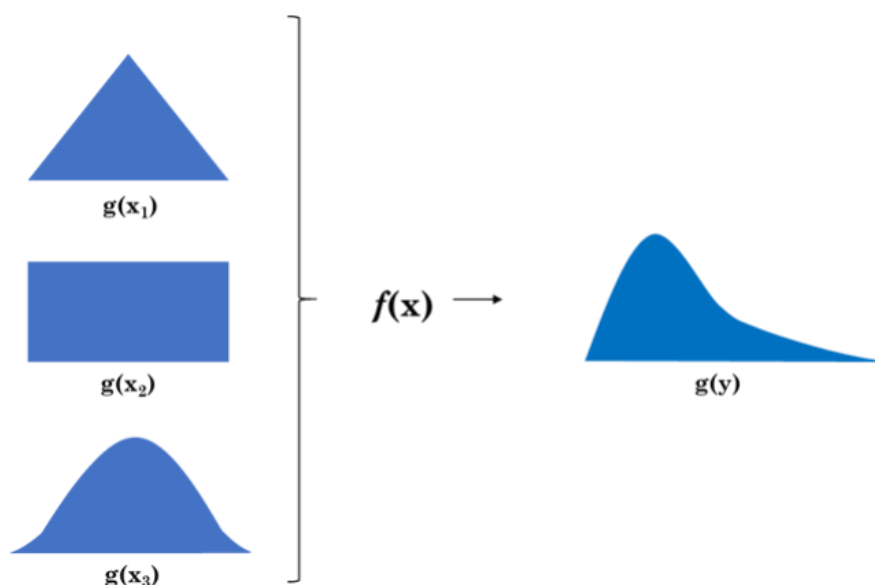
I olika sammanhang där exempelvis hänsyn till rättvisa mellan generationer är en tungt vägande aspekt förordas lägre räntesatser eller fallande räntesatser över tid (se exempelvis (Johansson & Kriström, 2016)). I exempelvis den s.k. Stern-rapporten för samhällsekonomiska kalkyler av climateffekter (Stern, 2006) rekommenderas en räntesats på 1,4 %. Diskontering i samhällsekonomiska kalkyler av klimatåtgärder diskuteras också ingående av exempelvis (Söderqvist, 2006). Där beskrivs hur det kan vara rimligt att använda räntesatser nära marknadsräntan för kortare tidsperioder, medan det kan vara försvarbart att använda lägre räntesatser för längre tidsperioder som berör flera generationer, se även (Johansson & Kriström, 2016). Valet av diskonteringsränta kan påtagligt påverka utfallet i en kostnads-nyttoanalys, såväl vad gäller nettonuvärdets absoluta

storlek, men i vissa fall också rangordningen av alternativ. Vilken räntesats som väljs grundas i vilken grundläggande syn som beslutsfattandet utgår ifrån. Vid genomförandet av en kostnads-nyttoanalys kan det vara svårt att avgöra vilken räntesats som ska användas. I sådana fall är det lämpligt att genomföra en känslighetsanalys med olika diskonteringsräntor och på så vis undersöka hur slutresultatet varierar med valet av räntesats.

Tidshorisonten är också av stor betydelse, bland annat eftersom en längre tidshorisont innebär att åtgärden medför potentiella nyttor under en längre tid. I analyserna antas vanligen att förhållanden rörande bebyggelse, markanvändning, samhällsfunktioner, med mera är konstant under den valda tidshorisonten. Vid en lägre diskonteringsränta kan tidshorisontens längd ha stor inverkan på analysens utfall.

7.1.2. Osäkerheter

Kostnads-nyttoanalysen är förknippad med osäkerheter. Såväl skattningarna av nyttorna som kostnaderna måste göras utan fullständig kunskap om till exempel vad en faktisk anläggningskostnad kan komma att uppgå till eller hur stor effekt som en åtgärd kommer att medföra. Osäkerheterna för varje variabel (exempelvis kostnads- eller nyttopost) i beräkningen av den samhällsekonomiska lönsamheten (nettonuvärdet) kan representeras av statistiska osäkerhetsfördelningar. Genom statistisk simulering (till exempel Monte Carlo) dras ett värde slumpvis ur respektive ingångsvariabelns (kostnads- och nyttoposternas) fördelning och ett värde för slutresultatet beräknas. Detta upprepas ett stort antal gånger vilket resulterar i en osäkerhetsfördelning för slutresultatet – i detta fall nettonuvärdet, se principiell beskrivning i Figur 22. Detta möjliggör dels att osäkerheten i olika beräkningsresultat kan redovisas, dels att känslighetsanalyser kan utföras för att utvärdera hur stort bidrag respektive ingångsvariabel ger till resultatvariabelns (exempelvis nettonuvärdets) osäkerhet.

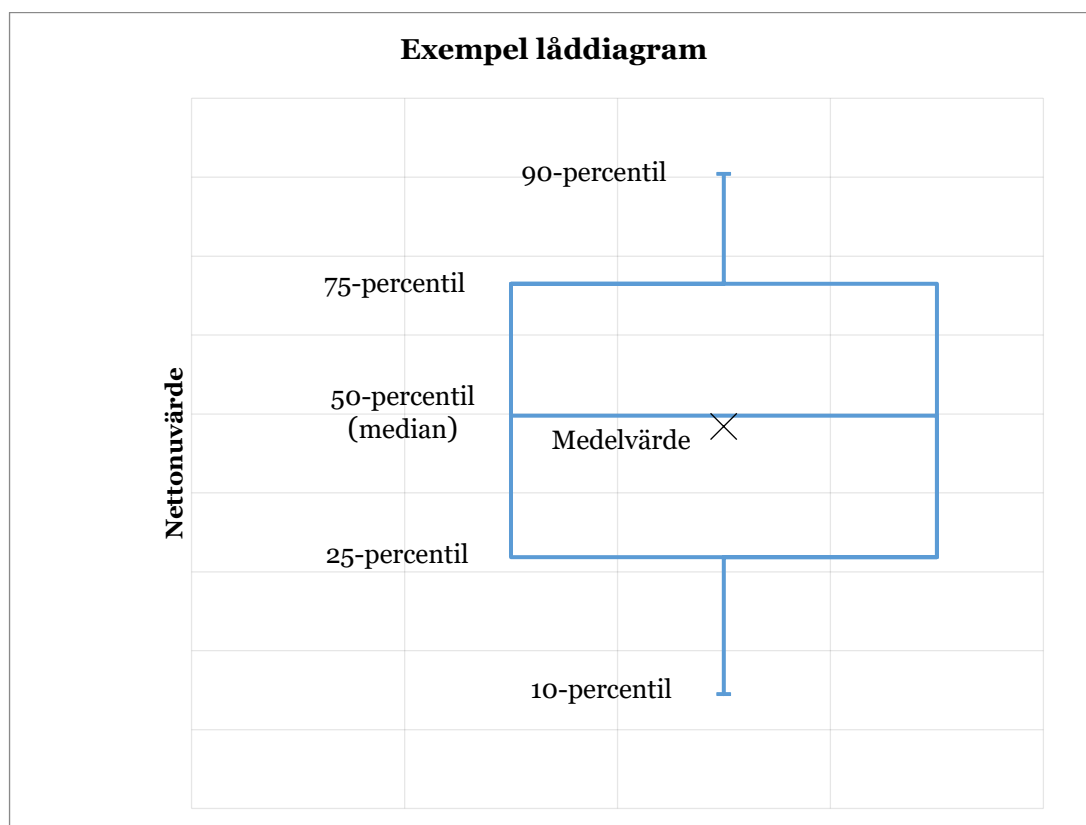


Figur 22. Konceptuell illustration av Monte Carlo-simulering, där osäkerheter i ingångsvariablerna ($x_1 - x_3$) skapar en kombinerad osäkerhetsfördelning för utgångsvariabeln (y)

I denna utredning har Monte Carlo-simuleringar utförts i Excel, med hjälp av plug-in programmet @Risk, för 10 000 iterationer. Ingångsvariablernas respektive osäkerhetsfördelningar har baserats på information från litteraturvärden, underlagsrapporter och erfarenhetsbaserade uppskattningar. Samtliga uppskattningar är

grova men gjorda efter bästa förmåga av personer med insikt i projektet och expertis inom respektive område.

I Figur 23 redovisas ett exempel på hur osäkerheter i resultatet (alternativens nettonuvärde) kan presenteras i ett låddiagram. Låddiagrammet illustrerar resultatets osäkerhetsintervall från 10- till 90-percentilen, dess övre och under kvartil (25- respektive 75-percentilen) samt dess median (50-percentil) och medelvärde.



Figur 23. Exempeldiagram som visar låddiagrammens funktion.

7.2. Arbetsgång KNA

Nedan redovisas arbetsgången för kostnads-nyttoanalysen i korta drag:

- Sannolikhetsintervall har uppskattats för att en urspårning av farligt gods leder till att vattentäkten förorenas. Både med och utan vattenskyddsåtgärder.
- Osäkerhetsfördelningar av kostnader har uppskattats. Dels med hänsyn till utsläppets samhällsekonomiska konsekvenser, dels för åtgärder som syftar till att förhindra konsekvenserna.
- Nyttan av vattenskyddsåtgärderna (det vill säga deras reduktion av risken för utsläpp av farligt gods) har värderat för respektive delsträcka i förhållande till deras anläggningskostnader över en vald tidshorisont och ansatt diskonteringsränta för att utvärdera vilka åtgärder som förväntas vara samhällsekonomiskt lönsamma.

- Känslighetsanalyser har utförts med hänsyn till ingångsvariablernas osäkerheter, samt utvärdering av eventuell påverkan på resultatet från val av diskonteringsränta och tidshorisont.
- Slutligen utfördes en översiktlig fördelningsanalys över vilka aktörer som betalar respektive drar nytta av åtgärderna.

7.3. Beräknad riskkostnad

För att utvärdera åtgärdernas potentiella nytta har riskkostnaden av att inte genomföra någon åtgärd beräknats för samtliga kontaktsträckor. Riskkostnaden kan definieras som produkten av sannolikheten för en oönskad händelse och dess efterföljande konsekvenskostnader.

Konsekvenskostnaden av en farligt gods olycka kommer vara helt beroende av hur dess spridningsförlopp kan begränsas. Vid ett utsläpp av farligt gods förväntas det, om marken på platsen är genomsläpplig, relativt omgående infiltrera marken varpå en saneringsprocess behöver påbörjas. Saneringen blir mer kostsam desto längre ned i marken som den måste genomföras. Dessutom uppstår kostnader för försening av person- och godstrafik, eftersom intilliggande spår sannolikt kommer att behöva stängas av under saneringstiden (utgrävning av förorenade massor). Dessa kostnader kan uppstå på flera ställen i landet eftersom störningar i järnvägstrafiken lätt medför dominoeffekter på andra järnvägar. Om saneringen misslyckas och utsläppet når vattentäkten är det troligt att denna inte längre kan återställas och en ny vattentäkt för Uppsala kommun måste anläggas. Detta är ett mycket tidskrävande arbete som medför stora ekonomiska konsekvenser. Vidare kan även eventuella bortfall i dricksvattenproduktionen medföra omfattande samhällsekonomiska effekter i form av bland annat produktionsbortfall och arbetskostnader för konsumenter.

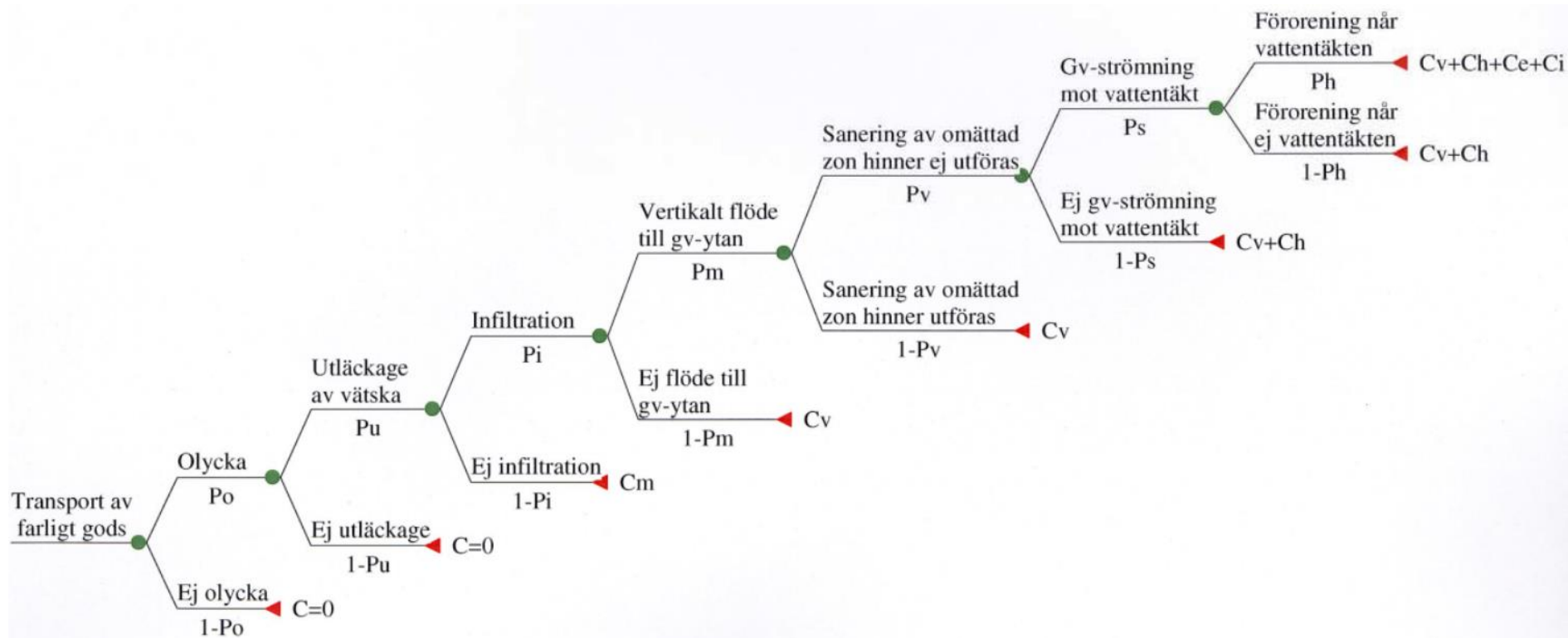
Sannolikheten för att en farligt gods olycka ska inträffa på järnväg är mycket låg varför den sammantagna riskkostnaden blir förhållandevis låg, trots de potentiellt katastrofala konsekvenskostnaderna.

I kapitel 7.3.1 och 7.3.2 beskrivs de data och uppskattningar som har varit till grund för att uppskatta sannolikhet att vattentäkt förorenas (7.3.1) och tillkommande konsekvenskostnad (7.3.2).

7.3.1. Sannolikhet att vattentäkt förorenas

Sannolikheten för att det ska ske en olycka som leder till utsläpp av farligt gods beräknas enligt beskriven metodik i kapitel 5.2.1 för respektive kontaktsträcka beskriven i kapitel 5.1.

I Figur 24 nedan redovisas det händelseträd som tagits fram av SGI (SGI, 2001) och som legat till grund för metoden som används i den här kostnads-nyttoanalysen. Händelseträd kan användas för att skapa en konceptuell förståelse över vilka händelseförlopp som krävs för att en olycka med utsläpp ska förorena en vattentäkt, samt i vilka skeden som en åtgärd kan påverka den sammantagna risken.



Figur 24. Händelseträd som redovisar händelseförloppet vid olycka med farligt gods vid grundvattentäkt. Cirkelna markerar punkter där händelseförloppet med olika sannolikheter kan ta alternativa vägar (sannolikheten betecknas med P) och leda till olika konsekvenser (C). Bild från (SGI, 2001).

Förloppet från det att en förorening läcker ut i samband med olycka tills det att grundvattentäkten förorenas anses bero av nedanstående händelsesteg vilka baseras på händelseträdet från SGI, men de har döpts om för att förtydliga vad som faktiskt antagits ske i respektive steg:

- P_i Sannolikheten för att infiltration sker genom markytan
- P_m Sannolikheten för vertikal transport mot vattenförande lager
- P_v Sannolikheten för att sanering inte hinner genomföras innan föroreningen sprids med grundvattenflödet
- P_s Sannolikheten för grundvattenströmningen är mot vattentäkten
- P_h Sannolikheten för att föroreningen når uttagsbrunnen i sådan koncentration att grundvattnet blir otjänligt

Sannolikheterna för varje händelsesteg har bedömts för varje kontaktsträcka utifrån lokala jordlagerföljder och hydrogeologiska förutsättningar. Efterföljande konsekvenser (C) av respektive händelsesteg är beskrivna nedan och är beskrivna i mer detalj i avsnitt 7.3.2:

- C_m Saneringskostnad av markytan efter ett utsläpp av farligt gods
- C_v Saneringskostnad av den omättade zonen efter ett utsläpp
- C_h Saneringskostnad av den mättade zonen efter ett utsläpp
- C_e Ersättningskostnader som orsakas av att vattentäkten skadas och måste ersättas. Det vill säga tillfällig vattenförsörjning, produktionsbortfall inom industrin, arbetskostnad för konsumenter och anläggning av ny vattentäkt
- C_i In-situkostnader bestående av ekologiska värden, optionsvärden, arvvärden, existensvärden m.m.

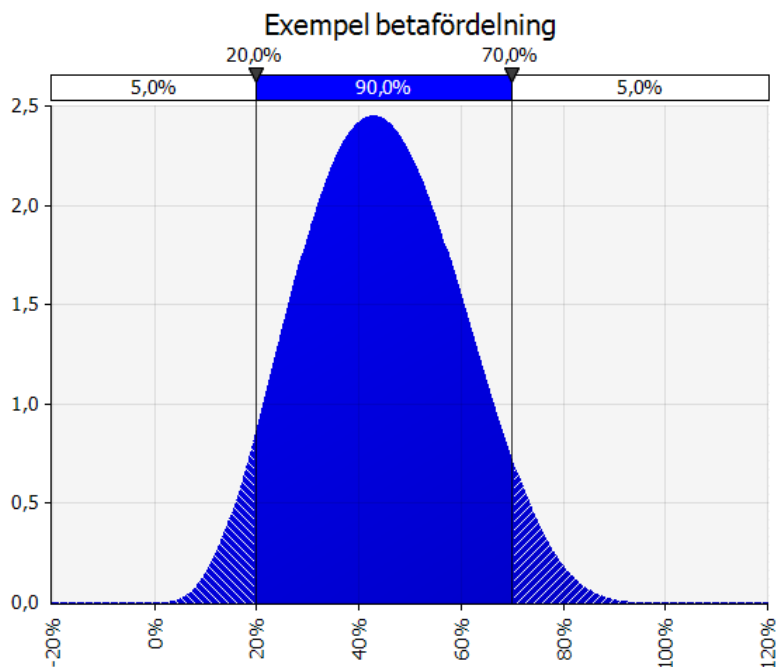
Som nämnts tidigare, definieras risk som en sammanvägning av sannolikhet för en önskad händelse och en konsekvens av denna. Genom att ansätta konsekvensen med ett ekonomiskt värde kan man beräkna en önskad händelses förväntade riskkostnad (R):

$$R = P \times C$$

P är sannolikheten för att en händelse ska inträffa och C dess förväntade konsekvenskostnad. Händelseträdet kan användas för att beräkna den förväntade sammantagna riskkostnaden av ett potentiellt utsläpp vid en vattentäkt, genom att ansätta respektive händelse med en sannolikhet att inträffa samt en förväntad konsekvenskostnad.

Tre händelseträdet är framtagna för varje kontaktsträcka, ett för respektive åtgärd, geomembran och urspårningsräl, och ett utifrån scenariot att ingen åtgärd genomförs. Sannolikheten som är förknippad med varje steg i händelseträdet är baserad på den aktuella platsens förutsättningar vad gäller jordlagerföljder, samt huruvida en åtgärd ansatts för den aktuella sträckan. Hur åtgärderna påverkar sannolikheten för olycka kan läsas mer om i kapitel 7.4 *Åtgärdseffekt*.

Osäkerhetsfördelningarna av att en förorening ska passera respektive steg har ansatts som betafördelningar från 0–1. Sannolikheten för att en förorening ska passera respektive steg har uppskattats som lägsta och högsta rimliga värde, motsvarande 5 respektive 95-percentil i osäkerhetsfördelningen. Ett exempel på en betafördelning redovisas i Figur 25 nedan. De angivna percentilerna samt det resulterande medelvärdet redovisas i Tabell 23 nedan.



Figur 25. Exempel på en betafördelning där 5-percentilen satts till 20 % och 95-percentilen till 70 %. Det resulterande medelvärdet är i exemplet 44 %. Observera att värdet för sannolikheten inte kan anta ett mindre värde än 0 % eller ett högre värde än 100 %.

Sannolikheten för *infiltration sker genom markytan* avser hur troligt det är att markytan där föroreningen släpps ut vid olyckan är genomsläpplig eller inte. Järnvägens bankropp bedöms bestå av genomsläppligt material. Vidare bedöms det som osannolikt att en olycka skulle medföra att tågagnar hamnar långt ifrån spåret (utanför bankroppen). Sannolikheten för att en förorening ska infiltrera genom markytan har därför bedömts vara hög för samtliga kontaktsträckor.

Sannolikheten för *vertikal transport mot vattenförande lager* handlar om hur troligt det är att föroreningen, efter att den tagit sig genom markytan, färdas vertikalt mot det vattenförande grundvattenlagret. Den här sannolikheten är starkt förknippat med den jordlagerföljd som råder på respektive plats och är den enda som skiljer kontaktsträckorna Grön stad och Röd stad åt. Som nämnt tidigare (kapitel 5.4.1) bedöms Röd stad ha en hög sårbarhet utifrån känslighetskartan (Geosigma, 2018). Mänsklig påverkan genom schaktning, pålning och liknande aktiviteter medför att det underliggande lerlagrets täthet är mer osäker. Sannolikheten för att en förorening tar sig till vattenförande lager bedöms därför vara högre för Röd stad än för Grön stad. För kontaktsträckan Grön land och det närliggande förbigångsspåret har det antagits vara nästintill omöjligt för en förorening att ta sig genom lerlagret, medan det för Röd land och Gult berg antagits medelhöga sannolikheter med hänvisning till att kontaktsträckorna är förlagda på någorlunda genomtränglig morän och mindre genomträngligt berg.

Sannolikheten för att *sanering inte hinner genomföras innan föroreningen sprids med grundvattenflödet* är kopplat till den tid det förväntas ta för föroreningen att nå det

vattenförande lagret. För kontaktsträckorna Grön stad, Röd stad och Grön land har antagits att ett flöde genom svagheter i leran skulle ske fort och göra det svårt och komplicerat att genomföra sanering. För kontaktsträckorna Röd land och Gult berg är osäkerheten stor och en beredskapsplan skulle troligtvis kunna minska sannolikheten. Sannolikheten har angivits något högre för den sistnämnda kontaktsträckan då den är förlagd längre på berg där schaktning och sanering är svårare.

Sannolikheten för att *grundvattenströmningen är mot vattentäkten* är hög för samtliga kontaktsträckor, om än lite lägre för delsträckan Gult berg som är belägen längst från uttagsbrunnen.

Sannolikheten för att *föroreningen når uttagsbrunnen i sådan koncentration att grundvattnet blir otjänligt* minskar med avståndet från uttagsbrunnen, men framför allt är en lägre sannolikhet angiven för kontaktsträckorna Röd land och Gult berg, då den låga hastigheten förväntas göra att det finns stora möjligheter att hinna planera och genomföra en lyckad sanering på kontaktsträckorna.

Tabell 23. Angivna värden för 5-percentil (P5) respektive 95-percentil (P95), samt resulterande medelvärde i de betafördelade osäkerhetsfördelningarna som angivits som sannolikheter för förorening. Värdena är avrundade.

		Grön stad	Röd stad	Grön land	Röd land	Gult berg
Infiltration sker genom markytan	P5	95%	95%	95%	95%	95%
	Medel	97%	97%	97%	97%	97%
	P95	99%	99%	99%	99%	99%
Vertikal transport mot vattenförande lager	P5	1%	50%	0,01%	25%	25%
	Medel	5%	76%	0,1%	50%	50%
	P95	10%	95%	0,1%	75%	75%
Sanering hinner inte genomföras innan föroreningen sprids med grundvattenflödet	P5	80%	80%	80%	25%	30%
	Medel	92%	92%	92%	42%	50%
	P95	99%	99%	99%	60%	70%
Grundvattenströmningen är mot vattentäkten	P5	98%	98%	98%	98%	95%
	Medel	99%	99%	99%	99%	97%
	P95	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99%
Föroreningen når uttagsbrunnen i sådan koncentration att grundvattnet blir otjänligt	P5	98%	98%	85%	5%	5%
	Medel	99%	99%	91%	12%	12%
	P95	99,9%	99,9%	95%	20%	20%

7.3.2. Konsekvenskostnad

Konsekvenskostnaderna som utvärderats i förestående analys utgörs dels av direkta kostnader som uppstår till följd av att man försöker förhindra spridningen av föroreningen, dels av externa kostnader som kan uppkomma om saneringen misslyckas och hela vattentäkten slås ut. Kostnaderna listas nedan:

- Kostnader vid sanering
 - Saneringsarbete vid markytan, omättad zon och mättad zon
 - Förseningskostnader till följd av begränsad framkomlighet vid saneringsarbete
- Ersättningskostnader av vattentäkt
 - Kostnad ny vattentäkt
 - Externa kostnader i form produktionsbortfall, tillfällig vattenförsörjning och arbetskostnad för konsumenter

Notera att det inom ramen för denna analys inte varit möjligt att utvärdera de samhällsekonomiska effekterna av ett eventuellt utsläpps indirekta miljökostnader (in-situ värden) i form av till exempel ekologiska värden, optionsvärden, arvvärden, existensvärden m.m.

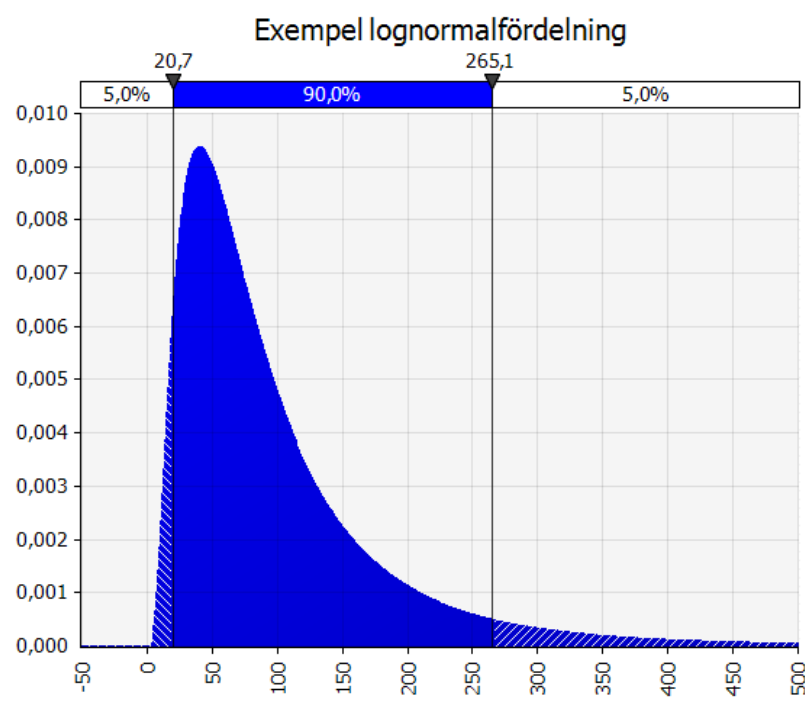
7.3.2.1. Saneringskostnader

Saneringskostnaderna utgår från kostnadsintervall redovisade i en rapport från SGI (Back & Rosén, 2001), vilka har indexreglerats mot KPI. Kostnadsintervallen redovisas i Tabell 24 nedan:

Tabell 24. Saneringskostnadsintervall från SGI samt indexreglerade intervall som använts i förestående analys.

	Intervall (Kr)			
	2001		Indexreglerat 2022	
Sanering av markytan	150 000	1 200 000	260 000	2 100 000
Sanering av omättad zon	230 000	3 100 000	400 000	5 400 000
Sanering av mättad zon	190 000	3 100 000	330 000	5 400 000

Saneringskostnadernas osäkerhetsfördelning har antagits vara lognormalfördelad med medelvärdet motsvarande medelvärdet av de indexreglerade intervallen i Tabell 24 och 90-percentilen motsvarande det övre beloppet i samma intervall. För kontaktsträckorna *Grön stad* och *Röd stad* har saneringskostnaderna dubblerats, utifrån antagandet att det är dyrare och mer komplicerat att sanera i stadsmiljö. Se exempel på en lognormalfördelning i Figur 26.



Figur 26. Exempel på en lognormalfördelning där värdet 100 ansatts som medelvärde och värdet 200 som 90-percentil. Notera hur värdet inte kan gå under noll, men att det teoretiskt kan anta ett hur stort värde som helst.

7.3.2.2. Förseningskostnader

Saneringsarbetets eventuella påverkan på tågtrafiken har uppskattats av kapacitetsanalytiker inom järnvägstrafik, utifrån trafikinformation från Trafikverkets basprognos 2040 för sträckan Myrbacken-Uppsala (Trafikverket, 2020d). Antalet resenärer per tåg baserades på uppgifter från Stockholm central för regional- och snabb/fjärrtåg, medan resenärerna i pendeltågstrafiken baserades på en erfarenhetsbaserad uppräknig av SL:s siffror för 2020 för antalet avstigande i Uppsala C. Arbetsrelaterade resor antogs utgöra hälften av det sammantagna antalet resor enligt uppgifter från Trafikverket (Trafikverket, 2015).

Pendeltågstrafiken antas ledas om till Upplands Väsby varifrån ersättningsbussar avgår via Arlanda och Knivsta. Första dagen antas detta ge 3 timmars förlängd restid på grund av planering och införskaffande av ersättningsbussar. I etablerat läge antas förseningen bli en timme per passagerare. För regionpendel-, fjärr- och snabbtåg antas bussar ersätta på hela sträckan Stockholm – Uppsala på grund av att omdirigering inte är möjligt kapacitetsmässigt samt att det troligtvis skulle ge längre restid än ersättningsbussarna. I etablerat läge antas detta, inklusive bytestid, leda till 1,5 timmes förlängd restid per passagerare. Första dagen antas den tiden vara 4 timmar på grund av planeringstid och att flertalet tåg troligtvis skulle ställas in.

Godstrafiken antas ledas om via Västerås, vilket i sig tar 1,5–2 timmar, men då 4-spårsträckan Stockholm-Uppsala ska ersättas med dubbel- eller enkelspår kommer restiden förlängas mer, och i etablerat läge antas förseningen bli 3 timmar. Första dagen antas förseningstiden till 8 timmar på grund av eventuell tidsödande omlastning till alternativa färdmedel. Mängden gods per tåg har uppskattats utifrån uppgifter om antal godstransporter och mängd gods per dag från Trafikverket (Trafikverket, 2023).

Etablerat läge antas inträffa en och en halv dag efter olycka, och innan det antas de förseningstider som ovan nämns för första dagen gälla. Förseningstiderna redovisas i Tabell 25 nedan:

Tabell 25. Antagna förseningstillägg per passagerare/godståg.

	Förseningstillägg per passagerare/gods (tim)		
	Pendel	Längre resor	Gods
Första dagen	2	4	8
Efter en vecka	1	2	3
Efter en månad	1	2	3

Förseningstiden har omvandlats till kostnader med hjälp av schablonkostnader från ASEK 7.0 (Trafikverket, 2020b), redovisade i Tabell 26 nedan:

Tabell 26. Förseningskostnader från ASEK7.0 samt indexreglerade kostnader som använts i förestående analys.

	Indexuppräknig/Beräkning persontrafik		
	jul-17	dec-22	enhet
Nationella/långväga resor privat	298	365	kr/persontimme
Nationella/långväga resor i tjänst	1 008	1 233	kr/persontimme
Regionala/lokala resor privat	216	264	kr/persontimme
Regionala/lokala resor i tjänst	282	345	kr/persontimme
Genomsnittsvärde allt gods	3,2	3,9	kr/tontimme

Resulterade förseningskostnader redovisas i Tabell 27 nedan:

Tabell 27. Uppskattning av förseningskostnader vid olycka som kräver att samtliga 4 spår på sträckan Uppsala-Stockholm stängs av.

	Första dagen	Första veckan
Persontrafik	52 600 000 kr	193 200 000 kr
Godstrafik	160 000 kr	550 000 kr
Totalt	52 700 000 kr	193 700 000 kr

7.3.2.3. Kostnad ny vattentäkt

Kostnaden för att anlägga en helt ny vattentäkt för att försörja Uppsala har hämtats från den regionala vattenförsörjningsplanen för Uppsala Län (Länsstyrelsen Uppsala Län, 2021). Där uppges ersättningsvärdet, som utgörs av en uppskattad kostnad för omställning till att nyttja Mälaren som vattentäkt i stället, överstiga 3 miljarder kronor. Osäkerhetsfördelningen för posten *Kostnad ny vattentäkt* har antagits vara lognormalfördelad med 3 miljarder kronor som medelvärde och 1 miljard kronor som standardavvikelse. Detta medför att värdet med 90 % säkerhet hamnar mellan 1,7 och 4,8 miljarder kronor.

7.3.2.4. Externa kostnader

Detta kapitel avser beskriva de kostnader som skulle drabba samhället i ett scenario där Uppsalaåsens södra vattentäkter slås ut. Det är ett scenario som skulle påverka Uppsalas råvattenkapacitet markant, och följaktligen även dricksvattenproduktion, men det skulle sannolikt inte slå ut hela Uppsala dricksvattenförsörjning. Uppsalas dricksvattenförsörjning

utgörs av ett gemensamt ledningsnät som innefattar flera skilda grundvattentäkter och vattenverk. En halverad dricksvattenproduktion skulle till exempel kunna medföra omfattande påverkan i form av tryckförluster och vattenbrist, men det bedöms i nuläget inte vara omöjligt att fördela kvarvarande dricksvattenkapacitet över staden vid olika tidpunkter och även prioritera mer samhällsviktiga funktioner.

I denna analys har dock de samhällsekonomiska kostnaderna av ett leveransavbrott förenklat beräknats med hänsyn till förväntade produktionsbortfall i de fall att hela Uppsalas dricksvattenförsörjning slås ut.

Den samhällsekonomiska kostnaden av ett produktionsbortfall har baserats på en rapport från Svenskt vatten utveckling (Sjöstrand, Klingberg, & Zadeh, 2021), som beskriver hur svenska företag påverkas ekonomiskt vid avbrott i vattenförsörjningen. Rapporten redovisar resiliensfaktorer för olika näringsgrenar, som ger ett mått på hur stor andel av företagets verksamheter som kan upprätthållas vid ett avbrott. Som exempel påverkas verksamheter inom telekommunikation och datorprogrammering förhållandevis lite vid ett avbrott i vattenförsörjningen (resiliensfaktor 0,66) medan hotell och restaurang förlorar nästan hela sin verksamhet (resiliensfaktor 0,10).

Dessa siffror användes, tillsammans med siffror för Sveriges BNP (för året 2021) från Statistiska centralbyrån (Statistiska Centralbyrån, 2022), för att beräkna en teoretisk siffra för hur mycket omsättning som skulle förloras om hela Sveriges vattenförsörjning låg nere i en månad. Ett enkelt antagande användes, om att företagen i Uppsala motsvarar riksnittet vad gäller sammansättning i olika näringsgrenar, samt att kommunens BNP motsvarar en lika stor andel av rikets BNP som dess befolkning utgör av rikets befolkning. Med dessa antaganden uppskattades produktionsbortfallet vid ett vattenavbrott i en månad till drygt 4,2 miljarder kronor. Att upprätta en ny vattentäkt tar sannolikt längre tid än en månad, men det antas att samhället och dess aktörer gradvis hittar nya sätt att tillgodose vattenbehovet för att upprätthålla verksamheten, och en månad ansågs utgöra ett bra medelvärde.

Ovan nämnda siffror användes som medelvärde i en lognormalfördelning som användes som osäkerhetsfördelning för de externa kostnaderna. För att spegla den stora osäkerheten i siffran angavs standardavvikelsen till omkring halva värdet: drygt 2,1 miljarder kronor.

Notera att analysen har begränsats till att endast beräkna produktionsbortfall vid ett totalt leveransavbrott i syfte att undvika dubbelräkning av effekter och slutgiltiga konsekvenskostnader. I beräkningarna har kostnader för kommunala aktörer, exempelvis hanteringen av nödvatten och övertidsarbete, myndigheter samt dricksvattenkonsumenternas ökade kostnader och tidsförluster inte beaktats.

7.4. Åtgärdseffekt

De åtgärder som valts till förestående analys består av geomembran, urspårningsräl och beredskapsplan och har hämtats från *Bilaga A - Åtgärder i Trafikverkets handbok* (Trafikverket, 2020a).

Effekten från en beredskapsplan, förkortad insatstid, har inte analyserats. I stället rekommenderas det att en beredskapsplan tas fram för hela sträckan. Den antagna kostnaden för en beredskapsplan består av ett lognormalfördelat osäkerhetsintervall med 100 000 kr som 5-percentil och 300 000 kr som 90-percentil. Observera att det rekommenderas att beredskapsplanen som tas fram är genomarbetad och konkret. Den bör

exempelvis innehålla platsspecifik information om hur gräv- och schaktarbeten ska ske i stadsmiljön vid saneringsarbeten samt detaljerade beskrivningar av vilka saneringsåtgärder som är lämpliga baserat på var på järnvägssträckan som en olycka sker. Beredskapsplanen bör även beakta hur Uppsala på bästa sätt kan hantera en händelse där en omfattande del av kommunens råvattenkapacitet potentiellt slås ut. Det är således en relativt omfattande beredskapsplan som föreslås varför kostnaden är mer än tre gånger högre än den schablon (50 000 – 100 000 kr) som anges i *Bilaga A - Åtgärder i Trafikverkets handbok* (Trafikverket, 2020a).

En god beredskap är inte bara fördelaktig för att hantera eventuella utsläpp av farligt gods utan är även användbar vid andra krissituationer och bedöms vara en viktig del av kommunens planering.

Analyserade åtgärder redovisas i Tabell 28.

Tabell 28. Analyserade åtgärder inklusive kostnader och åtgärdseffekter. Kostnaderna utgör medelvärden av lognormalfördelade osäkerhetsintervall.

Åtgärder	Kostnad	Åtgärdseffekt
Geomembran	39 000 kr per meter	Reducerar sannolikheten för vertikal transport mot vattenförande lager till 5% av den ursprungliga sannolikheten
Urspårningsräl	4 500 kr per meter	Reducerar sannolikheten att urspårning leder till utsläpp av farligt gods till 5,5%

Om ett geomembran anläggs under spåren hindrar geomembranet ett utsläpp från att infiltrera genom omättade zonen ned till grundvattnet. Detta medför därmed att sannolikheten för vertikal transport mot vattenförande lager minskar och i längden även riskkostnaden.

Kostnaden för anläggning av geomembran innefattar förläggning av membran under samtliga fyra spår och inkluderar kostnad för upprivning och återläggning av befintliga spår, men inte eventuella kostnader som kan uppstå till följd av förlängd anläggningstid. Åtgärds-kostnaderna är grovt uppskattade och baserade på erfarenhet.

Urspårningsräl innebär att extra räls förläggs vid sidan av de ordinarie rälsen, med syftet att hålla kvar en urspårande vagn på eller i anslutning till spåren. Detta reducerar sannolikheten för utläckage av farligt gods till följd av att vagnen välter och i längden även riskkostnaden.

7.5. Beräknat nettonuvärde

Resultatet av förestående kostnads-nyttoanalys redovisas i form av låddiagram i Figur 27 för en tidshorisont på 120 år (motsvarande åtgärdernas livslängd) vid en diskonteringsränta på 3,5%. Det beräknade nettonuvärdet (NNV) säger i sig själv inget om skadekostnader och kostnader för skyddsåtgärder. NNV är differensen mellan nyttan = minskningen i skadekostnad, jämfört referensalternativet, och kostnaden för skyddsåtgärder.

Resultatet i Figur 27 visar att urspårningsräl för kontaktsträckan Röd stad sannolikt är en samhällsekonomiskt lönsam investering. Utifrån analysens kvantifierade och monetariserade osäkerheter förväntas åtgärden medföra ett positivt NNV med ca 50% sannolikhet.

Geomembran förväntas inte vara samhällsekonomiskt lönsam för någon av delsträckorna. Bäst effekt förväntas uppkomma vid Röd stad där sannolikheten för ett positivt nettonuvärde är cirka 2%. En stor anledning till att geomembran inte får ett större genomslag i analysen är att de förväntas medföra att befintliga spår måste rivas upp och återläggas för att geomembran ska kunna anläggas. Vilket således medför betydligt mer omfattande anläggningskostnad än vid till exempel nyproduktion.



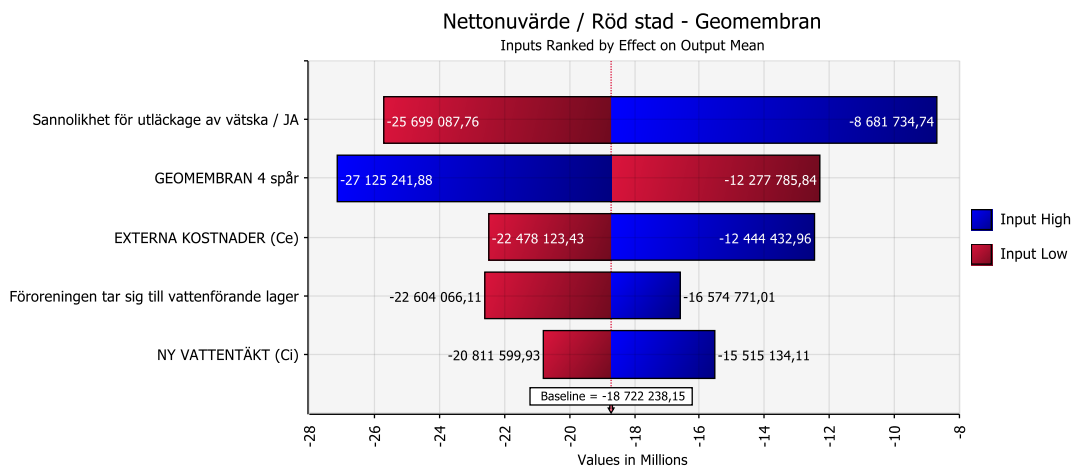
Figur 27. Resultatdiagram för kostnads-/nyttoanalysen som redovisar nettonuvärdet för de undersökta åtgärderna på respektive kontaktsträcka, för en tidshorisont på 120 år och diskonteringsränta på 3,5%. Varje åtgärd motsvaras av en låda som redovisar 10-percentil, 25-percentil, 50-percentil (median), 75-percentil, 90-percentil samt medelvärde av nettonuvärdet.

7.5.1. Känslighetsanalys av ingångsvariablers osäkerhet

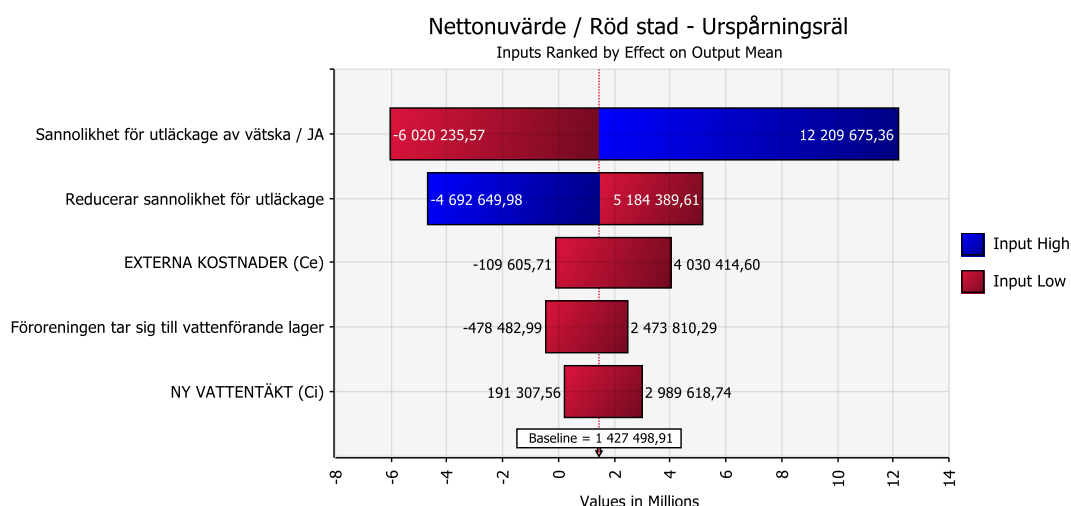
I Figur 28 och Figur 29 presenteras diagram som visar vilka parametrar som har störst inverkan på osäkerheten i resultatets förväntade NNV, för kontaktsträckan Röd stad. Motsvarande diagram har tagits fram för samtliga kontaktsträckor.

I scenariot där geomembran utgör åtgärden är själva kostnaden för förläggningen av tätskiktet (Geomembran 4 spår) en av de parametrar som har störst påverkan på resultatet. Det är inte förvånande med tanke på att åtgärden kräver att de befintliga spåren på kontaktsträckan rivs upp och sedan återläggs, vilket i modellen tilldelats en både hög och osäker kostnad. Om farligt gods-transporterna i utbyggt läge hade förlagts på de nya spåren hade det varit möjligt att anlägga geomembran under dessa spår i samband med förläggningen av spåren. Detta hade medfört en betydligt lägre kostnad och resultatet av en analys av ett sådant scenario hade kunnat se väldigt annorlunda ut.

Den variabel som förväntas medföra störst osäkerhet kopplat nettonuvärdets medelvärde är dock *sannolikheten för utläckage av vätska* för båda åtgärdsalternativen på kontaktsträckan. För urspårningsräl är det just den sannolikheten som åtgärden syftar till att reducera. Vidare är reduceringen av sannolikheten för utläckage den näst mest betydelsefulla parametern för resultatet i scenariot där det förläggs urspårningsräl. Sannolikheten för att *föroreningen tar sig till vattenförande lager*, sannolikheten som geomembranet syftar till att reducera, är betydande för nettonuvärdet för båda åtgärderna, men främst för scenariot där geomembran utgör åtgärden.



Figur 28. Parametrarna med störst inverkan på nettonuvärdet för Röd stad – Geomembran



Figur 29. Parametrarna med störst inverkan på nettonuvärdet för Röd stad – Urspåringsrärl

7.5.2. Känslighetsanalys diskontering och tidshorisont

En känslighetsanalys har genomförts för parametrarna diskonteringsränta och tidshorisont. Tidshorisonten ska spegla åtgärdens livslängd och diskonteringsräntan styr vilken vikt som ska ges till framtida nyttor (och framtida investeringar i de fall en analys innefattar sådana). I känslighetsanalysen justerades diskonteringsräntan till 1,4 % respektive 5 % samtidigt som tidshorisonten hölls konstant på analysens nivå, 120 år. Vidare justerades tidshorisonten till 80 år respektive 120 år samtidigt som diskonteringsräntan hölls konstant vid 3,5 %. Resultatet (Tabell 29) antyder att resultatet är robust för förändringar i val av diskonteringsränta och tidshorisont.

Tabell 29. Känslighetsanalys avseende diskonteringsränta och tidshorisont. Parametrarna justeras var för sig samtidigt som resterande parametrar hålls konstanta. Tabellen visar beräknade medelvärden för nettonuvärdet i miljoner kronor. Röda celler innehåller negativa värden medan gröna celler innehåller positiva värden. Värdena är avrundade.

	1,4 %, 120 år	3,5 %, 120 år	5 %, 120 år	3,5 %, 80 år	3,5 % 150 år	
Geomembran	Grön stad	-61	-61	-60	-61	-61
	Röd stad	-19	-22	-8	-19	-19
	Grön land	-112	-112	-112	-112	-112
	Röd land	-31	-31	-31	-31	-31
	Gult berg	-137	-138	-135	-137	-137
	Förbigångsspår	-48	-48	-48	-48	-48
Urspåringsrärl	Grön stad	-6	-7	-6	-6	-6
	Röd stad	1	0	6	1	1
	Grön land	-13	-13	-12	-13	-13
	Röd land	-4	-4	-4	-4	-4
	Gult berg	-15	-15	-13	-15	-15
	Förbigångsspår	-5	-5	-5	-5	-5

7.5.3. Känslighetsanalys åtgärds kostnad

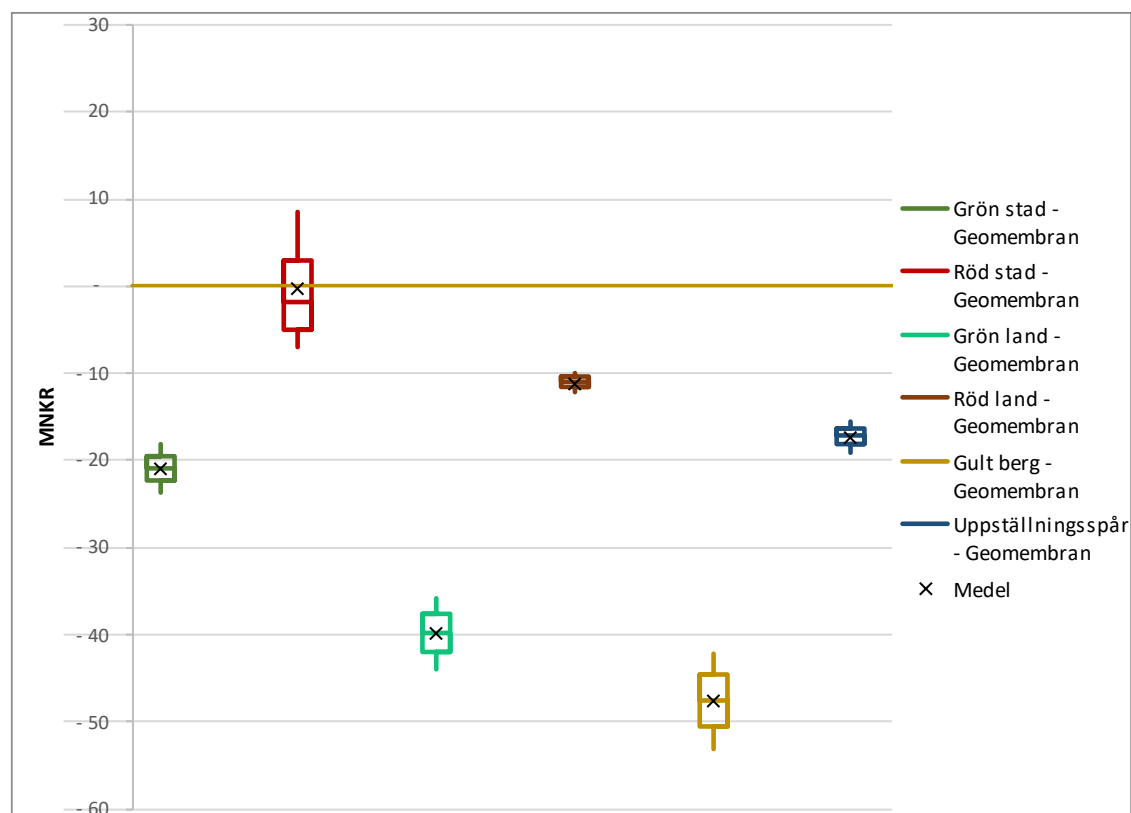
Godstågen har i utbyggt läge antagits trafikera de befintliga spåren och inte de nylagda. Därför har åtgärden geomembran tilldelats en förhållandevis dyr kostnad som inkluderar förläggning av geomembran på fyra spår, men också upprivning och återläggning av de två befintliga spåren. Vid tiden för den här analysen har det varit oklart om även de två befintliga spåren ska läggas om, och i så fall på vilka sträckor detta ska ske.

Vid ett scenario där befintliga spår läggs om så att tätskikt kan förläggas utan att behöva riva upp och återlägga spåren, kan merkostnaden för att riva upp och återlägga spåren exkluderas från åtgärds kostnaden för geomembran. En känslighetsanalys har därför genomförts för ett scenario med lägre åtgärds kostnad för geomembran, men i övrigt exakt samma parametrar, se Tabell 29.

Tabell 30. Förväntad åtgärds kostnad och effekt för geomembran beroende på om tätskikt kan förläggas utan att riva upp och återlägga spåren eller inte. Kostnaderna utgör medelvärden av lognormalfördelade osäkerhetsintervall.

Åtgärder	Kostnad	Åtgärdseffekt
Geomembran inklusive upprivning och återläggning	39 000 kr per meter	Reducerar sannolikheten för vertikal transport mot vattenförande lager till 5% av den ursprungliga sannolikheten
Geomembran nyproduktion (scenarioanalys)	14 000 kr per meter	Se ovan

Resultatet av en känslighetsanalys vid ett scenario där merkostnaden för att riva upp och återlägga spåren exkluderas från åtgärds kostnaden för geomembran visas i Figur 30 nedan.



Figur 30. Beräknade nettonvärden för geomembran, om merkostnaden för att riva upp och återlägga spåren exkluderas från dess åtgärds kostnad, för de analyserade kontaktsträckorna; redovisade som låddiagram.

Känslighetsanalysen visar att geomembran kan vara en motiverad åtgärd för kontaktsträckan Röd stad om det kan anläggas utan att behöva riva upp och återlägga spåren. Det förväntas dock vara något mindre kostnadseffektiv än urspårningsräl (se Figur 27 jämfört med Figur 30).

Om geomembran kan anläggas utan att behöva riva upp och återlägga spåren förväntas medelvärdet för kontaktsträckan Röd stad vara kostnadsneutralt (NNV ~ 0 mnkr) medan medianvärdet förväntas vara strax under noll (-2 mnkr). Åtgärden bedöms med ca 40 % sannolikhet vara samhällsekonomiskt lönsam. Huruvida åtgärden kommer vara samhällsekonomiskt lönsam för kontaktsträckan Röd stad är till stor del beroende av hur sannolikt det faktiskt är för ett utläckage av vätska vid en olycka samt faktiska ersättningskostnader om vattentäkten förorenas (se Figur 28). På de andra kontaktsträckorna är åtgärden inte motiverad trots den lägre åtgärdskostnaden.

Det ska dock noteras att även om befintliga spår läggs om för en viss delsträcka är det inte säkert att geomembran kan anläggas till samma kostnad som för nyproduktion (se Tabell 29). Vid avstämningsmöte⁵ inom projektet konstaterades det att omförläggning av spår sker relativt ytligt medan förläggande av tätskikt behöver ske med ett visst djup under banvallen, vilket i så fall kommer medföra merkostnader för riva upp och återlägga banvallen. Resultatet av ovanstående känslighetsanalys bedöms därmed inte vara representativt för faktiska åtgärdskostnader. Geomembran bedöms fortsatt vara en kostsam åtgärd i relation till nyttan.

7.6. Fördelningsanalys

En övergripande fördelningsanalys har gjorts i denna studie, för att belysa vem som gynnas eller drabbas med avseende på de olika kostnadsposterna. Fördelningsanalysen utgår från samma ramar som kostnads-nyttoanalysen i övrigt, det vill säga ifrån samma kostnadsposter som redovisas i kapitel 7.3.2 Konsekvenskostnad och 7.4 Åtgärdseffekt. Fördelningsanalysen redovisas i Tabell 31.

⁵ Avstämning TO Spår, Avvattning, Hydrogeologi 2023-03-17

Tabell 31. Fördelningsanalys.

Post	Aktör som gynnas	Aktör som drabbas	Förklaring
Saneringskostnad	Allmänheten och företag i Uppsala kommun	Trafikverket/staten/transportör av farligt gods + ev. kommunen	Saneringskostnader uppkommer som följd av olycka och syftar till att förhindra att konsekvenserna <i>ny vattentäkt</i> och <i>externa kostnader</i> uppkommer. Allmänheten och Uppsala kommun gynnas om konsekvenserna kan undvikas medan den ansvarige aktören för utsläppet av föroreningen (Trafikverket/staten eller transportör av farligt gods) betalar. Uppsala kommun kan behöva bekosta ev. långvarig pumpning.
Förseningskostnad	-	Allmänheten och företag på lokal, regional och ev. nationell nivå	Förseningskostnader uppkommer som följd av saneringsarbetet vid olycka, oavsett om sanering lyckas eller misslyckas. Det drabbar allmänheten (tågresenärerna) och företag genom att såväl anställda som gods försenas.
Externa kostnader (till följd av leveransavbrott)	-	Allmänheten och företag i Uppsala kommun (VA-kollektivet) + Trafikverket/staten/transportör av farligt gods	Om saneringen misslyckas kommer misstanke om otjänligt dricksvatten leda till ett leveransavbrott med omfattande konsekvenser som drabbar kommuninvånarna och verksamheterna som är i behov av kommunalt dricksvatten (dvs VA-kollektivet) som följd. Den ansvarige aktören för utsläppet av föroreningen (Trafikverket/staten/transportör av farligt gods) kan sannolikt tvingas att betala omfattande skadeståndskostnader till drabbade aktörer
Ny vattentäkt	VA-kollektivet	VA-kollektivet + Trafikverket/staten/transportör av farligt gods	Om vattentäkten förorenas till den grad att den inte går att återställa kommer en ny vattentäkt att behöva upprättas. Den nya vattentäkten kommer gynna VA-kollektivet och bekostas av VA-kollektivet. Den ansvarige aktören för utsläppet av föroreningen (Trafikverket/staten/transportör av farligt gods) kan sannolikt tvingas att betala omfattande skadeståndskostnader till drabbade aktörer.
Åtgärd geomembran	VA-kollektivet	Trafikverket/staten	Åtgärden geomembran syftar till att förhindra att ett utsläpp vid en ev. olycka tar sig ner i marken. Det minskar risken för att vattentäkten slås ut men minskar inte behovet av sanering. VA-kollektivet drar nytta av den reducerade riskkostnaden medan Trafikverket bekostar åtgärden.
Åtgärd urspårningsräl	VA-kollektivet + allmänheten och företag på lokal, regional och ev. nationell nivå	Trafikverket/staten	Åtgärden urspårningsräl syftar till att minska risken för att en urspårning leder till att det går hål på en tank med utsläpp av farligt god som följd. På det sättet gynnar åtgärden alla som drabbas av konsekvenserna vid ett utsläpp. Trafikverket bekostar åtgärden.

8 Slutsatser

Följande slutsatser har framkommit under denna fördjupade riskanalys:

- Sannolikheten för en tågolycka som leder till urspårning och läckage av farligt gods som förorenar skyddsobjekten bedöms vara mycket liten, men kan leda till förödande konsekvenser.
- Sträcka med högre risk för mycket omfattande konsekvenser är:
 - Uppsalas centrala del (röd stad), med avseende på grundvattenkontaminering, omfattar stadsmiljö där exploateringsgraden kan ha medfört att den naturligt skyddande leran vid vissa partier har schaktats bort eller att rinnvägar mellan markytan och undre magasin på annat sätt har skapats. Denna kontaktsträcka omfattar även bangården, där ett stort antal växlar och spår medför en ökad risk för olycka med läckage som följd.
- Riskbedömningen för samtliga järnvägssträckor bedöms vara låg till förhöjd, med en värderad riskklass upp till 2 (på en skala 1–5). En förhöjd riskklass (2) indikerar att riskreducerande förebyggande åtgärder kan vara motiverade men att det är kostnad kontra nytta som avgör.
 - Vattenskyddsåtgärder, i form av *urspårningsräl* och *geomembran*, utvärderades i en kostnads-nyttoanalys för de analyserade konfliktsträckorna.
 - Resultatet indikerar att vattenskyddsåtgärder endast förväntas vara motiverade för kontaktsträckan Röd stad.
 - Utifrån analysens kvantifierade och monetariserade osäkerheter förväntas urspårningsräl för kontaktsträckan Röd stad medföra ett positivt NNV med 50% sannolikhet.
 - Geomembran förväntas inte vara motiverade om de medför att spåren behöver rivs upp och sedan återläggas.
 - En välarbetad beredskapsplan rekommenderas att tas fram för hela den berörda sträckan av Trafikverket och kommunen. Det bedöms vara en kostnadseffektiv åtgärd som kan säkerställa att rätt åtgärder sätts in i rätt tid. Beredskapsplanen bör beakta platsspecifik information om hur gräv- och schaktarbeten ska genomföras vid saneringsarbeten för olika delsträckor. Den bör även beakta hur Uppsala på bästa sätt kan hantera en händelse där en omfattande del av kommunens råvattenkapacitet potentiellt slås ut. En god beredskap är inte bara fördelaktig för att hantera eventuella utsläpp av farligt gods utan är även användbar vid andra krissituationer och bedöms vara en viktig del av kommunens planering.
- **Föreslagna vattenskyddsåtgärder enligt denna riskanalys är sammanfattningsvis följande:**
 - Framtagande av beredskapsplan för hela sträckan

- Urspårningsräl/skyddsral för spår 1 och 2 för kontaktsträckan Röd stad (spår för godstrafik, de två västligaste spåren). Skyddsral projekteras för dessa spår för mellan längdmätning 64+650 och längdmätning 65+280.
- Tillkommande transformatorstationer utformas med oljeuppsamlingskärl för att fånga upp eventuell läckande olja vid haveri.
- Inom övriga delar av projektet föreslås skyddsåtgärder som bedöms ha positiv effekt på vattenskyddet, även om deras riskreducerande effekter är svårare att kvantifiera. Detta omfattar skyddsral på utvalda sträckor ur personsäkerhetssynpunkt, bullerskydd med tät botten utanför Bergsbrunna och planskilda korsningar som ersätter befintliga plankorsningar vid två platser (Vimpelgatan samt Gårdsvägen). Tillkommande planskilda korsningar planeras av Uppsala kommun.
- Under byggskedet kommer skyddsåtgärder krävas för att säkerställa att exempelvis läckage från arbetsfordon och placering av etableringsyta inte medför risk för förorening av grundvattnet. En lista på möjliga sådana åtgärder presenteras i kapitel 6.4.5. Åtgärder under byggtid kommer att specificeras i samband med ansökan om vattenverksamhet för grundvattenbortledning samt ansökan om dispens från föreskrifterna för vattenskyddsområdet.

Källor

- Back, P.-E., & Rosén, B. (2001). *Risikanalys av områden där järnvägstrafik berör vattentäkter och andra vattenresurser - Metodutveckling*. Linköping: Statens Geotekniska Institut.
- Geosigma. (2018). *Risikanalys av Uppsala- och Vattholmaåsarnas tillrinningsområde ur grundvattensynpunkt. Slutrapport Måsen Etapp 2*.
- Johansson, P.-O., & Kriström, B. (2016). *Cost-Benefit Analysis for Project Appraisal*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Länsstyrelsen Uppsala län. (1990). *Skyddsföreskrifter Uppsala Vattholma*.
- Länsstyrelsen Uppsala Län. (2021). *Regional vattenförsörjningsplan för Uppsala Län*. Hämtat från <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/arcgis/apps/MapSeries/index.html?appid=f2661e7boad3484a9fd31f2263918e2f>
- SGI. (2001). *Risikanalys av områden där järnvägstrafik berör vattentäkter och andra vattenresurser - Metodutveckling*. Linköping: Statens Geotekniska Institut.
- SGU. (2021). *Kartvisare - Grundvattenmagasin*. Hämtat från <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-grundvattenmagasin.html> den 04 05 2022
- SGU. (2022). *Kartvisare - Bergarter 1:50 000 - 1:250 000*. Hämtat från <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-berg-50-250-tusen.html?zoom=600392.0091061122,6581710.964596256,707632.2235865411,6685031.171236669>
- Sjöstrand, K., Klingberg, J., & Zadeh, N. S. (2021). *Värdet av vattenförsörjning - En studie av hur svenska företag påverkas ekonomiskt vid avbrott i vattenförsörjningen*. Bromma: Svenskt Vatten.
- Statistiska Centralbyrån. (2022). *BNP kvartal 1993–2022:3 (publ. 2022-11-29)*. Hämtat från <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/nationalrakenskaper/nationalrakenskaper/nationalrakenskaper-kvartals-och-arsberakningar/pong/tabell-och-diagram/tabeller/bnp-kvartal/>
- Stern, N. (2006). *The Stern review - The Economics of climate change*.
- Sveriges miljömål. (den 8 mars 2018). Hämtat från *Preciseringar av Grundvatten av god kvalitet*: <https://www.sverigemiljomal.se/miljomalen/grundvatten-av-god-kvalitet/preciseringar-av-grundvatten-av-god-kvalitet/>
- Söderqvist, T. (2006). *Diskontering i samhällsekonomiska analyser av klimatåtgärder*. Rapport 5618. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Trafikverket. (2015). *Tjänste- och pendlingsresor*. Hämtat från <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/planera-person--och-godstransporter/Planera-persontransporter/Hallbart-resande/Tjanste--och-pendlingsresor/>
- Trafikverket. (2020a). *Yt- och grundvattenskydd - Metodik för riskhantering och risikanalys samt principer för åtgärdsval*.
- Trafikverket. (2020b). *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.0*. Trafikverket.

- Trafikverket. (2020c). *Funktionsutredning: Uppsala C - framtida utformning och anpassning till fyra spår (TRV 2020/90043, Rev 1.0)*.
- Trafikverket. (2020d). *Prognos för persontrafiken 2040 - Trafikverkets basprognoser 2020-06-15*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2020e). *Slutrapport för projekt Sugtransformatorer i vattenskyddsområden*.
- Trafikverket. (2022). *PM Risk*.
- Trafikverket. (2023). *Järnkoll – fakta om svensk järnväg*. Hämtat från <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/jarnvag/jarnkoll--fakta-om-svensk-jarnvag>
- Transportstyrelsen. (2020). *STRADA uttagswebb*:
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/statistik/Olycksstatistik/om-strada/anvandarstod1/strada-uttagswebb/>
- Uppsala vatten. (2020). *Plan för den allmänna VA-anläggningen*.
- Uppsala vatten. (2022). *Dricksvatten: Uppsalaåsen - grundvatten*. Hämtat från uppsalavatten.se: <https://www.uppsalavatten.se/om-oss/verksamhet-och-drift/dricksvatten/uppsalaasen-grundvatten/> den 06 05 2022
- VISS. (2022). *Vattenkartan*. Hämtat från VISS, Vatteninformationssystem Sverige: <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=1589fd5a099a4e309035beb900d12399> den 04 05 2022
- VTI. (1994). *Skyddsriöler - erfarenheter och behov*.

Trafikverkets Ärendemottagning Fyra spår Uppsala, Box 810, 781 28 Borlänge
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

trafikverket.se