



AB BORLÄNGE ENERGI

Samlad riskbedömning patogener samt läkemedelsrester och kemikalier i Lennheden

Göteborg 2014-09-17

Ramböll Sverige AB
Box 17009, Krukmakargatan 21
104 62 Stockholm

Telefon 010-615 60 00
Fax 010-615 20 00
www.ramboll.se

Unr 61351356839000 Organisationsnummer 556133-0506

Samlad riskbedömning patogener samt läkemedelsrester och kemikalier i Lennheden

Datum	2014-09-17
Uppdragsnummer	61351356839000
Utgåva/Status	Slutrapport

Rolf Hedin
Uppdragsledare

Måns Lundh och Jenny Cerruto
Handläggare

Rolf Bergström
Granskare

Ramboll Sverige AB
Box 17009, Krukmakargatan 21
104 62 Stockholm

Telefon 010-615 60 00
Fax 010-615 20 00
www.ramboll.se

Unr 61351356839000 Organisationsnummer 556133-0506

Innehållsförteckning

1.	Bakgrund	1
2.	Syfte	2
3.	Problemformulering och arbetsdisposition.....	3
4.	Avgränsningar och antaganden.....	4
5.	Lenhедens vattenverk och brunnsområde.....	5
6.	Övergripande metod för riskbedömning	8
7.	Riskbedömning patogener.....	9
7.1	Metod	9
7.2	Konceptuell modell	9
7.3	Osäkerhet och antaganden	10
7.4	Riskbedömning	11
7.5	Förslag till riskhantering.....	11
8.	Riskbedömning läkemedelsrester och kemikalier.....	13
8.1	Metod	13
8.2	Modell.....	13
8.3	Osäkerheter och antaganden	14
8.4	Riskbedömning	14
8.5	Förslag till riskhantering.....	16
9.	Riskbedömning inducerad infiltration	18
9.1	Metod	18
9.2	Konceptuell modell	18
9.3	Osäkerheter och antaganden	19
9.4	Riskbedömning	20
9.5	Förslag till riskhantering.....	21
10.	Jämförelseanalys	23
11.	Sammanfattande riskbedömning och diskussion.....	26
12.	Rekommenderade åtgärder	28

Bilagor

Bilaga A Bedömning av mikrobiologisk risk från enskilda avlopp

Bilaga B Läkemedelsrester och kemikalier – inledande riskinventering

Bilaga C Bedömning av risk vid inducerad infiltration

Bilaga D Riskanalys

Bilaga E Jämförelsematris

Bilaga F Betydelsen av omättad zon i verksamhetsområde Lenheden

Bilaga G Förslag på principlösning för ledningsdragning

Samlad riskbedömning patogener samt läkemedelsrester och kemikalier i Lennheden

1. Bakgrund

Lennhedens grundvattentäkt i Borlänge kommun är en av Sveriges största och provpumpningar som genomförts har visat att kapaciteten är tillräcklig för att försörja både Borlänge och Falun med dricksvatten. Dricksvatten till Falun och Borlänge produceras idag i Lennhedens och Tjärna vattenverk. Allt dricksvatten som produceras passerar i normalfallet Tjärna vattenverk. I Tjärna vattenverk finns en UV-anläggning som behandlar vattnet från båda vattenverken. Således har vattenverken en gemensam mikrobiologisk barriär.

Området kring Lennheden är värderat till mycket viktigt och mycket känsligt med avseende på vattenförsörjning i Falun och Borlänge. Samtidigt har risk identifierats för att hushållspillvatten från enskilda avlopp kan infiltrera ned till grundvattentäkten och påverka vattnet i Lennhedens uttagsbrunnarna både med avseende på mikrobiologiska och kemiska parametrar (inklusive läkemedelsrester). Borlänge kommun har därför fått ett föreläggande från länsstyrelsen om att upprätta ett kommunalt verksamhetsområde för avlopp för Lennhedens by och omkringliggande byar.

En preliminär riskbedömning som Borlänge kommun genomfört med anledning av nytt verksamhetsområde indikerade att infiltration av avloppsvatten bör undvikas helt i områden där uppehållstiden i grundvattnet till uttagsbrunnarna understiger 18 månader. Utgångspunkten i tidigare riskbedömning har varit att uttaget grundvatten ska vara fullständigt mikrobiologiskt och kemiskt säkert utan att hänsyn tas till åtgärder i t.ex. vattenverket samt möjligheten till att utföra stegvis och kontrollerad risk reducering med åtgärder i Lennhedens verksamhetsområde. En omedelbar utbyggnad av ett område omfattande 18 månaders uppehållstid bedöms vara svår att genomföra och är möjligen onödigt omfattande, vilket innebär att risker inte reduceras snabbt nog och investeringar blir onödigt höga.

Således bedömdes det vara klokt att fördjupa analysen med avseende på mikrobiologisk och kemisk risk samt att genomföra en samlad riskbedömning som tar hänsyn till vilka åtgärder som kan göras i vattenverken (Lennheden och Tjärna) för att säkra dricksvattnet samt formulera riktlinjer för utbyggnaden av verksamhetsområdet så att utbyggnaden är genomförbar med avseende på tid och rimlig med avseende på kostnad.

I riskinventeringen har det även identifierats risk för att en eventuell ackumulering av patogener och kemikalier potentiellt kan ha en negativ miljöpåverkan på ås och grundvatten och därför har även en analys genomförts med avseende på långtidseffekter som kan försvåra användningen av åsen för framtida

generationer. I detta avseende är det värt att notera att enskilda avlopp har funnits i Lennheden flera decennier.

Inducerad infiltration från omkringliggande ytvatten har uppmärksammats som en risk då avståndet från brunnsområdet i Lennheden till närmaste ytvattendrag är mindre än 100 m. Den inducerade infiltrationen är påtvingad av uttaget i Lennheden oavsett om utbyggnaden av VA-nätet genomförs eller inte. Vilka risker som finns i samband med denna inducerade infiltration har egentligen ingen direkt påverkan på omfattningen av en utbyggnad av VA-nätet. Däremot kan åtgärder som krävs för att reducera risken med inducerad infiltration indirekt påverka valet av alternativ för utbyggnad eftersom det påverkar behovet av mikrobiologisk barriär i vattenverket.

Utifrån Midvattens utredningar görs bedömningen att Dalälven och Långsjön bör utgöra de största riskerna avseende kontaminering via inducerad infiltration varför riskbedömningen av infiltration avgränsas till dessa. I denna riskbedömning omfattas endast risker kopplade till patogener, läkemedelsrester eller kemikalier som bedöms återfinnas kontinuerligt i ytvattnet.

2. Syfte

Att genomföra en samlad riskbedömning med avseende på patogener, läkemedelsrester och kemikalier från enskilda avloppsanläggningar i närheten av Lennhedens brunnsområde och risker med inducerad infiltration.

Resultatet ska utgöra ett beslutsunderlag för Borlänge kommun i framtagandet av åtgärdsplan för avloppshanteringen i Lennhedens verksamhetsområde.

3. Problemformulering och arbetsdisposition

Följande frågeställningar har varit utgångspunkt för riskbedömningen av patogener samt läkemedelsrester och kemikalier:

1. Finns det risk att Lennhedens brunnsvatten påverkas negativt av enskilda avlopp vid 100 dagars, 12 månaders och 18 månaders uppehållstid med avseende på:
 - a. Patogener
 - b. Kemikalier
 - c. Läkemedelsrester
2. Finns det risk att Lennhedens brunnsvatten påverkas negativt av inducerad infiltration från Dalälven och Långsjön, och Lennhedens brunnsområde med avseende på:
 - a. Patogener
 - b. Kemikalier
 - c. Läkemedelsrester
3. Vilken behandling krävs i vattenverket om risk identifierats?
4. Uppstår andra risker med detta alternativ, t.ex. för miljö och hållbarheten för framtida generationer?

Utredningen utgår från tre alternativ (scenarior) med avseende på utbyggnad:

- Utbyggnad av område omfattande 100 dygns uppehållstid
- Utbyggnad av område omfattande 12 månaders uppehållstid
- Utbyggnad av område omfattande 18 månaders uppehållstid

Specifika analyser har genomförts på nyckelområdena; Patogener, Kemikalier och läkemedelsrester och Inducerad infiltration. En riskanalys har genomförts med avseende på resultatet från de specifika analyserna och åtgärder för att hantera riskerna har föreslagits utifrån bedömda risker. Riskhanteringen definierar undergrupper till alternativen som slutligen jämförts i en samlad riskbedömning alternativen i Jämförelseanalysen.

Studien har genomförts i följande moment:

1. Genomförandebeskrivning
2. Informationsinhämtning
 - a. Insamling via litteratur och kontakt med experter
 - b. Platsbesök i Lennheden
3. Riskbedömning Enskilda Avlopp - Patogener
4. Riskbedömning Enskilda Avlopp - Kemikalier och läkemedelsrester
5. Riskbedömning Inducerad Infiltration – Patogener, kemikalier och läkemedelsrester
6. Workshop avseende värdering av identifierade risker. Deltagare: Borlänge Energi AB, Miljökontoret i Borlänge och Ramböll
7. Jämförelseanalys av alternativen (samlad riskbedömning)

8. Sammanfattande diskussion med rekommendationer

Moment 3-5 utgör separata PM som finns bilagda denna rapport. Metodik för respektive delstudie (PM) sammanfattas under respektive kapitel i denna redogörelse. För en mer detaljerad beskrivning över metoderna som använts hänvisas läsaren till respektive PM.

Punkt 6 genomfördes 18 juni 2014 och omfattade en interaktiv riskbedömning i en riskmatris som redovisas i Bilaga D. Risker identifierades, värderades och hantering föreslogs. Underlaget ligger som underlag till riskbedömningen i denna rapport och tillhörande PM.

4. Avgränsningar och antaganden

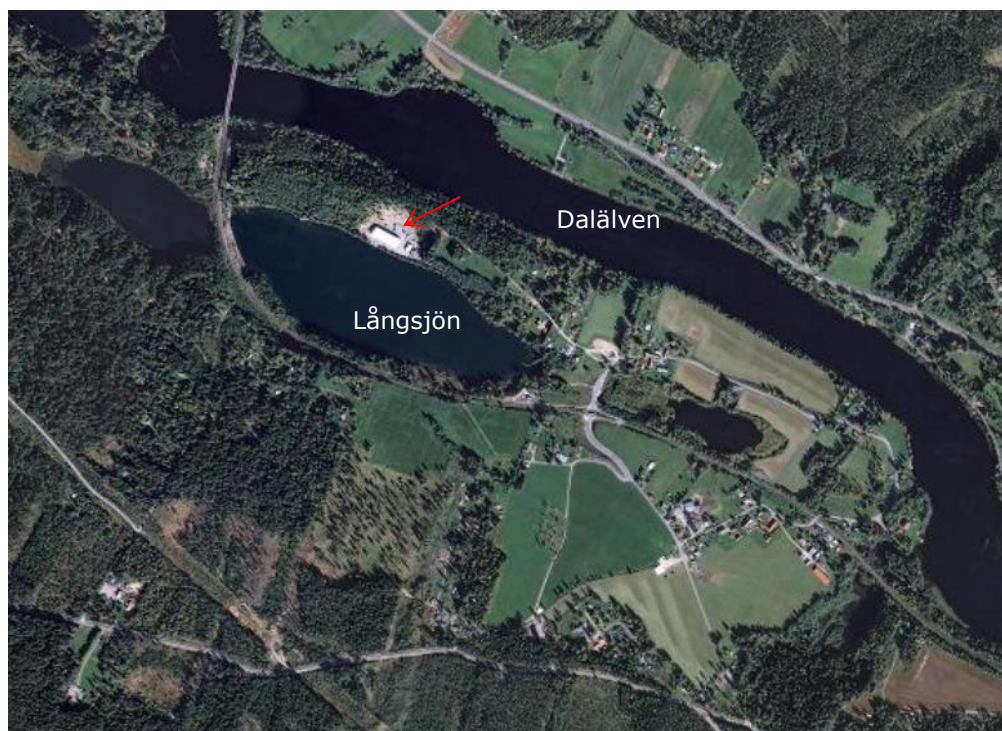
Notera att resultatet från respektive riskbedömning ska betraktas som indikation och inte som faktiska värden. Anledningen är att det finns för stora osäkerheter för att kvantifiera det faktiska förloppet. Varje anläggning är unikt och måste genomgå försök för att fastställa funktion. Sådana försök har inte genomförts i Lennheden.

Undersökningarna är behäftade med osäkerheter som har sitt ursprung i att det finns begränsat med information och studier inom området. Under varje kapitel redovisas de osäkerheter som är relevanta för den specifika studien. Generellt gäller att ämnesområdet är dåligt undersökt vilket gör att resultat måste analyseras med stor försiktighet. Dock har strävan i denna studie varit att ta till god marginal i analysarbetet och framarbetandet av slutsatser.

Denna studie omfattar inte risker som rör olyckor som innebär att föroreningar når brunnsområdet. Det kan vara väg- och järnvägsolyckor, transportolyckor på vatten, förorenad mark i anslutning till vattendrag, industriverksamhet etc. Analysen omfattar endast kontinuerlig belastning från de enskilda avloppen och inducerad infiltration från Dalälven och Långsjön. Övriga risker hanteras utanför denna riskbedömning bland annat inom arbetet att ta fram ett vattenskyddsområde med föreskrifter.

5. Lennhedens vattenverk och brunnsområde

Lennhedens vattenverk är lokaliserat på Lennhedåsen som är en del av Badelundaåsen. Brunnsområdet ligger strax intill vattenverket bestående av tre brunnar på ett djup av 24-27 m. Kapaciteten är 370 l/s för att även kunna täcka Tjärnas vattenproduktion vid produktionsbortfall men medelförbrukningen idag är ca 200 l/s. Vattenverket består av luftning och filtrering av järn och mangan samt UV-behandling för desinfektion gemensamt med Tjärna vattenverk. Närmaste ytvatten är Långsjön och Dalälven som ligger ca 50 respektive ca 100 m från brunnsområdet.



Figur 1 Lennheden vattenverk (vit byggnad i mitten av bilden) och uttagsområde (pilen) strax norr om byggnaden.

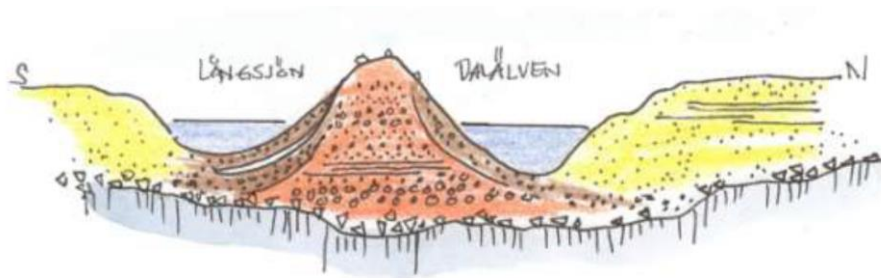
Badelundaåsen är ett isälvsstråk som sträcker sig från Leksand i norr till Avesta i söder (Figur 2). Under avsmältningen av inlandsisen uppstod olika isälvsformationer och i nivå med Lennheden fick den en utpräglad åskaraktär (Figur 3). Teorin¹ är att det bildades dödisar på bägge sidor om åsen när isen drog sig tillbaka, som avsmälte långsammare än isfronten. När dödisarna smält bort kvarstod åsgravar såsom Långsjön och Dalälven som ligger söder och norr om Lennhedåsen. I samband med avsmältningen avlagrades finare sediment längs med åsens sidor från det mera stilla vattenflödet som uppstod efter isens

¹ Midvatten 2009. Lennheden vattentäkt – Grundvattenundersökningar 2003-2009. Midvatten 2299/PAR, version 0.21. 2009-04-03.

tillbakadragande. Således talar teorin om att åsen består av grovmaterial som sand, grus och sten i kärnan med finare materials som t.ex. lutande siltlager på sidorna.



Figur 2 Isälvsstråket mellan Bäsna och Tjärna vattentäkt. God vattenföring bedöms finnas i åsens längsgående riktning samt omfatta områden vid och under både Dalälven och Långsjön norr och söder Lennhedåsen (Midvatten 2009. Lennheden vattentäkt – Grundvattenundersökningar 2003-2009. Midvatten 2299/PAR, ver 0.21. 2009-04-03.).



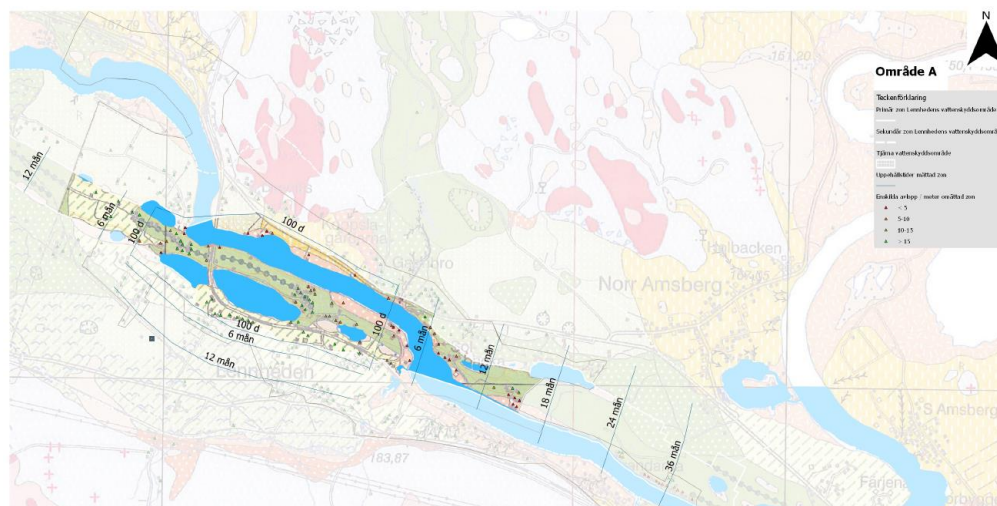
Figur 3 Förslag på geologisk modell över Lennhedåsen enligt Midvatten AB (Midvatten 2009. Lennheden vattentäkt – Grundvattenundersökningar 2003-2009. Midvatten 2299/PAR, version 0.21. 2009-04-03.).

Andelen inducerat vatten från Dalälven till åsen har bedömts² till ca 90 l/s utav 370 l/s som utgör uttagkapaciteten, vilket är ca 25% av kapaciteten. Midvatten bedömer att induktionen sker på flera ställen och att utspädningen i grundvatten är kraftig.



Figur 4 Lennheden vattenverk (vit byggnad i mitten av bilden) och brunnsområde strax norr om byggnaden. Cirklarna visar på närmast belägna hushåll 300-450 m från uttagsområdet.

Närmaste hushåll ligger ca 300-450 meter från Lennhedens uttagsområdet (Figur 5). Totalt finns 132 enskilda avlopp i närområdet. Midvatten har beräknat uppehållstider som redovisas i Figur 5.



Figur 5 Bedömda uppehållstider i grundvattentäkten i Lennheden (Midvatten AB)

² Midvatten Rapport Lennheden Vattentäkt – Förslag till vattenskyddsområde 2299:13 2012-05-29 v1,0.

6. Övergripande metod för riskbedömning

Riskanalysen är genomförd utifrån mikrobiologisk (patogen) risk, kemikalierisk och risk med läkemedelsrester från enskilda avloppsanläggningar samt risker förknippade med inducerad infiltration från Dalälven och Långsjön vid uttag av råvatten i Lennheden.

Bedömningen (analysen) görs enligt följande modell:

1. Riskidentifikation/Riskinventering
2. Riskbedömning
3. Riskhantering

Riskanalysen fokuserar på risken för att dricksvattnet som levereras till Borlänge och Falun påverkas negativt av mikrobiologiska och kemiska parametrar som uppkommer i brunnsvattnet i Lennheden. Systemgränsen utgörs av Lennhedens enskilda avlopp, och angränsande ytvatten (m.a.p. inducerad infiltration), inom ett område som definieras av 18 månaders uppehållstid i åsen och grundvatten. Riskinventering har skett utifrån vilka föroreningar som kan förväntas i ett enskilt avlopp och i ytvatten (m.a.p. inducerad infiltration). Riskbedömningen utgår från vilka koncentrationer dessa föroreningar kan förväntas uppnå i enskilt avlopp och i ytvatten (m.a.p. inducerad infiltration). Riskhanteringen baseras slutligen på bedömd risk och ger förslag på åtgärd i verksamhetsområdet, vattenverk och försörjningssystem.

Riskerna har analyserats och bedömts var för sig i separata rapporter utifrån litteraturstudier och beräkningsmodeller. Riskbedömningarna har sedan bearbetats vidare i en gemensam riskmatris för analys och riskreducering (Bilaga D). Nedan följer sammanfattningar av riskbedömningarna. Därefter följer jämförelseanalysen som utgör den sammanvägd riskbedömning.

7. Riskbedömning patogener

Följande kapitel är en sammanfattning av resultatet från studien som redovisas i PM - Bedömning av mikrobiologisk risk från enskilda avlopp. För mer detaljer om arbetet hänvisas läsaren till Bilaga A.

7.1 Metod

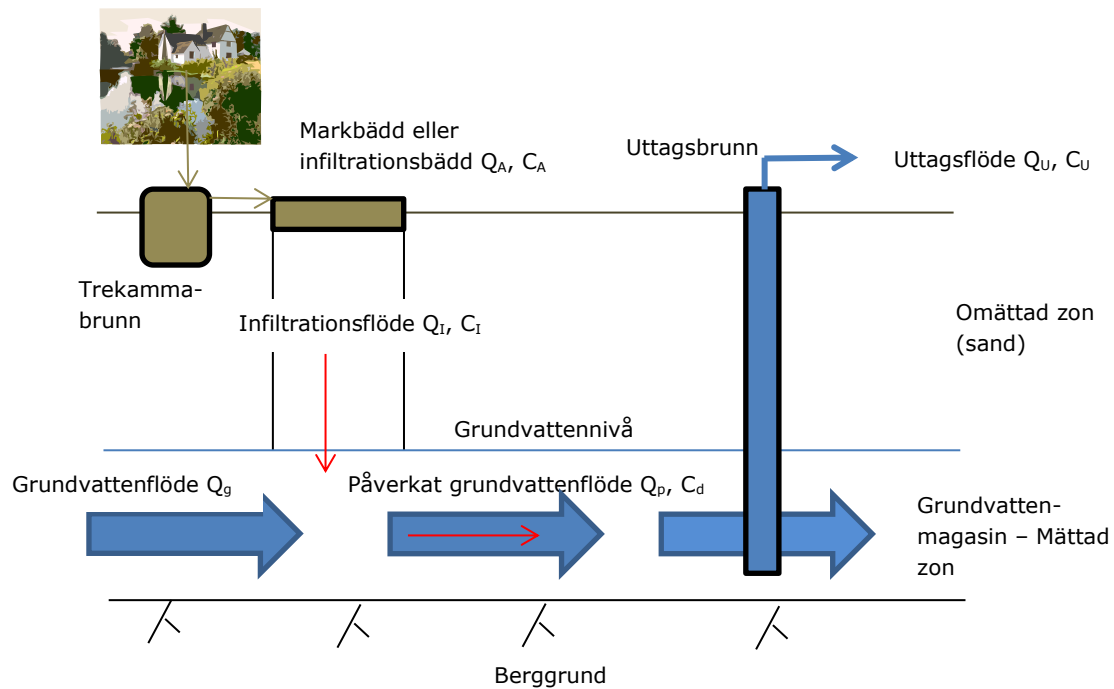
För ändamålet utvecklades en numerisk modell utifrån en konceptuell modell, vilken beräknar koncentrationen av sjukdomsalstrande mikroorganismer efter passage i enskilt avlopp, mark och grundvattenmagasin. Kvantitativa värden för avskiljning och avdödning grundade sig på rapporterade resultat i litteraturen.

Fokus ligger mer på möjligheten att avskilja patogena mikroorganismer än på indikatororganismerna. Anledningen är att korrelation mellan indikatororganism och patogen ibland är dålig. Det betyder att även om E.coli inte detekteras kan det fortfarande finnas patogena bakterier, virus eller parasiter i vattnet. Att korrelation inte är helt pålitlig beror på att det finns skillnader i storlek på organismerna och deras överlevnad i miljöer utanför kroppen.

Notera att riskbedömningen fokuserar på genombrott i uttagsbrunnarna medan analys av behovet av barriärer i vattenverket görs i riskhanteringen och jämförelseanalysen. Riskbedömningen av patogener utgör ett underlagsmaterial för jämförelseanalysen. Jämförelseanalysen kommer sedan tjäna som ett beslutsunderlag för en eventuell utbyggnad av det kommunala avloppsnätet och införandet av ytterligare processteg i vattenverket.

7.2 Konceptuell modell

Den konceptuella modellen (Figur 6) bygger på att avloppsvatten från hushållet består av BDT-vatten och toalettavlopp som passerar en slamavskiljare för att sedan behandlas i en markbädd eller en infiltrationsbädd. Därefter infiltrerar vattnet ner i den naturliga marken i omättad zon till grundvattenzonen. Den omättade zonen består av sand eventuellt uppblandad med grus. I grundvattenzonen sker transporten horisontellt till brunnen där det pumpas upp i uttagsbrunnarna för vidare behandling i vattenverket. Materialet i grundvattenmagasinet antas bestå dels av lager med sand och dels en kärna av grövre material, tex. sten och grus med inslag av block.



Figur 6 Konceptuell modell över systemet som utgör bas för den numeriska modellen.

7.3 Osäkerhet och antaganden

Initial koncentration av patogener i avloppsvattnet från ett hushåll kan både vara högre som lägre beroende på bristen av information om enskilda avlopp.

Utspädningen kan vara både lägre och högre pga. lokala förutsättningar i grundvattenmagasinet beroende på bristen på information om grundvattenutspädning.

De studier som reduktionen i denna studie baserats på är försök med specifika indikatororganismer såsom bakteriofager (virus) och bakterier (*E.coli* och *Clostridium perfringens*) och inte patogener, vilket skapar osäkerheter kring korrelationen mellan dem.

Avskiljning är baserad på studier som är begränsade till <40 dygn. Information om avskiljning i mark och grundvattenmagasin utöver 40 dygn existerar inte oss vederliggen. Att interpolera resultatet långt utöver dessa värden är således mycket osäkert och bedömningen av resultatet kan vara både över- och underskattad.

7.4 Riskbedömning

Utifrån resultatet görs följande bedömningar baserat på de genomförda teoretiska modellberäkningarna och de osäkerheter som identifierats.

- Det finns idag en signifikant risk för genombrott i Lennhedens uttagsområde av sjukdomsalstrande mikroorganismer från enskilda avlopp, oavsett utspädningsgrad och hur många som blir sjuka i hushållen med enskilda avlopp i Lennheden.
- Brist på tillräckligt kvantifierbar data och information gör att det är högst tillrådligt att tillämpa försiktighetsprincipen i det vidare arbetet med Lennheden.
- Eftersom det råder stor osäkerhet kring de olika faktorerna som påverkar avskiljningseffektivitet och utspädning bör sannolikheten för genombrott i Lennhedens brunnsvatten sättas som hög under aktuella förutsättningar.
- För patogena bakterier indikerar resultatet att 100 dagars uppehållstid är tillräcklig för fullständig reduktion av bakterier men för virus och parasiter finns indikation på att dessa kan transporteras/överleva över längre tid vid de koncentrationer som antagits för orenat spillvatten från enskilda avlopp.
- Utifrån vad som är rapporterat i litteratur finns det inte tillräckligt underlag för att motivera anslutning av enskilda avlopp till det kommunala avloppsnätet i områden med en bedömd uppehållstid >12 månader.
- Risken för framtida miljöproblem pga. ackumulering av patogener i marklagrena bedöms som låg mot bakgrunden att patogener efter hand dör av.

Notera att riskbedömningen gjorts för det uttagna brunnsvattnet i Lennheden.

7.5 Förslag till riskhantering

Mot bakgrunden av denna studie är bedömningen att det finns en signifikant risk för genombrott av kritiska koncentrationer av patogener i uttagsvattnet i Lennheden inom uttagsområdet som understiger 100 m. Risken har sitt ursprung i hushåll med enskilda avlopp. Risken för genombrott efter 12 månaders uppehållstid är sannolikt mycket låg även om den inte kan uteslutas helt med beaktan av parasiters och virus höga överlevnad och bristen på kunskap inom området.

Trots att uttaget vatten i Lennheden idag inte uppvisar någon mikrobiologisk påverkan³ är det ändå starkt rekommenderat att omedelbart säkra att all

³ < 1 ant/100 ml av E.coli eller koliforma bakterier.

brunnsvatten som distribueras alltid genomgått UV-behandling med korrekta förutsättningar⁴ och en dos som klarar virus och parasiter. Det är också starkt rekommenderat att genomföra en HACCP för systemet för att säkra att funktionen alltid upprätthålls. För att säkra redundansen i den mikrobiologiska barriären finner vi att det är rekommenderat att även Lennheden förses med UV⁵.

Vidare är det starkt rekommenderat att alla enskilda avlopp inom ett område omfattande 100 dagars uppehållstid snarast ansluts till det kommunala avlopps nätet. I ett längre perspektiv är det klokt att ansluta enskilda avlopp inom ett område omfattande 12 månaders uppehållstid. Se översikt förslag på utbyggnad i bilaga G till denna rapport.

Det finns en riskbild förknippad med avloppsledningar som byggs i åsen och som kan läcka. Dock bedöms risken som låg eftersom läckincidenter sker med låg frekvens, vilket ska jämföras med den kontinuerliga belastning som de enskilda avloppen innebär. Vidare reduceras risken ytterligare om huvudledningar dras bort från och inte över eller i närheten av Lennhedens brunnsområde (se bilaga G) samt att särskild hänsyn tas vid utbyggnad av ledningsnätet med avseende på test innan driftsättning (t.ex. trycktester), ledningsgravar byggs med finkorniga bäddar och en noggrann plan för drift- och läckövervakning tas fram.

⁴ T.ex. med avseende på partiklar i råvatten, drift, alarm, kontroll, underhåll, etc. som definieras av rådande och praktiserade standards och leverantörens driftinstruktioner

⁵ Vid beaktan av täckning av risk för funktionsbortfall i systemet finner vi att det är fördelaktigt att även installera UV i Lennheden. Förutom att det ger en dubbelbehandling med UV som en förstärkt mikrobiologisk barriär i Lennhedens speciella situation med enskilda avlopp, ger den redundans för Borlänge och Falun i det fall UV-behandlingen i Tjärna slås ut helt.

8. Riskbedömning läkemedelsrester och kemikalier

Följande kapitel är en sammanfattning av resultatet från studien som redovisas i PM Läkemedelsrester och kemikalier – En riskinventering. För mer detaljer om arbetet hänvisas läsaren till Bilaga B.

8.1 Metod

En litteraturstudie genomfördes och data sammanställdes och analyserades enligt arbetsgången nedan:

- Identifiera ämnen i hushållspillvatten som kan innebära en risk för grundvattenkvaliteten
- Kvantifiera risker i möjlig mån
- Inledande bedömning av konsekvenser av riskhändelser
Vilka negativa effekter kan de identifierade ämnen orsaka?
- Översiktlig analys av risker utifrån olika scenarion med hänsyn till reduktionsgrad och utvalda reduktionsmekanismer.
- Sammanfatta identifierade osäkerheter som påverkar riskbedömningen
- Förslag på vidare arbete och behov av en mer detaljerad riskbedömning

8.2 Modell

För att bedöma risker med de kemikalier som överstiger gränsvärden för dricksvatten (SLVFS 2001:30) och prioriterade ämnen (EU direktivet 2013/39/EU) har följande två scenarion ställts upp.

Scenario 1	Orenat avloppsvatten från samtliga enskilda avlopp i Lennheden når råvattentäkten orenat. Den enda reduktionsmekanismen är utspädning av hushållspillvatten i råvattentäkten. Andelen av avloppsvatten från enskilda avlopp i grundvattenflödet har enligt uppgifter från tidigare utredningar beräknats till i medel hundrasextio men endast hundra gånger utspädning tillämpas i beräkningen.
Scenario 2	Samtliga enskilda avlopp i Lennheden antas vara markbäddar eller infiltrationsbäddar. Läkemedel reduceras enligt utredningsresultat från Ejhed m.fl. (2012) och späds också ut i råvattentäkten. Andelen av avloppsvatten från enskilda avlopp i grundvattenflödet har enligt uppgifter från tidigare utredningar beräknats till i medel hundrasextio men endast hundra gånger utspädning tillämpas i beräkningen.

Resultatet från beräkningen i respektive scenario jämfördes med Livsmedelsverkets föreskrivet om dricksvatten SLVFS 2001:30, gränsvärden för prioriterade ämnen enligt EU-direktivet 2013/39/EU. För läkemedel har jämförelse skett med information om rekommenderad daglig dos hämtad från FASS eftersom gränsvärden för läkemedel saknas idag.

8.3 Osäkerheter och antaganden

Analysdata som ligger till grund för riskbedömningen är i vissa fall behäftade med stora mätosäkerheter, särskilt för vissa läkemedelsrester och kemikalier.

Analysdata härrör främst från två enskilda studier i Göteborg, Gryaab (2008) och Gryaab (2011) som är behäftad med mätosäkerhet och härrör från Göteborg där förhållandena kan vara skilda från förhållandena i Lennheden. Lokal variation av läkemedelskonsumtion och kemikalieanvändning kan förekomma. Inga mätningar har genomförts i Lennheden.

Reduktionsgraden av läkemedelsrester i markbädd som presenteras härrör från en enda undersökning Ejhed m.fl. (2012). Ingen liknande studie har hittats för jämförelse. Inga mätningar av reduktionsgrad har genomförts i Lennheden och variationer kan förekomma beroende på marktyp och flöden.

Det saknas analysdata för vissa kemikalier som tas upp i EU direktivet 2013/39/EU vilket gör att riskbedömning av dessa ämnen inte kunnat göras. Flera av dessa prioriterade ämnen tros samtidigt inte förekomma i hushållspillvatten.

En betydande osäkerhet är kunskapsläget som hela tiden förändras:

- Kunskap saknas särskilt om hur stora mängder tungmetaller som har ackumulerats i marken just kring Lennheden och hur stor sannolikheten är att dessa läcker ut i kritiska mängder.
- Forskningsresultat från långtidsexponering av låga halter läkemedelsrester och kemikalier har inte kunnat hittas och denna typ av försök benämns som svåra att genomföra i litteraturen.
- Forskning och reglering av haltgränsvärden som tar hänsyn till kombinationseffekter är fortfarande under utveckling och diskussion.
- Det finns ännu inga gränsvärden för läkemedelsrester.

8.4 Riskbedömning

Ett stort antal olika substanser av kemikalier, tungmetaller och läkemedelsrester har detekterats i analyser och i inventeringar av hushållspillvatten i litteraturen (Gryaab 2008),(Gryaab 2011),(Ejhed m.fl.2012), (Sohlman 2012), (Ljung 2003). Vid en jämförelse av uppmätta halter i orenat hushållspillvatten och haltgränsvärden för dricksvatten (SLVFS 2001:30) och prioriterade ämnen (EU direktivet 2013/39/EU) konstateras att de ämnen som analyserats och detekterats till övervägande del förekommer i halter under eller mycket under tillgängliga

gränsvärden. Endast ett fåtal ämnen som kan påvisas i orenat hushållspillvatten överstiger tillgängliga gränsvärden, dessa redovisas nedan.

Figur 7. Översikt av de ämnen som i orenat hushållspillvatten överskrider haltgränsvärden för dricksvatten eller prioriterade ämnen maxvärden för inlandsytvatten.

	Ämnen som i orenat hushållspillvatten överskrider SLVFS 2001:30 gränsvärden	Ämnen som i orenat hushållspillvatten överskrider EU direktiv 2013/39/EU g.v.
Kemikalier	Ammonium	Nonylfenol, Tributyltenn
Tungmetaller (och metaller)	Fe, Mg, (Al)	Kvicksilver ligger i närheten av gränsvärdet
Läkemedelsrester	Det krävs att en människa får i sig 10 – 100 liter orenat hushållspillvatten för att nå upp i en rekommenderad daglig dos ¹	

¹ Vanlig dygnsdos för vuxna enligt läkemedelsinformation tillgänglig via FASS

Efter beaktande av utspädningseffekt i grundvattentäkten är det bara ammonium som ligger inom samma tiopotens som haltgränsvärdet för dricksvatten vid antagande om 100 gångers utspädning. Utspädningseffekten kan samtidigt vara mer än tre gånger så stor vid maxflöde vilket skulle innebära att ammoniumhalten skulle understiga haltgränsvärdet med mycket god marginal i Lennhedens brunnsvatten.

För läkemedelsrester finns det än så länge inga fastställda haltgränsvärden för dricksvatten. Däremot kan konstateras att halterna redan i orenat hushållspillvatten är låga till mycket låga. Det krävs ett intag av 10 – 100 liter orenat hushållspillvatten för att få i sig en rekommenderad daglig dos. Om reduktionseffekten i markbädd/infiltrationsbädd samt utspädningseffekter också beaktas så skulle det krävas ett intag av tusentals liter dricksvatten per dag för att få i sig en rekommenderad daglig dos av läkemedelssubstans. Beaktar man vidare att det högst sannolikt sker en avskiljning av många av läkemedelssubstanserna i den omättade zonen och grundvattenmagasinet så är risken för akuta/direkta effekter av läkemedelsrester i uttaget brunnsvatten försumbar.

Från ovan förda resonemang dras slutsatsen att den akuta humantoxiska risken i närtid är liten eller försumbar för läkemedelsrester, kemikalier och tungmetaller. För att bekräfta resultatet av litteraturstudien om att inga humantoxiska halter är att vänta i råvattnet har en stickprovsanalys genomförts på brunnsvatten i Lennheden. Dessa visar att samtliga analyserade parametrar understiger gällande gränsvärden för otjänligt dricksvatten (SLVFS 2001:30) med minst en tiopotens.

De risker som identifierats och som inte kunnat avfärdas listas nedan.

- Ammonium ligger inom samma tiopotens som fastställt gränsvärde för tjänligt vatten med anmärkning (SLVFS 2001:30) även efter utspädning. Dock uppvisar provtagning i Lennhedens brunnsvatten idag inga förhöjda värden.

- Bioackumulerbara ämnen, främst tungmetaller, kan ansamlas i marken under lång tid och nå kritiska mängder. Vid ändrade markförhållanden så som kraftig försurning eller klimatförändringar finns det en viss risk att dessa ämnen blir mer rörliga och löser ut under kort tid. Dock uppvisar provtagning i Lennhedens brunnsvatten idag inga förhöjda värden vilket tyder på att ämnena med dagens förutsättningar inte påverkar brunnsvattnet negativt.
- Långtidsexponering av låga halter (under gränsvärden) av läkemedelsrester eller kemikalier.
- Kombinationseffekter, när flera ämnen blandas okontrollerat i miljön och uttagsbrunnarna i Lennheden.

Vissa ämnen (kemikalier, tungmetaller och läkemedel) har identifierats som potentiellt hämmande eller avdödande på mikroorganismer som i sin tur kan ha en negativt påverka på reduktionseffekten av t.ex. patogena. Detta behandlas implicit i riskbedömningen som omfattar patogener och har inte vidare värderats här.

Några ämnen som klassas som bioackumulerbara utgör en särskild risk eftersom de ansamlas i marken och därmed kan utgöra en latentrisk när markförhållandena ändras och ämnena eventuellt kommer i rörelse. Det finns samtidigt anledning att anta att det sker en nedbrytning, både biologiskt som kemiskt (halveringstid), med tiden speciellt med avseende på läkemedel. Hur snabb denna är i förhållande till vad som ackumulerats i marken samt risken för att ämnen läcker uti sådan betydande omfattning att det innebär risk för hälsan hos människor och annat levande är påverkas av många parametrar och har inte vidare kunnat studeras här. Denna typ av frågeställningar är idag föremål för forskning.

Det konstateras finnas en brist på kunskap om vissa kemikaliers och läkemedelsresters egenskaper i mark och kunskap om tungmetallers mobilitet vid ändrade förutsättningar i miljön samt bristen på kunskap om läkemedelsresters inverkan på människor efter långtids exponering. Det är därför klokt att vara försiktig i hanteringen av hushållspillvatten. Risken för framtida problem med ackumulerade ämnen i marken under enskilda avlopp bedöms som hög men inte akut tills mer kunskap och markanalyser från Lennheden finns tillgänglig.

8.5 Förslag till riskhantering

I det korta tidsspännat är bedömningen att risken är låg för akut förgiftning och ingen omedelbar åtgärd krävs avseende anslutning till kommunalt ledningsnät eller vattenverket.

Däremot bedöms risken för framtida problem med avseende på ackumuleringen i mark som signifikant pga. kunskapsbrist och svårigheter att kvantifiera risken. Det är således starkt rekommenderat att de enskilda avloppen i ett område av 100 dagars uppehållstid omedelbart ansluts till det kommunala avloppsnätet. Det

innebär att huvuddelen av källorna till ackumulering av kemikalier och läkemedelsrester elimineras. Det finns naturligtvis ingen garanti att det som redan ackumulerat inte läcker ut i framtiden vid förändrade miljövillkor. Därför kan vara klokt att enskilda avlopp undersöka med avseende på detta scenario med syfte att värdera problemet och identifiera åtgärder.

Det är också rekommenderat att saneringen efter hand omfattar 12 månaders uppehållstid med tanke på kunskapsbristen inom området.

Med tanke på omfattningen av enskilda avlopp i Lenneheden och för att ha kontroll på förändringar som kräver åtgärder i t.ex. vattenverket är det därför rekommenderat att provtagning för vattenkvalitet genomförs regelbundet för väl valda ämnesanalyser. Det kan exempelvis bli aktuellt att oftare tillämpa utvidgad analys i brunnsvattnet och att personalen utbildas i att analysera resultatet med avseende på riskerna från de enskilda avloppen. Det är också rekommenderat att tester med avseende på läkemedelsrester görs emellanåt i brunnsvattnet.

Kunskapsläget inom det här området utvecklas snabbt och forskningen gör framsteg hela tiden med nya riktlinjer och uppdaterade haltgränsvärden som följd, vilket kan påverka denna riskbedömning och förespråka ny förhållning till problematiken.

9. Riskbedömning inducerad infiltration

Följande kapitel är en sammanfattning av resultatet från bedömningen som redovisas i PM - Bedömning av mikrobiologisk risk vid inducerad infiltration. För mer detaljer om arbetet hänvisas läsaren till Bilaga C.

9.1 Metod

För ändamålet har en numerisk modell utvecklats som beräknar koncentrationen av sjukdomsalstrande mikroorganismer (patogener) från Dalälven och Långsjön efter passage via grundvattenmagasinet till uttagsbrunnarna i Lennheden. Kvantitativa värden för avskiljning och avdödning grundar sig på rapporterade resultat i litteraturen.

Fokus ligger i huvudsak på möjligheten att avskilja patogena mikroorganismer snarare än på avskiljning av indikatororganismer. Anledningen är att korrelation mellan indikatororganism och patogen ibland är dålig. Det betyder att även om E.coli inte detekteras kan det fortfarande finnas patogena bakterier, virus eller parasiter i vattnet. Att korrelation inte är helt pålitlig beror på att det finns skillnader i storlek på organismerna och deras överlevnad i miljöer utanför kroppen.

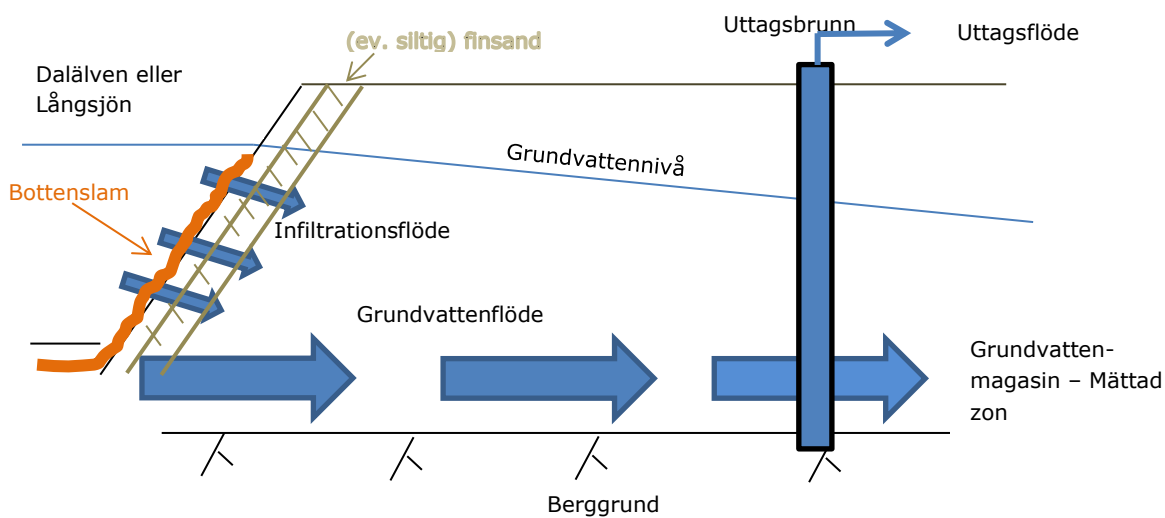
Halter av kemikalier och läkemedelsrester grundar sig på analysresultat som redovisat i Bilaga C. Kemikalier har i stickprovskontroller analyserats i Dalälven och uttagsbrunn 10 i Lennheden medan halter av läkemedelsrester grundar sig på analyser från hushållspillvatten i Göteborg (Gryaab 2011) och ytvatten i Stockholm (Wahlberg 2009). De två senare redovisas ursprungligen i Bilaga B.

Notera att riskbedömningen fokuserar på risken för kontaminering av oönskade ämnen i uttagsbrunnarna i Lennheden, alltså inte kontaminering av levererat dricksvatten. En vidare analys av behovet av barriärer i vattenverket görs i jämförelseanalysen sist i denna rapport. Riskbedömningen av inducerad infiltration utgör ett underlagsmaterial för jämförelseanalysen. Denna kommer sedan tjäna som ett beslutsunderlag för en eventuell utbyggnad av det kommunala avloppsnätet och införandet av ytterligare processteg i vattenverket.

9.2 Konceptuell modell

Den konceptuella modellen (*Figur 8*) bygger på att älvvatten från Dalälven infiltrerar i botten och på sidorna av älven vid pumpning i uttagsområdet och att ytvatten från Långsjön infiltrerar via sjökanter. Initial infiltration sker i avlagrad bottenslam på älvbotten, därefter i lager av finare fraktioner såsom finsand (eventuellt silt) och mellansand. Dessa lager motsvarar det material som kan återfinnas i en infiltrationsbassäng (långsamfiltersand) och bedöms ha en hög avskiljningsförmåga. Infiltration av ytvatten från Långsjön beräknas också på liknande sätt i modellen.

Därefter transporteras vattnet i den naturliga marken i mättad zon (grundvattenmagasinet) till brunnarna. I grundvattenmagasinet sker transporten horisontellt till brunnen där vattnet pumpas upp i uttagsbrunnarna för vidare behandling i vattenverket. Materialet i grundvattenmagasinet antas bestå av grövre material t.ex. sten och grus med inslag av block, vilket är att betrakta som högpermeabelt (hög hydraulisk genomsläpplighet) material och sämre ur avskiljningssynpunkt än finsanden vid den initiala infiltrationen.



Figur 8 Konceptuell modell över systemet som utgör bas för den numeriska modellen.

9.3 Osäkerheter och antaganden

Det finns inga mätningar av patogener i Dalälven och Långsjön och det finns mycket begränsad information om halter i svenska ytvatten. Antagande om halter grundar sig på enstaka undersökningar i Sverige samt indikatororganismer och utländska studier. Det är således klokt att om möjligt följa upp med bekräftande undersökningar av halter i Dalälven och Långsjön.

För parasiter har svenska förhållanden antagits även om utländska studier pekar på högre halter. Detta motiveras med att det är troligt att ytvatten i Sverige har en bättre status än utomlands, speciellt jämfört med Europa.

Utspädningsgraden är osäker då induktionen antas vara diffus över en längre sträcka. Den kan således vara både högre och lägre än vad som ansats här.

Information om reduktion i mark och grundvatten grundar sig på studier utomlands och även om det rör sig om försök under skiftande förhållanden och temperaturer kvarstår fortfarande osäkerheter om dessa förutsättningar är representativa för Lennheden.

9.4 Riskbedömning

Utifrån resultatet görs följande bedömningar baserat på de genomförda teoretiska modellberäkningarna och de osäkerheter som identifierats.

Parasiter: Avståndet till Långsjön bedöms inte vara tillräckligt stort för att avskilja patogena parasiter vid höga halter i ytvattnet. Dock borde sannolikheten för att höga halter uppstår i Långsjön vara låg då sjön bedöms vara lågt belastad av avloppsvatten. Vidare finns undersökningar som pekar på att det finns lutande siltlager mellan Långsjön och grundvattenmagasinet som ytterligare förstärker barriären mot patogener. Dalälven uppvisar halter av indikatororganismer som tyder på avloppsvattenbelastning, vilket kan innebära att det föreligger en sannolikhet för att höga halter kan uppstå. Samtidigt tyder resultatet från beräkningarna på att avståndet sannolikt är tillräckligt för säker avskiljning av parasiter. Risken för problem med parasiter från Dalälven och Långsjön bedöms således som låg.

Virus: Avståndet till Dalälven eller Långsjön är inte tillräckligt stort för att avskilja patogena virus vid höga halter i ytvattnet. Dock borde sannolikheten för att höga halter uppstår i Långsjön vara låg då sjön bedöms vara lågt belastad med avloppsvatten. Vidare finns undersökningar som pekar på att det finns lutande siltlager mellan Långsjön och grundvattenmagasinet som ytterligare förstärker barriären mot patogener. Dalälven uppvisar halter av indikatororganismer som tyder på avloppsvattenbelastning, vilket kan innebära att sannolikheten är högre för att höga halter kan uppstå. Således bedöms risken för genombrott av virus från Dalälven vara signifikant men låg för Långsjön.

Bakterier: Avståndet till Dalälven bör vara tillräcklig för att avskilja patogena bakterier medan det däremot finns en risk för genombrott om det skulle uppstå höga halter i Långsjön. Dock bedöms sannolikheten låg för att höga halter av bakterier uppstår i Långsjön eftersom belastningen av avloppsvatten är låg. Vidare finns undersökningar som pekar på att det finns lutande siltlager mellan Långsjön och grundvattenmagasinet som ytterligare förstärker barriären mot patogener. Risken för problem med bakterier från Dalälven och Långsjön bedöms således som låg.

Sammanfattningsvis konstateras att:

- Brist på tillräckligt kvantifierbar data och information gör att det är högst tillrådligt att tillämpa försiktighetsprincipen i det vidare arbetet med Lennheden. Detta gäller både infiltrationens funktion och effektivitet i just Lennheden men även okunskap om förekomst och sannolikhet för incidens för höga koncentrationer av patogener i Långsjön och Dalälven.
- Det finns idag en signifikant risk för genombrott i Lennhedens uttagsområde av patogena mikroorganismer från inducerad infiltration med avseende på virus.

- Eftersom det råder osäkerhet kring de olika faktorerna som påverkar avskiljningseffektivitet, utspädning och patogeners förekomst i Långsjön och Dalälven bör risk för genombrott i Lennhedens brunnsvatten sättas som signifikant under aktuella förutsättningar.
- Risken för framtida miljöproblem pga. ackumulering av patogener i marklagrena bedöms som låg mot bakgrunden att patogener efter hand dör av.

Notera att riskbedömningen gjorts av det uttagna brunnsvattnet i Lennheden och inte av levererat dricksvatten.

Kemikalier: Halter av kemikalier i Dalälven har uppmätts till låga halter och bedöms inte utgöra en risk vid den påtvingade infiltrationen. Risken för framtida miljöproblem pga. ackumulering av kemikalier i marklagrena bedöms som låg mot bakgrund av att halter i Dalälven och Långsjön är låga; de har uppmätts till långt under dricksvattenföreskrifternas gränsvärden. Provtagning i brunn 10 i Lennhedens brunnsområde har inte heller påvisat kemikalier.

Läkemedelsrester: Halter av läkemedelsrester i Dalälven har uppskattats till att vara mycket låga och bedöms inte utgöra en risk vid den påtvingade infiltrationen. Risken för framtida miljöproblem pga. ackumulering av läkemedelsrester i marklagrena bedöms som låg mot bakgrund av att halter i Dalälven och Långsjön sannolikt är mycket låga och att de flesta läkemedel är vattenlösliga.

9.5 Förslag till riskhantering

Mot bakgrunden av denna studie är bedömningen att det finns risk för genombrott av kritiska koncentrationer av patogener i uttagsbrunnar i Lennheden orsakad av inducerad infiltration av vatten från Dalälven.

Trots att uttaget vatten i Lennheden idag inte uppvisar något mikrobiologisk påverkan⁶ är det ändå starkt rekommenderat att omedelbart säkra att all brunnsvatten som distribueras alltid genomgått UV-behandling med korrekta förutsättningar⁷ och en dos som klarar virus och parasiter. Det är också starkt rekommenderat att genomföra en HACCP för systemet för att säkra att funktionen alltid upprätthålls. För att säkra redundansen i den mikrobiologiska barriären finner vi att det är rekommenderat att även Lennhedens vattenverk förses med UV⁸.

⁶ < 1 ant/100 ml av E.coli eller koliforma bakterier.

⁷ T.ex. med avseende på partiklar i råvatten, drift, alarm, kontroll, underhåll, etc. som definieras av rådande och praktiserade standards och leverantörens driftinstruktioner

⁸ Vid beaktan av hantering av risk för funktionsbortfall i systemet finner vi att det är fördelaktigt att även installera UV i Lennheden. Förutom att det ger en

Ytterligare åtgärder är att följa kvalitetsförändringar i älven för att kunna sätta in åtgärder i tid och att utföra är uppströmsarbete för att förhindra/reducera utsläpp i Dalälven av t.ex. dagvatten, bräddningar från pumpstationer och avlopp från både enskilda och kommunala anläggningar.

Det är starkt rekommenderat att Långsjön inte belastas av eventuella utsläpp t.ex. från enskilda avlopp.

Med avseende på kemikalier och läkemedelsrester finner vi idag ingen anledning till ytterligare åtgärd i vattenverket med avseende på den påtvingade inducerade infiltrationen. Däremot är det rekommenderat att snarast upprätta ett välfungerande skyddsområde med föreskrifter för att förhindra att incidenter sker där kemikalier oavsiktligt hamnar i Dalälven och Långsjön. Detta kan vara trafikolyckor på broar och vägar i närheten av älven och sjön, båtolyckor, kollaps av förvaringsvolymmer nära vattendragen etc.

Notera att riskbedömningen för kemikalier är baserad på begränsad provtagning och för vissa parametrar har endast ett prov tagits. Därför är det klokt att följa upp med flera prover under en längre period för att bekräfta bedömningen.

Riskbedömningen av läkemedelsrester är gjord utifrån begränsad information och ingen provtagning har genomförts i Dalälven eller Långsjön. Även om det sannolikt är låga halter i Dalälven och Långsjön, och dessa halter ligger långt under daglig dos enligt FASS, vet vi idag för lite om läkemedelsrester och dess långtidspåverkan. Det kan således vara klokt att vid tillfälle genomföra en undersökning i Dalälven för att bekräfta att halterna är i paritet med i denna studie jämförda referenser. Det är också viktigt att följa hur kunskapsläget utvecklas och om eventuella gränsvärden för läkemedel införs.

dubbelbehandling med UV som en förstärkt mikrobiologisk barriär i Lennhedens speciella situation med inducerad infiltration, ger den redundans för Borlänge och Falun i det fall UV-behandlingen i Tjärna slås ut helt.

10. Jämförelseanalys

Jämförelsen har genomförts i matrisform med avseende relevanta frågeställningar som Ramböll identifierat under utredningen, bl.a. i dialog med Borlänge Energi AB, som t.ex. mikrobiologisk barriär, hållbarhet, kemikalier och läkemedelsrester och kvarvarande risker.

Tjärna vattenverk har idag en mikrobiologisk barriär i form av UV-behandling som behandlar vattnet från bägge vattenverk. Med tanke på Lennhedens speciella situation med enskilda avlopp lokaliserade på grundvattentäkten i närheten av uttagsområdet för råvatten och brunnsområdets nära lokalisering intill Dalälven och Långsjön (50-100 m) finner vi det nödvändigt att starkt rekommendera att omedelbart förstärka den existerande mikrobiologiska barriären utöver utbyggnad av verksamhetsområdet.

Samtliga förslag på utbyggnadsalternativ har därför kompletterats med ett a och b alternativ där b alternativet innebär att mikrobiologisk barriär (t.ex. UV) installeras i Lennhedens vattenverk. Alternativen redovisas nedan:

0-alternativet: Ingen åtgärd (dagens situation)

0b: Mikrobiologisk barriär installeras i Lennhedens VV

Aa: Enskilda avlopp byggs bort i ett område med en uppehållstid <100 dagar

Ab: Enskilda avlopp byggs bort i ett område med en uppehållstid <100 d och en mikrobiologisk barriär installeras i Lennhedens VV

Ba: Enskilda avlopp byggs bort i ett område med en uppehållstid <12 månader

Bb: Enskilda avlopp byggs bort i ett område med en uppehållstid <12 månader och en mikrobiologisk barriär installeras i Lennhedens VV

C: Enskilda avlopp byggs bort i ett område med en uppehållstid <18 månader

Utifrån riskbedömningarna har en klassificering av alternativen genomförts med avseende på frågeställningar som belyser ursprungsriskerna. Nedan redovisas den värderingsnyckel som använts vid analysen av om riskerna är hanterade eller inte.

Figur 9 Värderingsnyckel

Värderingsnyckel	Motsvarande respons
Akut risk	Måste åtgärdas omedelbart - t.ex. kokrekommendation
Hög risk klass 1	Måste åtgärdas så fort det är praktiskt möjligt
Hög risk klass 2	Måste åtgärdas så fort det är praktiskt möjligt
Mellanrisk	Ska åtgärdas
Låg risk	Kräver ingen åtgärd

Resultatet (Figur 10) visar att alternativ Bb hanterar bäst alla identifierade risker. Alternativ C täcker inte in behovet av reduktion av risker med avseende på inducerad infiltration. Alternativ Bb kan delas upp i tiden med alternativ 0b och Ab, vilket betyder att omedelbar säkring av mikrobiologisk barriär i vattenverket med en pragmatisk men systematisk utbyggnad av VA-nätet i ett område med en uppehållstid < 12 månader.

Jämförelseanalysen redovisas i sin helhet i Bilaga E. Resultterande värdering uttryckt som färgkarta redovisas i tabellen nedan.

Figur 10 Resulterande färgkarta vid sammanvägd riskbedömning

Alternativ	0	0b	Aa	Ab	Ba	Bb	C
Enskilda avlopp - Mikrobiologisk risk							
Vad är risken för negativ mikrobiologisk påverkan på Lennhedens brunnsvatten?	Red	Red	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Green
Vad är risken för negativ mikrobiologisk påverkan på Lennhedens behandlade vatten (efter vattenverket)?	Red	Yellow	Orange	Green	Yellow	Green	Green
Vad är risken för negativ mikrobiologisk påverkan på Borlänge Energis levererade dricksvatten till Borlänge och Falun?	Orange	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green
Vad är risken för att ackumulerade patogener i marken påverkar miljön på ett sådant sätt att det försvårar grundvattnets användbarhet i framtiden	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Enskilda avlopp - Risk av Kemikalier och Läkemedelsrester							
Vad är risken för akut negativ påverkan av kemikalier (inkl. kväve) och/eller läkemedelsrester i närtid på Lennhedens brunnsvatten?	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Vad är risken för att brunnsvattnet påverkas av låga halter läkemedelsrester kontinuerligt under en lång tid (mot bakgrunden av att det idag råder brister i kunskapen om eventuell negativ påverkan på människor)?	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
Vad är risken för att kemikalier och/eller läkemedelsrester i marken påverkar miljön på ett sådant sätt att det försvårar grundvattnets användbarhet i framtiden	Red	Red	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow
Vad är risken för att eventuellt kemikalier i marken påverkar miljön på ett sådant sätt att det försvårar grundvattnets användbarhet i framtiden om marken + markbädden säkras eller saneras.	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
Inducerad infiltration							
Vad är risken för negativ mikrobiologisk påverkan på Lennhedens brunnsvatten?	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Vad är risken för negativ mikrobiologisk påverkan på Lennhedens behandlade vatten?	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red
Vad är risken för negativ mikrobiologisk påverkan på Borlänge Energis levererade dricksvatten till Borlänge och Falun?	Orange	Green	Orange	Green	Orange	Green	Orange
Vad är risken för att ackumulerade patogener i marken eventuellt påverkar miljön på ett sådant sätt att det försvårar användbarheten i framtiden	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Vad är risken för negativ påverkan av kemikalier och/eller läkemedelsrester på Lennhedens brunnsvatten?	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Vad är risken för att kemikalier och/eller läkemedelsrester i marken påverkar miljön på sådant sätt att det försvårar grundvattnets användbarhet i framtiden	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green

11. Sammanfattande riskbedömning och diskussion

Resultatet av den samlade riskbedömningen pekar på att det föreligger en signifikant risk för negativ mikrobiologisk påverkan i Lennhedens brunnar för ett scenario då delar av Lennhedens befolkning är sjuk eller smittbärare av samma sjukdom. Denna risk föreligger också vid inducerad infiltration höga halter av patogener uppkommer i Dalälven. Det medför att det är starkt rekommenderat att säkra att all vatten som utvinns från Lennheden alltid behandlas i en mikrobiologisk barriär innan leverans.

Däremot bedöms risken för långtidsverkande problem med ackumulering av patogener i marken som låg med tanke på att patogener dör av med tiden.

Det föreligger en risk för att kemikalier och läkemedelsrester ackumulerar i marken under de enskilda avloppsanläggningarna och att de kan läcka ut i en framtid om t.ex. klimatet förändras. Hur stor denna risk är går inte att kvantifiera. Risken får en hög klassning pga. bristen på information.

Däremot bedöms risken för akut negativ påverkan av människors hälsa som låg, vilket baseras på de låga halter av kemikalier och läkemedelsrester i hushållspillvatten som rapporteras i litteraturen. Samma värdering görs med avseende på inducerad infiltration eftersom de troliga halterna i Dalälven och Långsjön är mycket låga. Likaså är ackumuleringsrisken i ås och grundvattenmagasinet låg vid inducerad infiltration eftersom halterna i ytvattnet troligtvis är så pass låga.

Rekommendationen blir således att omedelbart redundans- och funktionssäkra den existerande mikrobiologiska barriären (UV) för det gemensamma vattnet i Tjärna vattenverk. Det är vidare också rekommenderat att en mikrobiologisk barriär som klarar parasiter och virus installeras i Lennhedens vattenverk som ett komplement till befintlig UV-behandlingen i Tjärna vattenverk, vilket förstärker systemets totala barriärverkan genom att säkra att dricksvatten som levereras från Lennheden och Tjärna alltid passerat en mikrobiologisk barriär. De bägge barriärerna utgör även en dubbel mikrobiologisk barriär för Lennheden med dess specifika riskbild relaterad till de enskilda avloppen.

Det är vidare rekommenderat att enskilda avlopp inom ett område med en uppehållstid mindre än 12 månader ansluts till det kommunala avloppsnätet. Detta kan göras i två etapper. Första etappen ska genomföras så fort det är praktiskt möjligt och innefatta ett område om 100 dagars uppehållstid. Tillsammans med åtgärden att installera en mikrobiologisk barriär i Lennhedens vattenverk reducerar risken för genombrott av patogener till låg.

Därefter genomförs en kontinuerlig utbyggnad av ett område omfattande en uppehållstid om 12 månader under en rimlig tidsperiod. Åtgärden eliminerar i

princip risken för patogent genombrott från enskilda avlopp och samtidigt reducerar risken för problem med ackumulerade kemikalier i framtiden.

Redan ackumulerade kemikalier kan utgöra en kvarvarande risk i Lennheden. Huruvida ackumulerade kemikalier är en verklig risk och åtgärden är nödvändig kan inte avgöras eftersom markanalyser och kunskap saknas. Provtagning av utvalda markområden vid enskilda avlopp bör ligga till grund för beslut om de gamla avloppsanläggningarna behöver säkras eller saneras, t.ex. genom att en del av marken grävs ut och forslas bort.

Utifrån förda diskussion utgör alternativ Bb det bästa. Dock kan det delas upp i alternativ Ob, Ab och Bb med tanke på att risken för eventuella framtida problem med ackumulering av kemikalier troligen inte gör sig gällande i en nära framtid.

12. Rekommenderade åtgärder

Mot bakgrunden av genomförda sammanvägda riskbedömning rekommenderar Ramböll följande åtgärder med avseende på utbyggnad av verksamhetsområde:

- Omedelbar installation av UV-behandling i Lennheden
- Utför HACCP-analys på UV-funktionen för teknisk redundans
- Utbyggnad av det kommunala avlopps nätet inom området med 100 dagars uppehållstid så snabbt som det är praktiskt möjligt, förslagsvis inom 3 år.
- Fortsatt utbyggnad av det kommunala avlopps nätet inom området med 12 månaders uppehållstid inom rimlig tid, förslagsvis inom 10-15 år.
- Vid utbyggnad av ledningsnätet ska ledningar byggas så täta som möjligt och ledas bort från Lennhedens brunnsområde för att reducera risker med läckage från avloppsledningar.

Upphållstiden definierar de områden som byggs ut (se Figur 5). Det är rekommenderat att en fördjupad hydrogeologisk analys görs med avseende på uppehållstider så att en detaljerad områdesindelning kan göras. Vidare föreslår vi att följande görs för att reducera risker med avseende på framtida problem med kontaminering:

- Utredda behovet av att sanera eller säkra ackumulerade substanser i marken under bortkopplade enskilda avlopp.
- Vid behov sanera eller säkra bortkopplade enskilda avlopp så att de inte bidrar till att öka kontamineringen av grundvattentäkten.
- Övervaka kväveföreningar i brunnsvattnet för att tidigt kunna sätta in åtgärder vid behov.
- Ta fram ett anpassat program för Lennhedens brunnsvatten, Dalälven och Långsjön för utvidgad mikrobiologisk provtagning för att övervaka förekomst och trender.
- Ta fram ett anpassat program för Lennhedens brunnsvatten, Dalälven och Långsjön för utvidgad kemisk provtagning för att övervaka förekomst och trender.
- Mäta på årsbasis läkemedelsrester i brunnsvatten och Dalälven för övervakning av förekomst och trender.
- Fortsatt kunskapsbevakning gällande läkemedelsrester och kemikalier samt ändringar gällande gränsvärden och analysförfaranden.
- Upprätta vattenskyddsområde inte bara för grundvatten men även för ytvatten för att reducera risker med inducerad infiltration
- Fortsätt med aktivt uppströms arbete i Dalälven för att reducera risker för kontaminering av ytvatten från t.ex. dagvatten, kommunalt och industriellt avlopp, olyckor och djur, som i sin tur kan utgöra risk vid inducerad infiltration.
- Förbjud avloppsutsläpp i Långsjön och anläggningsarbeten som kan riskera att penetrera de lutande siltlagrena vid Långsjön.