

Teknisk beskrivning

Muddring av förorenade sediment m.m. i Tisaren och Estaboån, Askersunds kommun



TEKNISK BESKRIVNING

Sveriges geologiska undersökning, SGU - ansökan om tillstånd enligt miljöbalken

Muddring av förorenade sediment m.m. i Tisaren och Estaboån, Askersunds kommun

Datum: 2019-06-17

Uppdragsledare: Johan Nordbäck

Handläggare/utredare: Urban Eng, Gabriel Jonsson Nordbäck

Status: Version 1.0

OBLIGATORISKA UPPGIFTER

Administrativa uppgifter för sökande:

Sveriges geologiska undersökning, SGU

Box 670

751 28 Uppsala

Berörda fastigheter

Åsbro 1:194>1, Åsbro 1:146>5, Åsbro 1:194>2, Åsbro 1:194>4, Åsbro 1:213>2, Åsbro 1:213>1, Åsbro 1:217>12, Åsbro 1:217>13, Åsbro 1:217>14, Åsbro 1:270>2, Estabo S:24>5.

Kontaktperson, SGU

Helena Andersson, Box 670, 751 28 Uppsala, telefon 018-179060 samt e-post: helena.andersson@sgu.se.

Extern projektledare: Johan Nordbäck, Structor Norr AB, Box 267, 851 04 Sundsvall

Telefon: 070-191 68 20

e-post: johan.nordback@structor.se

Innehåll

1. Inledning	6
2. Syfte och målsättning	7
3. Tidplan	7
4. Områdesbeskrivning	7
4.1. Verksamhetsområde	8
5. Vattenförhållanden	9
5.1. Höjdsystem	9
5.2. Vattennivåreglering	9
6. Föroreningsituation	10
6.1. Bedömningsgrunder	10
6.2. Förekommande halter och mängder	11
6.2.1. Åsasjön.....	11
6.2.2. Estaboån	11
6.2.3. Tisaren- Inre åtgärdsområdet.....	12
6.2.4. Tisaren- Yttre åtgärdsområdet	14
6.2.5. Utanför åtgärdsområdena	15
6.3. Bottenförhållanden	15
7. Geotekniska förutsättningar	16
7.1. Geotekniska aspekter.....	16
7.2. Utförda undersökningar.....	17
7.3. Slutsatser.....	18
8. Genomförandebeskrivning	19
8.1. Tekniska huvudmoment	21
8.2. Anläggande av avvattningsyta	22
8.3. Installation av stålspont och siltskärm	23
8.4. Omledning av vatten i Estaboån	24
8.5. Schaktsanering.....	25
8.6. Sugmuddring	25
8.7. Avvattning i geotuber.....	27
8.8. Omhändertagande av överskottsvatten	28
8.9. Karaktärisering	29
8.10. Resultat från pilotskaleförsök genom sugmuddring och avvattning med flockulering och geotub.....	29
8.10.1. Sugmuddring	29
8.10.2. Polymertillsats och flockulering	30

8.10.3. Avvattning i geotub och sedimentavfall	30
8.10.4. Rejektvattnets kvalitet	33
8.10.5. Rening av rejektivatten.....	35
8.10.6. Resultat från filtreringsförsök.....	35
8.10.7. Slutsatser från pilotförsök.....	38
8.11. Borttransport.....	38
8.12. Övertäckning av restförorening	38
8.13. Återställning av åtgärdade områden	39
9. Skyddsåtgärder	40
9.1. Skadeförebyggande åtgärder.....	41
9.2. Luft.....	41
9.3. Grumling och oljefilm	41
9.4. Rejektivatten.....	42
9.5. Bottenmiljö.....	43
9.6. Buller	43
9.7. Kemiska produkter	43
10. Information.....	43
11. Referenser.....	43

1. INLEDNING

Sveriges geologiska undersökning, SGU, agerar som huvudman i avvecklings- och efterbehandlingsprojekt för verksamheter som bedrivits i statlig regi. Åtgärderna finansieras genom särskilt anslag i statsbudgeten.

I Åsbro har impregneringsverksamhet bedrivits från 1905 till 2012, först av SJ och Televerket och från 1932 av Vattenfallsverket. Efter det att Vattenfallsverket bolagiserades år 1990 bedrevs verksamheten av en rad olika bolag. En översiktskarta över området återfinns i figur 1 nedan.

Impregneringsverksamheten bedrevs på två verksamhetsplatser: vid en äldre impregneringsplats, nedan benämnd ”Åsbro gamla impregneringsanläggning”, som användes fram till 1952, och vid en nyare impregneringsplats, nedan benämnd ”Åsbro nya impregneringsanläggning”, som var i drift under perioden 1952–2012. Inom dessa områden impregnerades stolpar med kreosotolja (som innehåller polycykliska aromatiska kolväten, PAH) samt koppavitriol och arseniksalt.

Mark och grundvatten har varit kraftigt förorenade av främst kreosot och arsenik och SGU har nyligen slutfört saneringsarbetet vid de två ovannämnda verksamhetsområdena på land. Till följd av direkta utsläpp av kreosot från impregneringsverksamheten samt spridning från den förorenade marken via grund- och dikesvatten har emellertid även sedimenten i den intilliggande sjön, Tisaren, samt i den närliggande Estaboån blivit kraftigt förorenade. SGU har under 2017 genomfört kompletterande sedimentprovtagning i Tisaren, Estaboån och Åsasjön och förorening av framförallt PAH och arsenik har konstaterats. Förorenade sediment har påträffats i störst omfattning i anslutning till verksamheternas utsläppspunkter vid den s.k. Invallningen i Tisaren (Åsbro gamla impregneringsanläggning) och vid Åsasjöns utlopp i Estaboån (Åsbro nya impregneringsanläggning).

Tisaren ingår i ett vattenskyddsområde och utgör en dricksvattentäkt för Kumla och Hallsbergs kommuner. Vattennivån i Tisaren har under de senaste två åren varit låg på grund av torra, men har även hållits medvetet avsänkt för att underlätta det tidigare saneringsarbetet på land. Detta har medfört att delar av de förorenade sedimenten varit synliga ovanför vattenytan.

Inom ramen för det kommande saneringsprojektet i Åsbro planerar SGU att avlägsna de förorenade sedimenten i västra delen av Tisaren och i Estaboån. Sanering kommer huvudsakligen att ske genom schakt och sumuddring. Muddermassorna kommer att läggas upp i södra delen av det tidigare verksamhetsområdet för Åsbro nya impregneringsanläggning för avvattning i geotuber innan de borttransporteras till en godkänd mottagare.

2. SYFTE OCH MÅLSÄTTNING

Åtgärderna planeras i syfte att minska den negativa påverkan som PAH:er och arsenik i bottensedimenten i Tisaren och Estaboån långsiktigt medför på råvattentäkt och det akvatiska ekosystemet i Tisaren. Målsättningen med åtgärden är att läckage av PAH-föreningar och arsenik inte ska ge upphov till försämrad vattenkvalitet, miljöstörningar eller risk för hälsoeffekter vid kontakt med sedimenten.

Planerade åtgärder omfattar muddring och schaktning i förorenat vattenområde (Tisaren och Estaboån), tillfällig skyddsavstängning av delsträcka i Estaboån inkluderande dämning av inflödet från Åsasjön till Estaboån samt tillfällig omledning av vattnet från Åsasjön förbi åtgärdsområdet i Estaboån till Tisaren. På land sker uppläggning av muddermassor för avvattning i geotuber, utsläpp av renat vatten från de avvattnade muddermassorna m.m.

Muddring och schaktning omfattar en bottenyta om totalt ca 3 ha och en total volym om ca 35 000 m³. Schaktning och borttransport av torra samt delvis våta men högläggingsbara massor utförs i ett sammanhängande moment medan muddermassorna kommer att avvattnas i geotuber på en avvattningsyta i anslutning till muddringsområdet i 1-2 år. Efter avvattning kommer massorna att transporteras till en godkänd mottagningsanläggning för förorenade massor. Under entreprenadarbetet kommer kontroll av grumling, rejektvatten och avfall att utföras löpande. Efter utförd åtgärd kommer området att återställas. Åtgärden uppskattas avlägsna ca 30 ton PAH och 16 ton arsenik, motsvarande 95-98% av det som bedöms finnas inom hela det påverkade området om ca 10 ha.

3. TIDPLAN

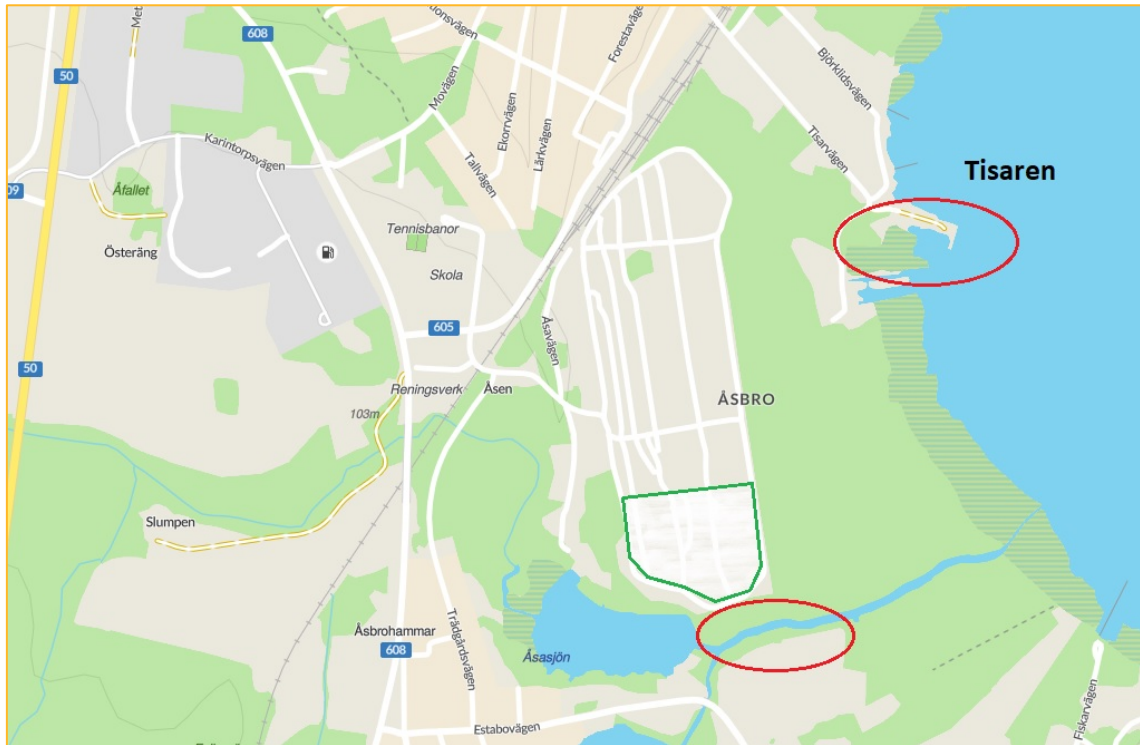
Åtgärderna i vatten planeras att utföras under isfri säsong (april-december) 2020. Förberedande arbeten på land kan komma att påbörjas under 2019. Muddermassorna avvattnas och omhändertas under år 2020-2022. Tidplanen förutsätter att tillstånd erhålls senast mars 2020.

4. OMRÅDESBESKRIVNING

Åsbro är beläget i Askersunds kommun, mellan riksväg 50 och sjön Tisaren. Det före detta impregneringsområdet (gamla och nya) omfattar en landyta om ca 30 ha,

avgränsad av järnvägen åt väster, Estaboån och Åsasjön i söder och sjön Tisaren åt öster. Norr om området vid Tisarvågen finns fritidshusbebyggelse.

Från området går vägar ut till Vissbodavägen och vidare via gamla riksvägen (608) förbi Åsbro samhälle ut till riksväg 50. Se figur 1.



Figur 1. Översiktskarta över Åsbro närområde. Aktuella områden för saneringsåtgärder i röda markeringar (Tisaren i norr och Estaboån i söder) samt planerad yta för avvattnings- och hanteringsytta för muddermassor i grön markering.

4.1. Verksamhetsområde

Området för de tillståndspliktiga saneringsåtgärderna utgörs av vattenområden inom Åsbro gamla impregnerings östra del ut i Tisaren samt en delsträcka av Estaboån i anslutning till Åsbro nya impregnering. En avvattnings- och hanteringsytta om ca 2 ha förläggs på land inom Åsbro nya impregnering, se figur 1.

Direkt berörda fastigheter av de fysiska arbetena är Åsbro 1:194>1, Åsbro 1:146>5, Åsbro 1:194>2, Åsbro 1:194>4, Åsbro 1:213>2, Åsbro 1:213>1, Åsbro 1:217>12, Åsbro 1:217>13, Åsbro 1:217>14, Åsbro 1:270>2 och Estabo S:24>5. Ytterligare fastigheter som indirekt kan komma att beröras av arbetena är Åsbro 1:29>6, Åsbro 1:39>4, Åsbro S:6>3, Estabo 1:10>1, Estabo 1:42>1, Estabo 1:45>1, Estabo 1:172<1, Estabo 1:411>1 och Estabo S:11>2.

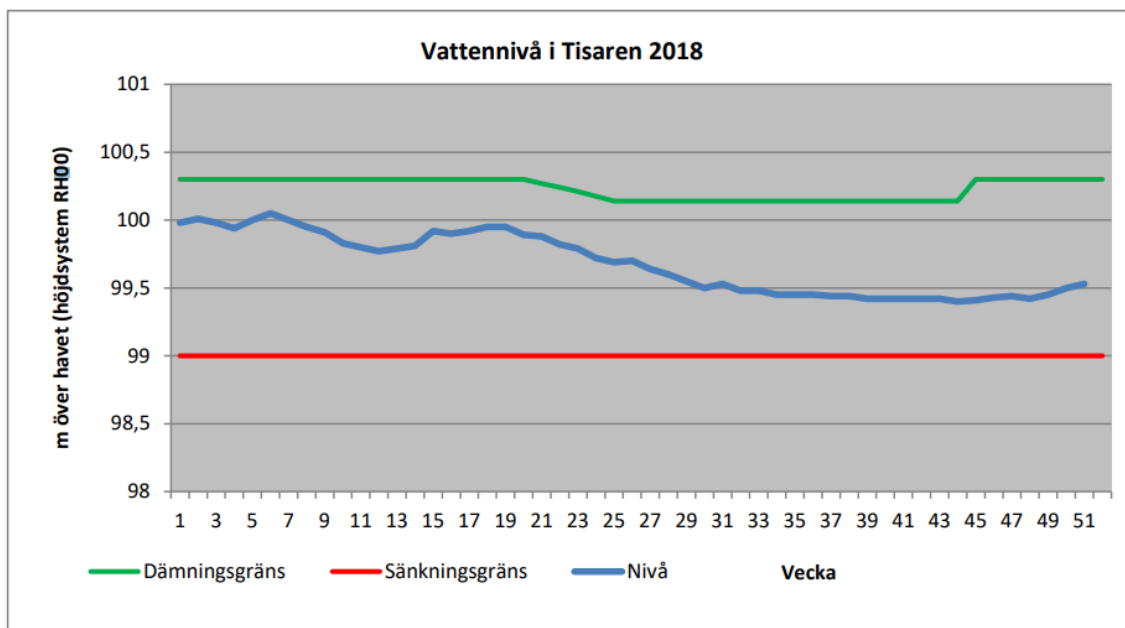
5. VATTENFÖRHÅLLANDEN

5.1. Höjdsystem

Höjder anges i RH 2000 och koordinater i Sweref 99 15 00.

5.2. Vattennivåreglering

Tisaren är ett reglerat vattenmagasin och fallrättigheten innehas av Skyllbergs Bruks AB. Enligt gällande tillstånd finns en högsta och lägsta dämningssgräns som ska upprätthållas. Vattennivån kan tillåtas variera inom dessa gränser genom tappning vid Tisarens utlopp till Nyköpingsån. Ett exempel på säsongvariationer i vattennivån visas i figur 3. I åtagandet för Skyllbergs Bruks AB finns även krav om en minimitappning till Nyköpingsån för att undvika torrläggning samt ett tillstånd för Kumla kommun att nyttja Tisaren som vattentäkt för dricksvatten.



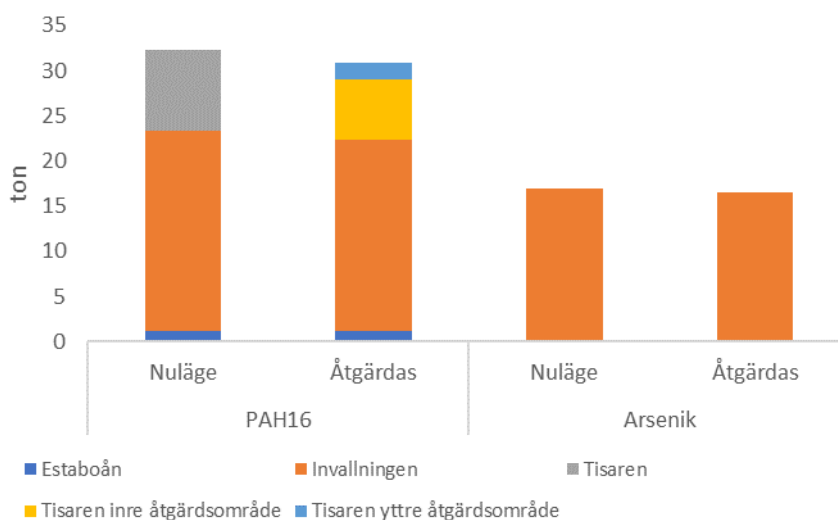
Figur 3. Tisarens vattennivåvariation under 2018. Angivna höjder utgår från gällande dom och anges därför i RH 00. För motsvarande höjd i RH 2000 gäller + 0,5 m, sänkningssgränsen är således + 99,5 m ö h i RH 2000.

6. FÖRORENINGSSITUATION

Höga halter och förekomsten av ca 32 ton PAH är styrande för åtgärdsbehovet i Estaboån och Tisaren som är recipienter i anslutning till Åsbros två nedlagda impregneringsplatser. Den största mängden PAH (ca 28 ton) förekommer inom det 17 000 m² inre åtgärdsområdet, d.v.s. invallningen och anslutande sediment innanför piren vid Åsbro f.d. gamla impregneringsplats (figur 1). I det yttre åtgärdsområdet i Tisaren, ca 15 000 m², finns uppskattningsvis ca 2 ton PAH i sedimenten. Inom invallningen bidrar även förekomst av ca 17 ton arsenik till åtgärdsbehovet.

I Estaboån återfinns ett ca 4 000 m² förorenat område i anslutning till en utloppsledning från Åsbro f.d. nya impregneringsplats. Mängden PAH beräknas här till ca 1 ton.

Föreslagna åtgärder ger en kraftig reduktion av spridningsrisker och halter inom åtgärdade områden. Mängdreduktionen uppgår till ca 95% och 98% av de beräknade totala mängderna PAH respektive arsenik (figur 2).



Figur 2. Uppskattad mängd PAH16 och arsenik i mark och sediment i delområdena invallningen, västra Tisaren och Estaboån, före och efter genomförd åtgärd.

6.1. Bedömningsgrunder

PAH-halterna i sediment har bedömts utifrån riskerna för bottenlevande organismer.

Haltkriterier har utgått från ekotoxikologiska litteraturdata och tar även hänsyn till den relativa fördelningen av analyserade PAH-föreningar samt sedimentens organiska halt (tabell 1). Det bör noteras att det är svårt att sätta generella gränser för vilka halter som inte är skadliga utan att samtidigt vara konservativ. Stora skillnader i känslighet finns mellan arter och individer. Sedimentens struktur, sammansättning, organiskt innehåll

och syreförhållanden är andra faktorer som påverkar vilka effekter som ett förorenat sediment ger upphov till. Sammantaget bedöms kriterierna vara försiktigt satta med avseende på effekter i Tisaren då förekommande föroreningar inte klassificeras som biomagnifierande och t.ex. fisk har förmåga att bryta ned PAH-föreningar. För att underlätta tolkningen har uppmätta halter i sediment färgklassats enligt tabell 2.

Tabell 1. Haltkriterier från litteratordata för bedömning av möjlig påverkan på sedimentlevande organismer.

PAH16 (mg/kg TS)	Påverkan på sedimentlevande organismer
< 2,5	Inga negativa effekter förväntas
> 2,5	Negativa effekter kan inte uteslutas för vissa arter och individer vid exponering över lång tid.
> 10	Negativa effekter kan uppstå för vissa arter och individer även vid mer tillfälliga kontakter med förorenat sedimenten
> 200	Risk för omfattande negativa effekter på botten ekosystem.

Tabell 2. Klassning av sediment.

PAH16 (mg/kg TS)
< 2
2 - 10
> 10 - 200
> 200

6.2. Förekommande halter och mängder

6.2.1. Åsasjön

I provtagna områden är medelhalten generellt låg, ca 2 mg PAH16/kg TS. De högsta halterna, upp mot ca 20 mg PAH16/kg TS påträffas närmast sjöns utlopp till Estaboån (E3Ö, se figur 3). Mängden PAH16 inom E3Ö beräknas till ca 1,5 kg. Utifrån undersökningsresultaten bedöms inget åtgärdsbehov finnas i Åsasjön.

Tyngre PAH-föreningar utgör ca 40 - 50 % av PAH-sammansättningen.

6.2.2. Estaboån

De högsta föroreningshalterna i Estaboån påträffas i västra delen av aktuell åsträckning, nära det tidigare utloppet av ledningar från Åsbro f.d. nya impregneringsplats och nedströms Åsasjön (figur 3). Det mest förorenade området utgörs av rutorna E4 - E13 där medelhalterna uppgår till ca 1 100 mg PAH16/kg TS. Halterna är lägre på större sedimentdjup men är i vissa punkter höga ned till ca 1,5 m under sedimentytan i detta område. Föreningar i fri fas påträffas ställvis. Medeltunga PAH-föreningar dominerar närmast källan till föroreningarna och PAH H utgör där mindre än 10 % av totalhalten.

Nedströms, mot Tisaren, avtar sedimentmaktigheten och föroreningshalterna, med undantag för ruta E15 och E16 där medelhalterna ligger på ca 50 respektive 360 mg PAH16/kg. Inom område E14 – E25 som helhet är medelhalten ca 38 mg/kg TS. I

Estaboåns mynning ligger halterna i ytliga sediment mellan 5 och 20 mg/kg TS. PAH M dominerar men tyngre PAH-föreningarna ökar till 15 - 30% av den totala andelen PAH.

Mängden PAH16 inom det ca 3 600 m² stora åtgärdsområdet beräknas till ca 1,1 ton PAH16, att jämföra med drygt 40 kg i resterande ca 6 300 m² av ån. Av dessa återfinns ca 30 kg inom ruta E16. Volymen sediment inom åtgärdsområdet uppgår till ca 4 000 m³.

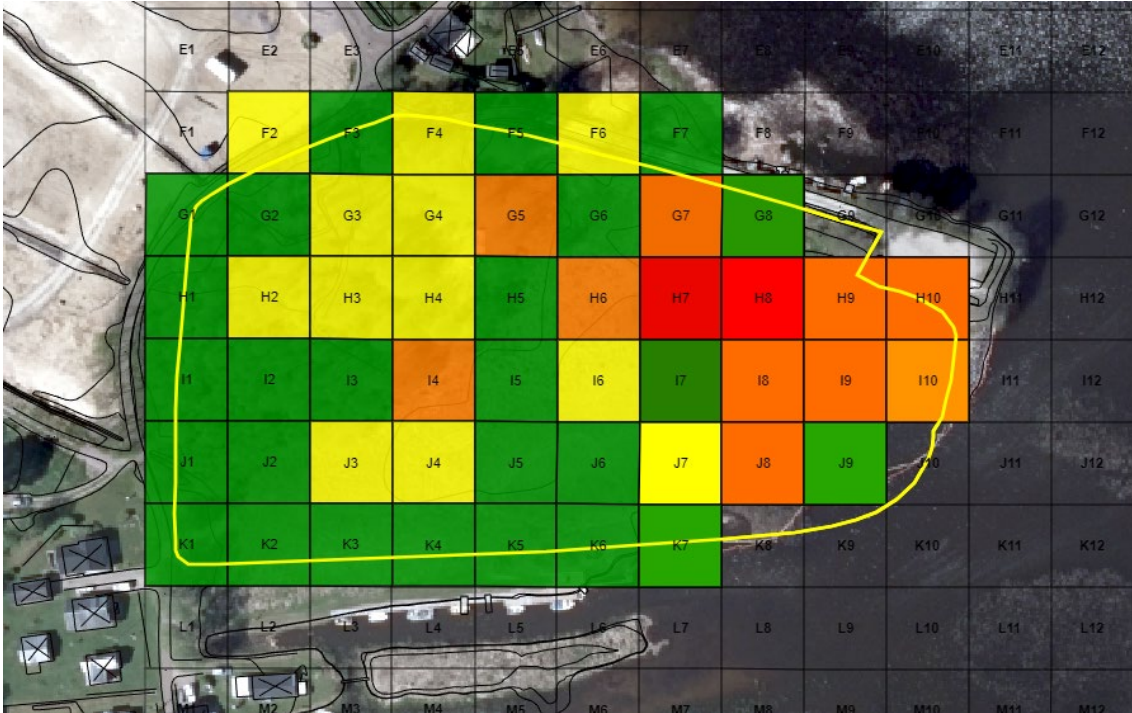
Ett åtgärdsbehov finns inom område E4 – E13 och borttagande av sediment innebär att medelhalterna reduceras kraftigt. Åtgärden förväntas leda till att ca 96% av den totala mängden PAH16 åtgärdas.



Figur 3. Indelning av Estaboåns yta vid provtagning av sediment samt klassificering av halten PAH16 i ytliga sediment enligt tabell 2.

6.2.3. Tisaren- Inre åtgärdsområdet

I Tisarens inre åtgärdsområde (figur 4) ingår invallningen och vattenområdet innanför piren. Arean uppgår till ca 17 000 m². Åtgärden beräknas omfatta avlägsnandet av ca 21 000 m³ förorenade jord- och sedimentmassor, vilket innebär uppskattningsvis ca 28 ton PAH avlägsnas från Tisaren och vattenskyddsområdet. Vid åtgärd av invallningen beräknas ca 17 ton arsenik avlägsnas.



Figur 4. Inre åtgärdsområdet (invallning och vattenområdet innanför piren). Rutorna har en area på 20*20 m. Klassificering av halten PAH16 i markyta och ytliga sediment enligt tabell 2.

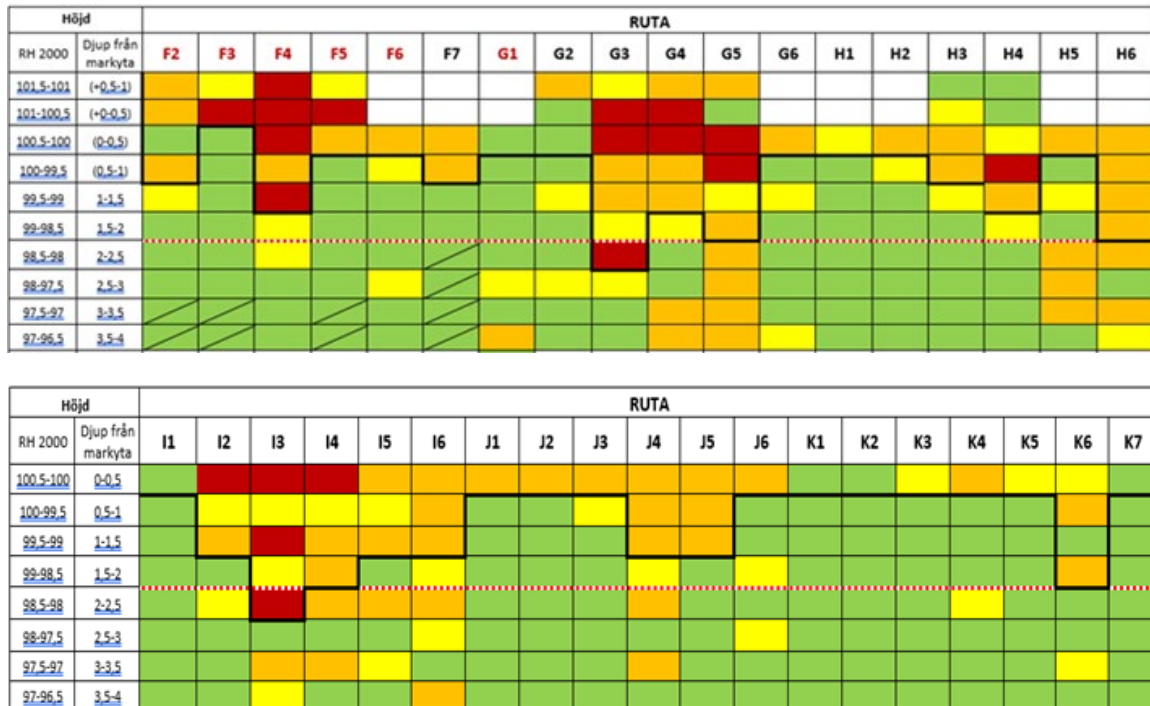
6.2.3.1. Invallningen

PAH16 förekommer i höga halter inom invallningen och ställvis även i fri fas. Generellt minskar föroreningshalten med djupet (figur 5). Medelhalten är ca 260 mg PAH16/kg TS, med de högsta halterna upp mot 17 000 mg/kg TS. Höga halter förekommer ställvis och det är endast i ca 10% av de analyserade proverna som medelhalten överskrids. Andelen medeltunga PAH utgör drygt 70% och lättare drygt 20% av PAH16.

Medelvärdet arsenik (ca 400 mg/kg TS) styrs av förekomst av mycket höga halter i ett fåtal analyserade prover, med en högsta uppmätt halt på ca 95 000 mg/kg TS. Fördelningen är mycket heterogen och endast i drygt 2% av proverna överskrids medelhalten. Tre av de mest förorenade proverna är tagna i de tre ytligaste nivåerna i ruta F4 (medelhalt drygt 41 000 mg/kg TS). Om dessa exkluderas sjunker medelhalten till ca 25 mg/kg TS (d.v.s. i nivå med MKM).

Mängden PAH16 inom undersökta delat av invallningen beräknas till ca 22 ton. Mängden arsenik uppskattas till ca 17 ton varav knappt 16 ton i ytliga lager av ruta F4.

Den föreslagna åtgärdsomfattningen (figur 5) med borttagande av ca 17 000 m³ förorenade massor innebär att medelhalterna av PAH16 och arsenik beräknas sjunka till ca 18 respektive 6 mg/kg TS. Åtgärden förväntas leda till att ca 21 ton PAH (ca 96%) och ca 16,6 ton arsenik (98%) avlägsnas.



Figur 5. Sektion som visar bedömt schaktdjup (fet svart linje) inom olika delar av invallningen. Grön färg visar föroreningshalter lägre än KM, gul färg mellan KM och MKM, orange mellan MKM och farligt avfall och röd färg halter högre än farligt avfallsgränsen.

6.2.3.2. Vattenområdet innanför piren

I västra Tisaren påträffas de högsta föroreningshalterna i ett ca 5 600 m² område innanför piren (figur 4, rad 7-10). Kreosotföreningar påträffas ställvis i fri fas och medelhalterna PAH16 i lösare sediment når över 3 000 mg PAH16/kg TS. Medelhalterna PAH16 i ytliga skikt av underliggande leran är ca 58 mg/kg TS. Lättare och medeltunga PAH-föreningar dominerar (ca 40 respektive 50 %) och tyngre PAH H utgör mindre än 5 - 10 % av den totala sammansättningen.

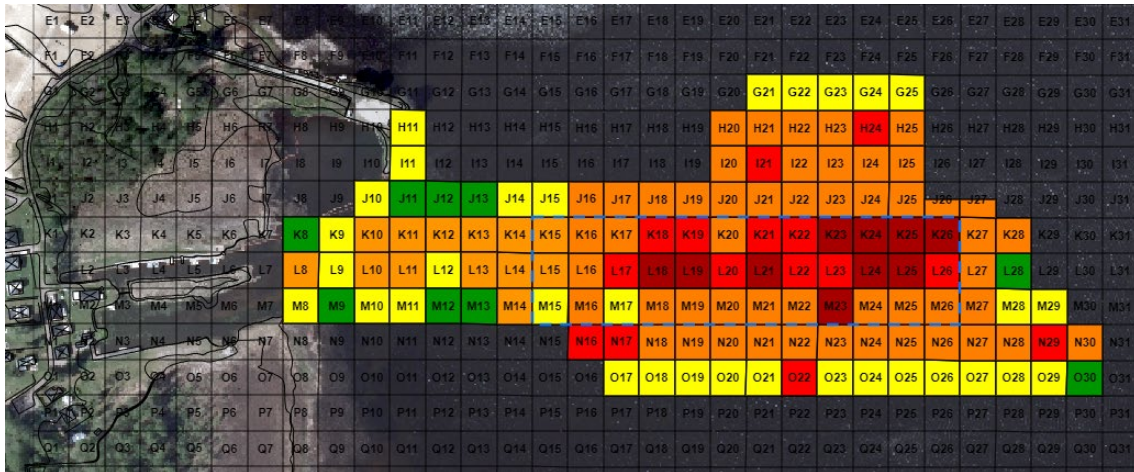
Mängden PAH i de förorenade sedimenten (ca 4 000 m³) innanför piren beräknas till ca 6,7 ton. En åtgärd av dessa motsvarar en reduktion av ca 76% av PAH i den västra delen av Tisaren. I underliggande lera beräknas mängden PAH till ca 35 kg.

6.2.4. Tisaren- Yttre åtgärdsområdet

På större avstånd från piren avtar PAH-halterna, men även inom det yttre åtgärdsområdet förekommer höga halter (se figur 6). Föreningar förmodas ha spridits till recipienten genom en avloppsledning från Åsbro f.d. gamla impregneringsplats. Medelhalterna inom det yttre åtgärdsområdet (ca 14 400 m²) uppgår till ca 465 mg PAH16/kg TS. De högsta halterna uppgår till ca 1 100 mg PAH16/kg TS och förekomst av fri fas kan inte uteslutas. Haltvariationen är stor på korta avstånd och kompletterande undersökningarna behövs inför detaljprojektering. Medelhalterna i den underliggande

lerans ytliga skikt är ca 5 mg/kg TS. Medeltunga PAH dominerar sammansättningen (ca 80%), följt av PAH L (ca 15%).

Mängden PAH inom det yttre åtgärdsområdet (ca 9 000 m³) har skattats till ca 1,7 ton och utgör ca 20% av PAH i den västra delen av Tisaren. Mängden PAH i underliggande lera har översiktligt beräknats till ca 7 kg.



Figur 6. Yttre åtgärdsområdet (streckad blå linje) med dess förekommande halter av PAH. Rutorna har en area på 20*20 m. Klassificering av halten PAH16 i ytliga sediment enligt tabell 2.

6.2.5. Utanför åtgärdsområdena

Norr, öster och söder om det yttre åtgärdsområdet avtar föroreningshalterna och medelhalten är ca 2,2 mg PAH16/kg TS (figur 6). Bedömd halt i lera är ca 0,9 mg/kg TS. Tyngre PAH dominerar sammansättningen (ca 55%) följt av medeltunga PAH (ca 40%). Inget åtgärdsbehov föreligger.

I Estaboåns utströmningsområde i Tisaren är medelhalten i tio undersökta punkter ca 1,1 mg PAH16/kg TS, med en högsta halt på 2,7 mg/kg TS (figur 7). Inget behov av åtgärder föreligger.

6.3. Bottenförhållanden

Inom det aktuella vattenområdet i Tisaren är bottenprofilen flack och långgrund. Sedimenten i ytan har gyttjig karaktär som övergår till sandig silt nedåt mot en underliggande lera. Åtgärderna avses att avgränsas i den underliggande lera.

Estaboåns ytliga sediment är lösa, gyttjiga och siltiga. Från 0,5 - 1 meter under bottenytan övergår karaktären till fastare silt.

Vattendjupet i Estaboån varierar mellan ca 0,5 - 2 meter. I Tisarens inre åtgärdsområde utgörs den västra delen av fastmark som övergår till sumpmark och avslutas mot

strandlinjen. Vattendjupet är ca 0 - 1 m innanför piren. Ovanstående vattendjup relateras till en "normalvattennivå" på ca + 100,3 m ö h. Vid längre torrperioder är avdunstningen betydande och vattennivån kan då sjunka väsentligt.

I figur 7 visas bottenytans plushöjd inom det yttre åtgärdsområdet. Vid "normalvattennivå" är vattendjupet ca 2-3 meter.



Figur 7. Yttre åtgärdsområdet (streckad gul linje) med dess förekommande nivåer avseende bottenytans höjd över havet.

7. GEOTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

7.1. Geotekniska aspekter

Den planerade verksamheten omfattar ett flertal moment som innebär påverkan avseende stabilitet i mark. Med anledning av detta har geotekniska markundersökningar utgjort en del i förberedelseskedet inför ansökan om tillstånd. Undersökningarna planerades utifrån en inledande identifiering av geotekniska aspekter. I förberedelseskedet utfördes därefter erforderliga undersökningar för att besvara de övergripande frågeställningar som krävs i detta skede samt skapa underlag för vidare detaljprojektering. Ytterligare kompletterande undersökningar kan även komma att krävas för enskilda detaljfrågor av geoteknisk art.

Följande aspekter har identifierats med avseende på de geotekniska förutsättningarna för planerade åtgärder:

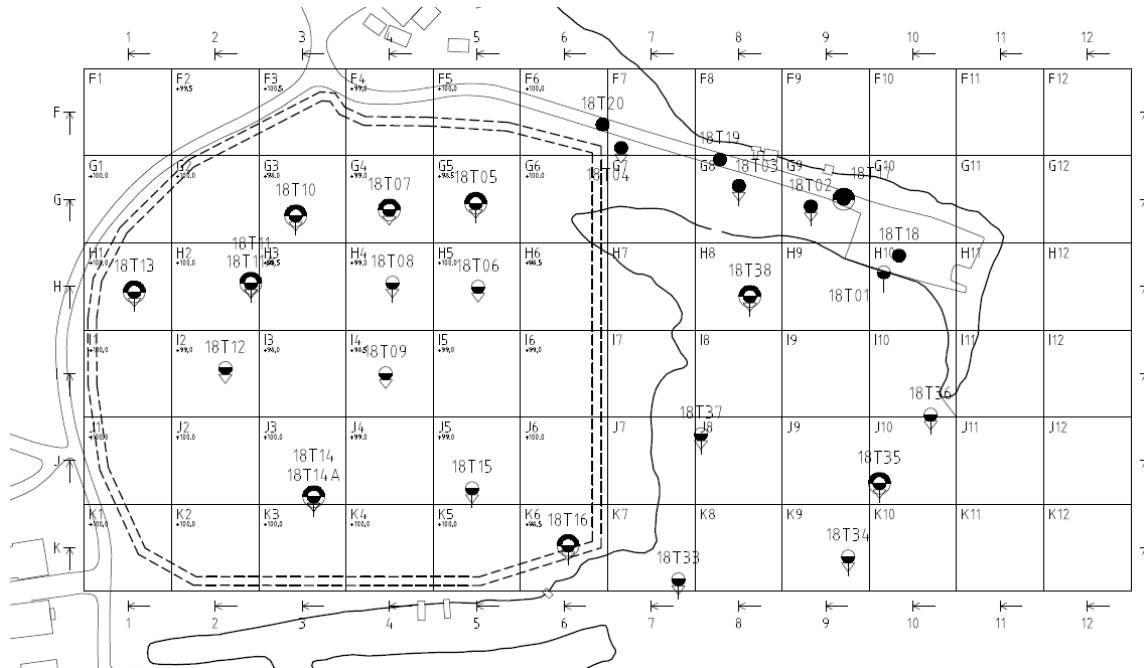
Huvudaspekt	Specifika frågeställningar
1. Ändrade stabilitetsförhållanden vid schakt och muddring	<ul style="list-style-type: none"> - Behov av skyddsavstånd till piren, ev. zonschakt - Fastställande av erforderliga släntlutningar för att motverka skredrisk
2. Påförel av tillfälliga punktlaster från maskiner	<ul style="list-style-type: none"> - Behov av åtgärder för att uppnå erforderlig bärlighet i mark
3. Förutsättningar för installation av stålspons som skyddsåtgärd	<ul style="list-style-type: none"> - Spontbarhet i planerade lägen (Tisaren och Estaboån) - Spontdimensionering, förutsättningar för att undvika bakåtförankring
4. Erosionsskyddande åtgärder för kvarlämnade slänter	<ul style="list-style-type: none"> - Erosionsskydd av nyskapad strandlinje i Inre åtgärdsområde (Tisaren) - Erosionsskydd av slänter i strömfåran (Estaboån)
5. Sättningseffekter vid återfyllning	<ul style="list-style-type: none"> - Eventuella kompensationsåtgärder vid förväntade sättningar och ojämna laster

7.2. Utförda undersökningar

De undersökningar som utförts omfattar olika typer av sonderingar samt störd jordprovtagning med skruvborr med efterföljande laboratorieanalys i följande omfattning:

- CPT-sondering (CPT) i 33 st punkter
- Slagsondering (Slb) i 3 st punkter
- Trycksondering (Tr) i 1 st punkt
- Jordberg-sondering (JB-Tot) i 4 st punkter
- Störd jordprovtagning med skruvborr (Skr) i 18 st punkter
- Jordartbenämning av 26 st prover

Provpunkternas placeringar i plan visas i figur 8 och 9. Resultaten redovisas i sin helhet i Markteknisk undersökningsrapport, MUR, Åsbro träimpregneringsanläggning [1] (Tyréns, 2018-07-09)



Figur 8. Lokalisering av provpunkter för sonderingar och provtagning i utförda geotekniska markundersökningar i det inre åtgärdsområdet i Tisaren.



Figur 9. Lokalisering av provpunkter för sonderingar och provtagning i utförda geotekniska markundersökningar i Estaboån.

7.3. Slutsatser

Utifrån erhållna resultat har följande slutsatser dragits avseende geotekniska aspekter:

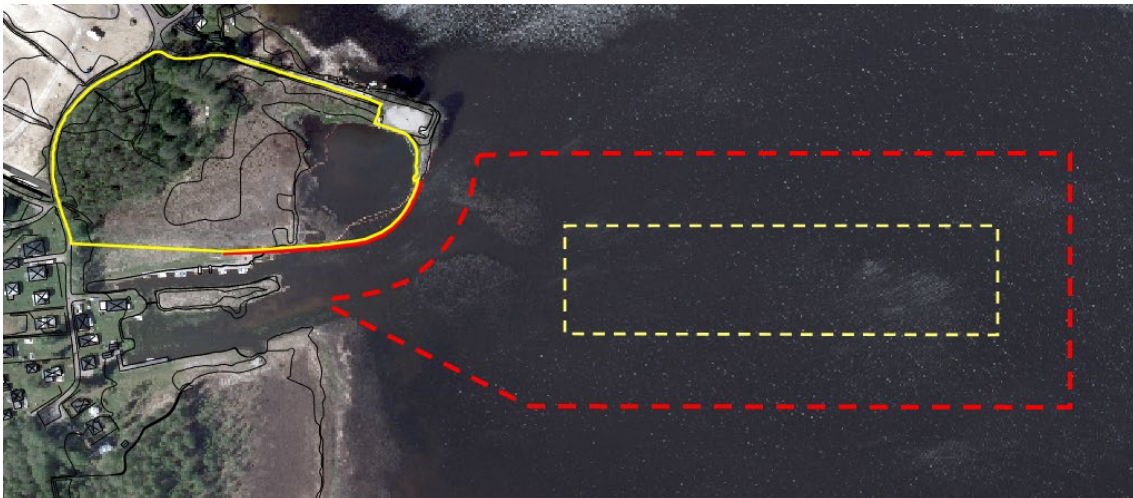
- Förhållandena i både Tisaren och Estaboån medger installation av stålspons i planerade lägen.
- Särskild aktsamhet krävs vid djupare schakt i det inre åtgärdsområdet i Tisaren och muddring i Estaboån för att undvika skred i lösa och flytbenägna jordar.

- Markens bärighet är inte tillräcklig för att kunna belastas med punktlaster från grävmaskiner och lastfordon i delar av Invallningen utan förebyggande åtgärder för lastfördelning.

Dessa förutsättningar kommer att beaktas vidare i detaljprojektering.

8. GENOMFÖRANDEBESKRIVNING

Med anledning av föroreningsituationen och riskerna som är förknippade med denna föreligger ett stort efterbehandlingsbehov för det aktuella vattenområdet, både i Tisaren och Estaboån. I SGU:s åtgärdsutredning förordas ett åtgärdsalternativ för Tisaren som omfattar schakt och muddring av totalt ca 30 000 m³ jord och bottensediment inom ett vattenområde som omfattar ca 3,5 ha. Området är delat i ett inre respektive yttre åtgärdsområde, se figur 10.



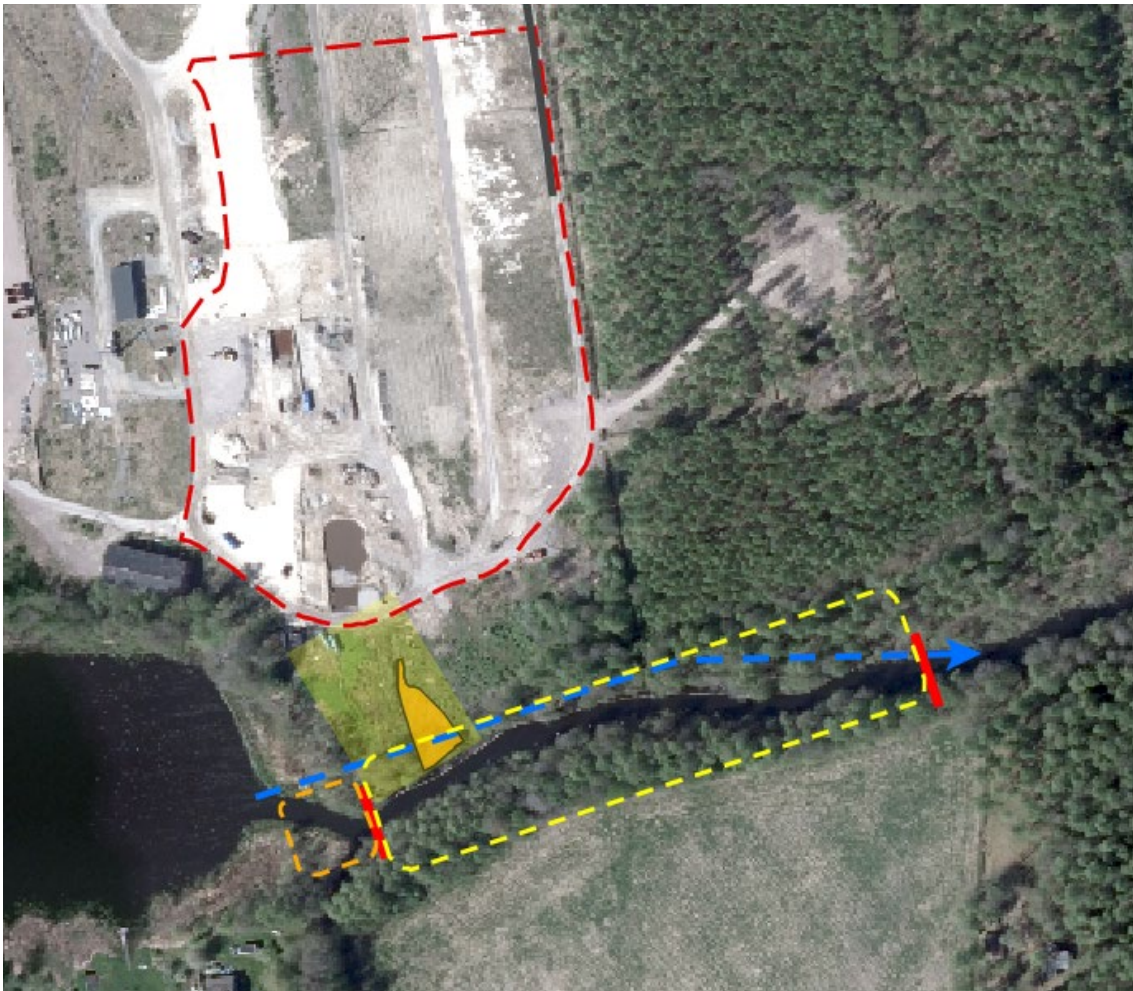
Figur 10. Översiktsbild över inre (heldragen gul linje) och yttre (streckad gul linje) åtgärdsområde i Tisaren. Inre området avgränsas med skyddsbarriär av stålspons (röd heldragen linje) och det yttre inhägnas med siltskärm (streckad röd linje).

Det inre området är i de västra delarna trädbevuxet där markens höjdnivå är högre än Tisarens högsta tillåtna högvattennivå (+100,8 m, RH 2000). Det översta jordlagret kan därför schaktas torrt och förorenad jord borttransporteras direkt. I områdets mitt finns en växtbädd som flyter vid högvatten och under denna utgörs botten av siltiga/dyiga sediment. I östra delen finns en fri vattenyta även vid lägsta tillåtna vattennivå i Tisaren (+99,5 m, RH 2000). De planerade gräv- och muddringsdjupen varierar mellan 0,5- 3 m från befintlig mark- och bottenyta och den totala volymen av förorenade jord- och

sedimentmassor som ska avlägsnas uppgår till ca 23 000 m³. Delar av området innehåller kreosot i fri fas.

Det yttre åtgärdsområdet i Tisaren är helt under vatten med ett största vattendjup om ca 2 m vid medelvattenstånd (ca + 100,3 m m, RH2000). Lösa siltiga sediment med inslag av dy i ytan underlagras av en fastare silt/lera. Muddringsdjupet varierar mellan ca 0,4-1 m.

I Estaboån omfattar det förordade åtgärdsalternativet en ca 250 m lång sträcka av åfåran med totalt ca 4000 m³ förorenade bottensediment. Norr om Estaboån finns ett tidigare sanerat markområde (Åsbro nya impregnering) som avses att utgöra avvattningsyta för muddermassorna. Se figur 11. Muddringen omfattar själva åfåran där muddringsdjupet i den västra delen beräknas som djupast till ca 2,5 m. Nedströms, österut avtar det erforderliga muddringsdjupet successivt till < 1 m.



Figur 11. Åtgärdsområdet i Estaboån samt avvattningsyta (rött). Temporär avstängning med stålspons (rött) samt omledning av vattenflödet från Åsasjön förbi åtgärdsområdet (blått).

Åtgärdsdjupet ned i sedimenten varierar mellan ca 0,4-2,5 m. Åtgärden uppskattas avlägsna ca 1 100 kg PAH (summa 16 PAH), motsvarande ca 96 % av den totala mängden PAH som konstaterats finnas i Estaboån.

8.1. Tekniska huvudmoment

Följande huvudmoment sammanfattar omfattningen av den ansökta verksamheten:

Avvattningsyta

- Planering av markyta med lutningar för självfall
- Invallning med morän och bergkross
- Installation av vattentätt membran av HDPE
- Utplacering av geotuber
- Installation av rörsystem för påfyllning av geotuber
- Installation av blandningsstation för polymertillsats
- Installation av pumpledning för rejektvatten
- Installation av vattenrening
- Successiv påfyllning med muddermassor
- Rening av rejektvatten
- Lagring av muddermassor i geotuber för avvattning
- Borttransport av muddermassor
- Rivning och återställning av markområdet efter avslutad verksamhet

Tisaren

- Avverkning/röjning av träd- och buskvegetation
- Installation av stålspons som skyddsbarriär mellan inre och yttre åtgärdsområde
- Installation av siltskärm runt det yttre åtgärdsområdet
- Röjning av hinder från botten efter behov, bl.a. rörledningsrester
- Schaktning och borttransport av jordmassor från land
- Sugmuddring av vattenmättad jord och bottensediment från ponton
- Pumpning av muddermassor i rörledning till avvattningsyta
- Flockulering med polymertillsats
- Avvattning i geotuber
- Hantering och rening av rejektvatten samt återföring till arbetsområdet (recirkulation)
- Klassificering och kvittblivning av avfall efter avvattning
- Miljökontroll av muddrad botten ska ligga till grund för beslut om eventuell erosionsskyddande täcknings omfattning. Täckningen utförs i området innanför stålspons.
- Övertäckning av restföroreningar med geotextil och bergkross
- Hjälparbeten för utförandet såsom anläggning av avvattningsyta
- Återfyllning och återställning av erosionsskyddad strandlinje
- Demontering av skyddsbarriär (stålspons) efter avslutad arbete

Estaboån och Överfallet

- Rivning av kvarlämnad brunn och avloppsledning genom Överfallet
- Schaktsanering av förorenad jord inom Överfallet
- Installation av stålspont som avgränsning av åtgärdsområdet uppströms och nedströms
- Omledning av vatten från Åsasjön förbi åtgärdsområdet
- Röjning av hinder från botten efter behov
- Sugmuddring av bottensediment från ponton
- Pumpning av muddermassor i rörledning till avvattningsyta
- Flockulering med polymertillsats
- Avvattning i geotuber
- Hantering och rening av rejektvatten samt återföring till arbetsområdet (recirkulation)
- Klassificering och kvittblivning av avfall efter avvattning
- Avjämning och erosionsskydd av strömfårens botten i slänter uppströms och nedströms
- Demontering av skyddsbarriärer (stålspont) efter avslutat arbete

8.2. Anläggande av avvattningsyta

Åtgärder som innebär muddring kräver en anpassad yta för hantering av uppgrävda och/eller uppsugna sediment. Ytan ska ha en area tillräcklig för den sedimentvolym som ska hanteras och därtill en jämn överyta. Möjlighet att uppsamla och kontrollera vatten som avrinner ska finnas då det är fråga om en miljöfarlig verksamhet vars utsläpp inte ska kunna ge upphov till onödig påverkan på omgivningen. En tät botten på ett lutande plan är nödvändiga förutsättningar för detta. Möjlighet att avleda vatten till recipient behövs också. Avskildhet från pågående verksamheter och boende inom området är därtill en fördel.

Tillträdesvägar till ytan behövs för lastning och bortforsling av massorna.

Avvattningsytans läge bör således vara belägen inom rimligt avstånd från själva muddringsområdet och väganslutningar till allmän väg. Den valda ytan för den ansökta verksamheten uppfyller samtliga krav enligt ovan. Alternativen att förlägga ytan längre norrut inom samma fastighet, inom tidigare verksamhetsområde för Åsbro nya impregnering, samt i anslutning till Tisaren väster om det inre åtgärdsområdet har båda övervägts och valts bort för att de inte uppfyller kraven i lika hög grad.

Den avsedda ytan kommer att avjämnas och schaktas till erforderlig lutning och invallning. Därefter installeras en tät duk av HDPE (high density polyethylene) som svetsas ihop. Under duken läggs en skyddande geotextil för att motverka eventuella skador från underliggande jord när duken belastas med tryck från geotuberna. Exempel på hur detta arbete går till visas i figur 12.



Figur 12. Till vänster ett exempel på avjämnd och invallad avvattningsyta. Till höger pågående installation av HDPE-duk med underliggande geotextil.

HDPE-duken provtrycks i svetsfogarna för att säkerställa att den blir tät. Efter att muddermassorna avlägsnats rivs HDPE-duken och markytan återställs.

Den planerade ytan som ska tätas med HDPE-duk är ca 15 000 m².

8.3. Installation av stålpont och siltskärm

Skyddsbarriärer för att avgränsa arbetsområden med grumlande verksamhet installeras för att säkerställa att spridning av förorening inte sker till Tisaren. Barriärer av stålpont kommer att användas för detta ändamål. Spontplankor av stål vibreras ned i botten och låses i varandra till en spontvägg. Installationen sker med maskin från land och ponton. Se exempel i figur 13.



Figur 13. Exempel på installation av stålpont som skyddsbarriär vid ett liknande saneringsprojekt i Stenborgskanalen, Gävle kommun, år 2009.

Denna typ av stålspont eller liknande kommer att installeras för att avgränsa det inre åtgärdsområdet i Tisaren samt den delsträcka av Estaboån som ska åtgärdas. Det yttre området i Tisaren är utbredd över en större yta och med ett mindre föroreningsinnehåll. En skyddsbarriär av stålspont runt det området är förenat med väsentligt högre kostnad. Istället avses att nyttja siltskärm som skyddsåtgärd runt det yttre området. Siltskärmen förhindrar att uppgrumlade sedimentpartiklar kan spridas ut till Tisaren.

Användning av stålspont och siltskärm som skyddsåtgärd vid sanering i vattenområden är väl beprövade. Absorberande oljeläns används i kombination med dessa vid behov då oljefilm bildas på vattenytan. Vid saneringen av Stenborgskanalen i Gävle år 2009 genomfördes muddringen genom grävning vilket är väsentligt mer grumlande än sugmuddring som avses i Åsbro. I Stenborgskanalen avgränsades ett inre och yttre åtgärdsområde på motsvarande sätt, med stålspont och siltskärm, se figur 14. Även där var föroreningen i huvudsak PAH (från stenkoltjära) i ett siltigt sediment som grävdes upp. Skyddsåtgärderna fungerade mycket väl under löpande miljökontroll och gränsvärden för grumling överskreds inte.



Figur 14. Pågående grävuddring i det yttre åtgärdsområdet innanför siltskärm och oljeläns. Stålsporten avgränsar det inre och mer föroreningsbelastade området vid Stenborgskanalen i Gävle.

8.4. Omledning av vatten i Estaboån

Avstängningen av delsträckan i Estaboån innebär att vattenflödet från övre Estaboån och Åsasjöns utlopp däms upp mot den övre stålsporten. För att motverka dämningseffekten och bibehålla en stabil vattennivå behöver flödet tillfälligt omledas

förbi den avgränsade delsträckan. Detta kommer att ske genom att pumpa vattnet från Åsasjön och i ledning passera delsträckan för åtgärd och vidare till åfåran nedströms. Pumpflödet varieras så att en nära konstant nivå upprätthålls mellan uppströms- och nedströmssidan av sponten.

8.5. Schaktsanering

I det inre åtgärdsområdet i Tisaren utgörs den västra delen av delvis torrlagd mark. All torr jord samt våta delar som inte är flytbenägna (d.v.s. högläggingsbara) och därmed kan schaktas och transporteras utan föregående avvattning kommer att grävas bort och lastas direkt på flakbil för borttransport till mottagningsanläggning. Den uppskattade volymen helt torra massor med saneringsbehov motsvarar ca 5000 m³. Tillkommande volym våta högläggingsbara massor kan uppgå till samma storleksordning, den slutliga fördelningen mellan schaktning och sugmuddring kommer att delvis avgöras i samband med upphandling av entreprenör och dennes metod- och utrustningsval för de båda momenten i kombination med mottagningsanläggningens förutsättningar avseende våt jord. Ytterligare ett mindre markområde i anslutning till Estaboån ("Överfallet") är föremål för schaktsanering av en mindre jordvolym, ca 500 m³.

8.6. Sugmuddring

Vid sugmuddring sugs sediment upp genom ett muddringshuvud monterat på kranarm som placeras vid sedimentytan och drivs ned i sedimenten. Vatten används för att förflytta sedimenten i form av en slurry i ett slutet rörsystem. Detta ger en låg spridningsrisk till omgivningen i jämförelse med grävuddring. Om botten består av styv lera eller morän kan ett grävande/skärande huvud användas, se figur 15. Detta kan även sönderdela växtdelar och rötter från vass och dylikt. Transport från mudderverket sker genom pumpning via pipeline till landanläggning. Genom att vatten utnyttjas som transportmedel medför detta en ökad volym av sediment med högre vattenkvot vilket kräver avvattning och separat behandling av rejektvatten. (Naturvårdsverket, 2003; Naturvårdsverket, 2009a). Utrustningen har dock ingen möjlighet att hantera fasta föremål (t.ex. trä, sten/block, skrot) utan dessa hindrar framdrift och kräver separat hantering. De hydrauliska system som krävs i form av pumpar och ledningar innebär en begränsning för utförande under perioder med kallt klimat då frysrisker uppstår. Utförande vid konstanta minusgrader kräver särskilda åtgärder och blir i de flesta fall orimligt att genomföra av dessa skäl.



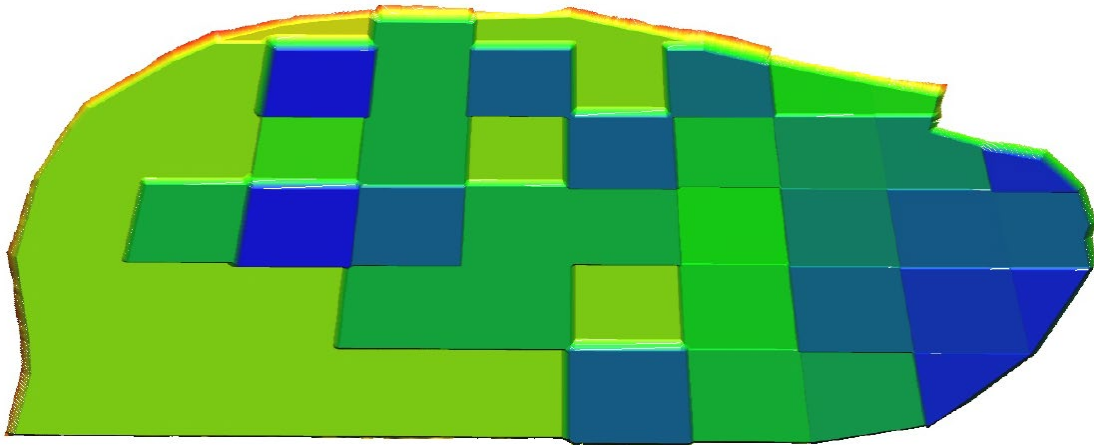
Figur 15. Exempel på roterande och skärande muddringshuvud. Sedimentslurryn sugns in i centrum av det konade huvudet.

Exempel på mudderverk lämpligt för de aktuella åtgärderna visas i figur 16.



Figur 16. Exempel på amfibiegående mudderverk med flytkraft i stödben och egen framdrivning.

Muddringsdjup och positionering styrs via gps. En förprogrammerad schaktmodell i 3D kan därmed följas upp i realtid på grävdatorns bildskärm av operatören. Exempel på den preliminära schaktmodellen för det inre åtgärdsområdet i Tisaren visas i figur x.



Figur 17. Preliminär 3D-vy över den slutliga schaktbotten som programmeras i mudderverkets gps-styrda grävdator.

8.7. Avvattning i geotuber

Geotuber är en teknik som används för att avvattna slam från exempelvis reningsdammar och kan benämnas som en kombination av aktiv och passiv avvattning. Detta lämpar sig väl att kombinera med sugmuddring då sedimentet transporteras som en slurry och kan pumpas direkt in i geotuberna men det kan också nyttjas för grävuddring om de uppgrävda sedimenten slammas upp i vatten och pumpas från muddringsområdet. Geotuberna består av geotextil där vattnet kan passera igenom och sedimentet kvarhålls i själva tuben. Polymer kan tillsättas för att skapa flockar av finpartiklar med bundna föroreningar vilket kan betecknas som den aktiva delen i metoden. Polymertillsatsen ger vanligen en väsentligt förbättrad momentan separation av fastfas från vatten men det förutsätter att valet av polymer i kombination med geotextil optimeras väl för varje enskilt sediment. Vid betydande variationer i sedimentkvalitet kan polymeren därför behöva bytas.

En betydande fördel med denna teknik är att ytan för avvattning på land kan begränsas avsevärt i förhållande till passiv avvattning i laguner. Tuberna kan tillåtas släppa vatten och därefter återfyllas tills dess att den fasta massan fyller tuben till önskad grad. De kan också staplas på varandra i lager och därmed möjliggöra en packning på höjden med bibehållen eller till och med ökad avvattningseffekt genom ökat tryck. Ytterligare en fördel med geotuber är att eventuella lukter från sedimenten kvarhålls bättre i jämförelse med en öppen lagun eller bassäng. Ett exempel på upplag av geotuber på en avvattningsyta visas i figur 18.



Figur 18. Exempel på upplag av geotuber på tät invallad avvattningsyta.

8.8. Omhändertagande av överskottsvatten

Genom att massorna avvattnas uppkommer behovet av hantering av vatten som ska återföras till recipienten. PAH:er är mestadels hydrofoba och binder till partikulärt material, vilket gör rening möjlig genom avskiljning av partiklar. Inom gruppen av PAH:er, PAH 16, som vanligen förekommer i kreosot varierar dock lösligheten i vatten mellan de olika föreningarna. Vid muddring blandas det muddrade materialet med vatten vilket också bidrar till en temporärt ökad halt lösta PAH i vattnet. Ämnens hydrofoba karaktär gör dock att de fastläggs i hög grad till partiklar igen när slurryn koncentreras och stabiliseras i geotuberna. Flockning i geotuberna och filtrering genom geotextilen kan därmed vara tillräckligt för att halterna i utgående vatten ska bli acceptabla. Vid behov kan detta kompletteras med filtrering genom sand eller aktivt kol.

Vatten som avrinner ur geotuberna samlas upp via en pumpgrop på avvattningsytan. Rejektvattnet kontrolleras genom provtagning och analys med avseende på PAH innan det återförs till åtgärdsområdet innanför sponten. Återföringen till muddringsområdet innebär att vattnet recirkuleras istället för att släppas direkt till Tisaren och därmed minskas den potentiella spridningen av lösta rester av PAH. Frekvens och omfattning av provtagning, begränsningsvärden och eventuella åtgärder beskrivs och regleras i ett kontrollprogram i samråd med tillsynsmyndigheten innan muddringen påbörjas. Avvattning i laboratorieskala har utförts och resulterat i rejektivatten med mycket lågt partikelinnehåll. Tester i pilotskala utfördes under april 2018 och redovisas här nedan.

8.9. Karaktärisering

Muddermassorna karaktäriseras efter avvattning med provtagning och analys av PAH, arsenik/metaller och TOC. I sedimentet är de högst uppmätta halterna av PAH över de gränsvärden som föreslagits av Avfall Sverige att gälla för klassificering av farligt avfall. Gränsvärden för cancerogena PAH och övriga PAH, vilka tillsammans utgör summan för PAH 16, är 100 respektive 1000 mg/kg TS. Detta innebär att muddermassorna kommer att klassificeras som både icke-farligt (IFA) och farligt avfall (FA) beroende av de slutliga halterna som erhålls vid analys av de avvattnade sedimenten i geotuberna. Slutlig klassning av avfallet görs på sammansättningen av massorna efter muddring och avvattning.

Muddermassor kommer efter avvattning och karaktärisering/klassificering köras med lastbil till godkänd mottagningsanläggning för respektive avfallsklass.

8.10. Resultat från pilotskaleförsök genom sugmuddring och avvattning med flockulering och geotub

I april 2018 företogs försök i pilotskala avseende sugmuddring av sediment från det inre åtgärdsområdet i Tisaren och Estaboån. Provpunkterna valdes där de högsta kända föroreningshalterna förekommer för att resultaten skulle kunna betraktas som ett ”värsta fall” för åtgärderna i helhet. Försöket vidtogs i syfte att pröva metod- och materialval avseende flockulering och avvattning samt kontrollera rejektvattnets kvalitet. En beskrivning av utförandet och resultaten följer nedan.

8.10.1. Sugmuddring

Sugmuddring utfördes med en slampump (typ Bravo 400, 3-fas) som har en agitator, ett skärande hjul som finfördelar materialet innan det suggs upp av pumpen. Pumpen manövrerades med en grävmaskin och anslöts med slang (diam. 4 tum) till mixerstation på land och sänktes ner i sedimenten för uppsugning. Flödet varierade mellan ca 500-1500 liter/min. Se figur 19.



Figur 19. Till vänster en närbild på slampumpen vid provpunkt i Estaboån. Till höger pumpupphängning vid provpunkten i Tisaren.

Pilotförsöket optimerades så långt som möjligt till att efterlikna fullskala med avseende på utspädning i slurryblandningen. Vid fullskala är den erfarenhetsbaserade bedömningen att sedimentvolymen späds med vatten i volymförhållandet ca 1:3-1:5.

8.10.2. Polymertillsats och flockulering

Valet av polymer prövades och optimerades i laboratorieskala innan utförandet av pilotförsöken. En katjonisk polymer (Solenis DF 410) med medelhögt laddningsintervall visade sig fungera bäst. I kombination med geotextil (GT 500 D) utfördes labförsök med stickprover av sediment från aktuella delområden med goda resultat avseende flockning och avvattning.

Vid pilotförsöken användes samma typ och fabrikat av geotextil samt polymer av motsvarande typ. En vattenlösning motsvarande 0,4 vikt-% av polymeren användes för tillsats till flödet från muddringspumpen via en doseringspump. Den totala tillsatsen av polymer motsvarade ca 1 gram / kilogram torrt sediment.

8.10.3. Avvattning i geotub och sedimentavfall

Flödesblandningen av sediment och polymertillsats pumpades vidare till en geotub i dimension 2 x 5 m i ofyllt tillstånd. Det s.k. rejektvattnet som passerade ut genom geotuben samlades upp i container och den fasta fasen kvarhölls i geotuben. Se figur 20. Från containern pumpades därefter rejektvattnet till IBC-behållare för fortsatt provning och rening.



Figur 20. Fyllning av geotub och uppsamling av rejektivatten under pågående pilotförsök.

Efter avslutad muddring lämnades geotuben med innehållet av sediment att torka under några dygn varefter den skars upp för provtagning av det kvarvarande innehållet. Ett samlingsprov uttogs ur sedimenten och skickades för analys. Resultaten från analysen visas i tabell 3.

Tabell 3. Föroreningshalter i avvattnat sediment från pilotförsök. Jämförelse med förslag till gränsvärden för Farligt avfall från Avfall Sverige (2007).

Analysparameter	Enhet	Värde	Gränsvärde FA
TS 105°C	%	22,5	
As	mg/kg TS	55,1	1000
Ba	mg/kg TS	72,3	10000
Cd	mg/kg TS	1,13	100/1000
Co	mg/kg TS	7,97	100/2500
Cr	mg/kg TS	52,5	10000
Cu	mg/kg TS	191	2500
Hg	mg/kg TS	0,279	500/1000
Ni	mg/kg TS	27,6	100/1000
Pb	mg/kg TS	90	2500
V	mg/kg TS	21,3	10000
Zn	mg/kg TS	248	2500
alifater >C8-C10	mg/kg TS	51	
alifater >C10-C12	mg/kg TS	120	
alifater >C12-C16	mg/kg TS	390	
alifater >C16-C35	mg/kg TS	1200	10000
aromater >C8-C10	mg/kg TS	120	1000
aromater >C10-C16	mg/kg TS	2400	
metylpyrener/metylfluorantener	mg/kg TS	480	
metylkryser/metylbens(a)antracener	mg/kg TS	70	
aromater >C16-C35	mg/kg TS	540	1000
naftalen	mg/kg TS	780	2500
acenaftylen	mg/kg TS	20	
acenaften	mg/kg TS	540	
fluoren	mg/kg TS	530	
fenantren	mg/kg TS	1400	
antracen	mg/kg TS	250	
fluoranten	mg/kg TS	820	
pyren	mg/kg TS	520	
bens(a)antracen	mg/kg TS	160	
krysen	mg/kg TS	140	
bens(b)fluoranten	mg/kg TS	66	
bens(k)fluoranten	mg/kg TS	23	
bens(a)pyren	mg/kg TS	35	
dibens(ah)antracen	mg/kg TS	4,4	
benso(ghi)perylen	mg/kg TS	11	
indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	11	
PAH, summa 16	mg/kg TS	5300	
PAH, summa cancerogena	mg/kg TS	440	100
PAH, summa övriga	mg/kg TS	4900	1000
PAH, summa L	mg/kg TS	1300	
PAH, summa M	mg/kg TS	3500	
PAH, summa H	mg/kg TS	450	
glödrest av TS	%	80,6	
glödförlust av TS	%	19,4	
TOC	% av TS	11	

Resultaten visar haltnivåer i en mix av sediment från de två provpunkterna som representerar de högsta kända halterna från tidigare undersökningar. Summaparametrarna för cancerogena och övriga PAH överskrider gränsvärden för farligt avfall med 4-5 gånger och halten totalt organiskt kol (TOC) motsvarar ca 2 ggr den halt som accepteras i deponi för farligt avfall utan särskild dispens. Av de enskilda PAH:erna utgör fenantren, fluoranten och naftalen de rikligast förekommande och den cancerogena summafraktionen utgör ca 10% av det totala innehållet av PAH.

Utöver PAH förekommer även lättare alifatiska och aromatiska kolväten i betydande mängd. Metallinnehållet är relativt lågt. Arsenik förekommer i förhöjd halt, motsvarande 2 ggr generellt riktvärde för yttlig jord i ett område med mindre känslig markanvändning (MKM) enligt Naturvårdsverkets generella riktvärdesmodell.

Torrhalten uppgick till > 20% efter avvattningen och några dygns avrinning vilket motsvarar ett förväntat resultat för den valda metoden. Ingående flöde från muddringen till geotuben uppskattades variera mellan 1-3 % TS under försöket.

Som avfall innebär dessa uppmätta halter att sedimenten klassificeras som farligt avfall (FA).

8.10.4. Rejektvattnets kvalitet

Det rejecktatten som uppsamlades från avvattningen samlades under geotuben och pumpades därefter till tankar för provtagning och analys. Cirka 4 m³ rejecktatten uppsamlades under muddringen från vardera provpunkt och provtogs därefter för separat analys av föroreningar och suspenderat material. Resultaten redovisas i tabell 4.

Vattnet pumpades till fyra separata tankar successivt under försökens genomförande och dessa har analyserats individuellt innan vidare reningsförsök. Resultaten i tabell 4 utgör således medelvärden från fyra individuella prover.

Resultaten påvisar väsentliga skillnader i vattenkvaliteten från de två åtgärdsområdena. Det inre åtgärdsområdet i Tisaren innehåller en betydande fraktion av naftalen som är den enskilt mest vattenlösliga PAH i gruppen PAH 16. I rejecktattnet från Estaboån förekommer däremot inget naftalen. Även fluoren och fenantren förekommer i högre halter i vattnet från Tisaren men övriga PAH:ers förekomst är likartad mellan de båda provpunkterna. Acenaften påvisades som enskilt högsta halt i Estaboån och denna utgjorde den näst högsta halten i Tisaren efter helt dominerande naftalen.

Halten suspenderande ämnen var väsentligt högre i rejecktattnet från Estaboån. Detta ska dock inte tolkas som en klar skillnad då variationen i susphalt mellan proverna från samma område också var betydande.

Tabell 4. Föroreningshalter och suspenderade ämnen i rejektivatten från muddring i två olika punkter under pilotförsök.

Analysparameter	Enhet	Estaboån	Inre ÅO Tisaren
		Medelhalter (n=4)	Medelhalter (n=4)
As	µg/l	5,6	12,4
naftalen	µg/l	<0.030	1598
acenaftylen	µg/l	3,3	3,3
acenaften	µg/l	147	153
fluoren	µg/l	6,3	49,8
fenantren	µg/l	0,40	39,1
antracen	µg/l	0,49	2,4
fluoranten	µg/l	12,6	8,9
pyren	µg/l	3,2	4,5
bens(a)antracen	µg/l	0,39	0,64
krysen	µg/l	0,34	0,59
bens(b)fluoranten	µg/l	0,04	0,25
bens(k)fluoranten	µg/l	0,02	0,13
bens(a)pyren	µg/l	0,02	0,17
dibenso(ah)antracen	µg/l	<0.010	0,02
benso(ghi)perylen	µg/l	<0.010	0,04
indeno(123cd)pyren	µg/l	<0.010	0,04
PAH, summa 16	µg/l	175	1825
PAH, summa cancerogena	µg/l	0,81	1,7
PAH, summa övriga	µg/l	175	1825
PAH, summa L	µg/l	151	1725
PAH, summa M	µg/l	23	104
PAH, summa H	µg/l	0,81	1,8
suspenderade ämnen	mg/l	42,8	14,3
TOC	mg/l	14,5	11,2

8.10.5. Rening av rejektvatten

En utredning av möjligheter till rening av rejektvatten har genomförts inom ramen för åtgärdsutredningen. Ett sugmudderverk av den storlek som krävs för att genomföra muddringen inom en rimlig tidsram och anpassat till de geotekniska och spatiala förutsättningarna genererar ett flöde av sedimentslurry till geotuberna i storleksordningen 200-500 m³/tim. Motsvarande flöde av rejektvatten ska således lämna avvattningsytan under drift av mudderverket. Pilotförsöken har också påvisat ett behov av att kunna avlägsna både partikulärt material och lösta organiska ämnen (PAH, alifater och aromater) för att undvika en betydande omgivningspåverkan under åtgärdsfasen.

Alternativ som utretts är att destruera organiska ämnen i flödesvolymen genom tillsats av väteperoxid och ozonbehandling. Av dessa två visade laboratorieförsök på rejektvattnet att ozonbehandling kan destruera PAH:er till en reduktionsgrad om ca 40-80%. Tillsats av väteperoxid gav en obetydlig effekt. Alternativet att nyttja det kommunala reningsverket i Åsbro har också utretts vilket gav slutsatsen att flödeskapaciteten inte skulle vara tillräcklig på grund av flera faktorer, främst att det skulle utarma bioreningssteget på grund av näringsbrist.

Filtreringstekniker begränsas också av dess flödeskapacitet men på senare tid har det utvecklats större anläggningar med kapacitet att filtrera storleksordningen 100 m³/tim genom s.k. granulerat aktivt kol (GAK). Genom att använda flera sådana enheter parallellt är det därmed möjligt att hantera de flöden som är aktuell i den ansökta verksamheten. Utredningen av reningsteknik har efter tester således utmynnat i valet av denna teknik som bästa tillgängliga för åtgärderna i Åsbro.

Pilotförsök med rening av rejektvattnet genom filtrering i GAK-filtermodul har vidtagits. Användningen av aktivt kol för adsorption av organiska ämnen är en välbeprövad, vedertagen och effektiv teknik. Begränsningen som kan uppstå är då innehållet av partiklar i vattnet fastnar i kolmaterialets porer och orsakar igensättning och minskat flöde. Filtermassan behöver då bytas ut vilket innebär driftstopp och ökad konsumtion av filtermaterial (GAK). Partikelavskiljningen genom en effektiv flockulering och filtrering genom geotuberna blir därför avgörande för filtreringens effektivitet.

8.10.6. Resultat från filtreringsförsök

En filteranläggning i pilotskala bestående av ett GAK-filter med volymen 1 m³ användes för att rena rejektvattnet från pilotförsöken, se figur 21. Utrustningen och filtermassan hyrdes från det holländska företaget DESOTEC. Denna typ av anläggning är således kommersiellt tillgänglig och har dokumenterad användning i flera likartade applikationer som den nu aktuella i Åsbro.



Figur 21. Filterutrustning från DESOTEC som användes för rening av rejektvatten från pilotförsöken.

Transport och lagring av rejektvattnet inför filtreringen medför att det partikulära innehållet sedimenterar och delvis lösta PAH:er med hydrofob karaktär adsorberar till plastytorna i tankarna. Halterna av organiska ämnen med viss flyktighet sjunker också då locken öppnas efter att luftvolymen ovanför vattnet mätts av ångor. För att resuspendera partiklarna inför filtreringen blandades behållarna kraftigt vilket också innebär en förlust av flyktiga ämnen. Halterna av PAH analyserades dock på både ingående och utgående vatten för att kunna kvantifiera reningseffekten.

Filtreringen utfördes med ett kontinuerligt flöde om ca 100-120 l/min där 3,6 m³ vatten från Estaboån och motsvarande volym från Tisaren pumpades genom filtret. Filtreringen föregicks av att filtermassan mättades med ca 1000 liter kranvatten. Totalt pumpades alltså 8,2 m³ vatten genom filtret, varav 7,2 m³ utgjorde rejektvatten. Provuttag skedde från både ingående och utgående vatten med början efter att ca 1,5 m³ passerat för att kranvattnet skulle hinna omsättas. Totalt uttogs 6 prover med ca 900 liters intervall därefter.

I tabell 5 redovisas de högsta halterna av respektive PAH som uppmättes under försöket samt den beräknade haltreduktionen.

Tabell 5. Uppmätta maxhalter av respektive PAH samt summaparametrar under filtreringen. Beräknad procentuell haltreduktion.

Analysparameter	Enhet	Maxhalt	Maxhalt	Reduktion (%)
		Ingående	Utgående	
naftalen	µg/l	36,2	< 0,030	ND
acenaftylen	µg/l	2,16	< 0,010	ND
acenaften	µg/l	86,8	0,024	99,97
fluoren	µg/l	9,32	0,014	99,8
fenantren	µg/l	9,99	0,026	99,7
antracen	µg/l	1,89	0,032	98,3
fluoranten	µg/l	78,3	0,105	99,9
pyren	µg/l	51,5	0,075	99,9
bens(a)antracen	µg/l	6,9	0,162	97,7
krysen	µg/l	6,32	0,08	98,7
bens(b)fluoranten	µg/l	0,454	0,291	35,9
bens(k)fluoranten	µg/l	0,299	0,104	65,2
bens(a)pyren	µg/l	0,402	0,149	62,9
dibenso(ah)antracen	µg/l	0,03	0,012	60,0
benso(ghi)perylene	µg/l	0,095	0,045	52,6
indeno(123cd)pyren	µg/l	0,109	0,048	56,0
PAH, summa 16	µg/l	160	1,2	99,3
PAH, summa cancerogena	µg/l	14	0,85	93,9
PAH, summa övriga	µg/l	140	0,32	99,8

En total haltreduktion över 99% kunde påvisas avseende summa PAH 16. Reduktionen av de större och tyngre PAH:erna var inte lika effektiv som de lättare föreningarna men eftersom halterna av tyngre PAH:er är generellt mycket låga i rejecktvattnet får det en liten effekt på summaparametern PAH 16. En utvärdering av medelhalter och beräknade totala mängder in och ut från filtret redovisas i tabell 6.

Tabell 6. Beräknade medelhalter från 6 mätningar under filtreringsförsöket. Beräknade totala mängder av PAH in och ut från filtret samt den totala massreduktionen av PAH.

Analysparameter	Enhet	Ingående	Utgående	Massreduktion (%)
PAH, summa 16	Medelhalt, µg/l	51,8	0,4	
PAH, summa cancerogena	Medelhalt, µg/l	3,1	0,8	
PAH, summa övriga	Medelhalt, µg/l	47,8	0,1	
PAH, summa 16	Total mängd, mg	425,1	3,7	99,1
PAH, summa cancerogena	Total mängd, mg	25,1	6,2	75,2
PAH, summa övriga	Total mängd, mg	392,3	1,1	99,7

Massreduktionen av PAH 16 uppgick till 99%, där nära 100% av summan övriga PAH och 75% av cancerogena PAH adsorberades i kolfiltret.

8.10.7. Slutsatser från pilotförsök

Resultaten från pilotförsöket visar att utprovad avvattningsmetod fungerar mycket väl för sedimenten i Estaboån och Tisaren. Valet av polymer och geotextil har optimerats så att flockulering och avvattning kan anses fungera på ett sätt som minimerar rejektvattnets innehåll av suspenderade ämnen och PAH. I viss mån kan justeringar och ytterligare optimering komma att krävas i uppskalningsskede.

Filtrering av rejektvatten genom granulerat aktivt kol har genom pilotförsöken påvisats vara en bra metod för att reducera de aktuella föroreningarna till en grad som kan accepteras för att det ska kunna återföras till Tisaren.

8.11. Borttransport

Muddring och transport till godkänd extern deponi är ett vanligt förfarande vid schakt av förorenade massor. De påträffade PAH-koncentrationerna i sedimenten innebär att den förväntade klassificeringen kommer att medföra fraktioner av både farligt avfall och icke-farligt avfall. Efter avslutad avvattning och klassificering kommer mottagningen av avfallet att upphandlas i konkurrens som offentlig upphandling av SGU. Detta förutsätter vanligen att massorna är ”högläggingsbara”, vilket innebär att de ska ha tillräcklig torrhet och geotekniska egenskaper som möjliggör maskinell hantering på upplag. Det kan givetvis förekomma undantag från dessa krav om särskild överenskommelse med mottagaren kan träffas där det finns en lösning för att hantera och fortsatt avvattna avfallet inom mottagningsanläggningen. En del av avfallet kommer att schaktas torrt och transporteras direkt till mottagningsanläggning alternativt via ett mellanupplag inom hanterings- och avvattningsytan. Den exakta fördelningen mellan dessa olika förfaranden avgörs vid schakt.

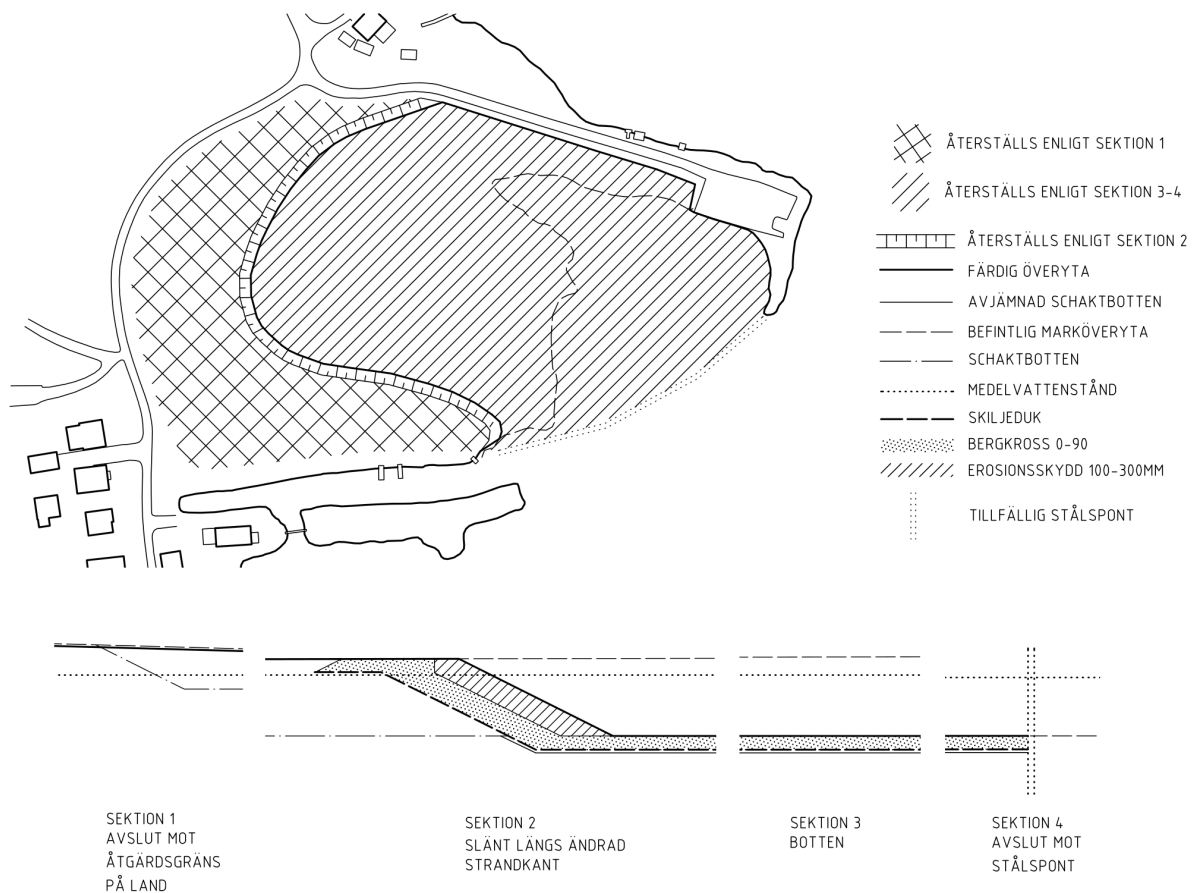
Mängden TOC (total mängd organiskt kol) i sedimentmassorna har betydelse för omhändertagandet efter muddring. Tillåten mängd regleras i NFS 2004:10 och där fastställs 5 % TOC för icke-farligt avfall och 6 % TOC för farligt avfall. Vissa mottagningsanläggningar kan dock inneha dispens och på så sätt ta emot avfall upp till dubbla och tredubbla gränsvärdet (NFS 2004:10).

8.12. Övertäckning av restförorening

Övertäckning av restföroreningar inom särskilt erosionsutsatta områden inom det inre åtgärdsområdet i Tisaren och i Estaboån avses att utföras i det fall miljökontroll efter avslutad muddring visar att det föreligger risk för ansenlig fortsatt spridning av PAH. Täckningen utförs i detta fall genom utläggning av geotextil på botten varefter ett ca 0,3- 0,5 m tjockt lager av bergkross läggs ovanpå. Utläggningen utförs med större fraktion i slänter (ca 100-300 mm) för att motverka erosion i undre tätare bergfraktion (ca 0-90 mm). Se beskrivningar under 8.13.

8.13. Återställning av åtgärdade områden

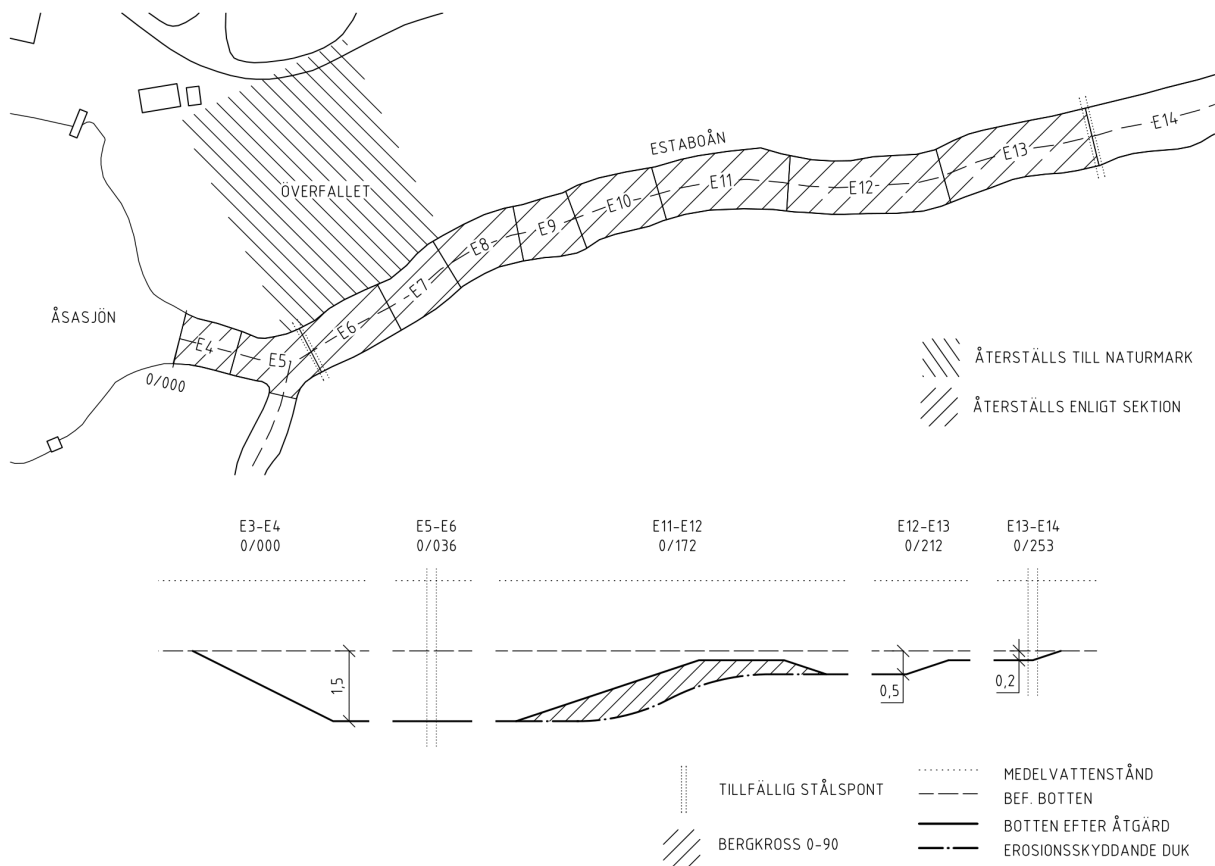
Inom verksamhetsområdet kommer muddringen av förorenade sediment att innebära ett något ökat vattendjup efter åtgärd. Någon återfyllning kommer inte utföras generellt. I det inre åtgärdsområdet i Tisaren kommer en viss återfyllning att utföras till en utformning som efterliknar den strandlinje som har definierats från äldre flygfoton innan impregneringsverksamheten inneburit en utfyllnad i viken. Avjämning av slänter mellan olika muddringsdjup kommer också att utföras innan övertäckning. En skiss över den planerade återställningen visas i figur 22.



Figur 22. Planerad återställning enligt tidigare strandlinje i det inre åtgärdsområdet i Tisaren. Typsektion 1-4 visar ett principiellt utförandet av övertäckning med erosionsskydd (ej skalenlig).

I det yttre åtgärdsområdet kvarlämnas åtgärdad botten utan övertäckning.

I Estaboån och det anslutande markområdet (överfallet) kommer återställning att utföras enligt figur 23.



Figur 23. Planerad återställning i Estaboån och det anslutande markområdet (Överfallet). Typsektioner visar utförandet av övertäckning med erosionsskydd i slänt mellan övergång i muddringsdjup (E11-E12) samt avjämnningar och ändrade bottendjup (ej skalenliga).

Ytan för avvattning och övriga ytor som tas i anspråk vid entreprenaden återställs till ursprungligt skick efter att entreprenaden och avvattning/kvittblivning har avslutats.

9. SKYDDSATGÄRDER

Skyddsåtgärder för att motverka spridning av partikulärt material vid grulande arbeten kommer att vidtas. Stålsporten utgör primärt skydd efter att den installerats. Vid behov kommer även siltskärm att användas runt grulande arbeten och temporära öppningar i spontlinjen om direkt risk för spridning till recipienten föreligger. Beredskap för detta

ska finnas och styrande för behovsprövning är resultat från kontrollmätningar av turbiditet enligt ett av tillsynsmyndigheten godkänt kontrollprogram.

9.1. Skadeförebyggande åtgärder

Följande skadeförebyggande åtgärder kommer att vidtas vid entreprenaden:

- Kontrollprogram om buller, grumling och rejektvatten kommer att upprättas i samråd med tillsynsmyndigheten.
- Länsar och absorptionsmedel för eventuellt oljespill från arbetsmaskiner ska finnas tillgängligt på arbetsplatsen under byggtiden.
- Arbetsområdet ska märkas ut i syfte att förhindra påsegling. Utmärkning av området för sjöfarten ska ske enligt transportstyrelsens anmärkningar.
- Samtliga temporära installationer, flytetyg och arbetsbåtar ska förses med belysning enligt anvisningar från Sjöfartsverket och Transportstyrelsen.
- Avvattningsytan stängs in så att obehöriga inte äger tillträde eller av misstag tar sig in på området.
- Avvattningsbassängen dimensioneras så att den kan samla upp material från en geotub som har gått sönder eller utsatts för skadegörelse.
- Skyltning om livsfara sätts upp i anslutning till avvattningsytan för att förhindra obehöriga att tillträda området.
- För att förhindra förorenings spridning om rörledningen för sedimenttransport lossnar från förankringen kommer rörledningen förankras både vid strandlinje och innanför invallningen på avvattningsytan.

9.2. Luft

För att förhindra eventuell damning kommer vid behov skyddsåtgärder i form av bevattning av vägar och hårdgjorda ytor att genomföras. För att minska eventuellt obehag av lukt har avvattningsytan lokaliserats till en plats där effekterna för omkringboende blir som lägst. I och med att muddermassorna avvattnas innan transport från området minskas antalet transporter avsevärt och utsläppen från transporter blir således mindre.

9.3. Grumling och oljefilm

För att minska risken för negativa effekter på den akvatiska miljön kommer grumlingsskydd i form av geotextilskärmar, så kallade siltskärmar, att installeras runt det yttre åtgärdsområdet i Tisaren. Siltskärmar är flexibla barriärer mellan arbetsområde och övrigt vattenområde för att hindra partikelspridning. Skärmarna förankras i flytkroppar vid ytan och med kättingar vid botten.

Siltskärmar kan installeras som enkla eller dubbla. Dubbla skärmar kan installeras som en försiktighetsåtgärd i syfte att fånga upp eventuella partiklar som tar sig förbi den inre skärmen. Nackdelen med dubbla skärmar är att den ökade tätheten eller ”segeleffekten” gör att det finns en större risk att båda skärmarna havererar vid hård sjö än vid användandet av en enkel skärm. Med anledning av detta avses en enkel siltskärm att användas i Tisaren.

För att säkerställa siltskärmarnas funktion kommer dessa att kontrolleras okulärt med båt vid ytan varje dag under pågående arbeten. Om skada på siltskärm observeras under aktiv entreprenad finns risk för att skadlig grumling eller spridning av föroreningar uppstår. Grumlande arbeten stoppas därför tills siltgardinen är reparerad.

Ytterligare försiktighetsåtgärder för att förhindra eller upptäcka eventuell spridning av grumlande partiklar kommer ske genom dagliga mätningar av turbiditet i anslutning till området. Turbiditeten mäts innanför och utanför siltskärmarna. Mätningarna utförs med en turbidimeter varje dag under aktiv entreprenad. Mätningen utförs ca 1 meter över botten. Undersökning av turbiditeten utförs även i en vald referenspunkt i närheten av området. Resultaten från turbiditetsmätningarna i anslutning till verksamhetsområdet samt vid referenspunkt jämförs med varandra för att kunna påvisa om det sker någon spridning av grumlande partiklar i samband med entreprenaden. Den naturliga grumlingen varierar från dag till dag och beror av naturliga skäl till stor del på säsong, väder och vind, varför jämförelsen görs med mätningar från en referenspunkt.

Under aktiv entreprenad jämförs resultaten från turbiditetsmätningarna utanför siltskärm med resultatet från referenspunkten. Vid ett högre påslag utanför siltskärmen än vid referenspunkten utreds orsaken till detta närmare genom kontroll av siltskärmen status. Turbiditeten innanför siltskärmen jämförs med resultatet utanför för ett mått på funktionen. Om avvikelser över 2 ggr bakgrundsvärdet förekommer utreds orsaken till avvikelserna och åtgärdas med efterföljande kontroll.

En oljeabsorberande läns installeras längs insidan av både stålsponter och siltskärmar. Oljelänsen absorberar effektivt eventuell oljefilm som kan uppkomma på ytan vid omrörning i sedimenten. En sådan oljeläns kommer vid behov även att läggas runt mudderverket för att förhindra att oljefilmen sprids.

9.4. Rejektvatten

Rejektvattnet från avvattningsytan kommer att renas genom filtrering i enlighet med beskrivning i 8.9.5 - 8.9.6 ovan.

För att ytterligare minska risken för negativa effekter från utsläpp av rejektvatten från avvattningen med geotuber kommer vattnet att släppas tillbaka innanför stålsponter i de båda arbetsområdena. På så sätt erhålls en recirkulation av vatten mellan muddring, avvattning och rening istället för att släppa rejektvattnet direkt ut till Tisaren.

Provtagning och analys av PAH i ingående och utgående vatten till och från reningsanläggningen utförs regelbundet för att kontrollera reningseffekten. I pilottester uppnåddes en massreduktion av PAH i nivån 99%. En realistisk målsättning i full skala är att uppnå en massreduktion av PAH summa 16 motsvarande > 90%. Eftersom rejektvattnet recirkuleras kommer det inte att finnas något direkt utloppsflöde till Tisaren.

Förväntad flödesvolym från avvattningsytan beräknas till ca 100 000 m³ för hela åtgärden.

9.5. Bottenmiljö

Eventuella åtgärder för att främja återmigrering av bottenfauna övervägs vid detaljprojektering.

9.6. Buller

Buller från verksamheten kommer inriktningsvis begränsas i enlighet med Naturvårdsverkets allmänna råd för byggarbetsplatser [2].

9.7. Kemiska produkter

För att eliminera risken för fiskar och vattenlevande organismer kommer torrpolymerens fastämnen spädas till en 0,2-0,5 % vätska innan de adderas till sedimentet. Vid tillsats av vätska sker en hydrolys av polymererna vilket gör att eventuell toxicitet elimineras [3]. Lagring av polymerer och eventuellt andra kemikalier kommer att ske på invallad och tät yta försedd med nederbördsskydd. Invallningen ska inrymma det största kärlets volym samt 10 % av den samlade volymen av övriga förvaringskärl. Förvaring ska ske så att obehöriga förhindras tillträde. Behållare med kemikalier och farligt avfall ska vara märkta med innehåll och farosymboler.

Med iakttagande av dessa försiktighetsåtgärder bedöms hanteringen av kemikalier inte medför några konsekvenser av betydelse för omgivningen.

10. INFORMATION

SGU avser att löpande informera om projektet via hemsida samt nyhetsbrev som direktutskick till närboende. Vid särskilda händelser genomförs riktad information till berörda.

11. REFERENSER

- [1] Markteknisk undersökningsrapport, MUR, Åsbro träimpregneringsanläggning (Tyréns, 2018-07-09)
- [2] Naturvårdsverket, 2005. Allmänna råd om buller från byggplatser - 2 kap. och 26 kap. 19 § miljöbalken.
- [3] Sito rakennuttajat oy, 2015. Use of DF 410 dewatering polymer in waterway rest
<https://www.mercell.com/nbno/m/file/GetFile.ashx?id=56672814&version>