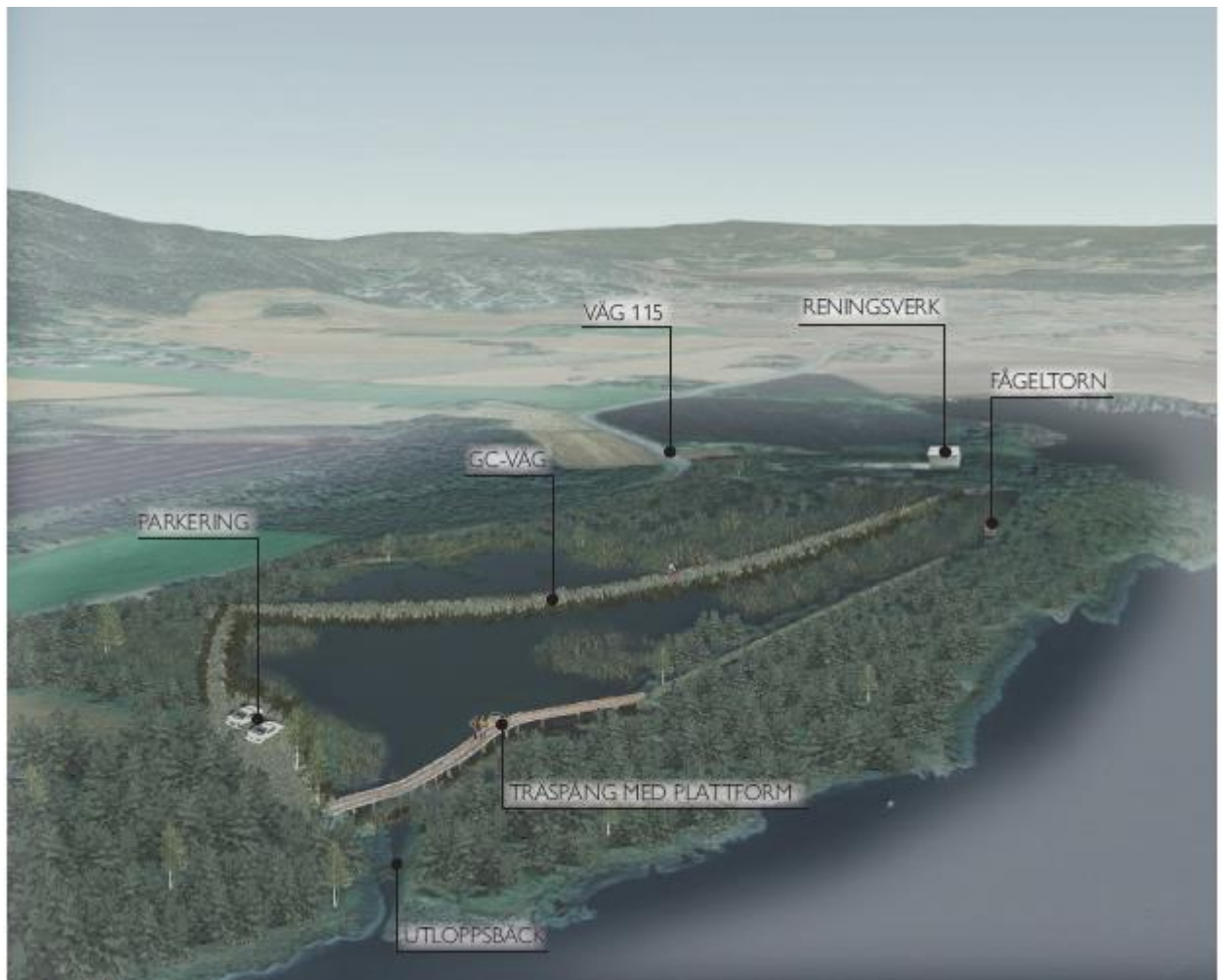




Förstudie Bjørkelangen spillvattenvåtmark

Haldenvassdraget vannområde

2025-04-09

TITEL	Förstudie Bjørkelangen spillvattenvåtmark
RAPPORTNUMMER	2130 A
BESTÄLLARE	Haldenvassdraget vannområde
UPPDRAGSANSVARIG	Ebba af Petersens
FÖRFATTARE	Peter Ridderstolpe, Adam Engström Svanberg, Ebba af Petersens
GRANSKNING	Jonas Andersson
UTGÅVA/STATUS	Version 1
DATUM	2025-04-09
OMSLAGSBILD	Astrid Berglund, WRS

Sammanfattning

Förstudien av Bjørkelangens spillvattenvåtmark syftar till att undersöka möjligheterna att anlägga en våtmark för rening av spillvatten från Bjørkelangens reningsverk. Området söder om reningsverket, som består av ung blandskog och angränsar till sjön Bjørkelangen, har identifierats som lämpligt för detta ändamål. Våtmarken förväntas bidra till ökad kväverening, biologisk mångfald och rekreativt värde.

Två alternativa lösningar har föreslagits: en "High Tech våtmark" där större del av kvävereningen sker i våtmarken och en "Low Tech våtmark" som förutsätter att reningsverket byggs ut med högre kväverening och som betonar enkelhet, gestaltning och biologisk mångfald. Båda alternativen innebär att vatten från reningsverket pumpas till våtmarken, där det behandlas genom naturliga processer innan det släpps ut i sjön. Förstudien visar att våtmarken kan byggas isolerad från omgivande vatten tack vare områdets topografi och markens uppbyggnad av lera. De föreslagna våtmarkerna kommer att bidra till en stabil och hög rening av föroreningar, inklusive läkemedel och mikroföroreningar, samt skapa attraktiva miljöer för både djur och människor. Bevattningsavskog med avloppsvatten har också undersökts som ett alternativ, men bedöms ha en marginell effekt på den totala reningen.

Slutsatsen är att våtmarken kan bli en kostnadseffektiv och miljömässigt fördelaktig lösning för att förbättra reningsverkets kapacitet och minska utsläppen till sjön Bjørkelangen.

Innehåll

1	Inledning.....	5
1.1	Syfte.....	5
2	Planeringsförutsättningar	6
2.1	Nuvarande markanvändning	6
2.2	Topografi.....	7
2.3	Geologi	8
2.4	Bjørkelangens reningsverk.....	9
2.5	Dimensioneringsgrunder.....	10
2.6	Viktiga aspekter vid planering av våtmark Bjørkelangen	12
3	Föreslagna lösningar.....	12
3.1	Våtmarkernas processidé och principer för utformning	13
3.2	Alternativ 1: "High Tech våtmark"	14
3.2.1	Teknisk utformning.....	15
3.2.2	Utsläppspunkt och egenkontroll.....	17
3.2.3	Drift, skötsel och underhåll.....	17
3.2.4	Reningseffekter	17
3.2.5	Mervärden	18
3.3	Alternativ 2 "Low Tech-våtmark"	18
3.3.1	Teknisk utformning.....	19
3.3.2	Utsläppspunkt och egenkontroll.....	21
3.3.3	Drift, skötsel och underhåll.....	21
3.3.4	Reningseffekter	21
3.3.5	Mervärden	23
3.4	Hygienzonering	23
3.5	Reduktion av mikroföroreningar och metaller	24
3.6	Alternativ 3 Bevattning.....	27
4	Slutsatser och rekommendationer	28
5	Referenser.....	30

Bilagor

Bilaga 1. Alternativ 1 Kompletterande våtmark, alt "high tech"

Bilaga 2. Alternativ 2 Kompletterande våtmark, "low tech"

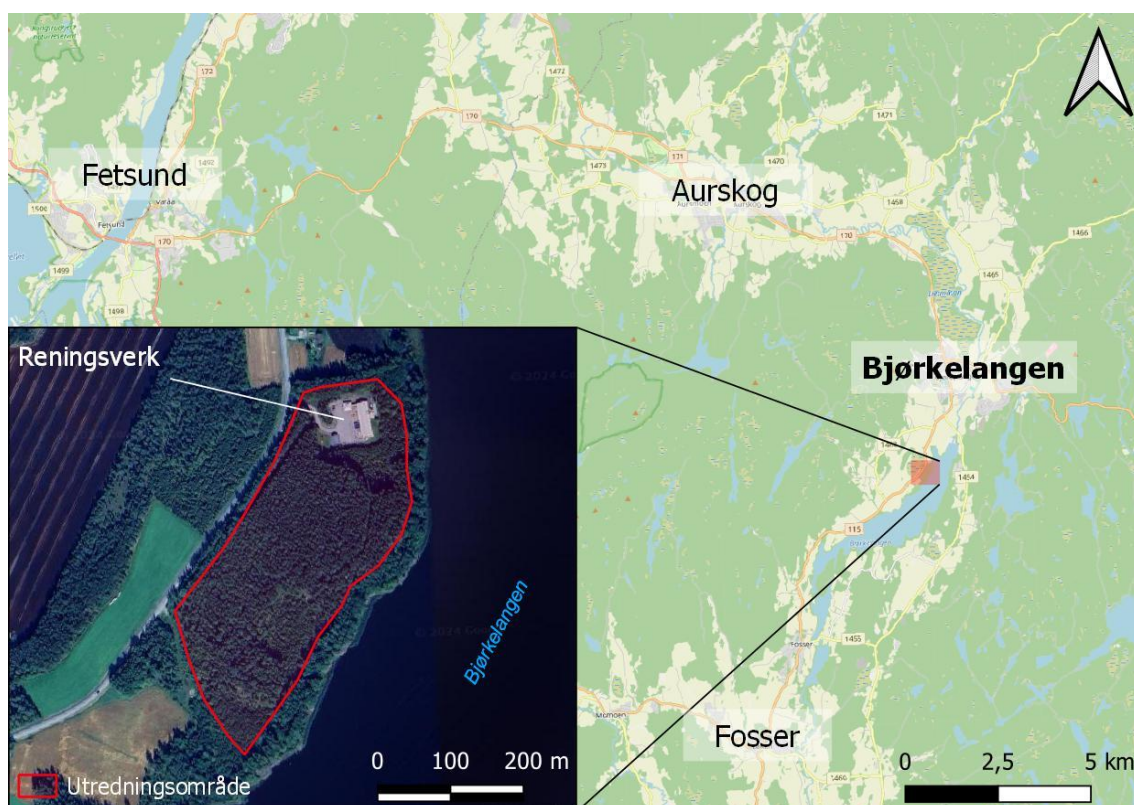
Bilaga 3. Alternativ 3 Bevattning sommartid

Bilaga 4. Trosa kretsloppsverk idéskiss

Bilaga 5. Bjørkelangen spillvattenvåtmark gestaltungsförslag

1 Inledning

Det befintliga avloppsreningsverket (renseanlegget) i samhället Bjørkelangen ska på sikt byggas ut för att klara av en ökad belastning. Söder om reningsverket ligger ett område med ung blandskog som angränsar till reningsverkets recipient, sjön Bjørkelangen (Figur 1). Aurskog-Høglund kommun tillsammans med Haldenvassdraget vannområde vill i samband med utbyggnaden utreda förutsättningarna för att inom detta område anlägga en spillvattenvåtmark. Våtmarken ska framförallt bidra till ökad kväverening (nitrogenfjerning), biologisk mångfald och rekreativ värde. WRS har fått i uppdrag att ta fram principiella förslag på hur en spillvattenvåtmark i området skulle kunna anläggas och fungera tillsammans med det uppgraderade reningsverket.



Figur 1. Utredningsområdet söder om Bjørkelangens reningsverk. Gränserna för utredningsområdet är ungefärliga.

Bakgrundkartor: Google Satellite (2024), OpenStreetView (2024).

1.1 Syfte

Syftet med förstudien är att få kunskap om förutsättningar för anläggandet av en spillvattenvåtmark söder om reningsverket samt att presentera en välfungerande våtmarkslösning som är praktiskt och tekniskt genomförbar.

Förstudien skall i första hand visa hur en våtmark kan bidra till att minska reningsverkets utsläpp av näringsämnen och mikroföroreningar till recipienten Bjørkelangen.

Samtidigt skall förstudien visa hur våtmarksområdet kan bidra till att skapa miljöer för rekreation och biologisk mångfald i den blandskog som idag växer söder om reningsverket. Under arbetets gång har det framkommit idéer om att skapa ett så kallat ”resursverk”, vilket innebär att nyttiggöra av avloppsvattnets resurser för produktiva ändamål. Förutom att studera

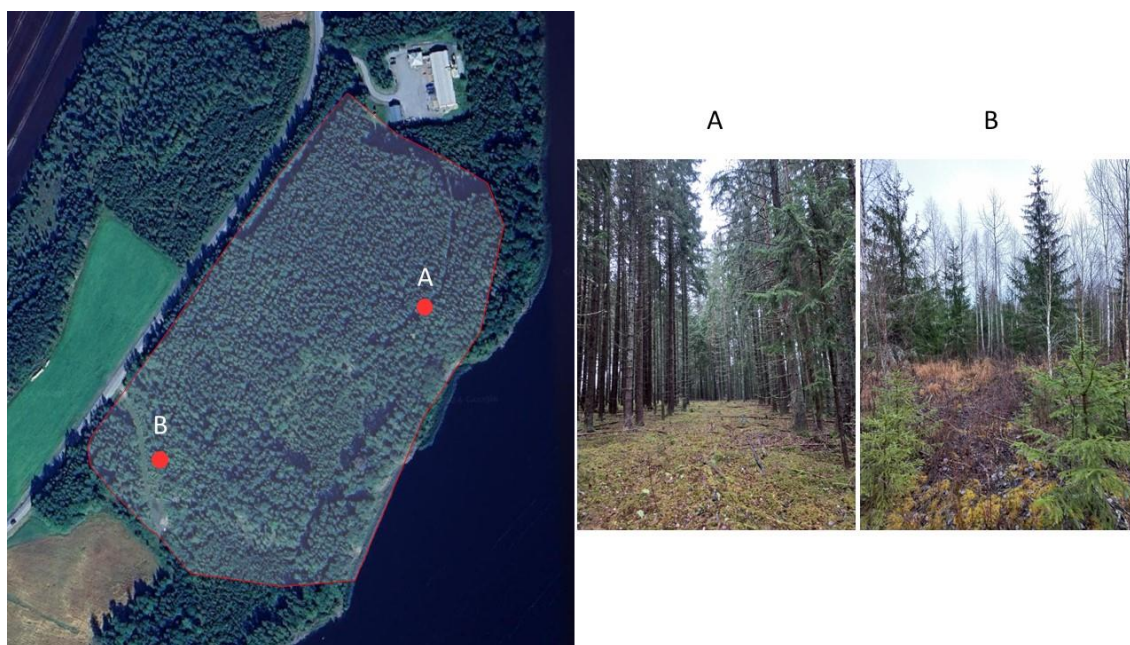
våtmarksalternativ bestämdes också att man i förstudien skulle visa möjligheter att nyttiggöra avloppsvatten genom bevattning av skog.

I uppdraget har inte ingått att ta fram en kostnadsuppskattning för investeringar och drift. Utgångspunkten har dock varit att minimera sådana kostnader i syfte att erhålla en så kostnadseffektiv processlösning som möjligt.

2 Planeringsförutsättningar

2.1 Nuvarande markanvändning

Det tilltänkta området för spillvattenvåtmarken ägs av den markägare som också äger marken där reningsverket ligger, som arrenderas av kommunen. Markägaren bor på grannfastigheten i sydväst och ser gärna att blandskogen bevaras i den mån det är möjligt. Skogen på platsen är av varierande ålder. I norr återfinns äldre granskog medan de södra delarna till största delen utgörs av ung och tät blandskog. Marken är i övrigt obebyggd.

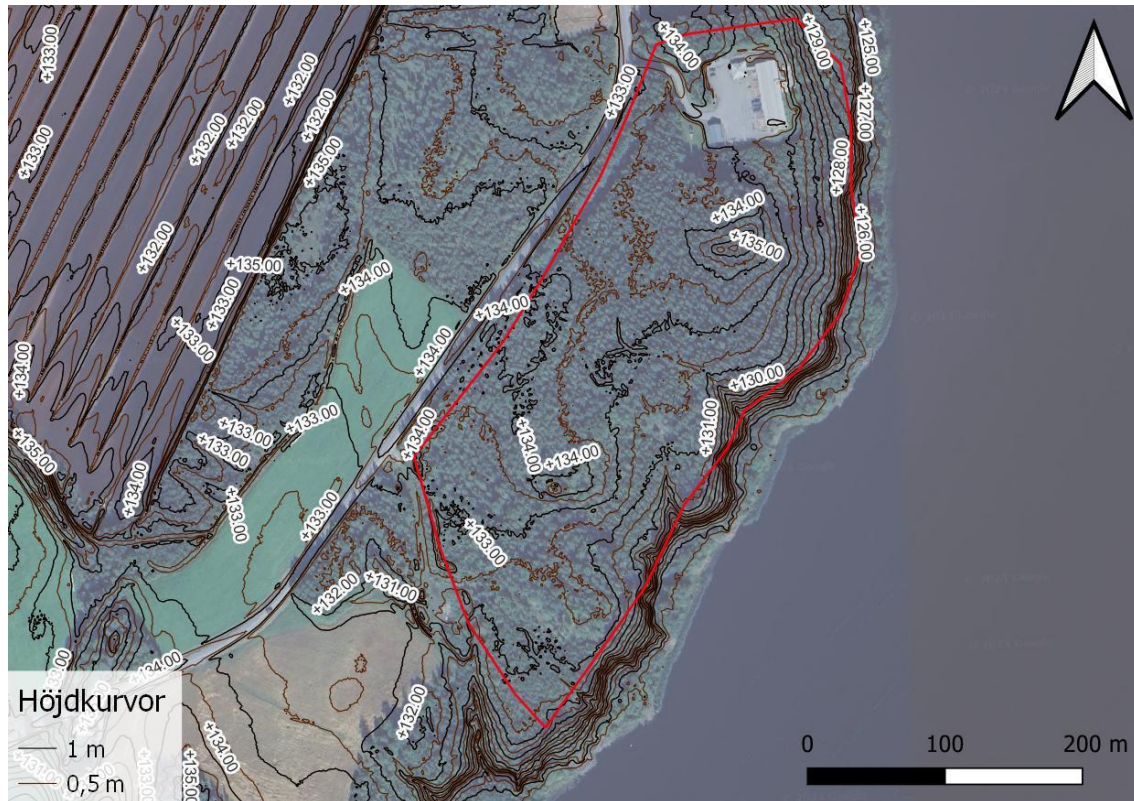


Figur 2. Markanvändning inom utredningsområdet. I norr (A) återfinns partier med äldre granskog medan de södra delarna består av yngre blandskog (B) med större variation av trädslag. Ortofoto: Google Satellite (2024). Foto: WRS AB.

2.2 Topografi

Det tilltänkta våtmarksområdet utgörs av ett avgränsat flackt höjdområde med generell lutning åt söder. Marken där reningsverket ligger är på mellan +132 och +133 meter (NN2000), Vattenytan i Bjørkelangen nedanför reningsverket ligger 10 meter lägre (cirka +124 meter).

Den högsta punkten (+135) återfinns på en kulle strax söder om reningsverket. Längs områdets östra sida stupar marken brant ned mot Bjørkelangen (Figur 3).



Figur 3. Topografi inom utredningsområdet i Bjørkelangen. Höjddata: Geonorge (2018) via Scalgo Live (2024). Ortofoto: Google Satellite (2024)

2.3 Geologi

Baserat på data från Norges geologiske undersøkelse (NGU) (2023) består utredningsområdet till största del av ett tjockt lager av lera. Landområdena närmast sjöstranden utgörs av urberg eller endast tunna lager av lera. Vilken typ av lera som ligger inom området är osäkert och det kan inte uteslutas att det finns kvicklera eller annan skredfarlig lera på platsen. Vidare geotekniska undersökningar krävs för att fastställa markens lämplighet för våtmarksanläggning.



Figur 4. Jordarterna inom utredningsområdet (röd polygon) består av lera (blå områden) och urberg (rosaaktiga områden).

Under platsbesöket 8 november 2024 undersöktes marken med en jordartskäpp. Marken bedömdes då bestå av lera med varierande inblandning av silt. Endast ytliga jordlager ner till maximalt en halvmeters djup kunde undersökas på grund av jordkäppens längd. Höjdområdet söder om reningsverket visade sig bestå av morän. Runt detta område fanns en del större stenblock och rent berg i dagen återfanns närmast sjön.



Figur 5. Bilder från platsbesöket 8/11-2024. T.v. Strandmiljö i sydöstra delen av utredningsområdet. T.h. Kulle i norra delen med inslag av större block och stenar. Foto: WRS AB.

2.4 Bjørkelangens reningsverk

Bjørkelangens reningsverk är idag dimensionerat för 10 000 pe och hade ungefär 8000 personer anslutna i februari år 2022. Dessutom mottar reningsverket vatten från en läskfabrik (brusefabrik). Den dimensionerande tillrinningen (q_{dim}) till reningsverket är $288 \text{ m}^3/\text{h}$. Resultaten för reningsverket är goda med avseende på avskiljning av näringsämnen och andelen bräddning från reningsverket ligger omkring 1% av flödet årligen (Ramboll, 2024).

Reningsverket är utformat med mekanisk, biologisk och kemisk rening (Ramboll, 2021). Reningsprocessen inleds med rensgaller och sandfång. Därefter följer den biologiska reningsprocessen som i Bjørkelangens reningsverk är en MBBR-process. Den avslutande kemiska reningsprocessen sker i flockningskammare och sedimenteringsbassäng där tillförsel av fällningskemikalien järnklorid (Kemira PIX-318) görs. Slambehandlingen består av slamförtjockning och avvattning med hjälp av centrifug (ibid.).

I Tabell 1 nedan har relevant data från reningsverkets senast tillgängliga miljörapport (2023) sammanfattats. Reningsverket mottog ett medelflöde på ca $2\,300 \text{ m}^3$ per dygn och behandlade under år 2023 drygt $850\,000 \text{ m}^3$ avloppsvatten.

Tabell 1. Belastning till reningsverket och uppmätta reningseffekter (hämtat ifrån årsrapporten för år 2023). (Ramboll, 2024)

Ingående vatten	Enhet	2023
Medelflöde	[m ³ /d]	1 970
Maxflöde	[m ³ /d]	4 660
Total volym 2023	[m ³]	851 011
BOD ₅ (BOF ₅)	[kg/d]	410 ¹
Reningseffekt	[%]	87
COD	[kg/d]	1 450 ¹
Reningseffekt	[%]	88
Kväve (nitrogen) Tot-N	[kg/d]	106 ¹
Reningseffekt	[%]	24 ²
Fosfor Tot-P	[kg/d]	15 ¹
Reningseffekt Tot-P	[%]	98

¹Beräknat utifrån årssnittet av ingående halter och medelflödet.

²Beräknad effekt utifrån årssnittet av ingående och utgående halter.

2.5 Dimensioneringsgrunder

I framtiden kommer belastningen på Bjørkelangens reningsverk sannolikt att öka då fler tätorter planeras att bli uppkopplade till reningsverket. Samtidigt förväntas högre krav komma på rening av framförallt kväve. Detta med tanke på att vattenmiljön i Oslofjorden är i dåligt skick. Högre belastning och krav på kväverening medför utmaningar för reningsverket i form av större risk för bräddning och större behov av kapacitet för rening. Kraven på kväverening innebär sannolikt också att reningsverket måste byggas ut med kompletterande biologisk process och större volymer för sedimentation. Våtmarken kommer bidra med både fosfor- och kväverening och om den tillåts ingå i reningsanläggningen (att utsläppskraven gäller vid utsläpp efter våtmarken) kan behov av utbyggnad och drift för kvävereduktion i det tekniska reningsverket minska.

Den dimensionering som WRS har utgått ifrån i denna utredning redovisas nedan i Tabell 2. Siffrorna i tabellen baseras på befintliga data från årsrapporter från reningsverket och uppgifter från beställaren på hur många personer som förväntas anslutas till reningsverket inom en överskådlig framtid (ca 3 500 stycken). Framtida belastning har beräknats utifrån uppskattningar på hur mycket fosfor, kväve och BOD₅ varje nyansluten person bidrar med, samt vilken reningsslag som kan förväntas användas i reningsverket i framtiden.

För våtmarksalternativet som benämns ”High tech våtmark” (avsnitt 3.2) har den framtida belastningen på en eventuell spillvattenvåtmark beräknats utifrån nuvarande avskiljningsgrad av fosfor och kväve i reningsverket. Tanken med alternativet är att en spillvattenvåtmark då kan bidra med en större del av kväveavskiljningen. Alternativet ”Low tech våtmark” (avsnitt 3.3) utgår istället ifrån att reningsverket i framtiden är utbyggt med ett komplett kväverenningssteg och därmed avskiljer en större del av kvävet. Mer information följer i nästa avsnitt där de två föreslagna lösningarna beskrivs i mer detalj.

Tabell 2. Dimensioneringsgrunder som redovisar inkommande till och utgående vatten från Bjørkelangens reningsverk efter ombyggnad och anslutning av fler personer. Utgående vatten redovisas som två scenarier där "High tech" utgår från nuvarande kväverening i reningsverket och "Low tech" utgår ifrån en framtida högre kväverening i reningsverket. ARV = Avloppsreningsverk (avløpsrenseanlegg).

	Enhet	Belastning	Kommentar
ARV (Inkommande)			
Antal	[pers]	11 500	
Q _{med}	[m ³ /d]	2 800	
BOD ₅	[kg/d]	450	
Tot-P	[kg/år]	7 000	
Tot-N	[kg/år]	47 000	
High tech våtmark (Utgående ARV)			
Q _{med}	[m ³ /d]	2 400	
Q _{max}	[m ³ /d]	4 500	
BOD ₅	[kg/d]	40	
Tot-P	[kg/år]	350	95 % rening i ARV
Tot-N	[kg/år]	24 000	50 % reduktion
N-NH ₄	[kg/år]	20 000	Utgör 80 % av Tot-N
Low tech våtmark (Utgående ARV)			
Q _{med}	[m ³ /d]	2 400	
Q _{max}	[m ³ /d]	4 500	
BOD ₅	[kg/d]	40	
Tot-P	[kg/år]	350	95 % rening i ARV
Tot-N	[kg/år]	15 000	70 % reduktion
N-NH ₄	[kg/år]	3 000	Utgör 20 % av Tot-N

2.6 Viktiga aspekter vid planering av våtmark Bjørkelangen

Eftersom en behandlingsvåtmark, till skillnad från ett tekniskt reningsverk, tar stora ytor i anspråk blir behovet av naturanpassning och de gestaltningsmässiga aspekterna mycket viktiga. Även andra aspekter kan bli viktiga såsom exempelvis smittskydd, biologisk mångfald och pedagogik när spillvattenvåtmarker planeras. Vi har sammanfattat beställarnas ambitioner tillsammans med aspekter som av erfarenhet är viktiga att ta med sig vid planering och drift av spillvattenvåtmarker. Dessa ambitioner och krav bör uppfyllas för att anläggningen i Bjørkelangen skall bli lyckosam:

- Den föreslagna våtmarken skall ge en säker, stabil och signifikant rening av utgående avloppsvatten från Bjørkelangens reningsverk. Det primära syftet är att bidra till reningsverkets kvävereduktion men viktigt är att även andra miljö- och hälsofarliga ämnen avskiljs, såsom smittämnen, läkemedel, mikroplast och andra mikroföroreningar.
- Anläggningen skall dimensioneras för en framtida belastning motsvarande 11 500 personer.
- Våtmarken ska byggas så att den i sin helhet eller till viss del kan ingå som en processdel till befintligt reningsverk. Ändamålsenlig egenkontroll för verifiering av reningsresultat skall möjliggöras.
- Anläggningen ska utformas för att skapa rika och intressanta miljöer för djur- och växtliv och därmed främja biologisk mångfald.
- Anläggningen ska utformas så att den upplevs attraktiv för besökare. Drift och skötselvägar ska skapas för att fungera som promenadstråk. För att begränsa besökares kontakt med vattnet tillämpas principen med hygienzoner, vilket innebär att övre delen av våtmarken (överdämningsytorna) förses med (får) stängsel.
- Våtmarken får ej medföra olägenheter i form av lukt eller ökad förekomst av mygg.
- Anläggningen ska bygga på enkel och robust teknik med hög grad av automatisering. Alla ytor som kräver tillsyn och skötsel skall vara lättillgängliga. Möjligheter ska finnas att leda vattnet förbi hela anläggningen och från delar av anläggningen för att underlätta underhåll och skötsel.
- Vattnet i våtmarken skall hållas separerat från grundvatten och ytvatten från omgivningen.
- Kostnader för investering och drift ska vara rimliga. Resursåtgång för att driva processer skall vara låg.

3 Föreslagna lösningar

Två olika förslag till våtmarkslösningar har tagits fram. Det ena alternativet, alt 1 ”High Tech våtmark”, lämpar sig för en situation där man vill uppnå mycket hög kväverening och där våtmarken utformas som en processdel till reningsverket. Det andra alternativet, alt 2 ”Low Tech våtmark”, innebär att man fortfarande har hög ambition på kväverening men att våtmarken inte nödvändigtvis behöver fungera som en processdel till reningsverket. I detta alternativ ges också gestaltning och biologisk mångfald högre ambition än i ”High Tech”-alternativet.

I båda alternativen har en utgångspunkt varit att minimera kostnader för anläggandet. Eftersom schakt (gravearbete) normalt är det mest kostnadsdrivande i anläggandet av spillvattenvåtmarker undviks grävarbeten så långt möjligt. Istället skapas vattenytor och volymer främst genom att dämna upp vatten på existerande mark. Det betyder att utgående vatten från reningsverket i båda alternativen kommer att pumpas till våtmarken.

Eftersom området där våtmarken planeras är uppbyggt av en höjdplåt av lera kan vattnet i våtmarken hållas väl frångått underliggande grundvatten och även ytvatten från omgivningen. Detta betyder att risken för grundvattenpåverkan är minimal och att vallar kan göras täta utan risk för påverkan av och från omgivande ytvatten.

Bräddvatten som uppstår i reningsverket (det vatten som inte kan pumpas in till förbehandling och/eller de biologiska/kemiska stegen) leds idag via bräddavlopp till utloppsledningen till Bjørkelangen. En möjlighet som vi i förstudien vill peka på (men inte utrett närmare) är att anlägga en torr damm dit bräddvatten kan föras som ett behandlingssteg innan vattnet leds till utloppsledningen. Om en sådan damm görs tillräckligt stor och förses med dränerande botten kan föroreningar avskiljas med sedimentation och filtrering. En sådan damm bör kunna anläggas i strax öster om reningsverket vilket förslagsritningarna illustrerar.

Vid sidan av de två våtmarksalternativen redovisas också en möjlighet att nyttja avloppsvatten för bevattning och vilket bidrag till rening detta alternativ kan ge (avsnitt 3.6).

3.1 Våtmarkernas processidé och principer för utformning

Båda alternativen till våtmark bygger på den processidé man i Sverige funnit fungera särskilt väl till små och medelstora avloppsreningsverk. Processidén handlar om att inledande våtmarksytor ömsevis översvämmas och dräneras på vatten och att efterföljande våtmarksdelar är permanent vattenfyllda. Den inledande delen med så kallade ”överdämningskärr” erbjuder särskilt goda förutsättningar att sprida vattnet med dess föroreningar över aktiva ytor samtidigt som dessa ”kan andas”, det vill säga försörjas med syre, vilket sker i dräneringsfasen. Den inledande våtmarksdelen har således god kapacitet att bryta ned organiskt material (exempelvis partiklar vid slamflykt från reningsverket) men också för att nitrifiera ammoniumkväve. Torra våtmarker som översilningsängar och överdämningskärr har också visat sig särskilt effektiva för hygienisering av vattnet.

De permanent vattenfyllda ”våta” våtmarksdelarna skapar uppehållstider och miljöer för finbladiga undervattensväxter. Denna miljö ger goda förutsättningar för avskiljning av fina partiklar och fortsatt kvävereduktion i form av denitrifikation. Mer information om hur våtmarker fungerar och hur olika ämnen avskiljs går att läsa om i Svenskt Vatten Utveckling Rapport 2024-1 (Halvarsson m.fl., 2024).

Den princip för utformning som tillämpats i båda alternativen är att alla ytor som kräver skötsel skall göras åtkomliga för maskiner. Vallar görs därför körbara och nedfarter anläggs så att man lätt kan nå olika delar av våtmarken. Den första delen av våtmarken (överdämningskärr) är utformad som två parallella linjer som kan köras oberoende av varandra. Uppdelningen i två linjer innebär att den ena kan ställas av och tömmas på vatten medan den andra körs. Detta underlättar underhållsarbeten i dammarna, exempelvis slåtter av vegetation eller slamrensning. I normalfallet beskickas linjerna växelvis, så att överdämningskärren ömsevis fylls och töms på vatten.

Våtmarkerna i båda alternativen är dimensionerade i enlighet med erfarenheter från svenska våtmarker där syftet varit att uppnå hög kvävereduktion. Den hydrauliska belastningen på överdämningsytorna ligger på 70–80 mm/d vilket är en relativt måttlig belastning. Den totala uppehållstiden uppgår till drygt en vecka vilket får betraktas som en lång uppehållstid.

Som nämnts ovan är våtmarken i huvudsak skapad genom uppdämning. Den schakt som görs är framförallt till för att få massor till vallar för att kunna dämna upp vattnet. Denna schakt innebär att djupare partier i form av dammar och kanaler skapas intill vallarna. Så långt som möjligt har utformning av dessa djupare vattenvägar gjorts på sådant sätt att vattnet under drift också tvingas upp över grundare partier av våtmarken. Djupområdena är också utformade för att kunna dränera och tömma våtmarken på vatten vilket underlättar underhåll.

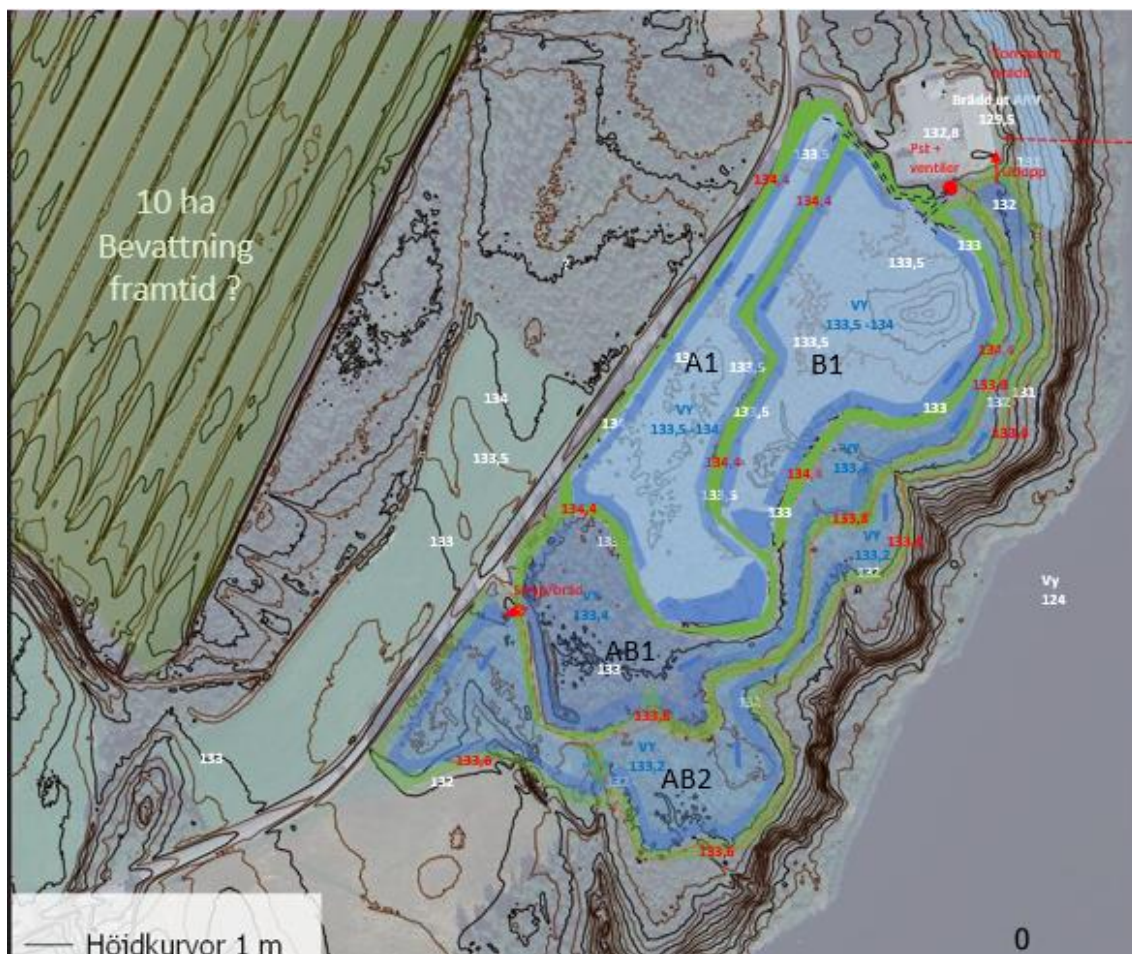
Tanken är att hela våtmarken skall kunna hysa en tät och frodig vegetation. Detta krävs dels för att förhindra massutveckling av mikroalger men också för att växterna utgör substrat för bakterier och smådjur som deltar i reningsprocesserna. Därtill utgör växter kolkälla för denitrifikation. De övre och de grundare delarna av våtmarken ska hysa en kraftfull växtlighet av bred- och smalkaveldun, sjösäv, storväxta starrarter, igelknopp och andra amfibiska arter. I överdämningskärren kan också bladvass bli aktuellt att etablera. I de djupare partierna eftersträvas mycket undervattensväxter såsom axslinga och hornsärv. Dessa växter som andas under vatten har ”gälblad” som fungerar som ett levande filter. Det är viktigt att använda växtarter som är naturligt förekommande i området och i sjön för att undvika att introducera nya eller invasiva arter till miljön. I den mån man önskar mer öppna spegelvatten för exempelvis änder och doppingar kan djupare vatten skapas på lämpliga ställen. Förslagsvis i anslutning till gångvägar där rastplatser eller fågeltorn kan placeras. I de förslag som illustreras i bilagorna har några sådana områden markerats.

Våtmarken byggs för att möjliggöra drift året runt. Erfarenheter från Sverige visar att fosforreduktionen inte påverkas nämnvärt av årstid men att kvävereduktionen blir lägre med sjunkande temperaturer. Ungefär en tredjedel av total kvävereduktion kan förväntas erhållas under vinterhalvåret.

3.2 Alternativ 1: ”High Tech våtmark”

Detta alternativ syftar till att uppnå så hög kväverening som möjligt på den tillgängliga ytan om cirka 7 hektar. Våtmarken är tänkt som en processdel till reningsverket som ska ingå som del i kväverening och annan villkorad föroreningsavskiljning. ”High Tech”-lösningen är ett lämpligt alternativ om reningsverket byggs om till ett ”resursverk” där merparten av näringsämnen avskiljs och återförs odlingsmark. Ett sätt att åstadkomma detta är omhänderta rejektvatten eller rötat våtslam inom odling. På detta sätt undviks också internbelastning till reningsverket vilket ökar dess kapacitet för kvävereduktion. Ett exempel på hur ett resursverk kan byggas framkom vid planeringen av Trosa kretsloppsverk 2009, se bilaga 4.

Utsläppskontrollen i detta alternativ underlättas av att utgående vatten från våtmarken leds tillbaka in till reningsverket före kontrollpunkten. En annan fördel med förslaget är att all pumpning och reglerteknik är samlat vid reningsverket. Till nackdelarna hör att alternativet sannolikt är dyrare än alternativ 2 och att inte lika goda möjligheter finns att utforma våtmarken för rekreation och biologisk mångfald.



Figur 6. Spillvattenvåtmark, Alternativ "High Tech", se också bilaga 1.

3.2.1 Teknisk utformning

Den tekniska utformningen följer de principer som redovisats ovan. I detta alternativ har mycket fokus lagts på att överdämningskärrens funktion. Genom utformningen och sättet att fylla och tömma dammarna skapas särskilt goda förutsättningar för vattenspridning och reningsprocesser som kräver mycket syre.

Pumpstation med reglerfunktioner

Utgående vatten från reningsverket leds till en volym där pumpar för beskickning är placerade. Lämpligen används två samverkande pumpar som tillsammans klarar minst 2 q_{dim} . I pumpstationen placeras också ventiler för fördelning och tömning av vatten till och från överdämningskärren. Totalt behövs fyra ventiler då olika ledningar används för beskickning och tömning av respektive cell. Ventilerna styrs automatiskt med en programmerad fyllning- och tömningscykel på cirka 1–2 dygn.

I pumphuset anläggs också en volym dit vattnet leds vid tömning av respektive överdämningskärr (A1 och B1). Vattnet går alltså tillbaka till pumphuset efter att ha spridits i något av överdämningskärren. Från denna volym leds vattnet vidare till nedanförliggande våtmarksdel (AB1 i Figur 6). För att kunna tömma ned vattnet snabbare så att de stora våtmarksytorerna hinner exponeras för luften ("kan andas") kan en hjälppump installeras i mottagningsvolymen (så kallat förstärkt självfall).

Teknisk del (överdämningskärr)

I förslaget har två stycken överdämningskärr placerats in i områdets högst belägna del, dessa benämnda A1 och B1. De båda kärrens volym är ungefär lika stora (cirka 3 000 m³) vilket motsvarar lite mer än framtida dygnsmedelflöde. En normal fyllnings- och tömningscykel är således ett dygn.

Volymerna är instängda med lervallar där massor tas från vallens insida (mot kärren). Det betyder att längs sidorna av kärren går kanaler vars sektioner motsvarar massbehovet för vallarna. I dessa kanaler kommer vattnet ta sig fram lättare än i de grundare och tät bevuxna delarna i mitten av kärren. Detta nyttjas för att få en spridning över ytorna. Via den ena kanalen (västra sidan om kärren) pumpas vattnet in i kärren medan vatten ut från kärren tas från den andra kanalen (östra sidan om kärren). Som framgår av skisserna (Figur 6) bryts kommunikationen mellan kanalerna i kärrens bortre (södra) del. Det innebär att när tillloppskanalen är full börjar vattnet brädda ut över grundområdena i mitten. Inom dessa områden kommer vattenytorna pendla mellan 0 och cirka 0,5 meter över markytan.

Naturnära del (dammar och kanaler)

Vatten från överdämningskärren leds i separat ledning in till mottagningsvolymen i pumpstationen. Därifrån leds vattnet med "förstärkt självfall" (se ovan) till den kanalformade cellen AB1 som i söder vidgar sig till ett stort kärrområde. Formen på dammen följer topografin i området. Vattennivån i dammen hålls relativt konstant men kan röra sig upp och ned någon decimeter beroende på flöde. Medeldjupet i dammen är ca 0,6 m. I kanaler och uppgrävda djuppartier är vattendjupet större upp till cirka 1,5 m.

Utloppet från dammen regleras av en ränna eller en munkbrunn med ställbara sättar. Den översta sättan kan förses med V-format överfall för att utjämna flöden. Härifrån rinner vattnet vidare till den sista delen av våtmarken i skissen, benämnd AB2. Denna damm är utformad och höjdsatt på samma sätt som AB1 genom att den följer nivåerna i landskapet. De topografiska förhållandena tillåter antagligen att man kan dämna högre i AB2 än i AB1. I skissen föreslås ett vattendjup på drygt 1 meter i stora delar av denna damm. Det innebär att man här kommer ha en diversifierad våtmark där stora delar utgörs av spegelvatten och andra delar av kärr med vassvegetation (helofyter, övervattensväxter). Mest öppet vatten kommer finnas i de nedre delarna och längs vallen med promenadstigen i öster.

Vallar, vägar och stigar

Vallar skapas av massor som "grävs på stället" mot de områden som skall däckas. Marken utgörs av fast lera (torrskorpelera) och därför bör det vara lätt att anlägga och forma vallarna och få dem täta. Eftersom en viss sättning kan förutses läggs vallkrönen med säkerhetsmarginal från högsta dämmd vattenyta. De nivåer för vallkrön som anges i skisserna ligger 0,4 m över vattenyta vilket är brukligt för de spillvattenvåtmarker som byggts i Sverige.

Det kan diskuteras om och hur i så fall förstärkningslager och slitlager skall anläggas för körvägar och stigar. Det är en fördel om man kan ta sig ut med bil, traktor eller andra underhållsfordon över alla vallar. För vägar som trafikeras mer frekvent och under vinterhalvåret är det lämpligt att anlägga en köryta med makadam på geotextil.

3.2.2 Utsläppspunkt och egenkontroll

Utgående vatten från våtmarken tas lämpligen in i reningsverket så att befintlig utsläppspunkt kan användas för utsläppskontroll. Provpunkt för vattenanalys installeras lämpligen också vid inloppspumpstation till våtmarken. Detta möjliggör kontroll av reningsfunktion i både reningsverk och våtmark vilket skapar förutsättning för driftoptimering.

3.2.3 Drift, skötsel och underhåll

Beskickning och reglering av vatten sköts automatiskt. Tillsyn av våtmarkens reglerpunkter/rännor med mera bör ske regelmässigt. Som en del i egenkontrollen observeras samtidigt vattnets färg och grumlighet liksom färg, lukt och konsistens hos sediment på några utvalda platser i våtmarken. Samtidigt förs anteckningar om växtlighet och djurliv.

Skötsel innebär att gräset klipps på vallar och vallslänter. Slåtter av våtmarksytorna är inte behövligt men kan utgöra viktig del för skapande av gestaltungs- och naturvärden. Vissa slänter bör slås manuellt för att skapa utblickar med natur- och skönhetsvärden.

Behovet av underhåll är mycket litet. Det är exempelvis ingen fara för funktionen att våtmarkerna växer igen. Den döda biomassan åtgår som kolkälla för denitrifikation. Behov kommer naturligtvis alltid att finnas att underhålla vägar, staket och regelutrustning etcetera. Skulle vegetation växa sig så pass tät att hydrauliken påverkas behöver rensning utföras. Behovet av rensning uppstår i sådana fall oftast i kanaler eller trånga passager i våtmarker.

3.2.4 Reningseffekter

Reningseffekter bedöms nedan efter de erfarenheter som vunnits efter uppföljning av svenska spillvattenvåtmarker och aktuella belastningar. Viktiga parametrar för att bedöma effekter är ytbelastning, uppehållstid och mängdbelastning. Observera att de mängder som anges nedan avser situation då 11 500 personer är anslutna till reningsverket. I nuläget då cirka 8 000 personer belastar reningsverket kommer reningseffekterna vara högre. Mängdbelastningen som utgör grunden för beräkningarna för "High tech"-alternativet redovisas i Tabell 3 nedan.

Tabell 3. Den förväntade belastningen på en spillvattenvåtmark av alternativ High tech samt den förväntade avskiljningen av näringsämnen efter reningsverk och våtmark. Syftet med detta alternativ är att våtmarken ska ta ett större ansvar för avskiljningen av näringsämnen än alternativ 2 Low tech.

	Enhet	Belastning	Förväntad avskiljning (ARV + våtmark)
High tech våtmark			
Q _{med}	[m ³ /d]	2 400	
Q _{max}	[m ³ /d]	4 500	
BOD ₅	[kg/d]	40	96–97 %
Tot-P	[kg/år]	350	99 %
Tot-N	[kg/år]	24 000	78 %
N-NH ₄	[kg/år]	20 000	-

BOD

Vid beräkning av reningseffekt har antagits att cirka 90 % av BOD₅ avskiljs i reningsverket. Ut till våtmarken hamnar då cirka 40 kg BOD₅ per dygn med en halt omkring 10 mg/l. Denna mängd kommer att avskiljas redan våtmarkens inledande del. Förutsatt att våtmarkens primärproduktion utgörs av makrofyter kommer utgående vatten vara klart och i stort sett fritt från organiskt material. BOD-reduktionen totalt över anläggningen (reningsverk och våtmark) bedöms till cirka 96–97%.

Kväve

Här antas att reningsverket byggs (drivs) med en kvävereduktion på 50 % och att merparten av kvävet ut till våtmarken är i form av ammonium. Totalkvävebelastningen till våtmarken uppgår således till knappt 24 ton per år. Merparten (80 %) av denna belastning antas vara ammonium.

Erfarenheter av ”torra våtmarker” (den typ som föreslås som inledande steg här) i Sverige är att de beroende av belastning och utformning avskiljer 3–6 ton ammonium per hektar och år. I det aktuella fallet bedöms de tre hektar stora överdämningskärren väl utformade för nitrifikation. Bedömningen är att minst 12 ton ammonium per år kommer att nitrifieras i denna del av våtmarken. Även i de nedre delarna kommer nitrifikation att ske men mindre effektivt. Antas reduktionen uppgå till 0,5 ton per hektar och år erhålls en total ammoniumreduktion på cirka 14–15 ton per år.

Denitrifikation pågår parallellt med nitrifikation och äger rum i hela våtmarken. Den långa uppehållstiden och de stora ytorna som kan producera kolkälla gör att den föreslagna våtmarken bedöms fungera mycket bra för denitrifikation. Vi ansätter siffran 1,7 ton kvävereduktion per hektar och år vilket sammanlagt för våtmarken ger en avskiljning om minst 12 ton kväve per år.

Totalt för reningsverk och våtmark bedöms reningseffekten för kväve uppgå till drygt 75 %.

Fosfor

Här antas att reningsverket även i framtiden har en reningsgrad för fosfor runt 95 %. Våtmarken tillförs såldes cirka 350 kg fosfor per år. Erfarenheter från svenska våtmarker visar att, beroende på utformning och belastning, så varierar den långsiktiga fosforavskiljningen mellan 15–70 kg per hektar och år. Utformning och belastning i detta fall bedöms som goda för fosforavskiljning varför retentionssiffran 40 kg/hektar och år väljs. Det ger en sammanlagd fosforavskiljning i våtmarken på 270 kg fosfor per år.

Totalt för reningsverk och våtmark bedöms reningseffekten för fosfor uppgå till 99 %.

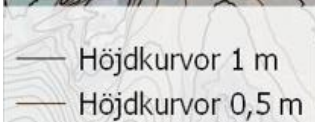
3.2.5 Mervärden

Den föreslagna lösningen ger goda förutsättningar för att skapa mervärden. De potentiellt finaste områdena för fågelliv och rekreation finns i de nedre delarna av våtmarken.

3.3 Alternativ 2 ”Low Tech-våtmark”

Detta alternativ syftar till att uppnå så hög kväverening som möjligt men har större fokus än alternativ 1 på enkelhet, gestaltning och biologisk mångfald. Den kan med fördel ingå som processdel till reningsverket för att dess rening skall kunna tillgodoräknas i det tillstånd som ges för den framtida reningsanläggningen.

Utloppet från våtmarken i detta alternativ sker i borte delen av våtmarken. Här finns dock möjlighet att installera en enkel och funktionell utsläppspunkt för den framtida



Figur 7. Spillvattenvåtmark, Alternativ 2, "Low Tech", se också bilaga 2.

3.3.1 Teknisk utformning

Den tekniska utformningen följer de principer som redovisats tidigare. Liksom i alternativ 1 byggs inledande delar i två linjer, men möjligheterna att sprida vattnet och skapa variationer mellan torrläggning och våtläggning är i detta alternativ sämre. I gengäld erhålls en tekniskt något mindre komplicerad anläggning.

Behovet av nitrifikation är i detta alternativ inte lika stort som med alternativ 1. Utformningen av de inledande delarna som överdämningskärr motiveras av önskemålet om två parallella linjer och att pulsning av vatten skapar förutsättningar att sprida vattnet över aktiva ytor.

Utformningen innebär också fördelar vad gäller driftoptimering mellan reningsverk och våtmark. Detta innebär att man nyttjar de ”gratistjänster” som den kemiska och biologiska reningen i våtmarken ger och i motsvarande grad drar ned på dessa processer i reningsverket för att spara elenergi och kemikalier.

Med utloppet placerat i slutet av våtmarken erhålls som nämnts ovan också en kvalitet som saknas i alternativ 1.

Pumpstation med reglerfunktioner

Utgående vatten från reningsverket pumpas till våtmarken. Till skillnad från alternativ 1 förs vattnet enkelriktat ut till respektive överdämningskärr. Det finns alltså inga returledningarna från cellerna tillbaka för vidare pumpning i systemet. Lämpligen används två samverkande pumpar som tillsammans klarar minst $2 q_{dim}$. Tryckledningarna ut till överdämningskärrarna förses då med ventiler som placeras i pumphuset. Dessa ventilerna styrs automatiskt med en programmerad fyllning- och tömningscykel på cirka 1–3 dygn.

Teknisk del (överdämningskärr)

I förslaget har två stycken överdämningskärr placerats in i områdets högst belägna del (A1 och B1). De båda kärrens volymer är utformade på samma sätt som i alternativ 1. De är således ungefär lika stora och rymmer vardera mer än ett framtida dygnsmedelflöde. Fyllning och tömning med detta alternativ är inte lika effektivt och kontrollerbart som i alternativ 1. Nivåvariationerna skapas istället genom att växla tillförseln av vatten mellan de två cellerna samtidigt som utloppen från dem är strypta. På detta sätt kommer hela tiden vatten med lågt flöde (cirka halva Q_{med}) släppas ut ur dammarna samtidigt som inflödet växlar mellan noll flöde och upp till cirka $2 q_{dim}$. På detta sätt skapas en puls i systemen som tvingar vattnet att röra sig både lateralt och vertikalt över området. För att garantera att vattenytorna inte stiger för högt (om exempelvis strypningen sätter igen) finns en bräddfunktion i de brunnar som reglerar flödet ut från cellerna.

Risken för pluggflöden är större med detta alternativ än med alternativ 2. För att om möjligt förhindra detta utformas inloppen med många spridarpunkter. Detta görs lämpligen genom att ett spridar rör med hål i placeras i mitten av respektive cell. I skissen illustreras detta med streckade röda linjer. Ledningarna föreslås vara cirka 100 m långa och med spridarpunkter var femte meter riktade horisontellt åt båda sidorna.

Vattenytorna kommer sannolikt inte variera lika mycket som i alternativ 1. Medeldjupet kommer sannolikt också vara lägre.

Utloppen från de båda överdämningskärrarna är placerade i slutet av respektive cell för att undvika kortslutningar mellan in och utlopp. I cell A1 (Figur 7) är utloppet placerat i söder, medan den i cell B1 är placerad i norr. Detta är möjliggörs genom att utloppet avgränsas hydrauliskt från inloppsdelens med en höjdrygg som byggs av lera mellan kullen och vällen i öster.

Utloppen från de båda cellerna utformas som reglermunkar med stryp och bräddfunktion. Både regelnivå och strypning av flöde ska kunna regleras efter behov.

Naturnära del (dammar och kanaler)

Från överdämningskärrarna leds vattnet vidare till varsin damm (A2 och B2) för att i reglerbrunnar föras samman i en gemensam slutdamm (AB). Från denna damm förs vattnet ut till ravinen i söder där möjlighet finns att skapa ett spektakulärt utlopp med brusande forssträckor och glittrande hålldammar ned mot sjön. Erfarenheter från Nynäshamn och Oxelösunds spillvattenvåtmarker är att ett sådan bäckutlopp med näringsrikt, uppvärmt och syrerikt vatten drar till sig stora mängder fisk. I de nämnda våtmarkerna har vattenområdet (havsvikarna) utanför utloppen därför blivit omtyckta mål för sportfiskare.

I detta alternativ är medeldjupet i anläggningen något större än i alternativ 1 varför mer öppna vattenytor kan skapas. Uppehållstiden blir också något längre, cirka 11 dagar vilket motsvarar uppehållstiden i några av de största våtmarkerna som byggts i Sverige.

Vallar, vägar och stigar

Vallar anläggs på samma sätt som beskrivs för alternativ 1. Behov av körbara vägar och stigar skiljer sig heller inte från alternativ 1. Eftersom detta alternativ har mer fokus på biologisk mångfald och rekreation så finns anledning att utforma anläggningen mer som ett besöksområde. Den befintliga infartsvägen i sydväst utgör en entré där en besöksparkering lämpligen anordnas vid utloppet. Själva utloppet anläggs lämpligen som en brokonstruktion varifrån besökaren kan betrakta och begrunda hur avloppsvattnet kastar sig ned i ravinen förvandlat till ett vatten som för ögat och näsan upplevs som vilket naturvatten som helst.

3.3.2 Utsläppspunkt och egenkontroll

Utloppet från våtmarken blir i söder innan vattnet rinner ut i ravinen. Här kan lätt en provtagningspunkt installeras för flödesmätning och provtagning. Den långa uppehållstiden gör att flöden och koncentrationer jämnas ut. Därför behövs inte flödesproportionerlig provtagning. Detta har bland annat fördelen att ingen högsänkning behöver dras fram för att försörja kylskåp. Ett vanligt 12 V batteri gärna med lokal strömkälla i form av solpanel och/eller vattenhjul i utloppsrännan räcker för att strömförsörja flödesmätning och loggning av flöden.

Erfarenheter från spillvattenvåtmarker i Sverige med liknande uppbyggnad och uppehållstid visar att kontinuerlig loggning av flöden (till exempel i överfall) tillsammans med stickprovstagning varannan vecka ger ett mycket säkert underlag för att beräkna utgående mängder. Om möjligt bör våtmarken ingå som processdel i reningsverket så att mängdreduktion kan tillgodoses och möjliggöra driftoptimering. I vart fall bör bidrag till rening beaktas vid kravställande på den framtida reningsanläggningen vid Björklängen.

3.3.3 Drift, skötsel och underhåll

Beskrivningen om drift, skötsel och underhåll i alternativ 1 gäller även alternativ 2. Den enda skillnaden är att utsläppskontrollen är placerad i områdets södra del. Det betyder att personal behöver åka dit och göra stickprovstagning av vatten då och då.

3.3.4 Reningseffekter

Reningseffekter bedöms nedan efter de erfarenheter som vunnits efter uppföljning av svenska spillvattenvåtmarker och aktuella belastningar. Viktiga parametrar för att bedöma effekter är ytbelastning, uppehållstid och mängdbelastning. Observera att de mängder som anges nedan avser den situation då 11 500 personer är anslutna till reningsverket. I nuläget då cirka 8 000 personer belastar reningsverket kommer reningseffekterna vara högre. Mängdbelastningen som utgör grunden för beräkningarna för ”Low tech”-alternativet redovisas i Tabell 4 nedan.

Tabell 4. Den förväntade belastningen på en spillvattenvåtmark av alternativ Low tech samt den förväntade avskiljningen av näringsämnen efter reningsverk och våtmark. I detta alternativ tar våtmarken emot ett vatten med lägre kvävehalt än i alternativ High tech.

	Enhet	Belastning	Förväntad avskiljning (ARV + våtmark)
Low tech våtmark			
Q _{med}	[m ³ /d]	2 400	
Q _{max}	[m ³ /d]	4 500	
BOD ₅	[kg/d]	40	96–97 %
Tot-P	[kg/år]	350	99 % rening
Tot-N	[kg/år]	15 000	94 %
N-NH ₄	[kg/år]	3 000	-

BOD

Här har antagits att minst 90 % av BOD₅ avskiljs i reningsverket. Ut till våtmarken hamnar då högst 40 kg BOD₅ per dygn med en halt på 5–10 mg/l. Merparten av BOD kommer att avskiljas redan våtmarkens inledande del. Förutsatt att våtmarkens primärproduktion utgörs av makrofyter kommer utgående vatten vara klart och i stort sett fritt från organiskt material. Halten BOD kommer troligen att ligga under detektionsnivå (<3 mg/l) hela året. Totalt över anläggningen (reningsverk plus våtmark) bedöms reduktionen vara cirka 96–97 %.

Kväve

Här antas att reningsverket byggs (drivs) för att klara hög kvävereduktion i reningsverket. Det betyder att process för att medge 100 % nitrifikation byggs i reningsverket och att minst 70 % av nitratkväve denitrifieras i reningsverket. Totalkvävebelastningen till våtmarken uppgår således till cirka 15 ton per år. Merparten av kvävebelastningen antas vara nitrat. Vid driftoptimering kan mer av nitrifikation förläggas till våtmarken (speciellt sommartid) då detta sparar elenergi och minskar slamproduktion i reningsverket.

I detta alternativ är som beskrivs ovan behovet av nitrifikation inte lika stort som med alternativ 1. De inledande delarna av våtmarken utformas ändå som överdämningskärr men med mindre förmåga ”att andas”. Utformningen motiveras av att önskemålet om att ha två linjer som kan köras var för sig och för att möjliggöra driftoptimering (se ovan).

Den mängd ammoniumkväve (cirka 3 ton/år) som tillförs våtmarken bedöms i sin helhet nitrifieras i våtmarken.

Våtmarkens utformning är gynnsam för denitrifikation. Möjligen är den hydrauliska förmågan (spridningen av vattnet) sämre än i alternativ 1. Utgående syrerikt vatten och lågt BOD missgynnar också denitrifikation i våtmarken varför vi här ansätter en något lägre siffra än för alternativ 1. Räknat med 1,5 ton denitrifikation av kväve per hektar erhålls en avskiljning av kväve på 9 ton per år. (Obs med driftoptimering genom att exempelvis förbilda en del av vattnet från den biologiska processen i reningsverket kan reduktionen öka).

Totalt för reningsverk och våtmark bedöms reningseffekten för kväve uppgå till drygt 90 %. Merparten av detta kväve kommer föreligga som nitrat.

Fosfor

Här antas samma situation gälla som för alternativ 1, det vill säga att reningsverket även i framtiden har en reningsgrad för fosfor på cirka 95 %. Med nitrifikation i reningsverk blir funktion med sedimentering svårare och mindre säker. Inte sällan uppstår slamflykt vilket innebär att fosforavskiljningen periodvis kan vara bristfällig. Här antas att reningsverket ändå kommer fungera någorlunda stabilt. Ut till våtmarken leds såldes cirka 350 kg fosfor per år.

I detta alternativ bedöms fosforreduktionen i våtmarken fungera som beskrivits ovan i alternativ 1. Totalt för reningsverk och våtmark bedöms reningseffekten för fosfor uppgå till 99 %.

3.3.5 Mervärden

Den föreslagna lösningen ger goda förutsättningar för att skapa mervärden. De potentiellt finaste områdena för fågelliv och rekreation finns i de nedre delarna av våtmarken. Här tillkommer också en del nya kvalitéer jämfört med alternativ 1. Framförallt kommer utloppet med porlande forssträckor och glittrande vatten ge ett väsentligt mervärde. Ett gestaltningsförslag och några inspirationsbilder ges i bilaga 5.

3.4 Hygienzonering

Reningsverket har inga krav på reduktion av smittämnen men släpper i nuläget det behandlade vattnet till Bjørkelangen där det blandas in i vattenmassan på stort djup. Om vattnet istället släpps till en markyta sker ingen utspädning och risk finns därför att människor och djur kan exponeras för smittämnen. En våtmark utformad enligt de principer som föreslås i rapporten (inledande halvtorra och avslutande vattenfyllda områden) sker en god hygienisering av vattnet. I de inledande delarna är halterna av smittämnen fortfarande höga för att allt eftersom klinga av längre ner i systemet. Med föreslagen ytbelastning och uppehållstid förväntas reduktionen av potentiella smittämnen uppgå till 3–4 log, baserat på erfarenheter från uppföljningar av svenska våtmarker (Halvarsson m.fl., 2024). Det betyder att utgående vatten kommer uppfylla EU-normen för badvattenkvalitet.

I samarbete med SMI (nuvarande Folkhälsomyndigheten) etablerades i Sverige under tidigt 1990-tal en princip för hur spillvattenvåtmarker ska utformas för att minimera risk för exponering. Denna princip ”hygienzonering” innebär förenklat att anläggningar för rening utomhus delas upp i tre olika zoner (Figur 8, Figur 9 och Figur 10). Det rekommenderas också att man med informationstavlor upplyser besökare om att anläggningen renar avloppsvatten och att man därför ska iaktta bestämmelserna som gäller för olika zoner, se nedan.

Hygienzon 1 – Denna zon omfattar det vatten som precis har släppts ut från reningsverket. Vattnet i denna zon kan alltså förväntas innehålla potentiellt höga halter smittämnen varför vattenkontakt bör förhindras. Detta görs säkrast genom att vattenområdet hägnas in. I de svenska våtmarkerna har man ofta valt får/viltstängsel (1,45 m högt) som inhägnad. Ett sådant stängsel är relativt billigt och ger ett trevligt intryck. Normalt utformas vattenområden inom hygienzon 1 som tekniska anläggningsdelar utan att göra dem attraktiva för besökare men möjlighet finns naturligtvis att tillgängliggöra dem för rekreation via exempelvis utkikstorn, det vill säga utan direkt vattenkontakt.



Figur 8. Principbild för hygienzon 1.

Hygienzon 2 – När vattnet kommer till hygienzon 2 har det renats i den initiala våtmarksdelen. Viss risk kvarstår men vattnet anses tillräckligt rent för att en mjukare barriär ska vara tillräckligt. Normalt förses stränderna vid vattenområden inom hygienzon 2 med så kallade växtbarriärer, ofta av tät växtlighet i form av låga buskar, vass och annan strandvegetation. Denna form av mjuk barriär tillåter en inbjudande upplevelse men försvårar för direkt vattenkontakt.



Figur 9. Principbild för hygienzon 2.

Hygienzon 3 – Omfattar vattnet i den sista våtmarksdelen där vattnets innehåll av potentiella smittämnen reducerats till låga nivåer. Hygienkvalitet skall inom dessa områden uppfylla gängse norm för tjänligt (eller med tvekan tjänlig) som badvatten. Inom detta område kan vattnet fritt exponeras för djur och människor. Här kan man utforma vattenområdena för gestaltning och biologisk mångfald och tillgängliggöra dem med till exempel bryggor eller öppna vegetationsfria stränder. I några av de svenska spillvattenvåtmarkerna har denna sista del av våtmarken använts av naturskola och undervisning.



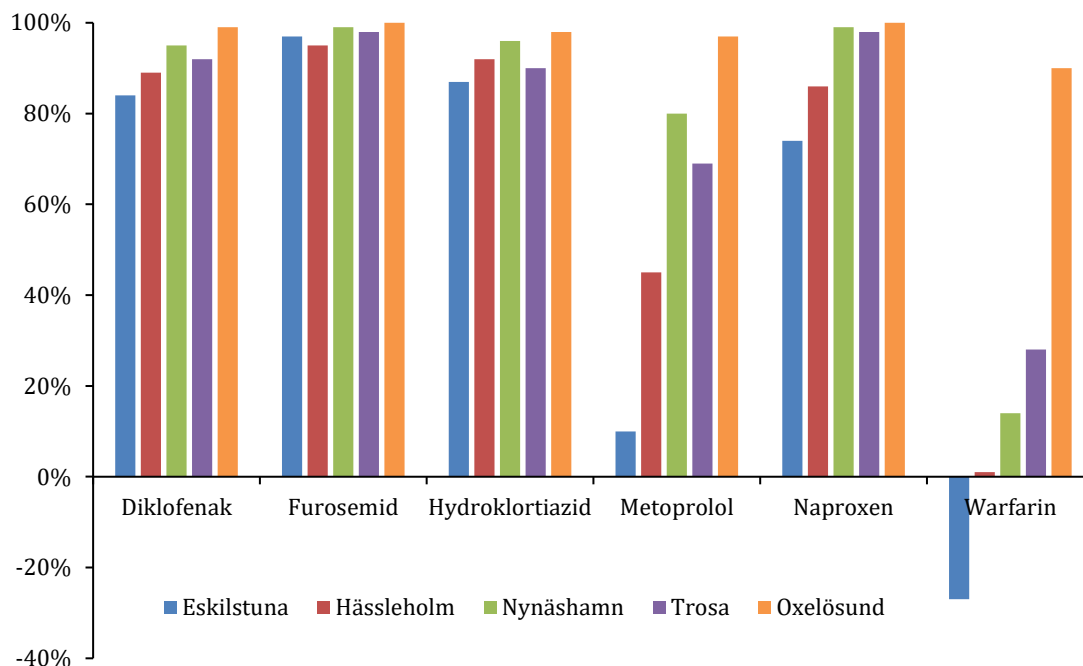
Figur 10. Principbild för hygienzon 3.

3.5 Reduktion av mikroföroreningar och metaller

Viktiga processer i våtmarker är biologisk rening och sedimentation. Även solstrålning kan ha viss påverkan på reningen av framför allt svårnedbrytbara organiska mikroföroreningar. Längre uppehållstid i processen gör också att avskiljningen av mikroföroreningar ökar. Även växter i våtmarker bidrar till reningen genom att de fungerar som ytor för bakterier att växa på samtidigt som dess ytor fångar upp (adsorberar) många mikroföroreningar som sen kan brytas ner av bakterier.

Erfarenheter från svenska spillvattenvåtmarker är att reduktionen av mikroföroreningar kan vara mycket hög speciellt sommartid. Beaktat utformning med god hydraulik och den långa uppehållstiden kan förutses att avskiljning av exempelvis mikroplast kommer vara närmast 100-procentig. Studier av läkemedelsavskiljning tyder på att kombinationen av torra och våta system

är mer effektivt än enbart våta. Eftersom läkemedel är väldigt olika uppbyggda kommer de också att avskiljas olika effektivt i våtmarker. Med tanke på att många läkemedel konstrueras för att vara biopotenta, svårnedbrytbara i kroppen och utsöndras via urin (vattenlösliga) visar studier på förvånansvärt höga avskiljningsgrader i spillvattenvåtmarker. De mest förekommande läkemedlet i avlopp, Diklofenak, visade sig i en studie som genomfördes sommartid av fem svenska spillvattenvåtmarker ha en avskiljningsgrad på mellan 82 till 97 %, se Figur 11. Vintertid är avskiljningen lägre vilket andra studier visar.



Figur 11. Uppmätt avskiljning av fem vanliga läkemedelsrester i våtmarker (Randefelt, 2019).

Aurskog-Høland kommune har vid sju tillfällen under år 2024 låtit analysera ingående och utgående avloppsvatten från Bjørkelangens reningsverk med avseende på metallhalter och ett stort antal föroreningsämnen, däribland organiska föroreningar, kolväten och pesticider, se sammanställning i Tabell 5. Av resultaten att döma är halterna av föroreningsämnen ut från reningsverket låga och ligger nästintill uteslutande under rapporteringsgräns (LOR). Dock förekommer halter av metaller som kan vara av intresse att reducera med avseende på recipienten.

Tabell 5. Sammanställning av analysresultat för metaller, Bjørkelangens reningsverk, medelvärden för sju stickprov under 2024.¹

Ämne	Enhet	Renseanlegg innløp	Renseanlegg utløp	Förändring mellan inn- och utløp	Kommentar
As (Arsen)	µg/L	0,91	0,37	0,54	
Ba (Barium)	µg/L	21,72	9,34	12,38	
Cd (Kadmium)	µg/L	0,09	0,01	0,07	
Co (Kobolt)	µg/L	2,20	18,69	-16,49	(Ökning)
Cr (Krom)	µg/L	2,05	0,19	1,86	
Cu (Kopper)	µg/L	26,83	1,28	25,56	
Hg (Kvikksølv)	µg/L	0,02	<0,002	0,02	
Mo (Molybden)	µg/L	0,75	0,11	0,65	
Ni (Nikkel)	µg/L	4,37	20,49	-16,11	(Ökning)
Pb (Bly)	µg/L	1,35	0,10	1,25	
Sn (Tinn)	µg/L	0,50	<0,05	0,71	
V (Vanadium)	µg/L	2,47	0,13	2,34	
Zn (Sink)	µg/L	79,68	35,47	44,21	

Metaller kan både vara bundna till partiklar och finnas lösta i vattenfas. Reningsverkets sedimentationsdelar avskiljer troligen stor del av de partiklar som metallerna binder till. Avskiljningen av starkt partikelbundna metaller kan noteras i analysresultaten där halterna av metaller som exempelvis bly (Pb) och koppar (Cu) reduceras från ingående till utgående vatten. Våtmarken kommer sannolikt motta både vattenlösta och partikelbundna metaller.

I våtmarken kommer främst partikulära men också vattenlösliga metaller avskiljas. Metaller associerade med partiklar avskiljs genom filtrering och sedimentation medan vattenösta metaller kan avskiljas via växtupptag. De metaller som tas upp av växter kommer inkorporeras i nytt organiskt material och hamnar när växten dör även de i sedimentet. I sedimentet förväntas de flesta metaller läggas fast endera som hårt inbundet till cellväggar (sk. refraktor-bundet) eller till metall-humuskomplex och sulfider.

Vad gäller organiska mikroföroreningar är det känt att läkemedel avskiljs i våtmarker (se ovan). Med stor sannolikhet kommer även andra organiska svårnedbrytbara ämnen också avskiljas. I vilken utsträckning detta sker med de ämnen man mätt upp i avloppsvattnet är svårt att säga. Klart är dock att halterna ut från våtmarken kommer vara lägre än de redan låga utgående halterna från reningsverket.

Våtmarkers förmåga att tåla och avskilja kolväten testades i praktiken i våtmark Alhagen i Nynäshamn, vid en läcka 2019 på en närliggande bensinmack (Ridderstolpe och van der Nat, 2019). Olyckan skedde i samband med regn varför bensin uppblandat med stora mängder vatten rann ned i dagvattenssystemet, via gatubrunnar och en oljeavskiljare och vidare ut till ett öppet dike som leder in till våtmark Alhagen. En fråga som uppstod med anledning av olyckan, var huruvida bensinutsläppet påverkat våtmarkens reningsförmåga för kvävereduktion. Bensin som

¹ För flera av ämnena låg utgående halter på rapporteringsgränsen, och medelvärdet har då beräknats på halva värdet av rapporteringsgränsen. För Hg och Sn låg alla eller nästan alla värden på rapporteringsgränsen. Observera att Ni och Co ökade mellan innløp och utløp vid samtliga mätillfällen.

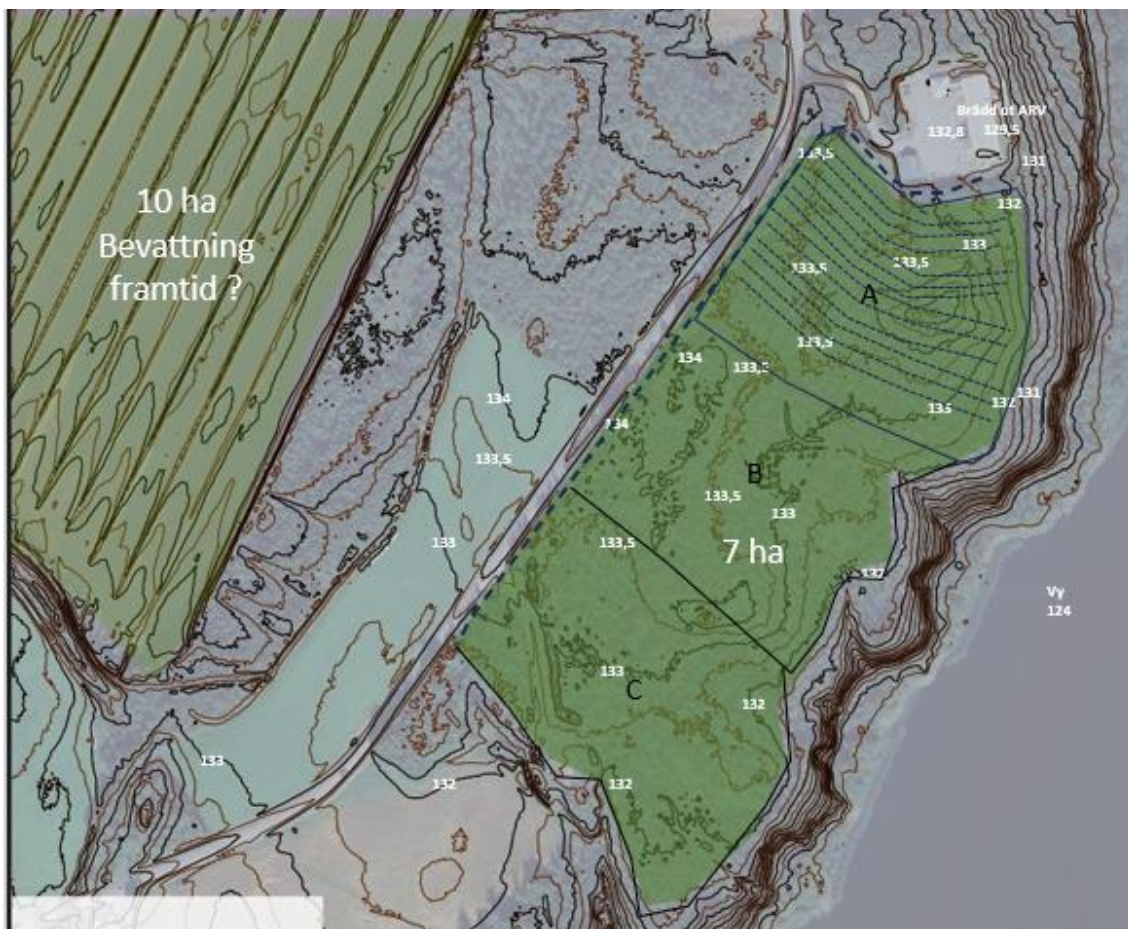
är lättare än vatten och till stor del består av fettlösliga kolväten, fastnade på växter och annat organiskt i dagvattendammen när den fylldes med vatten. Det är sannolikt att bensinen som hölls kvar i våtmarken till största delen avdunstade från dagvattendammen under de dagar som följde efter bensinolyckan. Uppföljning av kvävering i våtmarken baserad på kommunens egenkontroll, gav inga indikationer på försämrad reningskapacitet efter olyckan.

3.6 Alternativ 3 Bevattning

Under arbetets gång framkom önskemål att titta på möjligheten att använda avloppsvattnet för bevattning. Praktiskt och tekniskt kan bevattning av skogen söder om reningsverket ordnas ganska enkelt. I det förslag som skissas nedan och i bilaga 3 föreslås att ett bevattningssystem enligt Rosenqvists Irrigations (Rosenqvists Irrigation, 2024) flödesbevattningsteknik används.

Det innebär praktiskt att en pumpstation anläggs i reningsverket för utpumpning av det (delvis) reade vattnet via en grövre (ca 60–80 mm) överföringsledning förlagd i områdets västra del. Skogsområdet delas in i tre parceller som bevattnas var för sig med hjälp av klenare (35–40 mm) plastslangar (PE) som läggs på marken. Fördelning av vatten till de olika parcellerna styrs med magnetventiler som drivs med vattentrycket. Spridarledningar läggs med ett avstånd från varandra på ca 10 meter och förses med hål på ungefär samma avstånd.

En del av den äldre ekonomiskt värdefulla skogen avverkas innan bevattning men ungskogen är lämplig att bevattna.



Figur 12. Alternativ 3, bevattning, se också bilaga 3.

Reningseffekter och produktion

Bevattning görs sommartid och på ett sätt så att skogen får en så optimal vatten- och näringsgiva som möjligt. Här antas att bevattning görs under 6 månader (maj till och med oktober) med en vattengiva på max 8 mm/dygn. Det betyder att en vattenmängd på 560 m³/dygn går till bevattning, vilket motsvarar ca 25 % av Q_{med} . Näringsgivan under säsongen blir då ca 45 kg fosfor och 1 750 kg kväve. Av denna näringsmängd kommer merparten av fosfor kunna tas upp av skogen men endast en del av kvävet. Resterande fosfor fastläggs i mark medan kvävet till viss del byggs in i organiskt material eller nitrifieras och/eller denitrifieras (avgår som kvävgas).

Skogsbevattningen har liten betydelse för den totala reningen. Endast någon eller några procent av inkommande näringsmängd kan omvandlas till skogsproduktion inom det tillgängliga området. Dessa mängder skapar ändå en produktion som inte är oväsentlig. Antas en produktion av vedbiomassa på 10 ton/TS per hektar och år erhålls en sammanlagd vedmassaproduktion på 70 ton per hektar och år.

I framtiden kan fler ytor för bevattning eventuellt erhållas till exempel om man i framtiden vill återbeskoga marken på den nuvarande torvtäkten väster om vägen. Detta område är cirka 10 hektar stort.

Drift och underhåll

Bevattningen är automatiserad. Efter avslutad bevattningssäsong bör slangarna blåsas rena med tryckluft.

Mervärden

Bevattningen bidrar till en tillfällig inbindning av kol. Om 50 % av vedbiomassan är kol så handlar det om i storleksordningen 35 ton per år.

4 Slutsatser och rekommendationer

Utredningen visar att:

- Områdets storlek och topografi tillåter utformning och dimensionering av en våtmark med god funktion för rening av föroreningar i avloppsvatten.
- Topografin och markens uppbyggnad av lera innebär att våtmarken kan byggas isolerad från omgivande vatten.
- För att bygga våtmarken krävs att i princip all skog i området avverkas.
- Våtmarken kan och bör byggas som processteg till framtida reningsverket. Det ger möjlighet att tillgodoräkna sig våtmarkens reningseffekter och möjlighet till driftoptimering (spara pengar och resurser).
- Två alternativ till våtmark har skisserats. Den ena med fokus på kväverening och nitrifikation. Den andra med mer fokus på gestaltning och biologisk mångfald. Valet av alternativ handlar mycket om hur mycket av kvävereduktion som man vill se i reningsverket respektive i våtmarken.

- Båda alternativen kommer tillsammans med reningsverket uppnå en kvävereduktion på minst 70 % på årsbasis. Av framtida inkommande kvävemängd (ca 47 ton/år) kommer ungefär 10 ton, dvs cirka 20 % avskiljas i våtmarken.
- Även om våtmarken antagligen inte kommer bidra med mer än en del av framtida behov kväverening kan denna del vara betydelsefull ur ekonomisk- och resurssynpunkt. Kväverening i en våtmark drivs av gravitation och solljus. I tekniska verk krävs mycket elenergi för att åstadkomma samma process. Dessutom produceras ett slam som ibland inte bara riskerar slamflykt, men som alltid innebär en kostnad vid avvattnings och sluthantering.
- Våtmarken kommer förutom att bidra till kvävereduktion även säkra en stabil och hög rening av samtliga tillståndsvillkorade föroreningar. Våtmarken kommer också bidra till långtgående hygienisering av vattnet och reducera en signifikant andel av läkemedel och andra mikroföroreningar.
- Båda våtmarksalternativen ger goda möjligheter att skapa gestaltningvärden och biologisk mångfald.
- Bevattnings är praktiskt och tekniskt möjligt men kommer bara att bidra till en marginell rening.

5 Referenser

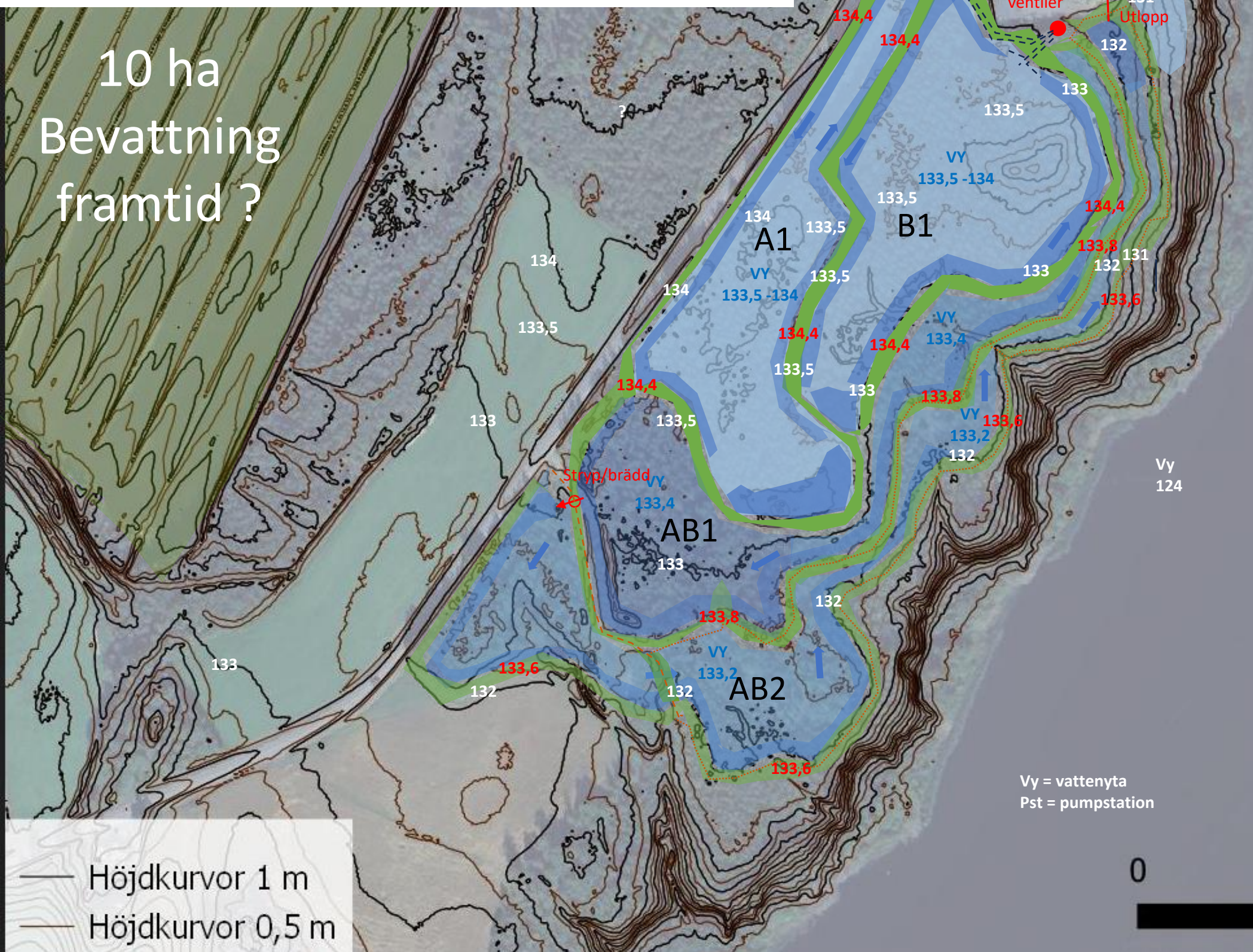
- GEONORGE, 2018. Høydedata NDH Aurskog-Høland 5pkt 2018 - Kartkatalogen [internet]. Tillgängligt: <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/hoeydedata-ndh-aurskog-hland-5pkt-2018/b15351fa-35af-4e75-9c43-4792299b8fab> [Hämtad 2024-11-20].
- GOOGLE SATELLITE, 2024. Google Satellite (WMS).
- HALVARSSON, L., RIDDERSTOLPE, P., FORKMAN FAHLGREN, T., NYHOLM, E., och ENGSTRÖM SVANBERG, A., 2024. *Spillvattenvåtmarker som del i kommunal avloppsrening*. ©Svenskt Vatten AB, Nr. 2024–1.
- NGU, 2023. Løsmasser [internet]. Tillgängligt: https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/ [Hämtad 2024-11-20].
- OPENSTREETMAPS BIDRAGSGIVARE, 2024. OpenStreetMap Foundation. Licens CC BY-SA.
- RAMBOLL, 2021. *Kapasitetsvurdering Bjørkelangen renseanlegg*. Nr. 1350013596.
- RAMBOLL, 2024. Aurskog-Høland kommune årsrapport 2023.
- RANDEFELT, J., 2019. *Spillvattenvåtmarkers reningseffekt på aktiva läkemedelssubstanser*. Uppsala: Institutionen för geovetenskaper, Uppsala Universitet, Examensarbete Nr. UPTEC W, ISSN 1401-5765; 19 044.
- RIDDERSTOLPE, P. och VAN DER NAT, D., 2019. *Utlåtande om bensinutsläpp och påverkan av reningsfunktion i Våtmark Alhagen*. Golder Associates AB.
- ROSENQVISTS IRRIGATION, 2024. *Rosenqvists Irrigation*. Tillgängligt: <https://irrigation.rosenqvists.com/>.
- SCALGO, 2024. Scalgo Live [internet]. Tillgängligt: <https://scalgo.com/live/> [Hämtad 2024-1-30].

Björkelangens Reningsanläggning

Kompletterande våtmark, alt "high tech"

Ej fullt utbyggd N-reduktion i ARV (resursverk)

WRS/Ekologisk Teknik Peter Ridderstolpe, idéskiss 2024-11-08



Bedömning framtid

In ARV (11 500 pers)

$Q_{med} = 2\,800\text{ m}^3/\text{d}$ (32 l/s)
BOD = ca 450 kg/d
Tot-P = 7 000 kg/år
Tot-N = 47 000 kg/år

Ut ARV ("Resursverk")
Näringsåtervinning med
hygieniserat våtslam

$Q_{med} = 2\,800\text{ m}^3/\text{d}$
BOD = ca 40 kg/d
Tot-P = 350 kg/år (95 % rening i ARV)
Tot-N = 24 000 kg/år (50 % tot red)
N-NH₄ = 20 000 kg/år (80 % av tot N)

Ytor och volymer våtmark

A1+B1 = 3,5 ha, 7 000 m³ (0,2 m)
AB1+AB2 = 4,5 ha, 18 000 m³ (0,4 m)
⇒ Ytbelastning hela VM = 35 mm/d
⇒ Ytbelastning A1+B1 = 80 mm/d
⇒ Uppehållstid = 9 dygn
⇒ P-belastning = 44 kg/ha.år
⇒ N-belastning = 3 000 kg/ha.år
⇒ NH₄ belastn = 2 500 kg/ha.år

Bedömd avskiljning våtmark

P = ca 40 kg/ha.år ⇒ 320 kg/år
N = ca 1 700 kg/ha.år ⇒ 13,6 ton/år

Total rening ARV+våtmark

P = 99%
N = 78%
+ patogener, mikroföroreninggr

Återvinningspotential

> 50% av kväve och fosfor

WRS/Ekologisk Teknik Peter Ridderstolpe, idéskiss 2024-11-08

10 ha
Bevattningsframtid?

— Höjdkurvor 1 m
— Höjdkurvor 0,5 m

Vy = vattenyta
Pst = pumpstation

> obetydlig

Vy = vattenyta
Pst = pumpstation

— Höjdkurvor 1 m
— Höjdkurvor 0,5 m

Björkelangens Reningsanläggning

Bevattning sommartid

Utbyggd N reduktion i ARV

WRS/Ekologisk Teknik Peter Ridderstolpe, idéskiss 2024-11-08

10 ha
Bevattning
framtid ?

7 ha

Bedömning framtid

In ARV (11 500 pers)

$Q_{med} = 1\,300\text{ m}^3/\text{d}$
 $Q_{max} = 4\,500\text{ m}^3/\text{d}$ ($2q_{dim} \times 24$)
BOD = ca 450 kg/d
Tot-P = 7 000 kg/år
Tot-N = 47 000 kg/år

Ut ARV (utbyggt N red
slamavvattning)

$Q_{med} = 2\,400\text{ m}^3/\text{d}$
 $Q_{max} = 4\,500\text{ m}^3/\text{d}$ ($2q_{dim} \times 24$)
BOD ca 40 kg/d
Tot-P = 350 kg/år (95 % rening i ARV)
Tot-N = 15 000 kg/år (70 % tot red)
N-NH₃ = 3 000 kg/år (20 % av tot N)

Bevattning bef. lövskog
sommartid

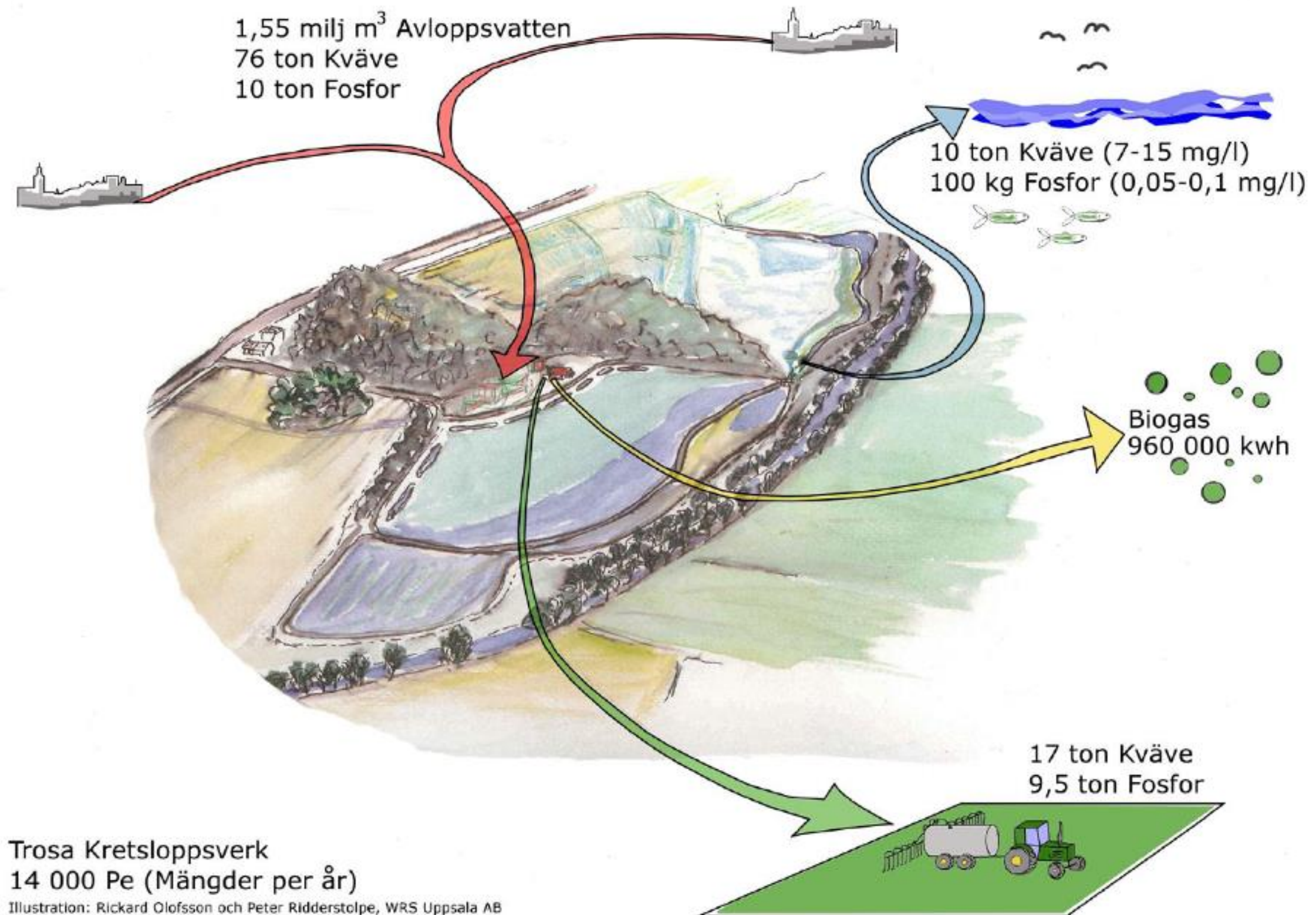
6 mån (maj tom okt)
7 hektar
Max hydraulisk giva 8 mm/d
⇒ 560 m³/d (25 % av Q_{med})
⇒ 45 kg/P (6 kg/ha.år)
⇒ 1 750 kg/N (250 kg/ha.år)

Avskiljning = givan blir
reningseffekten
P => 1% in ARV
P => 12 % ut ARV
N => 4 % av in ARV
N => 12 % ut ARV
Produktion ca 70 ton Ts/år
vedbiomassa

— Höjdkurvor 1 m
— Höjdkurvor 0,5 m

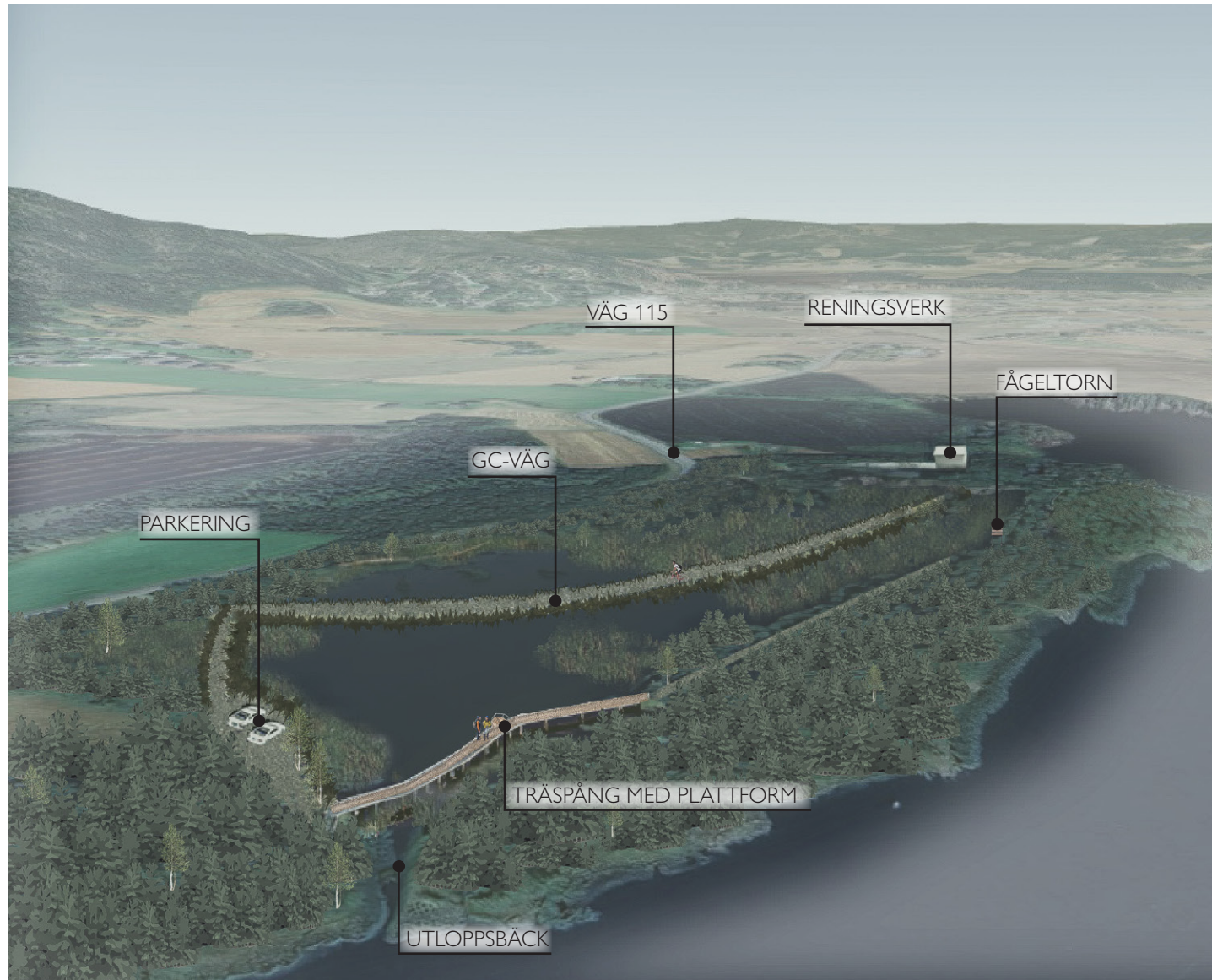


Bilaga 4 –Trosa kretsloppsverk idéskiss, WSP, JTI, WRS, 2009



BJØRKELANGEN SPILLVATTENVÅTMARK

PERSPEKTIVBILD, VY SYDÖST



BAKGRUNDSKARTA © GOOGLE EARTH.

INSPIRATIONSBLIDER



ILLUSTRATION VISAR HUR GÅNG OCH CYKELVÄG KAN SE UT. BILD FRAMTAGEN FÖR GESTALTNINGSPROGRAM BRANDHOLMENS SPILLVATTENVÅTMARK.



INSPIRATIONSBLID TRÄSPÅNG ©UTFORM.



INSPIRATIONSBLID UTLOPPSBÄCK.