

Gnesta kommun

## ► Frösjöns vattenkvalitet

Åtgärder för bättre badvatten vid centrala badplatsen

Uppdragsnummer: 108 20 61 Revision: 3 Datum: 2024-11-12



## Frösjöns vattenkvalitet

Åtgärder för bättre badvattenkvalitet i Frösjön

Uppdragsnummer: 108 20 61 Revision: 1

**Uppdragsgivare:** Gnesta kommun  
**Uppdragsgivarens kontaktperson:** Sandra Holmström (SH)  
**Konsult:** Norconsult Sverige AB, Hjälmaregatan 3, 211 18 Malmö  
**Uppdragsledare:** Jonas Johansson (JJ)  
**Teknikansvariga:** Johanna Pettersson (JP), Malin Törnberg (MT) och Jonas Johansson  
**Granskare:** Josefin Moberg (JM)

Revision	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt
1	2024-06-05	Granskningshandling	JJ och JP	JM	JJ
2	2024-06-14	Version 1	JP	Gnesta kmn (SH)	JJ
3	2024-11-12	Version 2 – Uppdaterat med information angående detaljplan	JP, MT och JJ	Gnesta kmn (Lina Vikström Bergqvist)	JJ

Detta dokument är framtaget av Norconsult som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult. Beställaren har, om inte annat avtalats, endast rätt att använda och kopiera redovisat uppdragsresultat för uppdragets avsedda ändamål.

## Summering

Centralt i Gnesta tätort vid Frösjön öppnade en badplats sommaren 2017. Provtagningar av badvattenkvaliteten har sedan dess visat på återkommande problem med alltför höga bakteriehalter som gjort att badet har fått stänga. Frösjön har även problem med alltför höga halter av näringsämnen. På uppdrag av Gnesta kommun har Norconsult Sverige AB därför utrett möjligheterna att göra åtgärder för att förbättra badvattenkvaliteten vid badplatsen i Frösjön.

Badplatsen är belägen vid utloppet av ett mindre vattendrag (Valasjögraven) vars avrinningsområde huvudsakligen består av tätort och jordbruksmark. Det finns ett flertal möjliga källor till de höga bakteriehalterna men inga konkreta utsläppskällor eller samband har fastställts. Resultat från de provtagningar som gjorts indikerar dock på påverkan från Valasjögraven.

Föreslagna åtgärder för att reducera bakteriehalter har kategoriserats efter "Dagvatten" och "Övergödning", enligt nedan. Även problematiken med spillning från fåglar tas upp översiktligt. Dagvattenåtgärder och tillhörande dagvattenanläggningar förslås placeras kring utloppet från Valasjögraven:

- *En lösning är att förlänga den befintliga styrskärmen och bryggan som den är fäst i idag. Åtgärden bedöms dock inte vara tillräcklig, då ingen minskning av bakteriehalter uppnås utan endast minskar risken för att vatten med höga bakteriehalter når badplatsen.*
- *En annan potentiell åtgärd är att styra utgående vatten från Valsjögraven mot våtmarksområdet norr om Valsjögraven, vilket kan göras med säckar med fyllnadsmaterial, så kallade Rockbags. Våtmarker har generellt sett god förmåga att reducera bakterier i dagvatten. Åtgärden bedöms vara flexibel och kan enkelt avlägsnas om den visar sig ineffektiv, vilket gör att den rekommenderas att prova.*
- *En ytterligare åtgärd som föreslås prioriteras är att styra utgående vatten från Valsjögraven med hjälp av en skärm som skapar en bassäng kring våtmarksområdet i sjön. Skärmen kan antingen hållas upp med en flytanordning eller fästas mot en brygga. Genom att skapa en skärmbassäng av våtmarksområdet kan reduktion av bakterier och föroreningar ske genom avskiljning av partikelbundna och lösta föroreningar. Kombinerat skärmen med flytbryggor kan även trivsamma vistelsemiljöer med rekreativa inslag skapas, vilket ger mervärden till platsen. Åtgärden kräver dock att flytbryggorna delvis anläggs inom fastighet Frönäs 1:1 utanför kommunens mark. Planbestämmelsen inom Frönäs 1:1 för aktuellt område är "öppet vattenområde". Om skärmbassängen ska anläggas med bryggor behöver detaljplanen omprövas. Alternativt behöver skärmbassängen anläggas utan bryggor. Som ytterligare alternativ har även en åtgärd med skärmbassänger endast inom kommunens fastighet tagits fram där planbestämmelsen är "öppet vattenområde där bryggor får anläggas".*

Frösjön är idag övergödd. Möjliga åtgärder kopplat till övergödning innefattar fällning av fosfor med hjälp av en aluminiumbaserad fällningskemikalie samt reduktionsfiske.

- *Fällning av fosfor med hjälp av aluminium i sjöar och kustvatten är en metod för att binda fosfor i sediment och minska internbelastningen. Det bedöms inte vara aktuellt att gå vidare med åtgärden för Frösjön baserat på en samlad bedömning av Frösjöns utseende, åtgärdens effekt, kostnad och miljöpåverkan.*

- *Reduktionsfiske är en åtgärd för att återställa balansen i fisksamhället i en övergödd sjö och för att ta bort bland annat fosfor från systemet. Övergödda sjöar har ofta en obalans i fisksamhället med dominans av vitfisk. Reduktionsfiske är den metod som till en rimlig kostnad bedöms ha en reell möjlighet att relativt snabbt påverka vattenkvaliteten i hela Frösjön i positiv riktning och minska risken för algblomning. Åtgärden har även flera andra nyttor, varför den rekommenderas att gå vidare med.*

Fortsättningsvis föreslås att en dialog tas med leverantör för mer exakt kostnad och optimal utformning vid val av dagvattenåtgärd. Vidare föreslås även att arbete påbörjas med att undersöka möjligheterna att kunna genomföra ett reduktionsfiske i Frösjön.

Avslutningsvis finns det inga garantier för att de åtgärder som föreslås gör att badvattenkvaliteten alltid kommer att vara god vid badplatsen. Det kommer alltid finnas risk för att ogynnsamma förhållanden, varmt väder, låg vattenomsättning, regn på ytor med mycket bakterier, fågelspillning med mera kan leda till att bakteriehalterna blir förhöjda i vattnet vid badplatsen. Med de åtgärder som föreslås bedöms det dock skapas förutsättningar för att risken för att bakteriehalterna ska bli förhöjda minskar, att det ska finnas en större robusthet i systemet och krävas större påverkan innan halterna blir för höga.

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>5</b>
1.1	Bakgrund	5
1.2	Avgränsningar	5
1.3	Klassning av badvattenkvalitet	6
1.4	Bakterier i badvatten	7
1.5	Algblomning i badvatten	7
<b>2</b>	<b>Badplatsen</b>	<b>8</b>
2.1	Placering och omgivning	8
2.2	Valasjögraven	9
2.3	Övriga tillflöden till Frösjön	10
2.4	Provtagning av vattenkvalitet	10
<b>3</b>	<b>Möjliga orsaker till bristande badvattenkvalitet</b>	<b>11</b>
3.1	Dagvatten	11
3.2	Höga halter av näringsämnen	11
3.2.1	Övergödning	11
3.2.2	Internbelastning	12
3.3	Fåglar	13
<b>4</b>	<b>Förslag på åtgärder</b>	<b>15</b>
4.1	Dagvatten	15
4.1.1	Förlängning av befintlig skärm och brygga	15
4.1.2	Styrning mot våtmarksområdet med Rockbags	16
4.1.3	Styrning mot våtmarksområdet med skärmbassäng	19
4.1.4	Anläggning av skärmbassäng i sjön	21
4.2	Övergödning	23
4.2.1	Reduktionsfiske	23
4.2.2	Fällning av fosfor med aluminium	26
4.3	Fåglar	27
<b>5</b>	<b>Slutsatser och rekommendationer</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Referenser</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>Bilaga 1: Sammanställning över föreslagna åtgärder</b>	<b>32</b>

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Vid Frösjön, centralt i Gnesta tätort, öppnade en badplats sommaren 2017. Provtagningar av badvattenkvaliteten har sedan dess visat på återkommande problem med alltför höga bakteriehalter som gjort att badet har fått stänga. Med anledning av det centrala läget, som gör badplatsen till en stor tillgång för boende i Gnesta, är det angeläget att vattenkvaliteten är tillräckligt bra för att badplatsen ska kunna vara öppen. Orsaken till de förhöjda bakteriehalterna i vattnet vid badplatsen är inte fastställd men det finns indikationer på att det handlar om bakterier som har sitt ursprung i fekalier. Det har dock inte hittats något tydligt samband mellan nederbörd och bakteriehalter.

Badplatsen är belägen vid utloppet av ett mindre vattendrag (Valasjögraven) vars avrinningsområde huvudsakligen består av tätort och jordbruksmark. En möjlig källa till bakterierna i badvattnet skulle därför kunna vara bakterier som kommer med det uttrinnande vattnet från Valasjögraven. Bakterier finns i alltid i vattnet i naturliga sjöar och vattendrag och utgör normalt sett ingen risk för badande. Om det hamnar fekaliebakterier i vattnet finns dock risk för att man blir magsjuk om man får i sig vattnet. Fekaliebakterier kan hamna i vattnet om det finns brister i avloppssystemet såsom läckage och felkopplingar eller vid bräddningar när det regnar mycket. Vid regn på hårdgjorda ytor kan även dagvatten föra med sig avföring på marken till dagvattensystemet och vidare ut i sjöar och vattendrag. Även spillning från fåglar, framför allt gäss, skulle kunna vara en möjlig källa till bakterier genom deras spillning. Vid ett platsbesök i maj 2024 gick det att visuellt se att vattenkvaliteten i Valasjögraven var sämre än i Frösjön.

Badvattenkvalitet är dock inte enbart en fråga om halter av bakterier utan höga halter av näringsämnen, som kan orsaka algbloomning, är en annan aspekt. Frösjön har otillfredsställande ekologisk status med avseende på näringsämnen, på grund av problem med övergödning. Den har även dålig status med avseende på alger (växtplankton) som kan orsaka algbloomning. Därför är det även betydelsefullt att ta fram förslag på åtgärder som skulle kunna implementeras för att reducera halterna av näringsämnen i Frösjön.

Med anledning av detta har Gnesta kommun gett Norconsult Sverige AB i uppdrag att utreda möjligheterna att ta fram förslag på åtgärder för att förbättra badvattenkvaliteten vid badplatsen i Frösjön.

## 1.2 Avgränsningar

Vissa avgränsningar har gjorts i utredningen. Det har inte funnits någon information tillgänglig och därför inte gjorts några analyser av hur strömmar och vattenrörelser i Frösjön i anslutning till badplatsen ser ut idag eller kan förändras av de åtgärder som presenteras.

Inte heller har det gjorts beräkningar av hur mycket bakteriehalterna skulle kunna minska av åtgärderna eftersom det beräkningsverktyg som används vid beräkningar av reningseffekter för dagvattenåtgärder (StormTac) inte inkluderar bakterier. Specifika källor till höga bakteriehalter är inte identifierade och åtgärdsförslagen för dagvatten har därför fokuserat på så kallade "end-of-pipe-lösningar" vid Valasjögravens utlopp i Frösjön. Det finns även utlopp för dagvatten, från andra delar av Gnesta tätort, som mynnar i Frösjön söder om badplatsen. Dessa utlopp har dock inte inkluderats i denna utredning eftersom dessa utlopp inte bedömts ha lika stor påverkan på vattenkvaliteten vid badplatsen som Valasjögraven.

Åtgärderna för dagvatten är inte detaljprojekterade inom ramen för detta uppdrag och inte heller har driftskostnader för de olika åtgärderna uppskattats. Det betyder att de praktiska förutsättningarna för åtgärdernas genomförande behöver utredas mer i detalj innan eventuellt genomförande.

### 1.3 Klassning av badvattenkvalitet

Inom EU ska större badplatser registreras som EU-bad och på dessa badplatser kontrolleras badvattnet regelbundet enligt vissa regler. Skyltar som visar kvaliteten på badvattnet ska finnas på alla EU-bad och badvattenkvaliteten klassas från "utmärkt" till "avrådan från att bada" (Figur 1-1). I Sverige ska de badplatser som har mer än 200 badande per dag under badsäsongen registreras som EU-bad och kommunerna har skyldighet att rapportera resultat från provtagningar till Havs- och vattenmyndigheten (Havs och vattenmyndigheten, 2024). Resultaten från provtagningarna återfinns på webbsidan "Badplatsen". Kommuner kan även frivilligt registrera och kontrollera övriga bad vilket innebär att många mindre badplatser också klassas med avseende på badvattenkvalitet.

Vid EU-bad ska vattenprover tas minst 3-4 gånger per badsäsong. Antalet prover varierar beroende av badsäsong, och badsäsongen varierar beroende på vilket län kommunen tillhör. Det finns tre olika badsäsonger i Sverige. Den som varar längst är mellan 21:a juni och 20:e augusti. Den första mätningen görs ofta under juni månad.



Figur 1-1. Skyltar som visar badvattenkvalitet ska sättas upp vid så kallade EU-bad.

Vid provtagning av EU-bad mäts även vattentemperaturen samt en okulär bedömning görs om det är algblomning i vattnet. Genom laboratorieanalys undersöks om vattenprovet innehåller bakterierna *Escherichia coli* (*E. coli*) och intestinala enterokocker. Dessa bakterier är så kallade indikatorbakterier som normalt finns i avföring hos människor och andra varmblodiga djur. Om det är höga halter av dessa bakterier i badvattnet är det ett tecken på att vattnet har förorenats av exempelvis avföring från fåglar, avloppsvatten



eller markavrinning efter regn. Då finns även en stor risk att även andra bakterier, virus eller parasiter som kan orsaka sjukdom finns i vattnet (Havs och vattenmyndigheten, 2024).

## 1.4 Bakterier i badvatten

Bakterier i badvatten och badplatser som får stänga på grund av att halterna av bakterier är alltför höga är ett relativt vanligt fenomen och inget som är unikt för Gnesta och Frösjön. En sökning på internet med orden "badplats" och "bakterier" ger många träffar. Under sommaren 2023 gjordes en sammanställning över antalet stängda badplatser som visade att det vid den aktuella tidpunkten var så många som ett 40-tal badplatser i landet som var stängda (Aftonbladet, 2023). Höga halter av bakterier är ofta förknippat med urbana områden som genererar föroreningar via avrinning på marken som leds till dagvattensystemet eller rinner ytligt till recipienterna.

## 1.5 Algblomning i badvatten

Halter av näringsämnen i sjöar och vattendrag som är högre än det som betraktas som naturligt kallas övergödning. Höga halter av lätt tillgängliga näringsämnen kan gynna växtplankton som svävar fritt i vattenmassan framför större växter vilket kan leda till massförekomst av alger, så kallad algblomning (Figur 1-2). Det är främst vid varma, soliga och lugna förhållanden som algblomning uppträder. Om det är blågröna alger som blommar kan det finnas alggifter i vattnet och rekommendationen kan då vara att avstå från att bada.



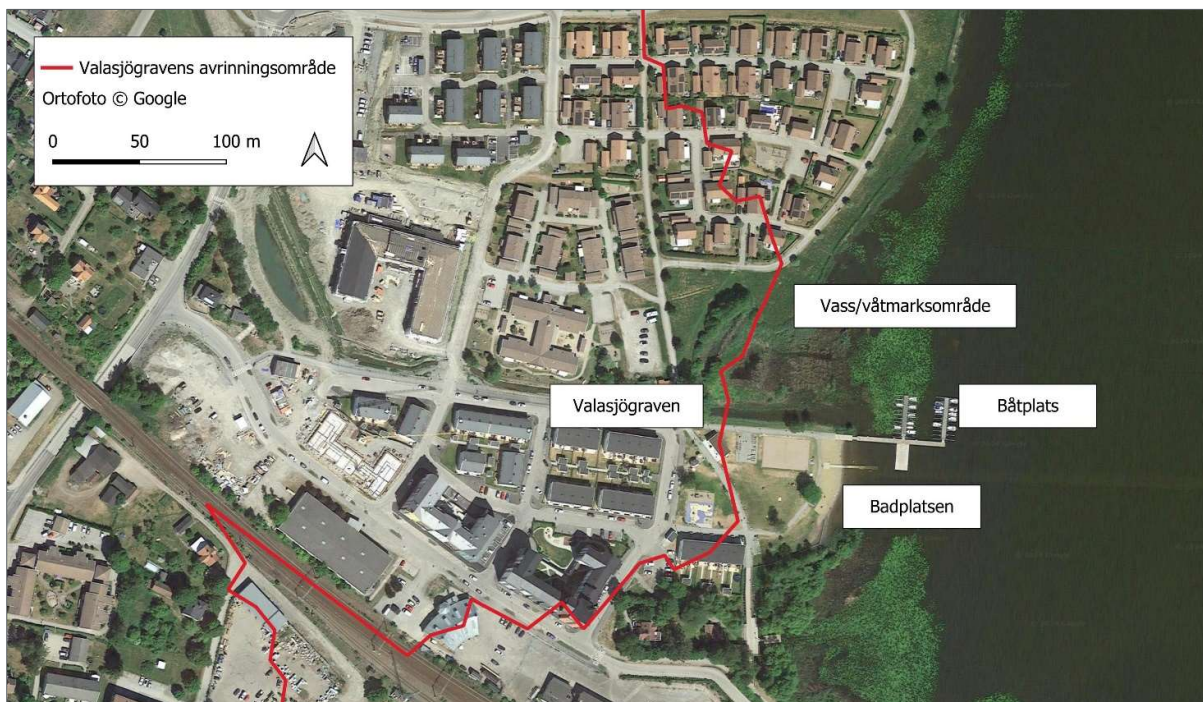
Figur 1-2. Algblomning kan uppkomma i näringsrika vatten framför allt vid lugna och varma förhållanden och kan göra det olämpligt att bada.



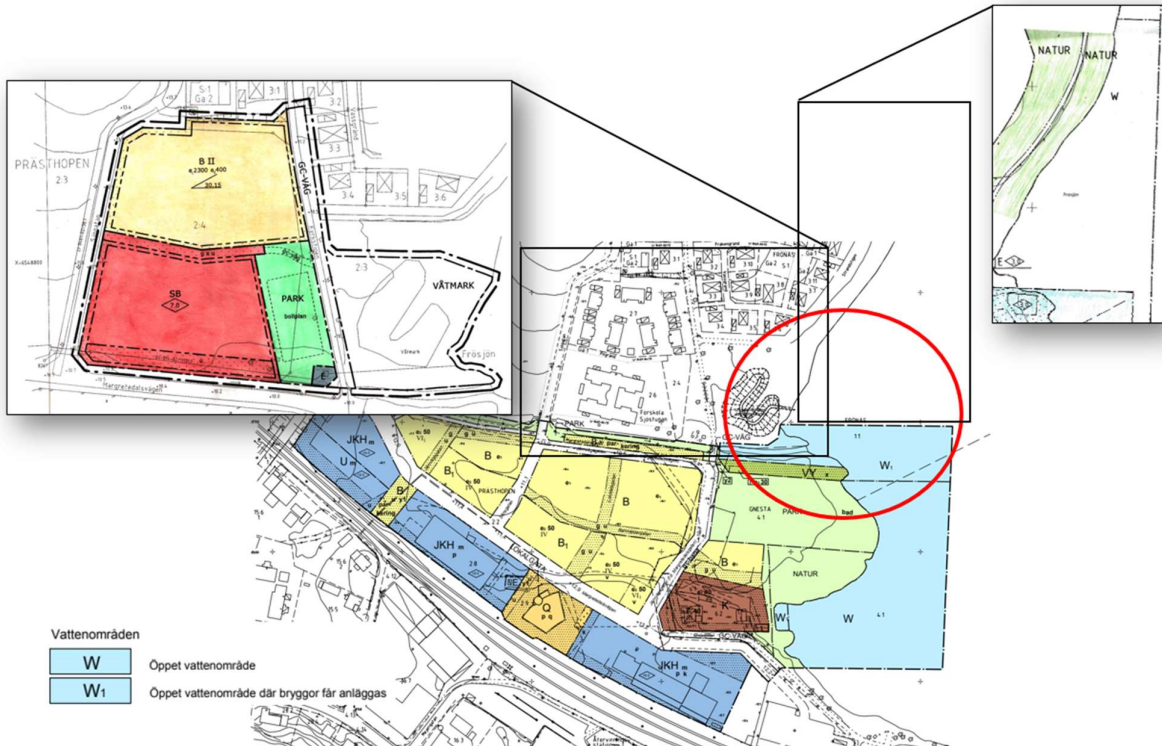
## 2 Badplatsen

### 2.1 Placering och omgivning

Badplatsen ligger i sydvästra delen av Frösjön ganska nära sjöns utlopp till Sigtunaån. Direkt norr om badplatsen mynnar Valasjögraven som är ett mindre vattendrag som bland annat leder dagvatten till Frösjön. Även dagvatten från andra delar av Gnesta tätort rinner ut i Frösjön strax söder om badplatsen. Direkt söder om Valasjögravens mynning finns en badbrygga och på bryggans norra sida finns även två bryggor för småbåtar med ett 40-tal båtplatser (Figur 2-1). Strax norr om Valasjögravens mynning finns ett våtmarksområde i själva Frösjön. I gällande detaljplaner anges "öppet vattenområde", "öppet vattenområde där bryggor får anläggas" samt "våtmark" som planbestämmelser för det berörda området (Figur 2-2)



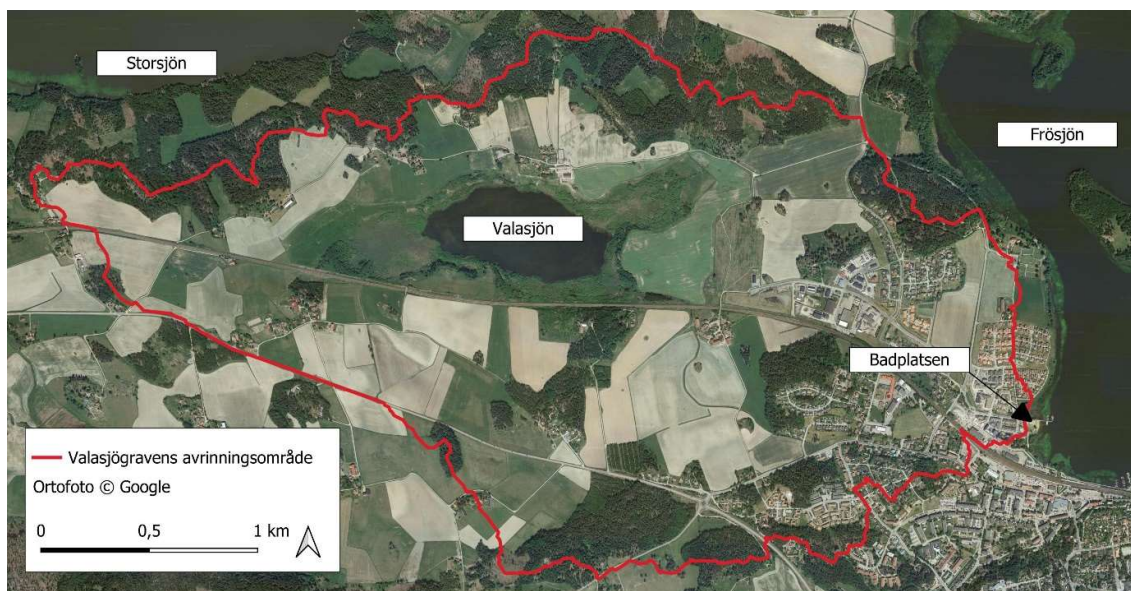
Figur 2-1. Översikt över badplatsen och närområdet.



Figur 2-2. Gällande detaljplaner för området. Aktuellt område markerat med röd cirkel.

## 2.2 Valasjögraven

Valasjögraven har ett cirka 670 hektar stort naturligt avrinningsområde (Figur 2-3) som till stora delar utgörs av åkermark (cirka 42% av ytan), skog (24%) och exploaterade, delvis hårdgjorda, ytor med dagvattenavrinning (10%). Lutningen på vattendraget är liten och på de 500 metrarna närmast Frösjön bedöms vattennivån i Valasjögraven till stor del styras av vattennivån i Frösjön.



Figur 2-3. Valasjögravens avrinningsområde som till stor del består av jordbruksmark och bebyggda ytor.

## 2.3 Övriga tillflöden till Frösjön

Frösjön har även två andra, större tillflöden, ett från Storsjön i nordvästra delen av sjön och ett i nordöstra delen av sjön från sjön Klämningen. Det inflödande vattnet från Storsjön antas flöda övervägande längs den västra sidan av Frösjön medan vattnet från Klämningen huvudsakligen antas flöda längs den östra sidan. Vattenkvaliteten i Storsjön är dålig med höga halter av näringsämnen (VISS - Storsjön, 2024) medan vattnet i Klämningen har relativt god vattenkvalitet och tämligen låga halter av näringsämnen (VISS - Klämningen, 2024). Denna situation medför att badplatsen kan antas påverkas något mer av det näringsrika vattnet från Storsjön än av vattnet från Klämningen.

## 2.4 Provtagning av vattenkvalitet

Provtagning för att kontrollera badvattenkvaliteten, har sedan badplatsens öppnande 2017, utförts enligt kommunens provtagningsprogram. Fyra prov har tagits under badsäsongen (21 juni till 15 augusti). Inom provtagningsprogrammet har indikatorbakterierna *E. coli* och intestinala enterokocker analyseras. Under åren 2020–2022 har halterna överskridit gränsen för ojämnt varvid flera prover tagits i anknäring till tidigare provtillfälle (Gnesta kommun, 2022). För att lokalisera möjliga påverkanskällor och mönster för förhöjda bakteriehalter har prover tagits i omkringliggande vatten samt i dagvattenbrunnar. Resultatet av provtagningen indikerar inte på några tydliga påverkanskällor eller mönster kopplat till nederbörd och säsong. Den 22 september 2022 togs prover på flera platser i Frösjön för att analysera bakteriehalter i övriga delar av sjön. Resultaten av provtagningen visade på förhöjda bakteriehalter vid badplatsen medan halterna var lägre i övriga delar av sjön. Då provtagningen skedde vid ett tillfälle gav detta en momentan bild av situationen och inga långtgående slutsatser kan dras. Provtagning har även utförts inom avrinningsområdet till och vid utloppet för Valasjögraven och resultaten visar på förhöjda halter av bakterier. Strömmar i Frösjön och vindriktningar som skulle kunna påverka bakteriehalter vid badplatsen har inte analyserats.



## 3 Möjliga orsaker till bristande badvattenkvalitet

### 3.1 Dagvatten

Bakterier och föroreningar kan samlas på olika ytor i tätorter och urbana områden. När sedan regnvatten avrinner från hårdgjorda ytor, till exempel vägar, parkeringar och asfalterade ytor kan både bakterier och föroreningar transporteras med det avrinnande dagvattnet via ledningsnätet eller ytligt till recipienterna. Bakterierna i dagvattnet transporteras ofta tillsammans med olika partiklar (suspenderade ämnen) med ursprung i till exempel trafik, slitage av fordonsdelar och vägslitage men även med organiskt material. Partiklarna fungerar som bärare av bakterierna som fäster på dess ytor. Även nedskräpning kan bidra till föroreningar i dagvatten genom att skräp kan dra till sig skadedjur vars spillning kan leda till högre bakteriehalter (Naturvårdsverket, 2017). En trolig källa till de förhöjda bakteriehalterna vid badplatsen är dagvatten från tätorten.

En annan trolig källa skulle kunna vara kringliggande jordbruksmark och djurhållning. En relativt stor del av avrinningsområdet till Valasjögraven består av jordbruksmark. Bakterier från gödslingen inom jordbruket och avföring från djurhållningen skulle kunna spridas till vattnet via ytlig avrinning eller via diken och dräneringar. Det finns dock ingen tillgänglig information som med säkerhet klargör om detta är en källa till bakterier vid badplatsen i Frösjön.

Utöver spridning från markanvändningen kan bakterier spridas via felkopplingar i ledningsnätet eller bräddning av avloppsvatten. Felkopplingar eller inläckage av avloppsvatten till dagvattenledningsnätet är generellt sätt en av de mest betydelsefulla källorna till förhöjda bakteriehalter (Makepeace, Smith, & Stanley, 1995). Uppströms Valasjögraven finns fem pumpstationer som kan brädda avloppsvatten vid höga flöden. En av pumpstationerna är belägen strax intill badplatsen. Från denna pumpstation leds avloppsvatten genom en ledning i sjön vidare till reningsverket. En annan potentiell källa till bakterier skulle kunna vara läckage från sjöledning. Enligt uppgift från beställaren är sjöledningen gammal men den är utrustad med en flödesmätare för att upptäcka eventuellt läckage. Det finns inget i dagsläget som tyder på att ledningen skulle läcka ut avloppsvatten i Frösjön.

Vid utloppet från Valasjögraven finns bryggor för småbåtar. Sedan 2015 är det förbjudet att släppa ut toalettavfall från fritidsbåtar inom hela Sveriges (Boverket, 2024). Båtarna som ligger i Frösjön bedöms dock inte annat än i undantagsfall vara så stora att de har toalett ombord. Risken för att bakterier kommer från båtarnas toaletter bedöms därför som mycket liten. Ett riskmoment med båtarna är dock att motorernas propellrar skulle kunna virvla upp bottensediment. Det uppvirvlade bottensedimentet riskerar att sprida bakterier som sedimenterat tillsammans med partiklar tillbaka till vattnet. För att minska risken för påverkan från båtarna samt utloppet från Valasjögraven har en duk/skärm fästs från bryggan och ner mot sjöbotten.

### 3.2 Höga halter av näringsämnen

#### 3.2.1 Övergödning

Övergödning beror på halter av näringsämnen i sjöar och vattendrag som är högre än det som betraktas som naturligt. Höga halter av lätt tillgängliga näringsämnen kan gynna växtplankton som svävar fritt i vattenmassan framför större kärlväxter vilket i sin tur kan leda till massförekomst så kallad algbloomning, främst vid varma, soliga och lugna förhållanden. Växtplankton gör även vattnet grumligt vilket kan få konsekvenser för ekosystemet i det påverkade vattnet. Det grumliga vattnet gynnar vitfisk som mört och braxen framför rovfiskar som abborre och gädda, vilka till stor del använder synen för att fånga byten. Vitfisk äter även djurplankton, vilka är de organismer som i en sjö som är i ekologisk balans håller växtplankton på

en naturlig nivå. Detta leder till en nedåtgående spiral som förstärker de negativa konsekvenserna av övergödning och leder till en obalans i ekosystemet.

### 3.2.2 Internbelastning

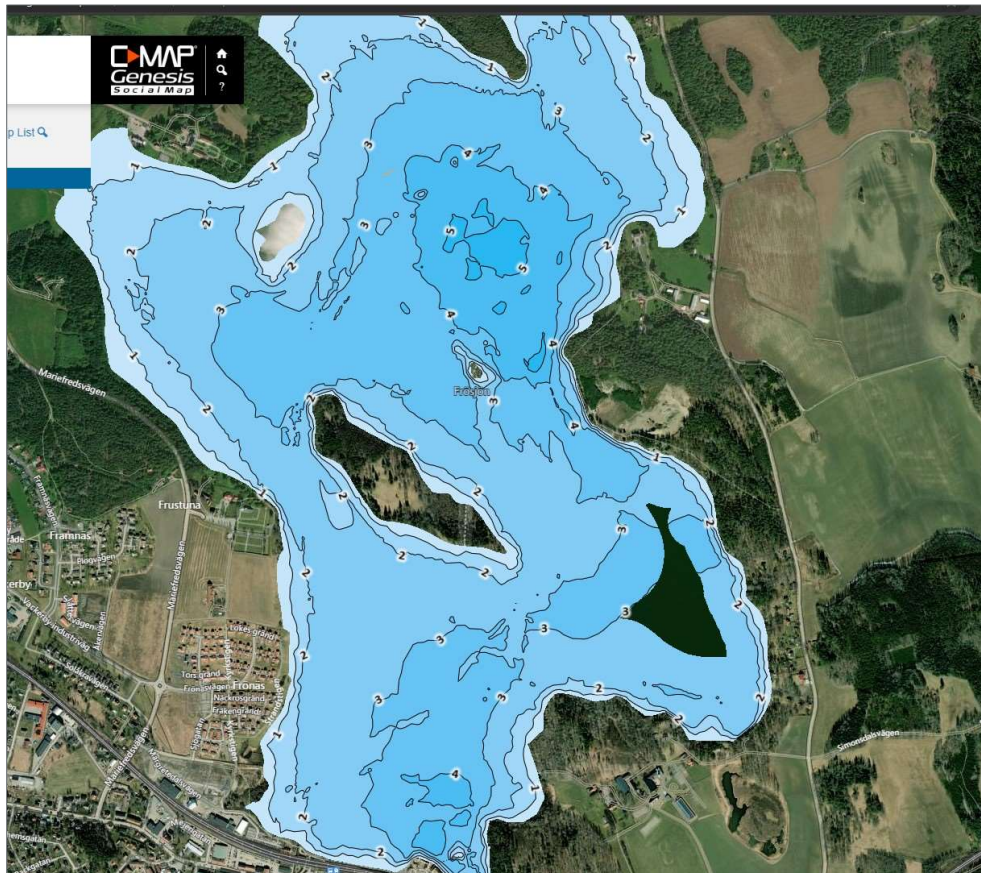
Internbelastningen är inte en extern källa till fosfor utan är den fosfor som rör sig mellan sedimenten på botten av sjön och vattnet. Internbelastning är därmed inte en orsak till, utan en konsekvens av övergödning som beror på att fosfor från källor på land, som exempelvis bristfälligt renat avloppsvatten och avrinning från jordbruksmark, har ansamlats i bottensedimenten över tid. När sedan fosfor frigörs från bottensedimentet under syrefattiga förhållanden uppkommer internbelastning och bidrar med mer tillgänglig fosfor i vattnet. Om det finns syre på ytan av sedimenten binds fosfor in i järnoxid i den översta delen av sedimenten. När det finns lite eller inget syre kan fosfor frigöras från järnoxiden och läcka tillbaka till vattnet. En sjös fysiska form och djup har därför betydelse för hur stor risken är för internbelastning.

Storleken på internbelastningen är svår att avgöra eftersom den varierar beroende på exempelvis mängden av organiskt material, biologisk aktivitet, mineraler, metaller och syre (Östersjöcentrum, Stockholms universitet, 2022). I sjön Norrviken i Stockholmsområdet har dock internbelastningen från sjöns botten undersökts (Naturvatten, 2013). Beräkningarna visade att cirka 60 hektar av sjöns botten under sex meters djup läckte mellan 600 – 700 kg fosfor under en sommar (Naturvatten, 2013). Norrviken är en något mindre sjö än Frösjön men har ungefär dubbelt så stort maxdjup (Tabell 3-1). Djupet är en faktor som påverkar hur stor del av bottenytan som riskerar att utsättas för syrebrist.

Tabell 3-1. Jämförelser av olika parametrar mellan Frösjön och sjön Norrviken utanför Stockholm.

Parameter	Frösjön	Norrviken
Maxdjup (meter)	6	13
Yta (hektar)	346	249
Yta under 6 meters djup (hektar)	0	60

Eftersom Frösjön är en relativt grund vindutsatt sjö utan riktigt tydlig djuphåla (Figur 3-1) bedöms risken för att det ska uppstå temperaturskiktning i sjön och syrebrist vid botten vara begränsad. Temperaturskiktning uppstår lättast i smala djupa sjöar som inte är så utsatta för den omblandning av vattenmassan som vinden bidrar till. I Klämmingen uppstår temperaturskiktning som gör att mindre syre kommer ner till botten och risken för syrebrist ökar. På grund av Frösjöns form och djup bedöms risken för att internbelastning ska vara en stor källa till övergödningproblematiken vara mindre än om sjön haft stora utbredda djupområden och haft en form som gjort den mindre vindkänslig.



Figur 3-1. Djupkarta över Frösjön som visar att djupet inte överstiger sex meter. Källa: C-MAP Genesis - Social Map (genesismaps.com)

### 3.3 Fåglar

Att fåglar, framför allt gäss och svanar, vistas vid badplatser är inte ovanligt. Ett problem med det kan vara att fåglarnas spillning kan leda till förhöjda halter av bakterier i vattnet och försämrade badvattenkvalitet. Vid badplatsen i Frösjön och i badplatsens närhet vistas bland annat grågäss som är en av de vanligaste arterna av gäss i Sverige. Gäss betraktas allmänt som läroaktiga fåglar som kan vara svåra att jaga och som kan vänja sig vid olika skrämselåtgärder (Sveriges lantbruksuniversitet, 2024).

## Frösjöns vattenkvalitet

Åtgärder för bättre badvattenkvalitet i Frösjön  
Uppdragsnummer: 108 20 61 Revision: 1



*Figur 3-2. Grågäss i strandkanten till Frösjön strax norr om badplatsen. Gässens spillning kan vara en källa till höga bakteriehalter i badvattnet.*



## 4 Förslag på åtgärder

### 4.1 Dagvatten

Rening av dagvatten innan utloppet till Frösjön skulle kunna minska belastningen av föroreningar och sannolikt även bakteriehalter i utgående dagvatten. Uppkomsten av bakteriehalterna är, som tidigare nämnts, inte fastställt. Gnesta kommun har låtit utföra provtagning i utloppet från Valasjögraven till Frösjön. Resultat från provtagningen indikerar på påverkan från Valasjögraven. Dock visar resultaten inte på några direkta samband mellan förhöjda bakteriehalter och nederbörd som kan härledas till bräddning av avloppsvatten eller direkta indikationer på felkopplingar i ledningsnätet från närliggande bostadsområden. Däremot leds dagvatten från ett närliggande bostadsområde ut i Valasjögraven via ett bräddutlopp från en pumpstation vars funktion inte uppfylls. Pumpstationens syfte är att pumpa dagvatten till en dagvattendamm men har till följd att konstant inflöde av vatten, även vid torrväder, kopplats ur. Det finns dock inga tydliga identifierade källor till de fröjda bakteriehalterna i Valasjögraven. Möjligheten att göra punktinsatser direkt vid källan bedöms därför inte vara genomförbart i dagsläget. Det har i stället bedöms lämpligt att fokusera på så kallade "end-off-pipe" lösningar vid utloppet från Valasjögraven. Dagvattenåtgärder och anläggningar som bedöms kunna genomföras och ha god effekt redovisas nedan.

#### 4.1.1 Förlängning av befintlig skärm och brygga

Mellan Valasjögravens utlopp och badplatsen löper småbåtshamnens brygga. För att reducera inkommande vatten till badplatsen från Valasjögravens utlopp och småbåtshamnen har en skärm anlagts från bryggan mot sjöbotten (Figur 4-1). Enligt uppgifter från beställaren upptäcktes vid inspektion 2023 att duken släppt från botten vilket kan innebära den inte uppfyller sitt syfte.



Figur 4-1. Befintlig skärm längs bryggan mellan badplatsen och småbåtshamnen. Röd linje visar skärmens längd. Det gula på vattenytan är inte algblooming utan är troligen pollen. Foto: Norconsult Sverige AB.

Åtgärdsförslaget innebär att säkra skärmens funktion genom att åtgärda orsaken till läckage av vatten från Valasjögravens utlopp och småbåtshamnen mot badplatsen. För att ytterligare förhindra inströmning av

vatten mot badplatsen kan skärmen förlängas vidare ut i Frösjön (Figur 4-2). Vattnet från Valasjögraven styrs därigenom längre bort från badplatsen. Denna åtgärd reducerar inte bakteriehalterna i det utgående vattnet men bedöms ändå minska risken för att badvattenkvaliteten ska påverkas negativt. Det finns ingen garanti att åtgärden får avsedd effekt då andra faktorer, exempelvis strömmar i Frösjön, kan påverka inflödet av vatten mot badplatsen. För att minska halterna av bakterier förespråkas därför även rening av vattnet från Valasjögraven. Enligt prisuppgift från leverantör skulle uppskattad kostnad för åtgärden vara cirka 320 000 kr exklusive anläggningskostnad. Kostnaden är baserad på att bryggan och skärmen förlängs med cirka 40 meter.



Figur 4-2. Förslag på förlängning av brygga (i rött) med skärm undertill för att styra vattnet från Valasjögraven längre bort från badplatsen.

#### 4.1.2 Styring mot våtmarksområdet med Rockbags

Norr om Valasjögravens utlopp till Frösjön finns ett grunt område av våtmarkskaraktär med en blandning av vass, våtmarksvegetation och vattenväxter (Figur 4-3). Inom området har två dagvattendammar alternativt en dagvattendamm med försedimenterings- och huvuddamm tidigare anlagts. Till följd av eftersatt underhåll är dagvattendammen delvis igenvuxen och funktionen är osäker. Vid platsbesök kunde ingen tydlig gräns mellan dagvattendammen och våtmarksområdet noteras. Till dagvattendammen avvattnas ett närliggande bostadsområde.



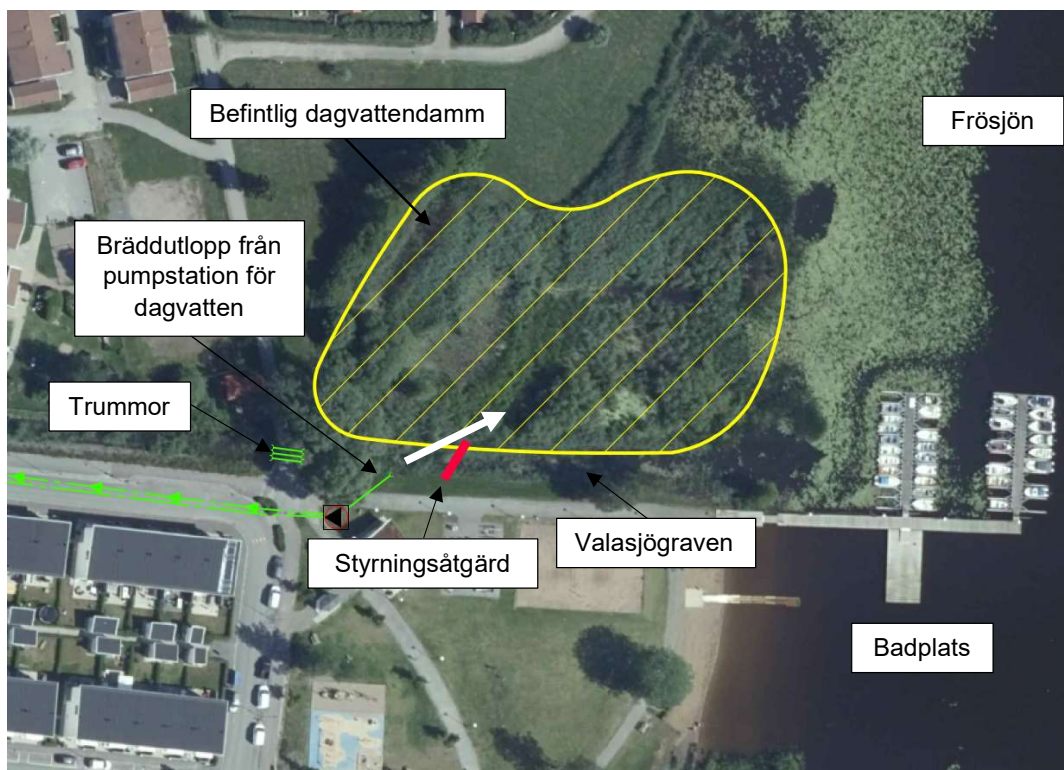


Figur 4-3. Område med våtmarkskaraktär norr om Valasjögravens utlopp till Frösjön. Vit pil visar flödesriktning för utgående vatten.

Inom området med vegetation bedöms det finnas goda naturliga förutsättningar för att reducera bakteriehalter och rena dagvatten. Utgående vatten från Valasjögraven skulle kunna styras mot våtmarksområdet i stället för att ledas rakt ut i Frösjön. Genom att låta vatten passera genom vegetationen kan reningen ske både genom sedimentation samt kemiska och biologiska processer via mikroorganismer. Våtmarker har generellt sett god förmåga att reducera bakterier i dagvatten (Andersson, J.L., Kallner Bastviken, S. & Tonderski, K.S., 2005).

För att god rening ska uppnås är rätt dimensionering i förhållande till inkommande flöde och utformning av våtmarksområdet viktigt. Vattnet ska helst ha en tillräcklig uppehållstid med hög hydraulisk effektivitet där flödet fördelas jämnt över ytan. I det aktuella fallet bedöms fokus vara att nyttja platsen naturliga förutsättningar och den yta som finns tillgänglig. Vegetationen behöver få syresättning och tillgång till organiskt material (Andersson, J.L., Kallner Bastviken, S. & Tonderski, K.S., 2005). Växternas näringsupptag fångar även upp kväve och fosfor. Då näringsämnen kan bidra till att öka bakteriehalterna, innebär en reducering även förbättrade förutsättningar för minskade bakteriehalter.

Föreslagen åtgärd innebär att utgående vattenflöde från Valasjögraven styrs mot våtmarksområdet. Styrningen förslås placeras efter utloppen från befintliga kulvertar och utloppet från pumpstationen för dagvatten (Figur 4-4). Exakt placering av styrningsåtgärden bör utredas närmare i ett senare skede och samordnas med eventuell upprustning av befintliga dagvattendammarna. De befintliga dagvattendammarna bör inte belastas med vatten från Valasjögraven.



Figur 4-4. Förslagen placering av styrningsåtgärd av utgående flöden från Valasjögraven mot våtmarksområdet markerat med gult. Vit pil visar flödesriktning.

Det finns olika typer av styrningsåtgärder för vatten. Initialt föreslås styrningen ske genom utplacering av säckar med fyllnadsmaterial av mindre sten eller sand, så kallade "Rockbags" (Figur 4-5). Genom att fyllnadsmaterialet ligger i kraftiga säckar med lyftöglor kan säckarna enkelt placeras ut och även tas bort. Flexibilitet med styrningsåtgärden gör att den är lätt kan genomföras och vid behov ändras eller tas bort, om effekten på bakteriehalter uteblir eller om dämning av flödet bakåt i system uppstår. Det kan även behövas begränsade utgrävningar för att styra in vatten mot våtmarksområdet och även inom våtmarksområdet, vilket behöver studeras vidare. Kostnaden för anläggandet av rockbags bedöms vara i ca 14 000 kr enligt prisuppgifter från leverantör. Kostnaden kan variera beroende på val av storlek, modell och antal. Rockbags kan även fungera som ett filter för vatten som passerar genom säckarna.



Figur 4-5. Exempel på utformning av så kallade Rockbags. Foto: Tecomatic

För att dimensionera styrningsåtgärden mot våtmarken på ett bra sätt och kontrollera att dämning bakåt i systemet inte sker, rekommenderas utgående flöde och vattennivåer från Valsjögraven samt dagvattenflöden och vattengångsnivåer från bostadsområdet med bräddutlopp till Valsjögraven beräknas och beaktas. Utgående flöde från Valsjögraven passerar trummorna under korsande GC-bana vid utloppet, se Figur 4-4. Under GC-banan ligger en trumma av okänd dimension. Ovan trumman ligger två plastkulvertar, Ø500 mm, som fungerar som bräddanordning vid höga flöden. Vid platsbesök var de två plastkulvertarna fyllda till hälften trots att flödet i Valsjögraven var lågt.

### 4.1.3 Styrning mot våtmarksområdet med skärmbassäng

En annan åtgärd är att anlägga en skärm i nordöstlig riktning så att en bassäng skapas (Figur 4-6). Skärmen föreslås bli cirka 125 m lång och anläggas med anslutning mot befintligt bostadsområde. Skärmen kan antingen hållas upp med en flytanordning eller fästas mot en brygga. Vidare behöver skärmen förses med sänken som håller fast den mot botten. Anläggs skärmen med en brygga samt en anslutning mot befintligt bostadsområde, kan den även nyttjas som ett rekreativt gångstråk. Skärmbassängen avleder utgående vatten från Valsjögraven till våtmarksområdet. Skärmbassängens utlopp placeras på den norra sidan så att vattnet leds genom våtmarksområdet. Utloppet hamnar då längre bort från badplatsen.

Som nämndes i avsnitt 2.1 är planbestämmelsen för området "öppet vattenområde", "öppet vattenområde där bryggor får anläggas" samt "våtmark". Om skärmbassäng med brygga ska anläggas behöver detaljplanen omprövas alternativt behöver skärmbassängen anläggas utan bryggor.

Enligt uppgift från en leverantör ligger priset för skärmbassäng utan brygga på cirka 1 700 kr/m och med brygga på cirka 8 000 kr/m (Tabell 2).



## Frösjöns vattenkvalitet

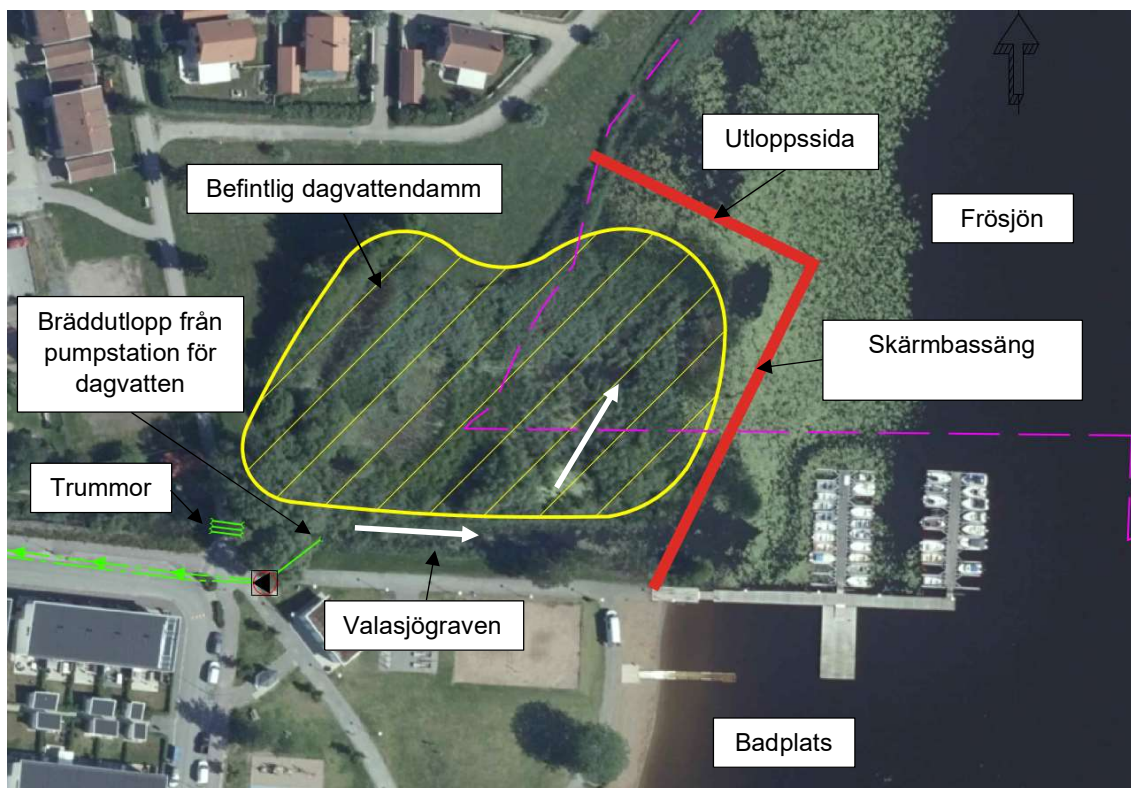
Åtgärder för bättre badvattenkvalitet i Frösjön  
Uppdragsnummer: 108 20 61 Revision: 1

Tabell 2. Kostnadsuppskattning för skärmbassäng med eller utan bryggor. Prisuppgift från leverantör (maj, 2024).

Skärmbassäng	Å-pris per m (kr)*	Längd (m)	Totalpris (kr)
Med brygga	8 000	125	1 000 000
Utan brygga	1 700	125	212 500

\*exklusive anläggningskostnad

Bryggans föreslagna placering är delvis utanför kommunens mark. En förutsättning för att kunna anlägga föreslagen åtgärd är således att få tillåtelse att göra åtgärden på fastigheten Frönäs 1:1.



Figur 4-6. Valasjögravens utlopp till Frösjön. Våtmarksområdet är markerat med streckad gul markering. Dragning av brygga inklusive skärm i rött. Fastighetsgräns är markerad med lila streckad linje. Vita pilar visar flödesriktning genom skärmbassängen.

Fördelen med att anlägga en skärm i recipienten i stället för att leda om utgående flöden via en styrningsåtgärd är att risken för att dämna upp flöden bakåt i systemet bedöms minska. De nya bryggorna kan även skapa reaktiva värden och tar ingen mark i anspråk då anläggningen görs i recipienten vilket gör åtgärden blir platseffektiv. Beroende på placering kan hänsyn behöva tas till den sjöledning som leder spillvatten från en närliggande pumpstation genom Frösjön till reningsverket, se Avsnitt 3.1.

Avskiljningen av bakterier i skärmbassänger sker främst genom sedimentation av partikelbundna föroreningar på vilka bakterierna fäster (Stockholm Vatten och Avfall, 2024). För att få goda sedimentationsförhållanden och reningseffekt i skärmbassängen är utformningen viktig. Framför allt påverkar längd/breddförhållandet den hydrauliska effektiviteten och sedimentationsförhållandena i bassängen. Det är även viktigt att kontrollera att skärmarna är fasta ordentligt. Vid bra utformning kan reningseffekter av partikelbundna föroreningar likt en normal dagvattendamm uppnås. Däremot har skärmbassänger generellt inte samma

avskiljningsförmåga för lösta föroreningar. För att öka reningen av lösta föroreningar ska skärmbassängen utformas med våtmarksliknande egenskaper så som grundare zoner med vegetation (Larm & Blecken, 2019). Genom att kombinera skärmbassängen med våtmarksområdet kan bakterier och föroreningar reduceras både genom avskiljning av partikelbundna och lösta föroreningar.

Skärmbassänger kan utformas för att även ge rekreativa värden. Skärmar fästa i bryggor kan skapa trevliga gångstråk och vistelsemiljöer och inslag av våtmarksöar eller vegetationszoner kan öka trivselen ytterligare (Figur 4-7).



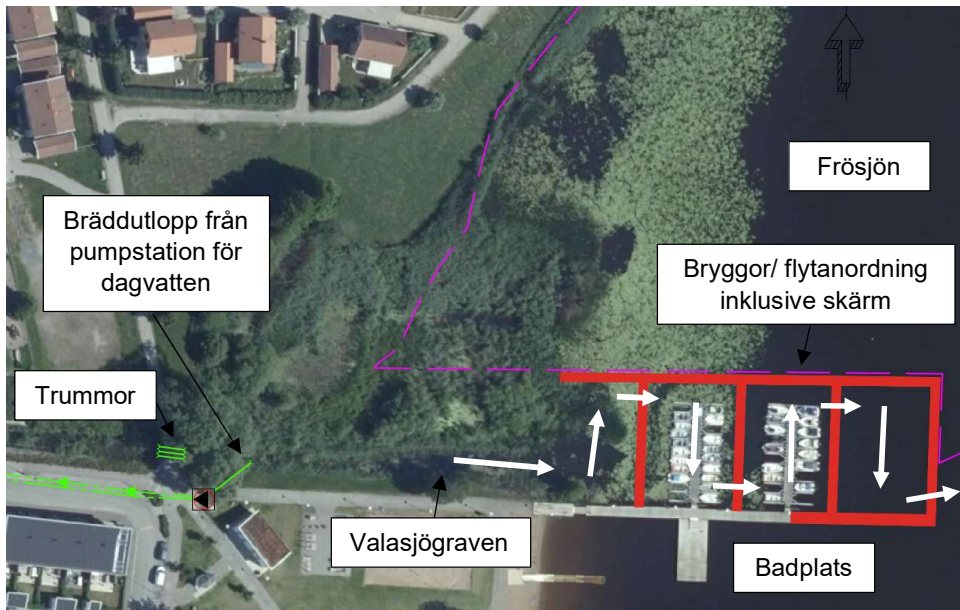
Figur 4-7. Exempel på skärmbassänger med flytbryggor i Järlasjön, Nacka som kan användas som reaktiva miljöer (Teomatic, 2024).

### 4.1.4 Anläggning av skärmbassäng i sjön

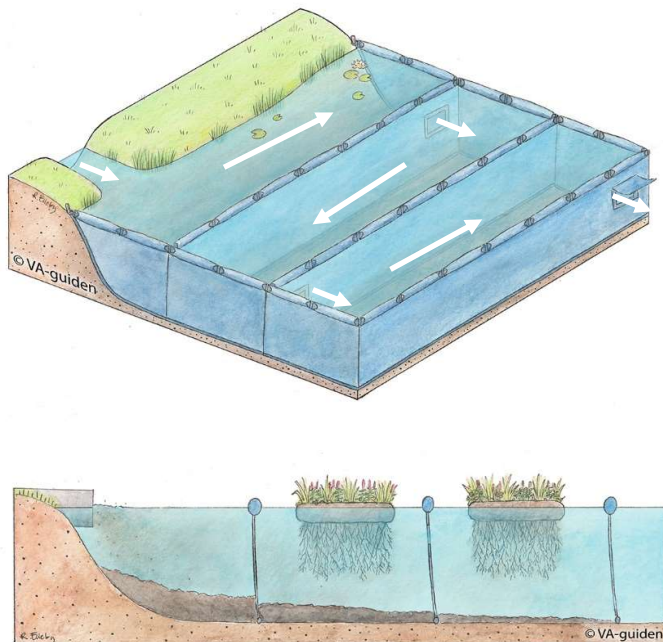
Om förutsättningen är att skärmbassängen måste anläggas enbart på kommunens mark föreslås en åtgärd med skärmbassänger genomföras i anslutning mot befintlig brygga. Skärmbassängen föreslås då anläggas i sektioner med flytanordning eller bryggor för att skapa goda sedimentationsförhållanden och reningseffekt av partikelbundna föroreningar. Skärmbassängen hamnar dock i detta fall i konflikt med småbåtshamnen. Enligt prisuppgift från leverantör skulle uppskattad kostnad för åtgärden vara cirka 400 000–600 000 kr exklusive anläggningskostnad beroende på om skärmarna anläggs med flytanordning eller bryggor. Kostnaden beror även på längden på skärmbassängen och antal sektioner.

Då föreslagen skärmbassäng inte leds genom våtmarksområdet föreslås grundare zoner med vegetation skapas för att öka reningen av lösta föroreningar (Larm & Blecken, 2019). Det går även att anlägga flytande våtmarksöar i bassängen som bidrar med rening och reaktiva värden (Figur 4-8). Flytande våtmarksöar ökar skärmbassängens förmåga att avskilja lösta föroreningar. Flytande våtmarksöar med vegetation som har rötterna i direktkontakt med vattnet tar upp näring (Tanner & Headley, 2011). Kring rötterna bildas en biofilm av mikroorganismer som via mikrobiologisk aktivitet tar upp näringsämnen, gifter, tungmetaller och bekämpningsmedel (Chang, Islam, & Wanielista, 2012). De hängande rötterna bromsar dessutom upp vattenflödet vilket bidrar till att finare partiklar kan sedimentera (Larm & Blecken, 2019). I figur 4-9 redovisas principskisser på skärmbassänger med flera sektioner och inslag av våtmarksöar.





Figur 4-8. Föreslagen skärmbassäng med bryggor/flytanordningar inklusive skärm i rött. Fastighetsgräns är markerad med lila streckad linje. Vita pilar visar flödesriktning.



Figur 4-9. Principbilder av skärmbassänger med öppet inlopp och flytande våtmarksöar (VA-guiden, 2024). Vita pilar visar flödesriktning.

## 4.2 Övergödning

### 4.2.1 Reduktionsfiske

Frösjön är idag övergödd, det vill säga sjön har högre näringshalter mot vad den borde ha sett till referens-tillståndet. Övergödda sjöar har ofta en obalans i fisksamhället med dominans av vitfisk såsom mört och braxen framför rovfisk som abborre, gädda och gös. Hur situationen ser ut beträffande fisksamhället i Frösjön är inte helt klarlagt. Det har dock gjorts provfiske i sjön 1996, 2002 och 2007. Resultaten från dessa visar på ett tämligen normalt resultat för en övergödd sjö, det vill säga alltför stor biomassa av vitfisk. Den ekologiska statusen i Frösjön är trots det klassad som god vilket baseras på resultaten från provfisket som genomfördes 2002. Klassningen ligger dock nära gränsen till måttlig status och det bedöms vara risk för att fisksamhället i Frösjön inte har god ekologisk status idag. Näringshalter och problem med övergödning indikerar att Frösjön även skulle kunna ha problem med obalans i fisksamhället.

För att återställa balansen i fisksamhället i en övergödd sjö och för att ta bort fosfor från systemet kan man genomföra reduktionsfiske. Reduktionsfiske betraktas idag allmänt som kanske den mest kostnadseffektiva åtgärden för att förbättra ekologisk status i en övergödd sjö med obalans i fisksamhället i form av dominans av vitfisk såsom mört och braxen. Syftet med reduktionsfiske är att förbättra vattenkvalitet och balansen i fisksamhället genom att ta bort så mycket mört och braxen som möjligt på så kort tid som möjligt. Vitfisk innehåller cirka 0,75% fosfor (Iho, 2016) så genom att ta bort fisk från sjön tar man även bort fosfor. Teorin bakom reduktionsfiske bygger på hur näringskedjan påverkas i en övergödd sjö där för mycket näring leder till ökad tillväxt av planktonalger. Ökad tillväxt av planktonalger leder till grumligare vatten och minskad undervattensvegetation, vilket i sin tur gynnar fiskar som inte är så beroende av synen för att finna föda som till exempel mört och braxen framför rovfisk som abborre, gädda och gös. Detta sätter i gång en nedåtgående spiral med ännu sämre vattenkvalitet och ännu större obalans i fisksamhället som följd. Till slut når man ett stadium med kraftig dominans av vitfisk, återkommande algblomningar, sparsam undervattensvegetation och många magra fiskar med dålig kondition. Tas vitfisk bort från systemet kan man vända spiralen åt andra hållet, siktdjupet kan bli bättre, abborre och gädda gynnas, kvarvarande individer av mört och braxen får bättre kondition och undervattensvegetation kan etablera sig och komma tillbaka (Klara Vatten Sverige AB, 2019). Mekanismerna är självförstärkande åt båda hållen, får man i gång en positiv spiral kan den positiva utvecklingen förstärka sig själv.

Själva fisket bedrivs under höst och vinter med stora notar som långsamt först vallar fisken framför nätet som sedan sluts runt ett fiskstim som har lokaliserats med hjälp av ekolod. Noten sluts med hjälp av två flottar och fisken stängs in i en säck där den förvaras tills den hävas upp i en båt (Figur 4-10 och 4-11). Notfisket kan även kompletteras med fasta redskap under våren som framför allt är riktat mot lekande braxen. De fasta redskapen utgörs av armar med nät som leder fisken in till ett fiskhus där fisken står tills det är dags att tömma det (Figur 4-12). Båda metoderna är mycket skonsamma mot den rovfisk som fångas och som alltid släpps tillbaka till vattnet. Den fisk som tas upp kan till exempel bli biogas.



Figur 4-10. Reduktionsfiske med not är en stillsam metod som är skonsam mot den rovfisk som ska återutsättas. Foto: Jonas Johansson

Nyttan med reduktionsfiske bedöms vara god. 2018–2019 genomfördes ett fullskaligt reduktionsfiske i Sövdesjön utanför Sjöbo i Skåne. I Sövdesjön togs det totalt sett upp cirka 105 ton vitfisk under reduktionsfisket. Sett till fiskens innehåll av fosfor motsvarade det knappt 800 kg fosfor som togs bort från sjön (Klara Vatten Sverige AB, 2019). Det kan vara rimligt att anta att ungefär samma mängd fisk kan fångas i Frösjön. Skulle till exempel 100 ton vitfisk tas upp ur Frösjön skulle det medföra att cirka 750 kg fosfor skulle tas bort från systemet. Skulle fisket gå sämre och 50 ton fisk tas upp skulle det motsvara cirka 375 kg fosfor. Reduktionsfiske har även flera andra nyttor såsom att det kan leda till generellt sett bättre vattenkvalitet, bättre siktdjup, sänkta näringshalter, mindre risk för algbloomning, bättre kondition på kvarvarande fisk och att rovfisk som abborre, gädda och gös gynnas framför vitfisk som braxen och mört.

Sövdesjön är en typisk skånsk slättsjö med höga näringshalter, lågt siktdjup, återkommande algbloomning och, innan reduktionsfisket genomfördes, obalans i fiskesamhället med stor dominans av framför allt småvuxen braxen och mört. Sövdesjön är cirka 2,7 km<sup>2</sup> stor vilket kan jämföras med Frösjöns knappa 3,5 km<sup>2</sup>. Kostnaderna för att genomföra det fullskaliga reduktionsfisket i Sövdesjön uppgick till cirka 770 000 kr (Klara Vatten Sverige AB, 2019). Eftersom Frösjön är större och med hänsyn till den allmänna prisutvecklingen de senaste åren bedöms därför ett fullskaligt reduktionsfiske i Frösjön kosta cirka en miljon kronor att genomföra.

Genomförbarheten för åtgärden bedöms vara god under förutsättning att fiskerättsägarna godkänner åtgärden. När det gäller rådighet beträffande hur fisket får bedrivas i en sjö är det fiskerättsinnehavarna som har den rådigheten. Kommunen har som vattenägare i allmänhet fiskerätt och del i rådigheten om hur fisket får bedrivas. För att få genomföra ett reduktionsfiske i en hel sjö krävs att fiskerättsägarna godkänner att åtgärden genomförs. Gnesta kommun har således inte egen rådighet över åtgärdens genomförande.





Figur 4-11. Både vid fiske med not och fasta redskap samlas fisken upp i en båt för transport vidare till land. Foto: Jonas Johansson



Figur 4-12. Vid reduktionsfiske med fasta redskap leds fisken via nätarmar till ett fiskhus som töms med jämna mellanrum. Foto: Jonas Johansson

## 4.2.2 Fällning av fosfor med aluminium

Fällning av fosfor med aluminium i sjöar och kustvatten är en metod för att binda fosfor i sediment och minska internbelastningen. Åtgärden tillämpas framför allt på sjöar som har haft en historiskt sett hög belastning av fosfor som idag utgör en betydande påverkanskälla genom intern belastning från sedimenten. Fällning är endast aktuell på de bottnar som ligger så djupt att syrebrist kan uppstå och därmed lösa upp bindningen mellan järn och fosfor som vid syrerika förhållanden binder fosfor till sedimentet. Syrebristen i sig är ofta en effekt av övergödning. Åtgärden bidrar dock inte till att föra bort fosfor från systemet vilket är en nackdel med åtgärden.

Aluminiumbehandlingen utförs vanligen med en specialbyggd båt som med en bom försedd med styva slangar som injicerar aluminiumkloridlösning i bottensedimentets översta lager. Vid en behandling av Björnöfjärden i Stockholms skärgård användes aluminiumdosen 50 g aluminium/m<sup>2</sup> vilket motsvarande en tillsats av cirka 36 ton aluminium (Kumblad, L. och E., Rydin, 2018). Den aluminiumlösning som användes i Björnöfjärden är av samma typ som används vid framställning av dricksvatten (Kumblad, L. och E., Rydin, 2018).

Framställning av aluminium är mycket energikrävande och metoden är således dålig ur klimatsynpunkt eftersom det går åt så mycket aluminium. Koldioxidutsläppen vid framställningen aluminium är beroende av hur den el som används vid produktionen framställs. Ungefär 1 000 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenter släpps ut per ton producerat återvunnet aluminium medan det släpps ut upp till 21 000 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenter om primärt aluminium framställs i Indien med en smutsig elmix (Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser, 2018).

Metoden har testats på flera platser och kan idag anses vara allmänt vedertagen. Närliggande exempel på platser där metoden använts är Björnöfjärden (Kumblad, L. och E., Rydin, 2018) och i sjön Norrviken (Sollentuna kommun, Upplands Väsby kommun och Länsstyrelsen i Stockholms län, 2022). Metoden har även använts i Växjösjön (Synlab, 2020). Resultaten av aluminiumbehandlingen bedöms allmänt vara goda. I Björnöfjärden (Kumblad, L. och E., Rydin, 2018) och i Växjösjön (Synlab, 2020) halverades fosforhalterna i vattnet. Resultaten i Norrviken var inte lika goda även om halterna av fosfor i vattnet sjönk även där, om än inte i lika stor utsträckning (Sollentuna kommun, Upplands Väsby kommun och Länsstyrelsen i Stockholms län, 2022).

Slutsatserna är att aluminiumbehandling av djupare, syrefria, områden är ett effektivt sätt att minska intern fosforbelastning. Minskat läckage av fosfor från sedimenten på botten av en vik har betydelse även i ett större perspektiv då exporten av fosfor till områden nedströms det behandlade området minskar (Kumblad, L. och E., Rydin, 2018).

Kostnaderna per behandlad kvadratkilometer uppgick till cirka 11 miljoner kr i Björnöfjärden inklusive behandling, metodutveckling, förstudier och uppföljning (Kumblad, L. och E., Rydin, 2018). För Norrviken uppgick kostnaderna till knappt 8,8 miljoner kr per kvadratkilometer (Sollentuna kommun, Upplands Väsby kommun och Länsstyrelsen i Stockholms län, 2022). I Norrviken gick det åt knappt 66 ton aluminium per kvadratkilometer och i Björnöfjärden cirka 49 ton per kvadratkilometer.



Figur 4-13. Aluminiumbehandling av sjöbotten från specialbyggd båt. Foto: Sollentuna kommun

### 4.3 Fåglar

En åtgärd mot fåglar, bland allt gäss, är att försöka skrämma dem. Sveriges lantbruksuniversitet har information om olika metoder för att skrämma fåglar. Bland metoderna märks gasolkanoner, olika typer av ballonger, flygande drakar, flaggor och människofigurer (Sveriges lantbruksuniversitet, 2024). Gäss är dock läroaktiga och kan vänja sig vid skrämsemetoder, vilket är viktigt att tänka på. Ofta ger skrämsemetoderna endast effekt i några dagar (upp till en vecka), och sedan får man flytta eller byta ut metoden. Det är därför också viktigt att ta bort skrämseutrustning när behovet inte längre finns för att inte skapa tillvänjning till skrämseeln (Sveriges lantbruksuniversitet, 2024).

En annan åtgärd för att bli av med gäss är jakt. Den allmänna jakttiden för grågås i Södermanland är 11-augusti till 31 januari (Svenska Jägareförbundet, 2024). I de fall man utfört skrämse utan framgång och problemen uppkommer utanför allmän jakttid har man möjlighet att ansöka om tillstånd till skyddsjakt hos Länsstyrelsen vilket kan beviljas om det finns risk för till exempel människors hälsa (Länsstyrelsen i Södermanlands län, 2024). Erfarenheter av jakt har visat på god skrämseffekt och att skrämseffekten varar längst om jakten pågår flera dagar i sträck. Ett syfte med skyddsjakt är att effektiviteten av övriga skrämseåtgärder ska öka. För att få större skrämseffekt av jakt är det även bra om man kan få fåglarna att förknippa ett föremål som används vid jakten med fara. Man har till exempel, med framgång, jagat grågäss från kamouflagenät vid sjön Tåkern i Östergötland och sedan haft som skrämseåtgärd att bara sätta ut kamouflagenätet på fälten (Sveriges lantbruksuniversitet, 2024).

## 5 Slutsatser och rekommendationer

Fällning av fosfor med aluminium bedöms inte vara en metod som man bör gå vidare med för Frösjön. Det beror framför allt på att Frösjöns låga djup och form kan göra att syrebrist i bottenvattnet inte är en betydande faktor. Metoden är även dyr, har förhållandevis stor klimatpåverkan samt är inte direkt positiv för ekosystemet i sjön på samma sätt som reduktionsfiske.

Reduktionsfiske är den metod som till en rimlig kostnad som bedöms ha en reell möjlighet att relativt snabbt påverka vattenkvaliteten i hela Frösjön i positiv riktning och minska risken för algbloomning. Sannolikt kommer det att ställas krav på att genomföra någon form av skyddsåtgärd för Frösjön i samband med att tillståndet för vattenuttag i Klämningen genomförs. Reduktionsfiske kan vara en sådan åtgärd och kan därför vara en åtgärd som bidrar till att lösa flera olika problem samtidigt. Åtgärden har även flera andra nyttor såsom att fisket kan bli bättre i sjön, den fisk som tas upp kan användas till biogas och att balansen i ekosystemet överlag i sjön förbättras.

Utav de föreslagna dagvattenåtgärderna för att minska risken för höga bakteriehalter i badvattnet föreslås som en första enkel åtgärd alternativet att styra om flödet från Valsjögravens utlopp med rockbags till våtmarksområdet norr om Valsjögraven. Åtgärdens flexibilitet gör det relativt lätt att testa och utvärdera effekterna och enkelt att ta bort säckarna om effekten uteblir eller problem uppstår. Förslagsvis kan åtgärden testas under en badsäsong när kontinuerlig provtagning sker för att efter badsäsongens slut utvärderas.

Att förlänga befintlig brygga och skärm föreslås inte prioriteras i första hand. Framför allt eftersom åtgärden inte ger någon minskning av bakteriehalter utan endast minskar risken för att vatten med höga bakteriehalter når badplatsen direkt från Valasjögravens utlopp.

Avledning mot våtmarksområdet i sjön med skärmar som bildar en skärmbassäng av våtmarksområdet föreslås som den primära, mer omfattande, åtgärden att satsa på. Genom att skapa en skärmbassäng av våtmarksområdet kan reduktion av bakterier och föroreningar ske både genom avskiljning av partikelbundna och lösta föroreningar. Åtgärden är den som bedöms få störst effekt på bakteriehalterna. Den är också utrymmeseffektiv då den anläggs i Frösjön och behöver inte ta någon mark i anspråk.

Om detaljplanen tillåter kan flytbryggor i kombination med skärmarna kan även skapa trivsamma vistelsemiljöer med rekreativa inslag, som en förlängning av den befintliga strandpromenaden, vilket ger mervärden. Åtgärden kräver dock att flytbryggorna delvis anläggs inom fastigheten Frönäs 1:1 som enligt gällande planbestämmelse anges som "öppet vattenområde". Om skärmbassängen ska anläggas med bryggor behöver detaljplanen omprövas. Alternativt behöver skärmbassängen anläggas utan bryggor. Även en dialog med fastighetsägaren behöver tas för att komma fram till en överenskommelse om rådighet över vattenområdet.

Båtplatsernas placering direkt vid badplatsen kan komma att behöva ses över. För alternativen med skärmar och skärmbassänger bedöms båtplatserna inte kunna vara kvar på befintlig plats medan det bedöms om möjligt vid alternativet med Rockbags. Vid alternativet med förlängning av befintlig brygga bedöms båtarna kunna skapa vattenrörelser som skulle kunna öka risken för att vatten med höga bakteriehalter når badplatsen. Vid alternativet med skärmbassäng i sjön längs med befintlig brygga, vilket dock inte rekommenderas, finns det inte längre utrymme för båtarna. För reduktionsfisket har båtplatsernas nuvarande läge ingen påverkan på åtgärdens genomförande eller effekterna av åtgärden.

Enligt prisuppgift från leverantör skulle den mest kostnadseffektiva lösningen vara styrningsåtgärd med rockbags. Kostnaden uppgår till cirka 14 000 kr beroende på val av storlek, modell och antal rockbags. Rockbagsens kostnadseffektivitet styrker motivet till att testa denna åtgärd. Att anlägga en skärmbassäng med skärmar och bryggor är mer kostsamt men åtgärden bedöms ha god möjlighet att reducera bakterier. Dessutom kan skärmbassängen bidra mervärden som rekreation, om de anläggs med bryggor, samt rening



av föroreningar. Enligt prisuppgift från leverantör skulle en skärmbassäng som anläggs med brygga med en längd på 125 meter kosta cirka 1 000 000 kr, exklusive anläggningskostnad. Anläggs skärmbassängen med brygga uppgår kostnaden till cirka 212 500 kr, exklusive anläggningskostnad.

Alla åtgärder med skärmbassänger, rockbags och bryggor bedöms behöva anmälas som vattenverksamhet till Länsstyrelsen, och möjligen även behöva dispens från strandskyddet, för att kunna genomföras. Reduktionsfisket bedöms kunna utföras efter överenskommelse med fiskevårdsområdet och inte behöva någon annan form av tillstånd eftersom det bedöms vara fiskerättsinnehavarna som avgör hur fisket i sjön ska bedrivas. Fällning av fosfor med aluminium bedöms kräva tillstånd från Mark- och miljödomstolen för att få genomföras. Eftersom åtgärden inte rekommenderas blir det dock inte aktuellt.

Inom ramen för utredningen har möjligheten att genomföra mer omfattande provtagning inte lyfts som ett alternativ. En mer omfattande provtagning kan utföras för att identifiera möjliga påverkanskällor och skulle som exempel kunna genomföras genom att prover tas både vid potentiella påverakanskällor samt vid badplatsen. Kostanden för provtagning bör ställas i relation till nyttan av resultaten. Även vid ett mer omfattande provtagningsprogram finns ingen garanti att en tydlig påverkanskälla identifieras.

Beträffande fåglar rekommenderas att kommunen testat en del av de skrämseletåtgärder som Sveriges lantbruksuniversitet föreslår. Åtgärderna föreslås sättas in framför allt i direkt anslutning till badplatsen och särskilt betonas vikten av att byta skrämseletmetod med oregelbundna mellanrum.

Vidare rekommenderas att funktionen hos den pumpstation som ska pumpa dagvatten från bostadsområdet väster om badplatsen till en dagvattendamm längre uppströms säkerställs. Detta då pumpstationen idag kopplats ur eftersom den ständigt tar in vatten, även vid torr väderlek. Således leds orenat dagvatten från bostadsområdet ut i Frösjön nära badplatsen.

Sammanfattningsvis rekommenderas att antingen först testa åtgärden med rockbags och utvärdera effekten alternativt att direkt satsa på åtgärden med skärmbassäng kring våtmarks-området i sjön. Oavsett val av åtgärd behöver kontakt tas med en leverantör som kan detaljprojektera samt räkna på lösningar och optimal utformning av åtgärden. Vidare föreslås även att arbete påbörjas med att undersöka möjligheterna att kunna genomföra ett reduktionsfiske i Frösjön. Detta bedöms även vara till nytta för processen med tillstånd för råvattenuttaget i Klämmingen.

Avslutningsvis finns det inga garantier för att de åtgärder som föreslås gör att badvattenkvaliteten alltid kommer att vara god vid badplatsen. Det kommer även fortsättningsvis finnas risk för att ogynnsamma förhållanden, varmt väder, låg vattenomsättning, regn på ytor med mycket bakterier, fågelspillning med mera kan leda till algblomning och att bakteriehalterna blir förhöjda i vattnet vid badplatsen. Med de åtgärder som föreslås bedöms det dock skapas förutsättningar för att risken för höga bakteriehalter ska minska, att det ska finnas en större robusthet i systemet och att det krävs en större påverkan innan problem uppkommer.

## 6 Referenser

- Aftonbladet. (den 04 07 2023). *Bakterier i vattnet på flera badplatser*. Hämtat från <https://www.aftonbladet.se/nyheter/a/VPrP3l/bakterier-i-vattnet-pa-flera-badplatser>
- Andersson, J.L., Kallner Bastviken, S. & Tonderski, K.S. (51(9) 2005). Free water surface wetlands for wastewater treatment in Sweden – nitrogen and phosphorus removal. *Water Science and Technology*, 39-46 .
- Bergström, U. (2020). Spiggfiske som restaureringsmetod. *Konferens om restaurering i marin miljö*. Stockholm: Länsstyrelsen Stockholms län.
- Boverket. (den 19 02 2024). *Friluftsliv*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmanna-intressen/hav/friluftsliv/>
- Chang, N., Islam, M., & Wanielista, M. (2012). *Floating wetland mesocosm assessment of nutrient removal to reduce ecotoxicity in stormwater ponds*. Springer.
- Gnesta kommun. (2022). *Utredning av bakterier vid Frösjöstrand*.
- Hauser, B. S. (2016). *Internbelastning av fosfor i svenska sjöar och kustområden - en kunskapsöversikt och förslag till åtgärder för vattenförvaltningen*. Sveriges lantbruksuniversitet- Institutionen för vatten och miljö.
- Havs och vattenmyndigheten. (2024). *Badplatser och badvatten*. Hämtat från <https://www.havochvatten.se/badplatser-och-badvatten/fakta-om-badvatten.html>
- Iho, A. (2016). *The role of fisheries in optimal eutrophication management*. Water economics and policy.
- Klara vatten AB. (2019). *Reduktionsfiske i Sövedsjön 2018-2019*. Kävlingeåns vattenråd.
- Klara Vatten Sverige AB. (2019). *Reduktionsfiske i Sövedsjön 2018-2019*. Kävlingeåns vattenråd.
- Kumblad, L. och E., Rydin. (2018). *Levande kuster VITBOK 1.0*. Baltic Sea 2020.
- Larm, T., & Blecken, G. (2019). *Utformning och dimensionering av anläggningar för rening och flödesutjämning av dagvatten*. Svenskt Vatten AB.
- Länsstyrelsen i Södermanlands län. (2024). *Skyddsjakt*. Hämtat från <https://www.lansstyrelsen.se/sodermanland/djur/jakt-och-vilt/skyddsjakt.html>
- Makepeace, D. K., Smith, D. W., & Stanley, S. J. (1995). Urban stormwater quality: Summary of contaminant data. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 93-139.
- Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser. (2018). *Metaller och deras betydelse för produkters klimatavtryck*.
- Naturvatten. (2013). *Undersökning av intern belastning och läckagebenägen sedimentfosfor i Norrviken*.
- Naturvårdsverket. (2017). *Föroreningar i dagvatten*. Naturvårdsverket.
- Sollentuna kommun, Upplands Väsby kommun och Länsstyrelsen i Stockholms län. (2022). *Slutredovisning av delprojekt C13, bottenbehandling av sjön Norrviken för att minska internbelastningen av fosfor*.
- Stockholm Vatten och Avfall. (2024). *Skärbassänger*. Hämtat från Stockholm Vatten och Avfall: [https://www.stockholmvattnochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/skarmbassang\\_h.pdf](https://www.stockholmvattnochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/skarmbassang_h.pdf)

- Svenska Jägareförbundet. (2024). *Jakttider*. Hämtat från <https://jagareforbundet.se/jakt/jakttider/#S%C3%B6dermanlands%20l%C3%A4n,400,2024-01-01,2024-12-31>,
- Sveriges lantbruksuniversitet. (2024). *Skrämsel och barriärer*. Hämtat från SLU Viltskadecenter: <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/viltskadecenter/forebyggande-atgarder/atgarder-mot-skador-pa-groda/skramsel-och-barriarer/>
- Synlab. (2020). *Fosforfastläggning i Växjösjön - Miljöeffekter av sedimentbehandling med aluminiumklorid*.
- Tanner, C., & Headley, T. (2011). *Components of floating emergent macrophyte treatment wetlands influencing removal of stormwater pollutants*. sciencedirect.
- Tecomatic. (den 27 05 2024). *Rockbags*. Hämtat från Teomatic: <https://tecomatic.com/rockbags/>
- Teomatic. (den 28 05 2024). *Nacka kommun*. Hämtat från Teomatic: <https://tecomatic.com/nacka-kommun/>
- VA-guiden. (2024). *Skärbassänger och flytande våtmarker*. Hämtat från VAguiden: <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/skARBASSANGER-och-flytande-vatmarker/>
- VISS - Frösjön. (2024). *Vatteninformationssystem Sverige*. Hämtat från <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA88178564>
- VISS - Klämningen. (2024). *Vatteninformationssystem Sverige*. Hämtat från <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA79227528>
- VISS - Storsjön. (2024). *Vatteninformationssystem Sverige*. Hämtat från <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA82911421>
- Östersjöcentrum, Stockholms universitet. (den 05 09 2022). *Baltic eye*. Hämtat från <https://balticeye.org/sv/overgodning/vad-ar-internal-load-och-geo-engineering/>

## 7 Bilaga 1: Sammanställning över föreslagna åtgärder

Förslag på åtgärd	Fördelar/positiva effekter	Nackdelar/osäkerheter	Juridiska aspekter	Uppskattad kostnad (kr)	Prioritet/rekommendation	Övrigt
Förlängning av badbyggen ut i sjön inklusive anläggande av ny skärm under förlängningen, samt åtgärdade av befintlig skärm	Stry vattnet från Valasjögraven även går att avveckla snabbt. Nyttjar platsens naturliga förutsättningar. Rening av vattnet sker både i våtmarksområdet och via filtering av vatten genom säckarna.	Medför ingen rening av vatten och inte minskade halter av bakterier. Omlart om vattnet ändå kan nå badplatsen med strömmar i sjön.	Kräver eventuellt strandskyddsdispens samt anmälan om vattenverksamhet.	Ca 320 000 exkl. anläggningskostnad	Låg prioritet. Rekommenderas inte	Då återgården inte medför någon rening av vatten och bakteriehalter bedöms den inte prioriteras.
Styrning av vatten mot våtmarksområdet med Rockbags	Snabb åtgärd att genomföra som även går att avveckla snabbt. Nyttjar platsens naturliga förutsättningar. Rening av vattnet sker både i våtmarksområdet och via sedimentering i skrämbassängen. Båtplatser kan bejällas.	Kan eventuellt orsaka en dämmande effekt i Valasjögraven.	Kräver eventuellt strandskyddsdispens samt anmälan om vattenverksamhet.	Ca 14 000 exkl. anläggningskostnad	Hög prioritet. Rekommenderas att testas	En enkel åtgärd som skulle kunna testas. Eftersom det inte räknas på den dämmande effekten behövs en beredskap för att kunna lyfta bort säckarna vid höga flöden.
Styrning mot våtmarksområdet med skärm för skrapande av skrämbassäng	Bryggan kan användas för rekreation som en förlängning på strandpromenaden. Nyttjar platsens naturliga förutsättningar. Rening av vattnet sker både i våtmarksområdet och via sedimentering i skrämbassängen. Båtplatser kan bejällas.	Kommunen har inte ensam rådighet då åtgärden även berör en privat fastighet i sjön.	Kräver eventuellt strandskyddsdispens samt anmälan om vattenverksamhet.	Ca 1 000 000 exkl. anläggningskostnad	Hög prioritet. Rekommenderas	Överenskommande behövs tecknas med den privata fastighetsägaren.
Skrämbassäng i sjön	Rening av vattnet sker. Inga andra fastighetsägare involverade.	Teknisk lösning som inte tar till vara på platsens naturliga förutsättningar. Båtplatser behövs troligen tas bort.	Kräver eventuellt strandskyddsdispens samt anmälan om vattenverksamhet.	ca 400 000 - 600 000 exkl. anläggningskostnad	Låg prioritet. Rekommenderas inte i ett första skede	Kan aktualiseras om överenskommande inte kan träffas med den privata markägaren.
Reduktionsfiske	Lågre fosforhalter, bättre ekologisk balans i sjön. Klarare vatten, relativt låg kostnad, utvinning av biogas, väcker uppmärksamhet och kan skapa lokalt engagemang. Iiten klimapåverkan.	Handlar om biologiska processer, effekten inte 100 % säker. Fiskeri fiskerättsmännarna avgör hur måste tas om hand på ett bra sätt.	Bedöms inte kräva tillstånd. Fiskerättsmännarna avgör hur fisket ska bedrivas.	ca 100 000	Hög prioritet. Rekommenderas	Samtlik koppling till tillståndet för vattenuttag från Klämningen. Kommunen har inte rådighet över fisket i sjön, kräver överenskommande med fiskerävsområdesföreningen. Går möjligt att ansöka om stöd till åtgärden från Länsstyrelsen.
Fällning av fosfor med aluminium	Kan ge snabb effekt i rätt typ av sjö.	Dyrt, stor klimatpåverkan, ingen förbättring av ekologisk balans i sjön, omfattande utrednings- och tillståndprocess.	Bedöms kräva tillstånd från Mark- och miljödomstolen	-	Rekommenderas inte	-