

Källfördelningsanalys

Tavelåns huvudavrinningsområde



Sweco Sverige AB
Uppdrag
Uppdragsnummer
Kund
Upprättad av

Datum
Dokumentreferens

RegNo 556767-9849
Källfördelningsanalys Tavelån
30095280
Umeå kommun
Mattias Melin, Per Hedström, Petter
Lämås
2026-01-07
Källfördelningsanalys Tavelån 20260107

Innehållsförteckning

1	Introduktion	4
1.1	Syfte och omfattning	4
1.2	Bakgrund och områdesbeskrivning	4
2	Metod	6
2.1	Dataunderlag och avgränsning	6
2.2	Provtagning och kemiska analyser	8
2.3	Avrinningsområden och hydrologi	8
2.4	Modellering av näringsförluster	8
2.4.1	Näringsläckage från mark	9
2.4.2	Näringsläckage från enskilda avlopp och reningsverk	11
2.4.3	Modellering	11
2.5	Osäkerheter och begränsningar	12
3	Hydrologisk och kemisk kontext	14
3.1	Klimat och hydrologi	14
3.2	Vattenkemi	16
4	Resultat	20
4.1	Översikt	20
4.2	Källområden	23
4.3	Sjöarna	25
4.3.1	Avan	25
4.3.2	Tavelsjön	26
4.3.3	Trehörningen	27
4.4	Fällforsån	29
4.5	Övre Tavelån (Hissjö-Ersmark)	31
4.6	Mellersta Tavelån (Ersmark-Anumark)	33
4.7	Nedre Tavelån	35
4.8	Tavelåns mynning	37
5	Åtgärdsanalys och prioritering	40
5.1	Avan	42
5.2	Trehörningen	42
5.3	Mellersta Tavelån	43
5.4	Nedre Tavelån och mynningen	43
5.5	Samlad bedömning	43
6	Ytterligare exploatering	44
6.1	Belastning mot Tavlefjärden	45
6.1.1	Fullt utbyggt läge	46
6.1.2	Byggskede och etappvis utbygggnad	46
6.1.3	Jämförelse mellan drift och byggskede	47
6.1.4	Samlad belastningsbild vid TVPP4	47
6.2	Bedömning miljö kvalitetsnormer	47
6.3	Samlad bedömning	48

1 Introduktion

På uppdrag av Umeå kommun har Sweco genomfört en fördjupad källfördelningsanalys för Tavelåns avrinningsområde, med fokus på hur olika källor bidrar till belastning av totalfosfor (TP) och totalkväve (TN) i systemet och vidare mot Tavle fjärden. Arbetet bygger vidare på analysen från 2019 för nedre Tavelån (provtagningar 2017–2018) och utökas här med systematiska provtagningar 2020–2021 vid 33 nya provpunkter samt provtagning i nedre Tavelån 2025. Tillsammans utgör dessa underlag basen för den fördjupade analys som presenteras i rapporten.

1.1 Syfte och omfattning

Syftet är att ta fram ett uppdaterat, beslutsstödande underlag som:

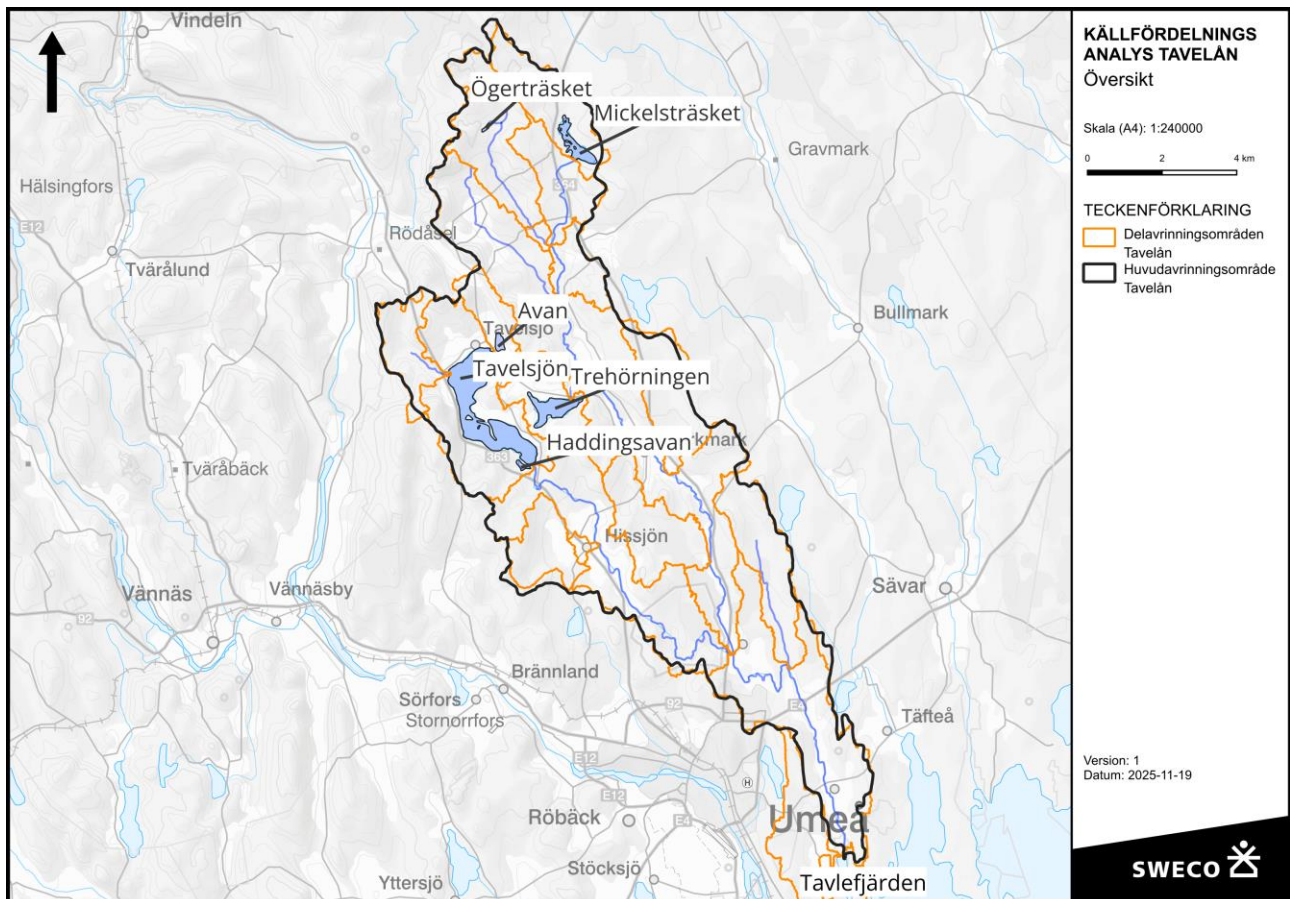
- Fördelning kväve- och fosforbelastning mellan källor (jordbruk, skogsmark, enskilda avlopp, reningsverk med flera) och delavrinningsområden.
- Jämför modellresultat mot uppmätta data (flödesviktade medelhalter och årsbelastningar) vid provpunkter och i recipient.
- Bedömer utrymme för ytterligare exploatering utan att äventyra att berörda vattenförekomster når eller inte bibehåller god status.
- Identifierar och prioriterar åtgärdsområden och åtgärds kategorier med störst förväntad effekt.
- Kartlägger delavrinningsområden och kopplar dessa till provpunkter och flödesvägar fram till Tavle fjärden.

1.2 Bakgrund och områdesbeskrivning

Tavelån är ett cirka 50 km långt vattendrag som avvattnar ett skogs- och jordbruksdominerat landskap och mynnar i Tavle fjärden, en avsnörd kustvik nordost om Holmsund. Källflödena ligger uppströms Tavel sjön (Umeå kommuns största sjö, ~10,7 km²). Nedströms passerar ån bland annat Ersmark, där Fällforsån ansluter (med delgrenarna Österån och Västerån).

Vattenmiljöerna i Tavelån och Tavle fjärden präglas av skogsbruk, jordbruk, enskilda avlopp samt hydromorfologiska förändringar och bristande kontinuitet. Historiska och nutida näringsbelastningar (TP/TN) återspeglas i förhöjda halter på delsträckor och risk för internbelastning i sjöar och lugnflytande partier. För Tavle fjärden har övergödning och miljögifter tidigare identifierats som centrala problem, och den sammantagna ekologiska statusen når inte de långsiktiga målen.

Studien omfattar hela Tavelåns avrinningsområde ($\approx 410 \text{ km}^2$, sjöandel $\approx 4 \%$). Huvudgrenarna Tavelån och Fällforsån rinner samman vid Ersmark och fortsätter därefter mot Tavlefjärden, vars norra delar och Tavelåns mynning ingår i naturreservat och Natura 2000. Vattenhastigheten i huvudfåran är generellt lugnt till strömmande med kortare forsar. Sjöar i serie (bland annat Tavelsjön, Avan, Trehörningen) påverkar transport, retention och tidsfördröjning av näringsämnen och är därmed viktiga för hur belastning transformeras och når recipienten.



Figur 1-1. Översiktskarta över Tavelåns huvudavrinningsområde.

2 Metod

2.1 Dataunderlag och avgränsning

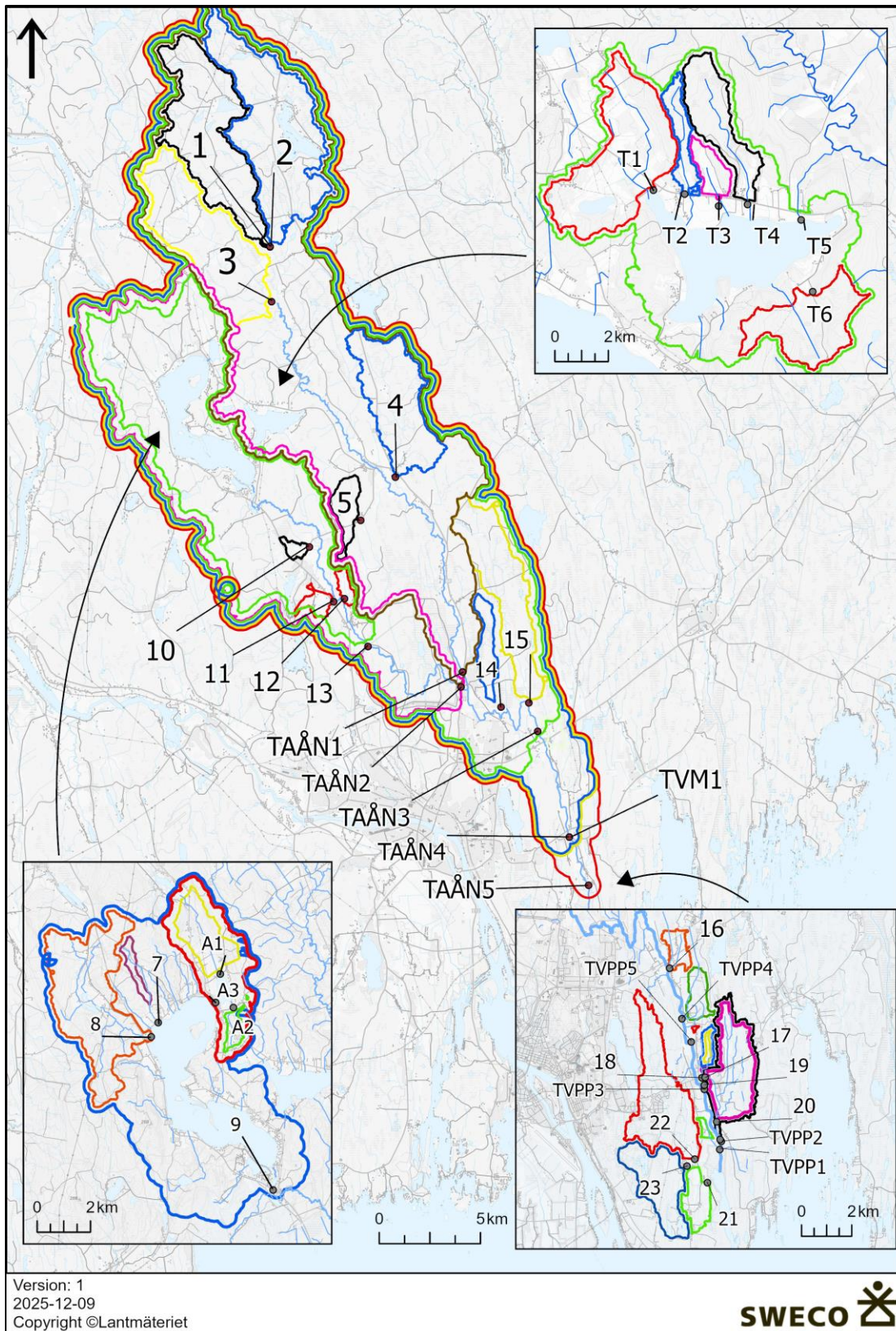
Analysen bygger på vattenkemi och flöden från tre provtagningsperioder i Tavelåns avrinningsområde:

- provtagningar 2017–2018 i nedre Tavelån,
- ett utökat program 2020–2021 med 33 provpunkter och fem provtagningsstillfällen per år, samt
- en kompletterande provtagning i nedre Tavelån 2025.

Hela Tavelåns avrinningsområde ingår i analysen. Varje provpunkt har kopplats till ett eget delavrinningsområde och till en nedströmsmottagare (annan provpunkt) via en gemensam "flödesvägs-struktur". På så sätt kan både lokala och ackumulerade belastningar följas från källområdena uppströms till utloppet i Tavle fjärden.

I källfördelningsanalysen ligger fokus i första hand på totalfosfor (TP). För de flesta sjöar och vattendrag i norra Sverige, inklusive Tavelåns avrinningsområde, bedöms fosfor vara det huvudsakligt begränsande näringsämnet för primärproduktionen. Förhöjd fosforbelastning ger därför ofta en direkt respons i form av ökad alg- och växtproduktion och därmed en ökad risk för övergödning. Fosfatfosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$), som representerar den direkt biotillgängliga fosforfraktionen, används som stöd vid tolkningen av skillnader mellan delavrinningsområden och för att indikera vilka källtyper (till exempel avlopp, jordbruk eller intern belastning) som dominerar. Åtgärdsdiskussionen och bedömningen av utrymme för ytterligare exploatering baseras däremot främst på fosforbelastningen.

Totalkväve (TN) ingår också i beräkningarna och redovisas som ett stödjande mått på den samlade näringsbelastningen, samt med tanke på kvävet större betydelse i nedströms belägna kustvatten.



Figur 2-1 Provpunkter med motsvarande avrinningsområden.

2.2 Provtagning och kemiska analyser

Provtagningarna har i första hand förlagts till perioder då flödena typiskt är förhöjda, exempelvis vårfloed och nederbördsrika perioder, för att fånga en stor del av den årliga transporten av näringsämnen. Vattenproverna har tagits manuellt direkt i provflaskor vid respektive provpunkt.

Proverna har analyserats av SGS Analytics Sweden AB. Analysprogrammet omfattar totalfosfor (TP), fosfatfosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$), totalkväve (TN), ammoniumkväve, nitrat+nitritkväve, absorbans (2018, 2025), pH, alkalinitet, konduktivitet och totalt organiskt kol (TOC). Data har kvalitetsgranskats med avseende på orimliga värden, detektionsgränser och uppenbara avvikare innan de använts i vidare beräkningar.

Flödesmätningar har genomförts i samband med flera av provtagningstillfällena. Vattenföringen har beräknats som medelvattenföring, det vill säga den totala genomflutna vattenvolymen (V) dividerad med tiden (t) som vattnet passerat mätsträckan. Dessa uppmätta flöden har använts där de finns tillgängliga; för övriga provdatum har högupplösta modellflöden från SMHI:s S-HYPE-modell använts som underlag.

För respektive provpunkt och år har flödesviktade medelhalter beräknats, samt årsbelastningar ($\text{kg}/\text{år}$) för TP och TN. Belastningarna har därefter omräknats till arealspecifika värden ($\text{kg}/\text{ha}/\text{år}$) utifrån uppströms avrinningsyta för att möjliggöra jämförelser mellan delavrinningsområden med olika storlek.

2.3 Avrinningsområden och hydrologi

För att koppla provpunkterna till sina respektive tillrinningsområden och för att kunna göra en konsistent källfördelningsanalys har avrinningsområden tagits fram och förfinats med hjälp av SCALGO Live. I SCALGO Live har höjdmodellen använts för att beräkna flödesvägar och avgränsa delavrinningsområden för varje provpunkt. Provpunkterna har lagts ut och justerats mot vattendragsnätet så att de hamnar i rätt läge längs det beräknade flödet, och därefter har verktyg för beräkning av avrinningsområden använts för att ta fram den yta som dränerar mot respektive punkt. I vissa fall har den automatiskt beräknade hydrologin justerats manuellt (till exempel där diken, kulvertar eller sjöutlopp inte fångas fullt ut) för att bättre stämma med känd lokal topografi.

Delavrinningsområdena har kopplats ihop i en kedja från uppströms till nedströms genom en flödesvägs-tabell. Denna struktur gör det möjligt att stegvis summera upp belastning och samtidigt ta hänsyn till retention längs vägen, se 2.4.3 för vidare beskrivning.

Den sammanlagda arealen uppströms varje provpunkt (summa av tillhörande delavrinningsområden) har använts både i analysen av uppmätta data, för att beräkna arealspecifik belastning, och som underlag för de modellerade källbidragen från jordbruksmark, skogsmark, enskilda avlopp och avloppsreningsverk.

2.4 Modellering av näringsförluster

Sammanställningen av näringsbelastningen till Tavelåns vattensystem omfattar diffusa förluster från markanvändning (främst jordbruk, skog, hyggen och myr)

samt punktkällor i form av enskilda avlopp och avloppsreningsverk. Atmosfärisk deposition (våt och torr) hanteras inte som en separat källkategori i modellen, utan ingår implicit i de schablonvärden/typhalter som används för respektive markslag, eftersom dessa schabloner avser den samlade nettotransporten från mark till ytvatten. Belastning från urbana hårdgjorda ytor och dagvatten samt eventuell internbelastning i sjöar ingår däremot inte i den kvantitativa modelleringen.

Beräkningarna bygger på schablonvärden som kopplats till respektive provpunkts delavrinningsområde.

2.4.1 Näringsläckage från mark

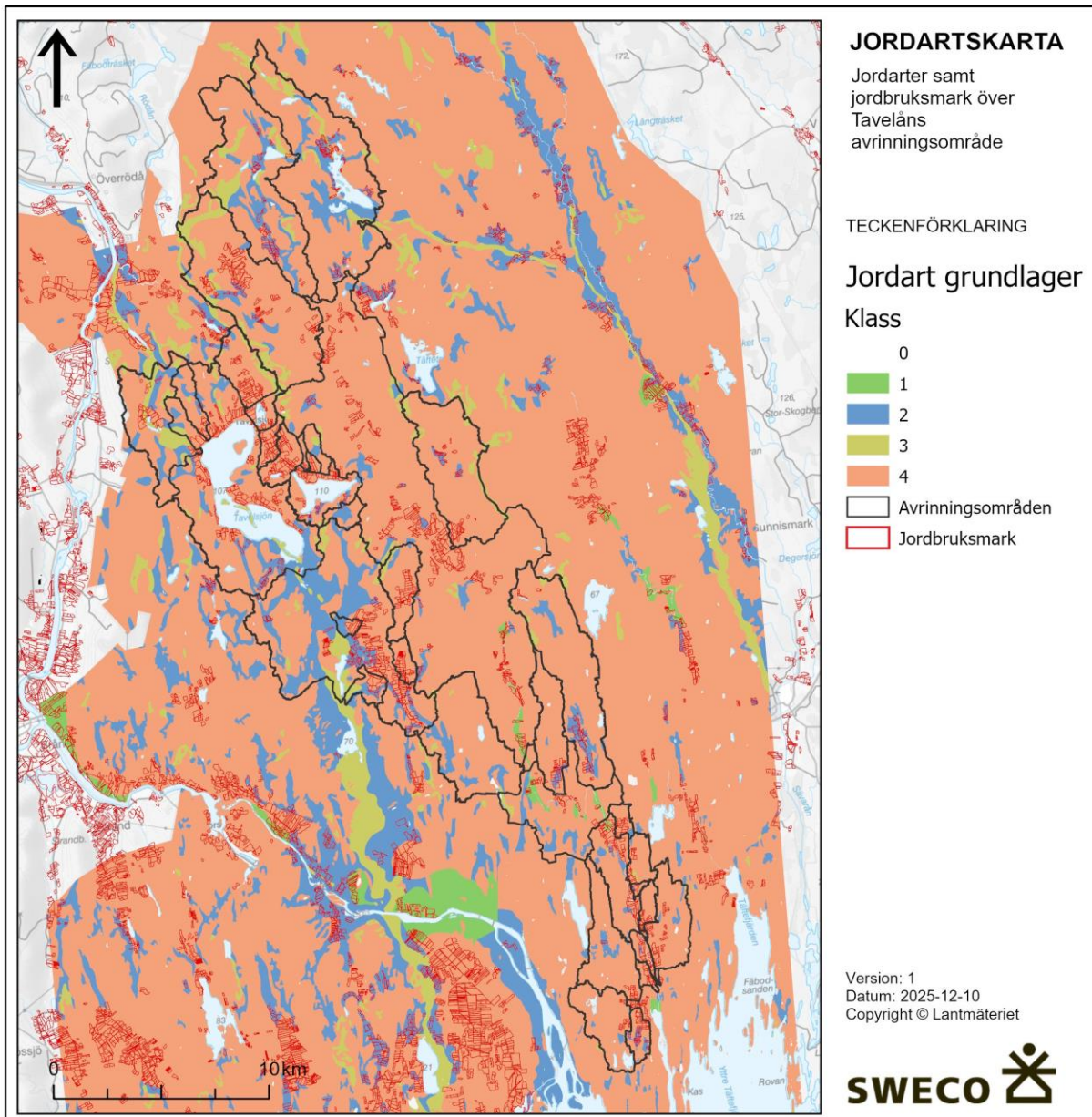
Olika typer av markanvändning ger upphov till olika stora kväve- och fosforförluster per ytenhet. För Tavelåns avrinningsområde har schablonvärden för näringsläckage från jordbruksmark hämtats från SMED:s beräkningar för läckageregion 15, "Kustlandet i övre Norrland" (SMED 2019). Dessa schabloner tar hänsyn till typisk gröda, jordart och årsmedelavrinning och redovisas som kg N/P per hektar och år. Schablonvärdena representerar den genomsnittliga nettobelastningen från respektive markanvändning till ytvatten och omfattar därmed även bidrag som härrör från atmosfärisk deposition inom markslaget. Depositionen redovisas därför inte som en separat källa i källfördelningen.

Jordarternas retention skiljer mellan kväve och fosfor. Kort sammanfattat läcker kväve främst via markvatten i lätta jordar och fosfor binds till jordpartiklar som läcker via erosion. Jordarterna delas därför in i fyra klasser som inte är stringenta mellan kväve och fosfor där klass 1 har den lägsta genomsläppligheten och klass 4 den högsta (Tabell 2-1).

Tabell 2-1 Jordarternas klasser enligt SMED (SMED 2019) samt SGUs jordartskoder.

Kväve, jordartsklass	Jordartkod SGU (JG2)	Jordart SMED
4	33, 34, 50, 55	sand
3	31, 8809	Loamy sand
2	8802	Sandy loam
1	75, 86, 100, 888	Loam, silt loam
Fosfor, jordartsklass	Jordart	
3	33, 34, 50, 55	sand
2	31, 8809	Loamy sand
1	8802	Sandy loam
4	75, 86, 100, 888	Loam, silt loam

För fosfor dominerar jordarter med hög genomsläpplighet, klass 4, i avrinningsområdet (figur 2-3). Jordbruksmarken i regionen ligger nära uteslutande på lera-silt vilket tillhör klass 4. För kväve kopplas däremot lera-siltjordar till klass 1.



Figur 2-2 Jordartskarta över Tavelåns avrinningsområde indelad i klasser för fosforretention.

Underlaget för jordbruksmark bygger på Jordbruksverkets block- och gröddata (SAM-ansökan), där markslag och grödkod har kopplats till en schablon för N- och P-läckage. Jordartsklassning har hämtats från SGU:s jordartskartor (0,5 m under markytan), och där SMED-schablonerna förutsätter FAO-jordarter har dessa översatts till motsvarande SGU-klasser utifrån spridningsförutsättningar. För lågfrekvent förekommande grödkoder där specifika schablonvärden saknas har närmast jämförbar gröda använts.

För skogsmark, hyggen, myr/öppen våtmark och betesmark har typhalter (mg/l) för "Norra Sverige" hämtats från Naturvårdsverkets rapport 5247 (Brandt & Ejhed, 2002) och räknats om till arealspecifika schablonvärden (kg N/P per hektar och år) med hjälp av årsmedelavrinning från SMHI. Ett undantag är

kväveläckage från betesmark, där schabloner för läckageregion 15 från SMED använts.

Resultatet blir ett set av schabloner för:

- Jordbruksmark (uppdelat på grödtyp och jordart),
- betesmark,
- skogsmark, hyggen och myrmarker.

Schablonvärdena finns presenterade i bilaga 1. Dessa schabloner har multiplicerats med respektive markslags area inom varje delavrinningsområde, varpå belastningen summerats till total jordbruks- respektive skogsmarksbelastning vid varje provpunkt.

2.4.2 Näringsläckage från enskilda avlopp och reningsverk

Näringsbelastningen från enskilda avlopp har beräknats schablonmässigt utifrån kommunernas avloppsregister. Underlaget omfattar lokalisering av avloppsanläggningar samt typ av anläggning, exempelvis BDT-brunn, slamavskiljare med efterföljande markbädd, minireningsverk eller sluten tank. Se bilaga 2.

Belastning per person (g N/P per dag), antagen vattenförbrukning och antaganden om vistelsetid i bostaden kommer från SMED Rapport 2011:44 (Ek m.fl. 2011). Dessa värden har kombinerats med uppgifter om reningsgrad för olika anläggningstyper från SMED Rapport 2015:166 (Olshammar m.fl. 2015) för att ta fram schabloniserade utsläpp (kg N/P per person och år) för respektive typ av anläggning. Antal personer per hushåll har antagits utifrån kommunal/statistisk medelstorlek.

För anläggningar med sluten tank har näringsläckage antagits vara försumbart (tömning till reningsverk), medan BDT-brunnar och äldre slamavskiljare antagits ha relativt hög kvarvarande belastning. För anläggningar där typ saknas i registret har konservativa antaganden gjorts (till exempel slamavskiljare med markbädd).

De framräknade schablonerna har multiplicerats med antalet anläggningar inom respektive delavrinningsområde.

Belastning från kommunala avloppsreningsverk har beräknats utifrån årsmedelhalter och årsflöden från respektive reningsverk, alternativt från rapporterade utsläpp i miljörapporteringen. Dessa har placerats som punktkällor i avrinningsområdesmodellen.

2.4.3 Modellering

Modelleringen av näringsbelastningen i Tavelåns avrinningsområde har genomförts GIS-baserat. Med stöd av SCALGO Live har delavrinningsområden tagits fram för varje provpunkt utifrån höjddata. På så sätt har varje provpunkt fått ett tydligt definierat avrinningsområde. För dessa delavrinningsområden har arealer av jordbruksmark, skogsmark, hyggen, myr- och betesmark, liksom lokalisering och typ av enskilda avlopp samt eventuella punktkällor från reningsverk, extraherats och sammanställts.

För varje delavrinningsområde har den årliga näringsbelastningen beräknats genom att arealer för respektive markslag multiplicerats med schablonvärden

(se 2.4.1) för kväve- och fosforförluster, och därefter adderats med schabloniserad belastning från enskilda avlopp och reningsverk (se 2.4.2).

Summan av dessa komponenter utgör den modellerade lokala belastningen vid provpunkten. Dessa lokala belastningar har sedan flödat nedströms genom hela nätverket av provpunkter enligt en flödesvägs-tabell som beskriver vilka punkter som mynnar i vilka. För varje provpunkt beräknas därmed dels det lokala tillskottet från det egna delavrinningsområdet, dels den tillrinning som kommer uppströms ifrån som summan av utgående belastning från alla provpunkter som rinner till punkten.

Retentionen mellan två provpunkter har beskrivits som en enkel procentuell förlust av totalfosfor och totalkväve. I grundfallet har låga, generella retentionsvärden använts per delsträcka (1 % för TP och 0,5 % för TN) för att avspegla att den genomsnittliga retentionen i ett skogs- och myrdominerat norrländskt avrinningsområde normalt är måttlig sett över hela kedjan från källflöden till kust. För större sjöar med längre omsättningstid och goda förutsättningar för sedimentation och biologisk omsättning – i första hand Tavelnsjön (provpunkt 9), Trehörningen (T5) och Avan (A3) – har något högre retentionsvärden antagits. Dessa har satts inom intervall som bedömts rimliga i förhållande till litteratur och tidigare studier.

Efter att retentionen lagts in mellan provpunkterna beräknas en utgående belastning vid varje punkt. Denna motsvarar hur mycket fosfor som faktiskt transporteras vidare nedströms efter att både lokala tillskott, tillrinning uppströms och förluster genom retention har räknats in. Modellen ger därmed för varje provpunkt dels en lokal belastning uppdelad på källor (jordbruk, skogsmark, enskilda avlopp, reningsverk), dels den ackumulerade belastningen som passerar punkten nedströms.

De modellerade belastningarna har jämförts med belastningar beräknade från uppmätta halter (flödesviktade medelhalter) och uppmätta eller S-HYPE-baserade flöden, både för att utvärdera modellens rimlighet och för att identifiera delavrinningsområden där mätningar och modell visar systematiska skillnader, till exempel tecken på internbelastning i sjöar, underskattade avloppsbidrag eller brister i markanvändningsunderlaget.

2.5 Osäkerheter och begränsningar

Källfördelningsanalysen bygger på en kombination av uppmätta data, hydrologisk modellering och schablonvärden. Resultaten bör därför tolkas som bästa möjliga uppskattning givet tillgängligt underlag, inte som exakta sanningar.

En första viktig osäkerhet är kopplad till flödena. Där uppmätta flöden saknas har S-HYPE använts som underlag. Modellerade flöden fångar normalt den övergripande hydrologiska dynamiken, men kan avvika vid enskilda tillfällen, särskilt i små delavrinningsområden eller vid kortvariga regnhändelser. Eftersom belastningar beräknas som produkten av halt och flöde innebär osäkerheter i flöde en direkt osäkerhet i beräknad transport (kg/år). Även de uppmätta flödena är behäftade med osäkerhet, till exempel kopplat till mätsektion, vattenhastighet och eventuella förändringar i tvärsektionen över tid.

Provtagningen är tidsmässigt begränsad till ett fåtal tillfällen per år. Årsbelastningarna bygger på flödesviktade medelhalter utifrån dessa prov, vilket förutsätter att provtagningstillfällena representerar typiska förhållanden

under året. Kraftiga flödestoppar, kortvariga föroreningspulser eller ovanliga vädersituationer kan därför vara under- eller överrepresenterade. Detta gäller särskilt för år med extrem nederbörd eller mycket torrt väder.

När det gäller källbeskrivningen bygger jordbruks- och skogsbelastningarna på schablonvärden (kg/ha/år) som representerar typiska förluster från respektive markanvändningstyp. I verkligheten varierar både markförluster och åtgärdsgrad kraftigt mellan fält, brukare och bestånd. Enskilda avlopp och punktkällor bygger på tillgänglig statistik och antaganden om reningsgrad; om antalet avlopp, deras skick eller anslutningsgrad till kommunalt VA är felaktigt uppskattade påverkar det direkt den modellerade belastningen. Det är därför rimligt att se källuppdeleningen som en fördelning mellan huvudkategorier, än en exakt redovisning på kilogramnivå.

Avrinningsområdesindelningen och flödesvägstabeln innebär ytterligare förenklingar. Delavrinningsområdena bygger på en höjdmodell som i huvudsak fångar ytavrinningen, men inte alla diken, kulvertar eller grundvattenflöden. Lokala omledningar, dräneringar och tekniska strukturer kan göra att verklig flödesväg avviker något från den modellerade. I de fall där hydrologin justerats manuellt har detta gjorts utifrån bästa tillgängliga kunskap, men viss osäkerhet kvarstår kring hur stor del av ett delområde som i praktiken belastar en viss provpunkt.

Retentionsbeskrivningen är medvetet enkel. Retention uttrycks som en procentuell förlust per sträcka eller sjö, med låga generella värden i vattendrag och något högre i större sjöar. Dessa värden ligger inom rimliga intervall utifrån litteratur, men representerar ett genomsnittligt beteende över året, inte en processbaserad modell. Internbelastning i sjöar, särskilt i Tavelnsjön och andra djupare eller näringsbelastade vatten, kan också bidra till att den verkliga fosfortransporten avviker från den som förklaras enbart av tillförsel från avrinningsområdet.

Slutligen finns en tidsmässig osäkerhet. Markanvändningsdata, avloppsstatistik och provtagningsår sammanfaller inte perfekt i tid, och under perioden 2017–2025 kan både markanvändning och åtgärder förändrats. Analysen ger därför främst en samlad bild av belastningsmönster och dominerande källor under den studerade perioden, snarare än ett exakt "årsmedel" för ett enskilt år.

Sammantaget innebär dessa osäkerheter att resultaten bör användas på rätt nivå: som underlag för att identifiera viktiga delavrinningsområden, jämföra storleksordningar mellan källor och prioritera åtgärder, snarare än för att dra slutsatser om enskilda kilogram fosfor vid ett visst område.

3 Hydrologisk och kemisk kontext

3.1 Klimat och hydrologi

Temperatur hämtades från SMHI:s klimatstation Umeå flygplats och nederbörden från stationen Umeå-Röbäcksdalen. Som referens används normalperioden 1961–1990, i enlighet med SMHI:s rekommendationer. Temperaturen 2017 följer i stort sett normalperiodens årsrytm, men vintermånaderna var tydligt mildare än referensen (Figur 3-1). I genomsnitt var året 2017 cirka 1,2 °C varmare än normalperioden.

Åren 2018, 2020, 2021 och 2025 uppvisar genomgående varmare förhållanden än 1961–1990. 2018 var ovanligt varm under sommarperioden. Under 2020 var temperaturen högre än normalperioden under större delen av året, särskilt under vintermånaderna (jan–mar, nov–dec) och under sensommar–höst. Vissa månader i maj–juli låg nära eller något under medel, men årsbilden är tydligt varm. År 2021 var något kallare än normalt under januari–februari, men därefter följde en varm vår och sommar med framför allt en varm juli. För 2025 (med data till och med september för nederbörd och oktober för temperatur) syns en tydlig positiv temperaturavvikelse under i princip hela perioden januari–april och juli–oktober, medan juni ligger nära normal. Sammanfattningsvis framstår 2025 som ett varmt år.

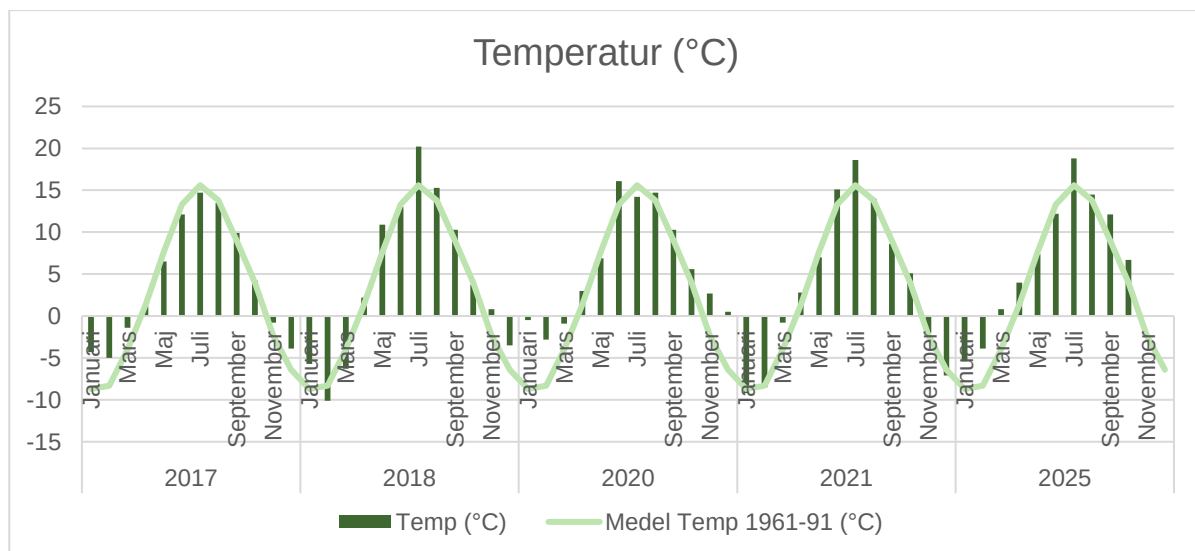
Nederbörden i Umeå 2017 var lägre än normalt (519 mm jämfört med 668 mm under 1961–1990). Samtliga månader hade lägre nederbörd än referensperioden, med undantag för oktober. År 2018 var ett ovanligt nederbördsfattigt år då det endast föll 332 mm vid Röbäcksdalens mätstation (Figur 3-2).

År 2020 var däremot mycket nederbördsrikt. Juli samt framför allt september–december, där oktober sticker ut, hade kraftigt förhöjda månadsbelopp. Våren och försommaren (april–juni) var relativt torra och även augusti hade låg nederbörd. Kombinationen av varm vinter och torr vår/sommar talar för ett mindre snömagasin, en tidigare vårflood, låg spädning under vår–sommar och därefter höga transporter under den mycket blöta sensommaren och hösten, särskilt av partikelbunden fosfor från erosionskänsliga jordbruksområden. En stor del av årsbelastningen kan därför antas ha transporterats under sensommar–hösten 2020.

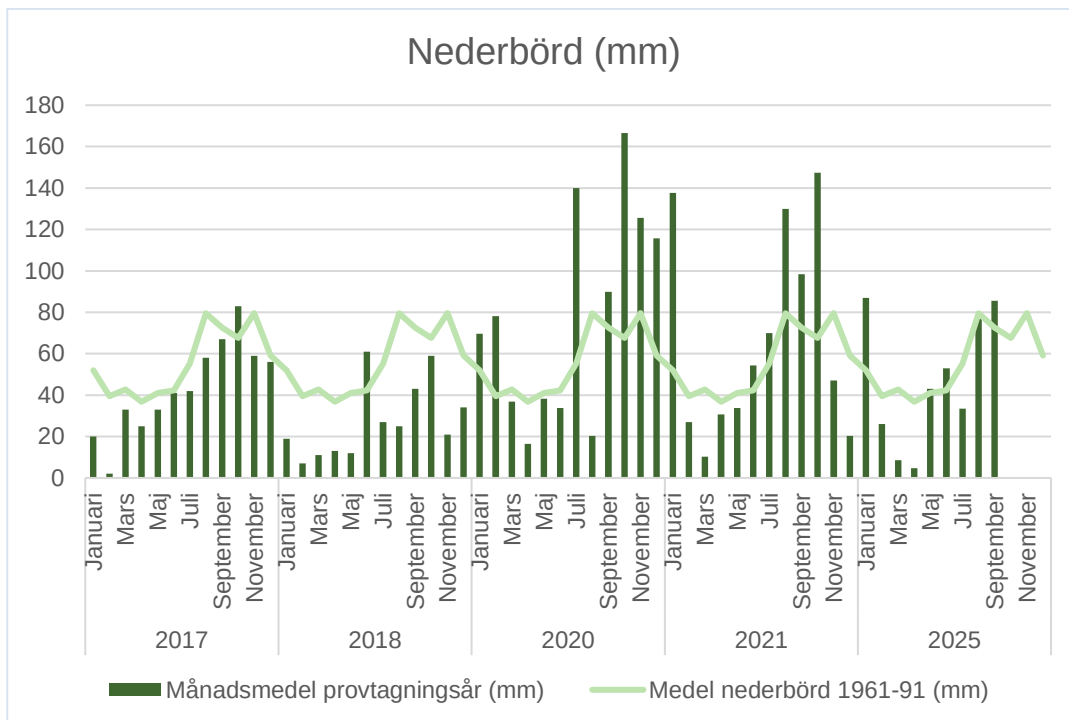
Även 2021 var ett nederbördsrikt år, men med tydlig intern variation. Februari–mars var torra, medan nederbörden låg över normal från juni och var särskilt

hög under augusti–oktober. Den torra våren ger förutsättningar för låg spädning och relativt höga koncentrationer under låga flöden, medan den efterföljande varma och nederbördsrika perioden gynnar kraftiga flödespulser och därmed ökad mobilisering och transport av näringsämnen (fosfor via erosion/partiklar, kväve via mark- och dräneringsflöden).

År 2025 kännetecknas, utifrån tillgängliga data, av en mycket torr vår (februari–april klart under normal och mars–april mycket torra månader). Därefter följer en mer blandad bild med nederbörd över normal i juni och september och nära normal i augusti. Den torra och varma våren indikerar liten spädning och låg vårtransport, medan större belastningspulser i stället kan förväntas under försommar och höst när mer omfattande regn återkommer (juni och september). Vid tolkning av årsbelastningar för 2025 bör man beakta att data för oktober–december ännu inte finns med och att höstregn ofta står för en betydande del av årstransporten.



Figur 3-1. Medeltemperatur som månadsmedel under provtagningsåren mot medeltemperaturen mellan 1961–1991 vid SMHI:s klimatstation Umeå flygplats.



Figur 3-2. Nederbörd (mm) som månadsmedel under provtagningsåren mot medelnederbörden mellan 1961–1991 vid SMHI:s klimatstation Umeå-Röbäcksdalen.

3.2 Vattenkemi

Vattenkemin i Tavelån präglas i grunden av humösa skogs- och myrvattendrag med låga halter lösta mineraler och begränsad buffringskapacitet. Samtidigt är flera delar av systemet kalkade, både i form av sjö- och vattendragskalkning och kalkning av jordbruksmark. De uppmätta värdena på alkalinitet och pH speglar därför både naturliga förhållanden och effekter av dessa åtgärder. Sammanfattande medelvärden per delområde av TOC, konduktivitet, alkalinitet och pH redovisas i Figur 3-3 - Figur 3-6.

I källområdena (punkterna 1–3) är vattnet typiskt för norrländska skogs- och myrmarker: humushalter i den nedre delen av det uppmätta spannet, låg konduktivitet och låg till måttlig alkalinitet. pH ligger överlag på svagt sura till nära neutrala nivåer, vilket tyder på begränsad men ändå viss buffringskapacitet.

I Fällforsån (4–6) ökar humushalten och vattnet blir generellt surare, samtidigt som alkaliniteten förblir låg. Här syns tydligt påverkan från omgivande myr- och skogsmarker, och jämfört med övriga delar av systemet är kalkningspåverkan mindre framträdande.

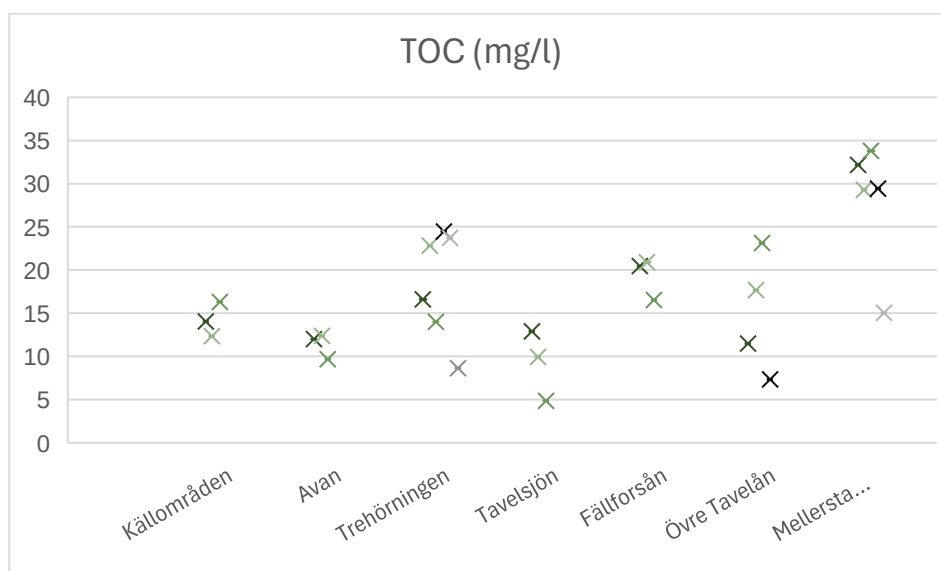
Sjöarna Taveljön och Avan visar ett annat mönster. Tillflödena är humösa, men i utloppet är halterna av organiskt kol tydligt lägre och både pH och alkalinitet något högre än i inloppen. Det visar på sjöarnas funktion som både renande och buffrande steg: organiskt material och partikelbunden fosfor reduceras genom sedimentation och omsättning, samtidigt som sjökalkning bidrar till stabilare pH-förhållanden nedströms.

Längs övre och mellersta Tavelån (10–16, TAÅN 2 och TAÅN 3) varierar vattenkemin mellan mer mineralpåverkade, delvis kalkpåverkade huvudsträckor och starkt humösa biflöden. På sträckan Hissjön–Ersmark (10–13) är konduktivitet och alkalinitet generellt högre, vilket speglar både mineraljord och kalkning i vatten och jordbruksmark. Samtidigt finns delsträckor med höga humushalter och lågt pH, vilket visar att buffertkapaciteten lokalt fortfarande är begränsad trots kalkning.

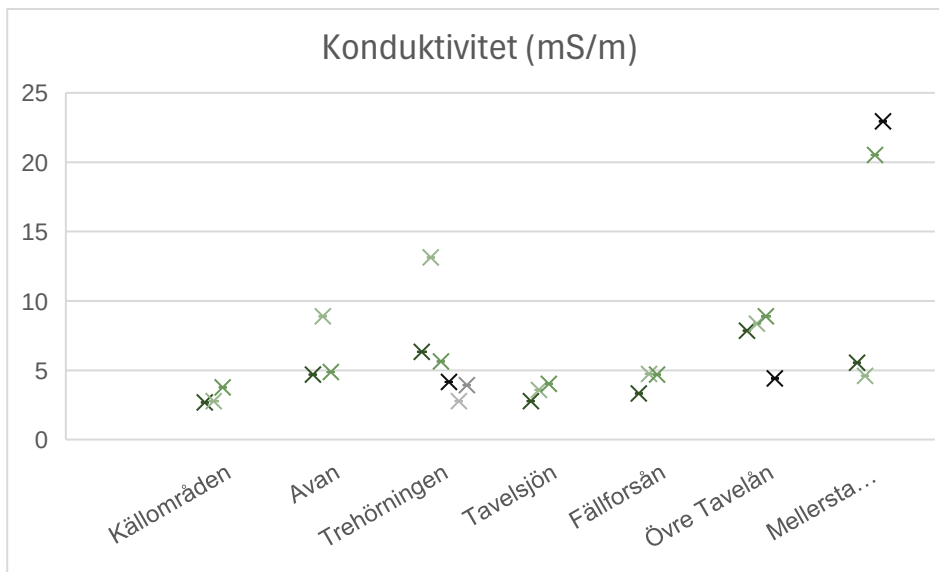
I mellersta Tavelån nedströms Ersmark (14–16, TVPP4–5) uppträder de mest extrema värdena med mycket höga humushalter, låga pH-värden och lokalt mycket hög konduktivitet. Detta speglar sannolikt en kombination av stark påverkan från myr- och skogsmark, dränering och avverkning samt kalkad jordbruksmark och andra lokala källor. Kalkningen höjer alkalinitet och konduktivitet, men pH visar att sura episoder fortfarande kan uppträda.

I nedre Tavelån och vid mynningen mot Tavlefsjärden (17–23, 20, TVPP1–3, TVM1/TAÅN 4) ökar konduktivitet och alkalinitet ytterligare och pH stabiliseras överlag kring svagt sura till nära neutrala nivåer. Här märks den samlade effekten av uppströms kalkning och tillförsel av basbildande ämnen från kalkade jordbruksmarker. Humushalterna är fortsatt höga, vilket visar att organiskt material från skogs- och myrmark transporteras hela vägen till kusten. Vissa små kustnära bäckar uppvisar dock lågt pH trots relativt hög konduktivitet, vilket tyder på lokalt sura små avrinningsområden med begränsad buffringskapacitet.

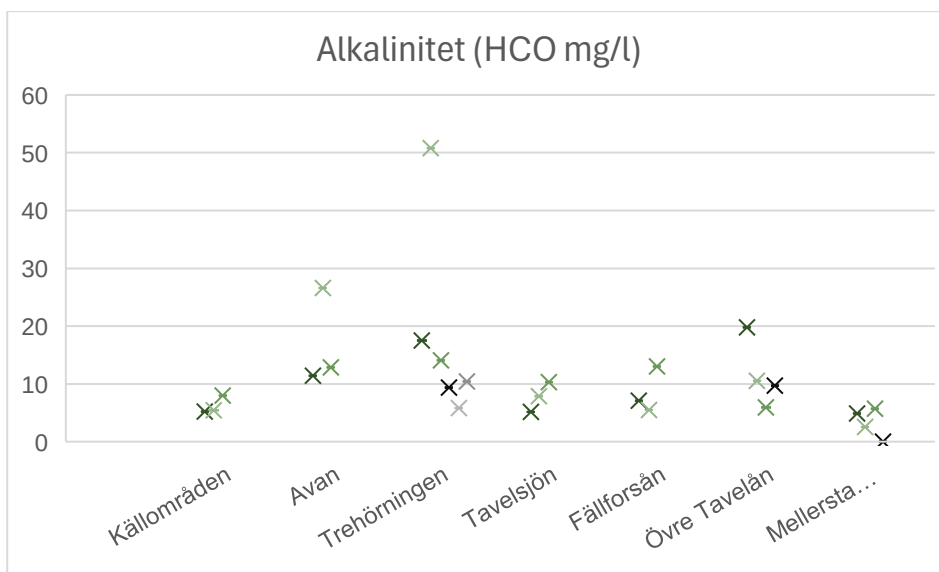
Sammanfattningsvis domineras Tavelåns avrinningsområde av humösa skogs- och myrvattendrag med i grunden låg buffringskapacitet, men kalkning av sjöar, vattendrag och jordbruksmark har höjt alkaliniteten och stabiliserat pH i stora delar av huvudfåran. Sjöar som Tavelsjön och Avan reducerar humushalt och bidrar ytterligare till buffring, medan flera mindre biflöden i framför allt mellersta och nedre delen fortfarande uppvisar låga pH-värden och därmed hög känslighet för förändrad belastning. Dessa förutsättningar är viktiga att beakta vid tolkning av både näringsbelastning och biologiska effekter.



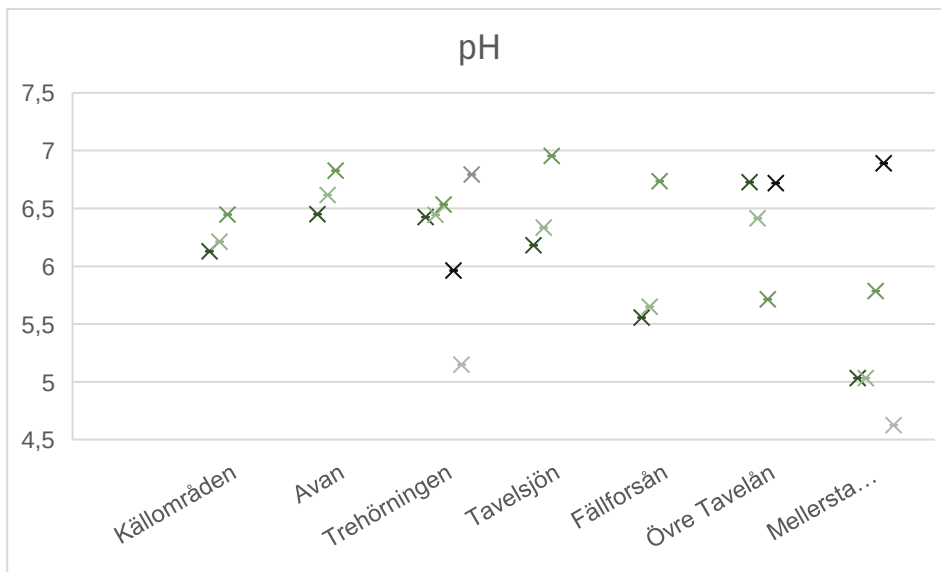
Figur 3-3. Organiskt material (TOC) i de olika delområdena.



Figur 3-4. Vattnets konduktivitet mätt i ms/m för de olika delområdena.



Figur 3-5. Tavelåns alkalinitet eller buffertkapacitet mätt som vätekarbonathalt för de olika delområdena.



Figur 3-6. Vattnets surhetsgrad mätt som pH-värde för de olika delområdena.

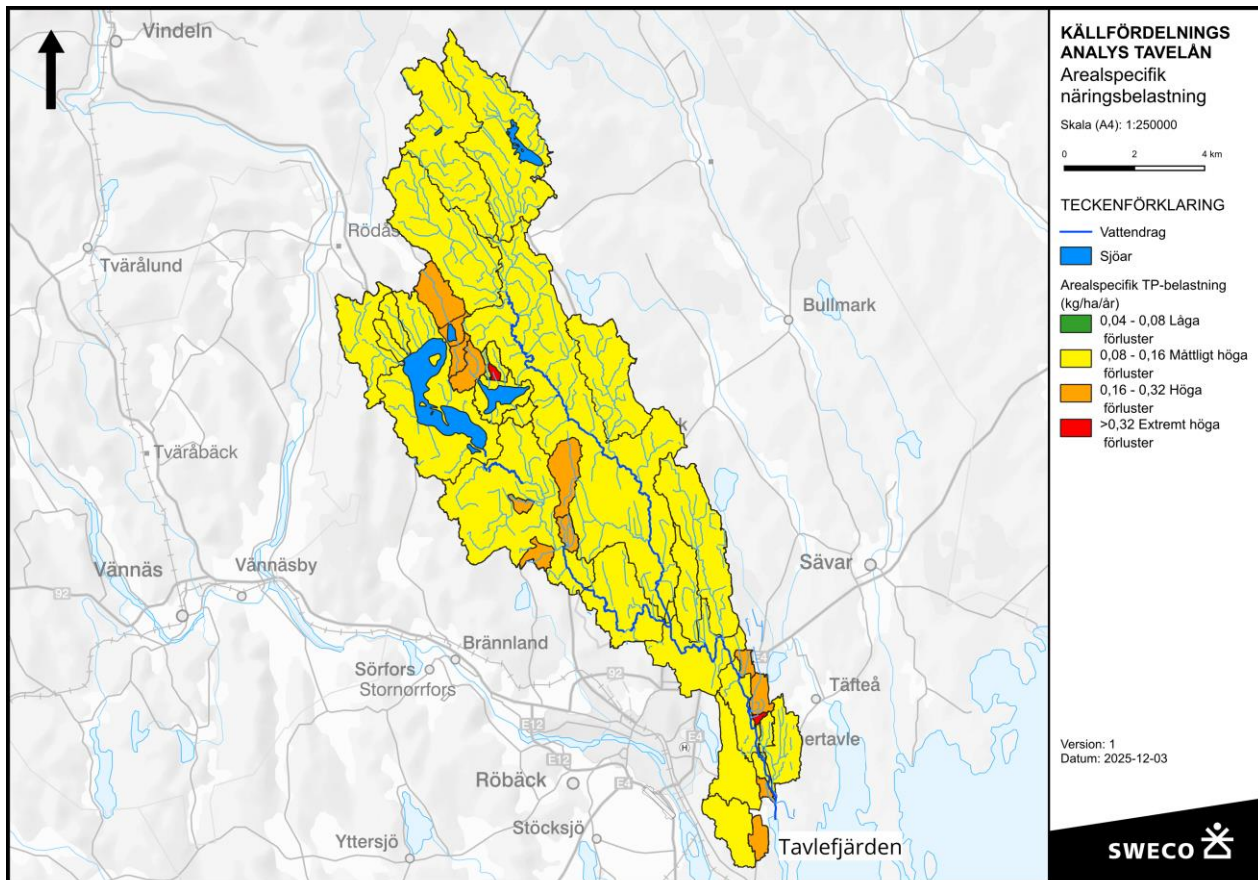
4 Resultat

4.1 Översikt

Den modellberäknade totala belastningen av fosfor till Tavlefjärden uppgår till ungefär 5 ton P per år, vilket stämmer väl överens med årsbelastningen baserad på provtagning (storleksordningen 5 ton P/år vid TAÅN 5). För totalkväve uppskattas den årliga tillförseln till Tavlefjärden till knappt 100 ton N per år.

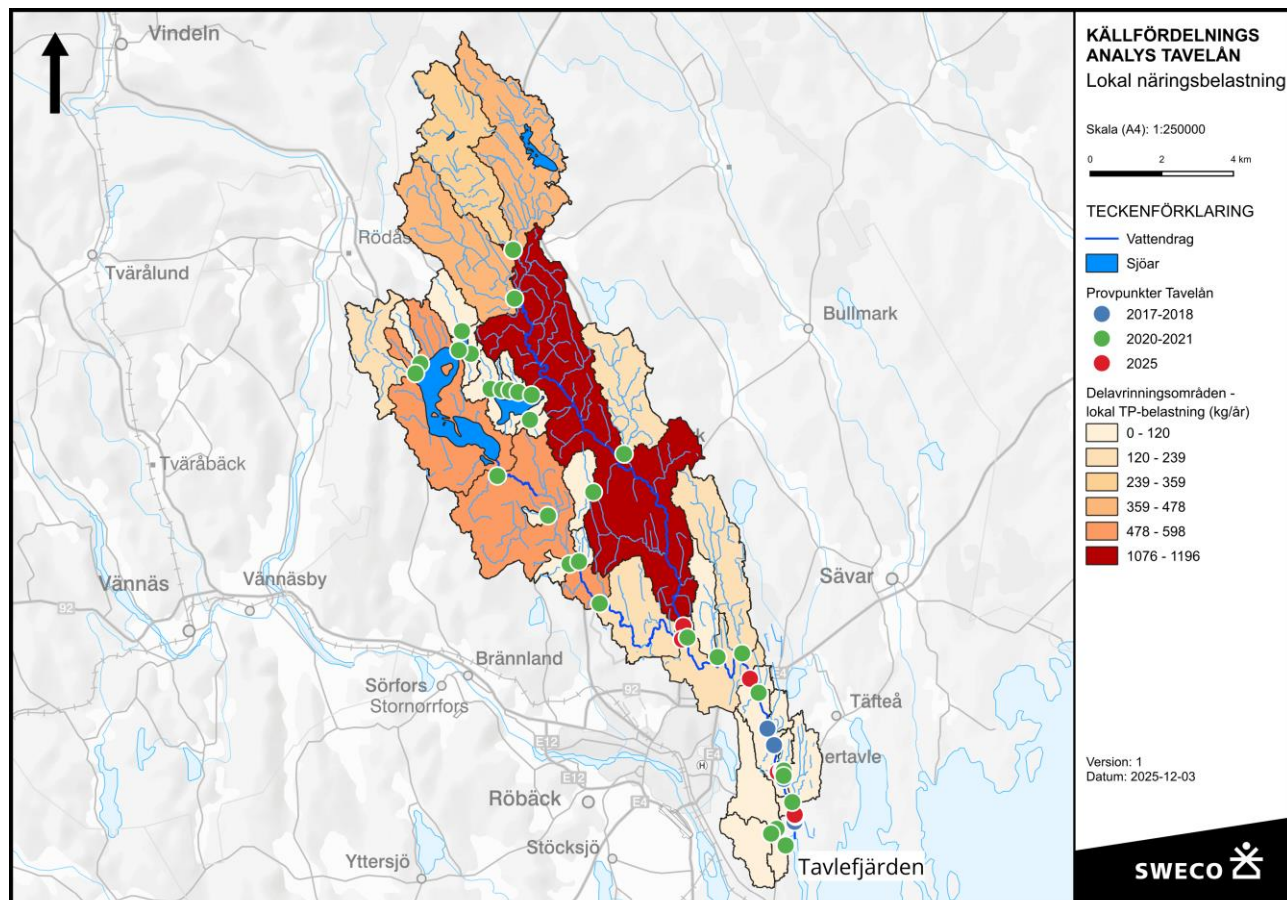
Den arealspecifika fosforbelastningen i delavrinningsområdena (Figur 4-1) ligger i huvudsak inom klassen måttligt höga förluster (0,08–0,16 kg TP/ha/år) enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Rapport 4913). Stora delar av skogs- och myrdominerade delar i övre och mellersta Tavelån hamnar på måttligt höga förluster, vilket är typiskt för relativt opåverkade norrländska skogsavrinningsområden. Högre arealspecifika förluster (0,16–0,32 kg TP/ha/år) framträder framför allt i jordbruksintensiva delområden i mellersta och nedre Tavelån samt i vissa små kustnära delavrinningsområden med kort transportsträcka till Tavlefjärden. Exempel är Avan, Trehörningen, de små jordbruksdominerade områdena i mellersta Tavelån (t.ex. kring TVPP4–TVPP5) samt nedre Tavelån/kustnära inlopp är exempel på delområden där arealförluster och lokala bidrag är tydligt förhöjda, se Figur 4-1.

Endast ett fåtal delavrinningsområden når extremt höga förluster (>0,32 kg TP/ha/år); dessa sammanfaller med små, hårt belastade delområden med hög andel åkermark och/eller koncentration av enskilda avloppsanläggningar, se Figur 4-1.



Figur 4-1. Källfördelningsanalys. Fosfor i kg per hektar och år, Tavelåns avrinningsområde.

Sett till den lokala belastningen i kg P/år (Figur 4-2) framträder ett tydligt stråk av höga transporter längs huvudfåran från källområdena via Trehörningen och Fällforsån ner mot nedre Tavelån. De största lokala bidragen återfinns i de jordbruksrika delavrinningsområdena i mellersta och nedre delen av systemet, där både total belastning och arealsspecifik förlust är förhöjda.



Figur 4-2. Lokal näringsbelastning, kg fosfor per år, i Tavelåns avrinningsområde.

Källfördelningen visar att vid mynningen (TANÅN 5) dominerar markbidrag från skog (~47 %) och myr (~13 %), medan avverkning/hygge står för en mindre andel (~2 %), se Tabell 4-1. Tillsammans utgör dessa tre markklasser cirka 62 % av fosforbelastningen. Jordbruksmark står sammantaget för cirka 29 %, enskilda avlopp för cirka 9 %, och reningsverk för <1 % av fosforbelastningen vid mynningen (modellresultat). Fördelningen varierar dock tydligt mellan delområden: i jordbruksintensiva delavrinningsområden (t.ex. Avan, Trehörningen samt kustnära småbäckar/diken, se Figur 4-1) blir jordbrukets andel ofta dominerande (60-80 %) medan skog–myr–avverkning dominerar i övre och mer skogs-/myrpräglade delar av avrinningsområdet.

Tabell 4-1. Källfördelning vid mynningen (TANÅN 5), modellerad belastning.

Källa	Skog	Myr	Avverkning (hygge)	Jordbruk	Enskilda avlopp	Reningsverk
Andel av total (%)	47	13	2	29	9	0

Det är också viktigt att understryka att atmosfärisk deposition ingår i de schabloner för markläckage som används i beräkningarna (dvs. depositionen är inte en separat "tilläggs-källa" utanför modellen). Baserat på mätningar i Rickleå (SMED 2024) under perioden 2017–2024 ligger depositionen i intervallet cirka

58–115 g P/ha/år på skogsmark och 29–115 g P/ha/år på öppen mark och sjöar. Översatt till Tavelåns avrinningsområde motsvarar detta storleksordningen 3 ton P per år utav den totala belastning om cirka 5 ton P/år. Atmosfärisk deposition utgör därmed en betydande, jämnt spridd bakgrundsbelastning som inte enkelt kan kopplas till enskilda delavrinningsområden eller verksamheter, utan i första hand speglar regionala och storskaliga utsläpp.

Sammanfattningsvis visar översikten att Tavelåns avrinningsområde domineras av måttligt höga fosforförluster enligt Naturvårdsverkets klassning (Rapport 4913), men att det finns tydliga hot-spots kopplade till jordbruksdominerade delområden i mellersta och nedre Tavelån samt vissa mindre delavrinningsområden med många enskilda avlopp (Figur 4-1). En årlig fosforbelastning till Tavlefjärden uppgår till cirka 5 ton P/år, vilket innebär att åtgärder som riktas mot de mest belastade delområdena har störst potential att minska den totala belastningen mot kustrecipienten.

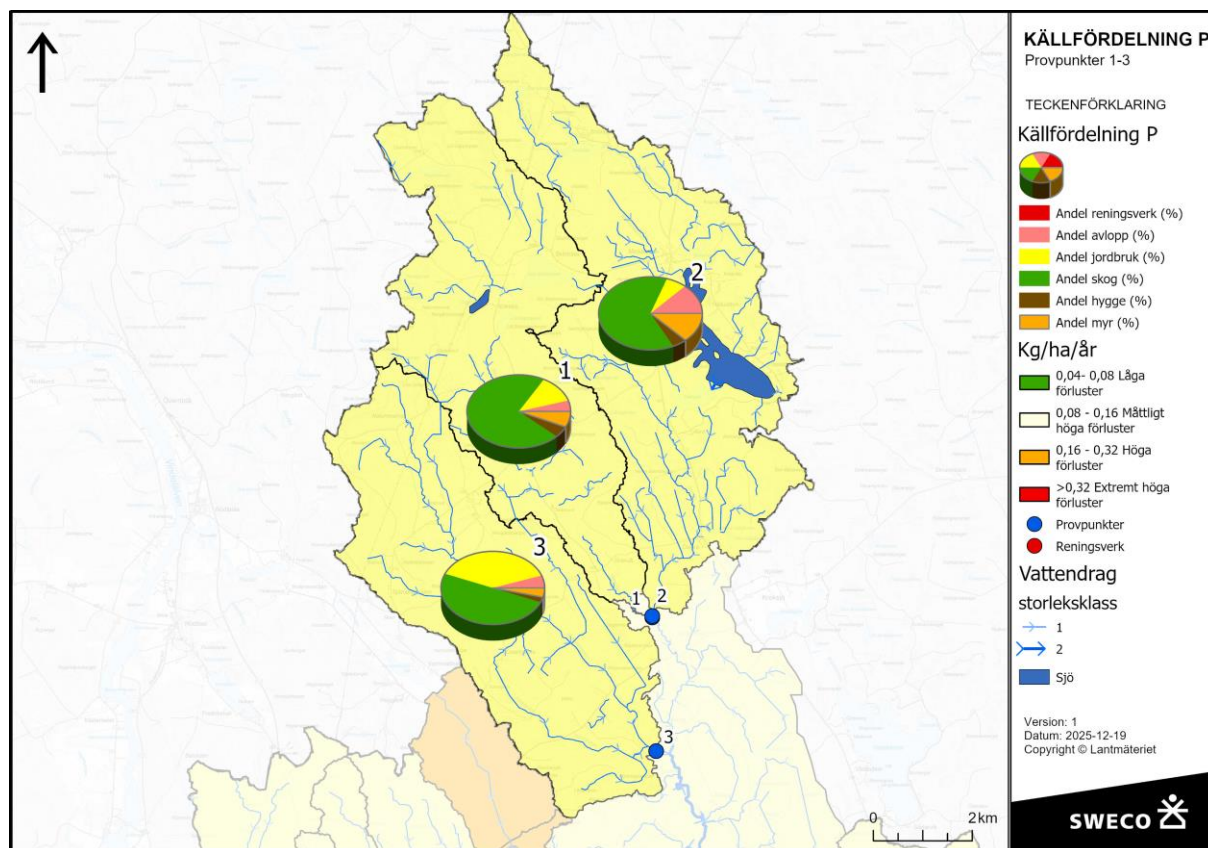
4.2 Källområden

Punkt 1–3

Belastningen från källområdena (provpunkt 1–3) ligger arealspecifikt i intervallet måttligt höga till höga fosforförluster enligt Naturvårdsverkets klassning. De modellberäknade arealspecifika förlusterna hamnar runt 0,09–0,15 kg TP/ha/år, medan provtagningsbaserade värden varierar mellan måttliga och höga förluster. Det tyder på att belastningen i källområdena inte är så höga, men att det förekommer lokala variationer mellan delavrinningsområdena.

Källfördelningen visar att belastningen i källområdena domineras av markanvändningsrelaterade källor, där skog står för den största andelen i samtliga tre provpunkter (48–74 %). Därutöver bidrar myr med ca 3–11 % och hygge/avverkning med ca 2–5 %. Jordbrukets andel varierar tydligt mellan punkterna: i punkt 1–2 är andelen lägre (ca 8–12 %), medan den i punkt 3 är betydligt högre (ca 42 %), vilket speglar skillnader i markanvändning inom respektive tillrinningsområde. Enskilda avlopp utgör ca 4–12 %, och reningsverk saknar betydelse i dessa tre delområden.

Sammantaget framträder källområdena som skogsdominerade avrinningsområden med inslag av myr, hyggen samt lokala bidrag från jordbruk och enskilda avlopp (bland annat kopplat till bebyggelse kring Mickelsträsk).



Figur 4-3. Modellberäkning och uppmätt fosforbelastning för delområdet källområden.

Resultatet från modellen ligger i samma storleksordning som uppmätta belastningar men avviker både uppåt och nedåt mellan punkterna. För punkt 1 och 3 underskattar modellen årsbelastningen jämfört med provtagningen, medan modellvärdet i punkt 2 är högre än den uppmätta belastningen. Det är rimligt mot bakgrund av att källområdena har begränsat antal mätningar och att små skillnader i markanvändning eller avloppsdata får stor procentuell effekt.

Tabell 4-2. Modellberäkning och uppmätt fosforbelastning för delområdet källområden.

Punkt	Neds.	TP lok	TP tot	TP prov	TP areal	TP areal prov	Fosfat	TN total	Modellsäk
		kg/år	kg/år	kg/år	kg/ha/år	kg/ha/år		kg/år	%
1	TANÅN 1	249	247	447	0,09	0,17	21%	5074	55
2	TANÅN 1	333	330	201	0,10	0,06	29%	6063	36
3	TANÅN 1	382	378	638	0,14	0,23	27%	6530	59

Punkt = provpunktens ID. **Nedstr.** = närmast nedströms liggande provpunkt eller delavrinningsområde dit vattnet avleds. **TP lok** = lokal modellberäknad belastning av totalfosfor från delområdet (kg/år). **TP tot** = total modellberäknad belastning av totalfosfor vid provpunkten inklusive tillrinning uppströms (kg/år). **TP prov** = årsbelastning av totalfosfor baserat på uppmätta halter vid provpunkten (kg/år). **TP areal** = arealspecifik belastning av totalfosfor baserat på modellering (kg/ha/år). Färgsättning efter klassning. **TP areal prov** = arealspecifik belastning av totalfosfor baserat på provtagning (kg/ha/år). Färgsättning efter klassning. **Fosfat (%)** = andel fosfatfosfor av totalfosfor (biotillgänglig fraktion). **TN tot** = total modellberäknad belastning av totalkväve vid

provpunkten (kg/år). **Modellsäk. (%)** = bedömd modellsäkerhet för belastningsberäkningen (0–100 %).

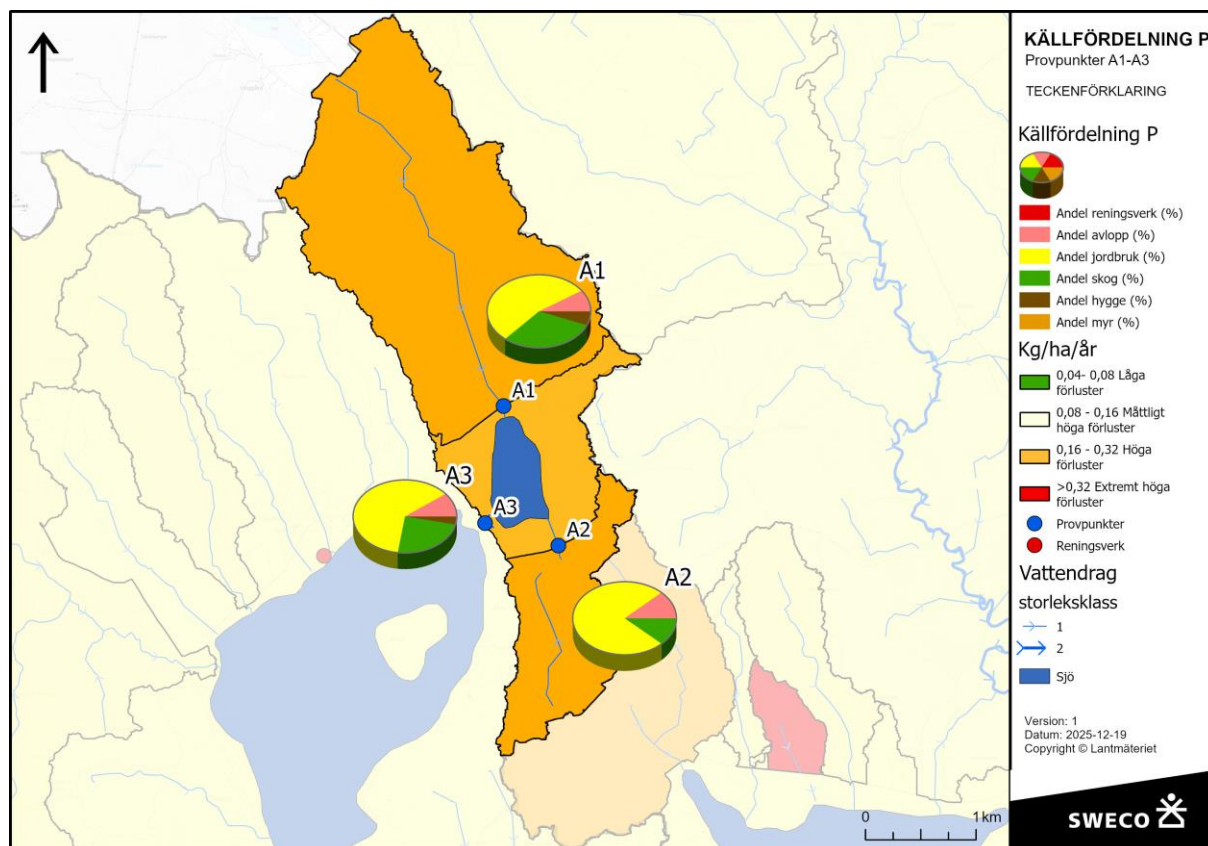
4.3 Sjöarna

4.3.1 Avan

Punkt A1-A3

Delavrinningsområdena runt Avan uppvisar höga till extremt höga fosforförluster. De modellerade arealspecifika värdena ligger på cirka 0,17–0,31 kg TP/ha/år, medan provtagningsbaserade värden når upp mot och över gränsen för extremt höga förluster (A2 ≈ 0,39 kg). Avan framstår därmed som ett av de mer belastade delområdena i systemet.

Källfördelningen visar att fosforbelastningen i Avans tillrinningsområden i huvudsak förklaras av jordbruk, men att även skog utgör ett betydande bidrag. I A1 dominerar jordbruk (ca 55 %) följt av skog (ca 32 %) och hygge (ca 5 %), medan enskilda avlopp står för cirka 8 %. I A2 är påverkan tydligt jordbruksdominerad (ca 79 %) med bidrag från avlopp (ca 11 %) och skog (ca 10 %). I A3, som avspeglar utloppet från sjön, står jordbruk för ca 64 %, skog för ca 24 %, avlopp för ca 9 % och hygge för ca 3 %. För Avan är myrandelen i källfördelningen 0 % i samtliga punkter enligt den redovisade uppdelningen. Det innebär att åtgärdsarbete i Avans delavrinningsområden i första hand bör inriktas mot jordbruksmark samt en översyn av enskilda avlopp i känsliga delområden.



Figur 4-4. Modellberäknad och uppmätt fosforbelastning för delområdet Avan.

Modellen stämmer relativt väl med de uppmätta belastningarna. I A1 och A2 ligger de modellerade totalbelastningarna något under de uppmätta, medan A3 (utloppet från sjön) visar god överensstämmelse mellan modell och mätning. För Avan har en relativt låg retention antagits, vilket är motiverat av indikationer på internbelastning i sjön. Den goda överensstämmelsen vid A3 tyder på att antagandet om låg retention är rimligt, samt att de höga arealspecifika förlusterna bekräftar behovet av åtgärder i Avans tillrinningsområden.

Tabell 4-3. Modellberäknad och uppmätt fosforbelastning för delområdet Avan. Förklaring av förkortningar, se Tabell 4-2.

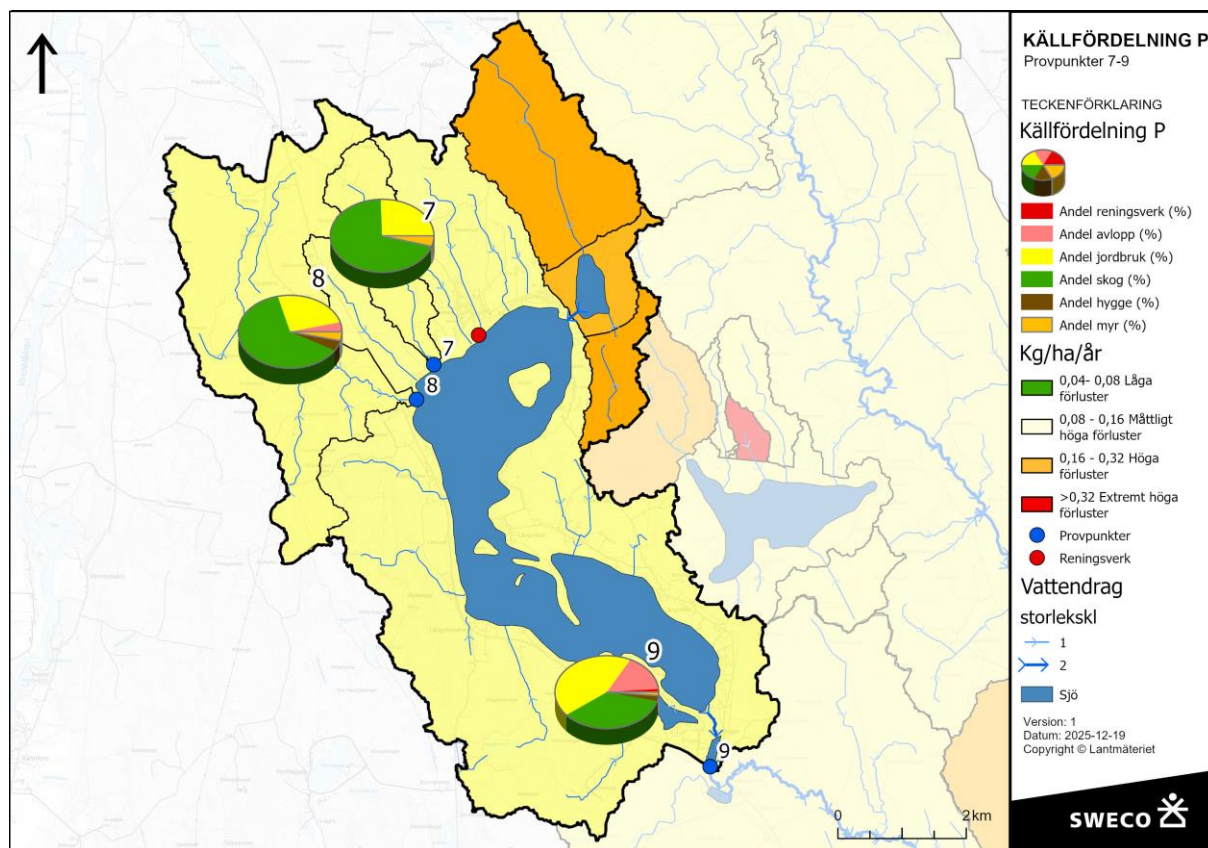
Punkt	Neds.	TP lok kg/år	TP tot kg/år	TP prov kg/år	TP kg/ha/år	TP prov kg/ha/år	Fosfat %	TN total kg/år	Modellsäk %
A1	A3	102	101	130	0,17	0,23	33%	1675	78
A2	A3	48	47	60	0,31	0,39	37%	748	79
A3	9	30	176	173	0,19	0,19	28%	2906	99

4.3.2 Tavelsjön

Punkt 7, 8 och 9

För Tavelsjöns inloppspunkter (7, 8 och A3) ligger både modell- och provtagningsbaserade arealspecifika TP-förluster kring 0,10–0,15 kg TP/ha/år, vilket motsvarar måttligt höga förluster (klass 3). Vid utflödet (punkt 9) ligger den modellberäknade arealförlusten kring 0,13 kg TP/ha/år (klass 3), medan den uppmätta årsbelastningen motsvarar cirka 0,07 kg TP/ha/år (klass 2, låga förluster). Detta tyder på att sjön fungerar som en tydlig retentions- och utjämningsresurs för fosfor.

Källfördelningen visar att inloppen i huvudsak domineras av skog, med mindre inslag av jordbruk och begränsad andel myr/hygge. I punkt 7 utgör skog ca 68 %, myr ca 4 % och jordbruk ca 28 %. I punkt 8 är skogsandelen ca 62 %, med jordbruk ca 28 %, avlopp ca 4 %, myr ca 3 % och hygge ca 4 %. I punkt 9 (utloppet) är källbilden mer blandad: jordbruk står för ca 44 %, skog ca 37 %, avlopp ca 15 %, reningsverk ca 1 %, myr ca 1 % och hygge ca 2 %. Att jordbrukets relativa betydelse ökar i utloppet speglar att delar av sjöns viktigare tillrinning passerar jordbruksdominerade delområden uppströms.



Figur 4-5. Modellberäkning och uppmätt fosforbelastning för delområdet Tavelnsjön.

Modellen överskattar fosforbelastningen något vid utloppet jämfört med provtagningen. Eftersom en högre retention antagits i Tavelnsjön – i linje med sjöns storlek och omsättning – kan skillnaden delvis förklaras av osäkerheter i retentionsantagandet, men också av naturlig variation mellan provtagningsår och hydrologiska förhållanden. Sammantaget visar Tavelnsjön dock tydligt en dämpande effekt på fosfortransporten, med näringstransporter som vid utloppet ligger lägre än summan av belastningen i inloppen.

Tabell 4-4. Modellberäkning och uppmätt fosforbelastning för delområdet Tavelnsjön. Förklaring av förkortningar, se Tabell 4-2.

Punkt	Neds.	TP lok kg/år	TP tot kg/år	TP prov kg/år	TP kg/ha/år	TP prov kg/ha/år	Fosfat %	TN total kg/år	Modellsäk %
7	9	28	28	32	0,10	0,12	21%	453	87
8	9	131	130	184	0,11	0,15	30%	2359	71
9	13	526	816	477	0,13	0,07	11%	15813	29

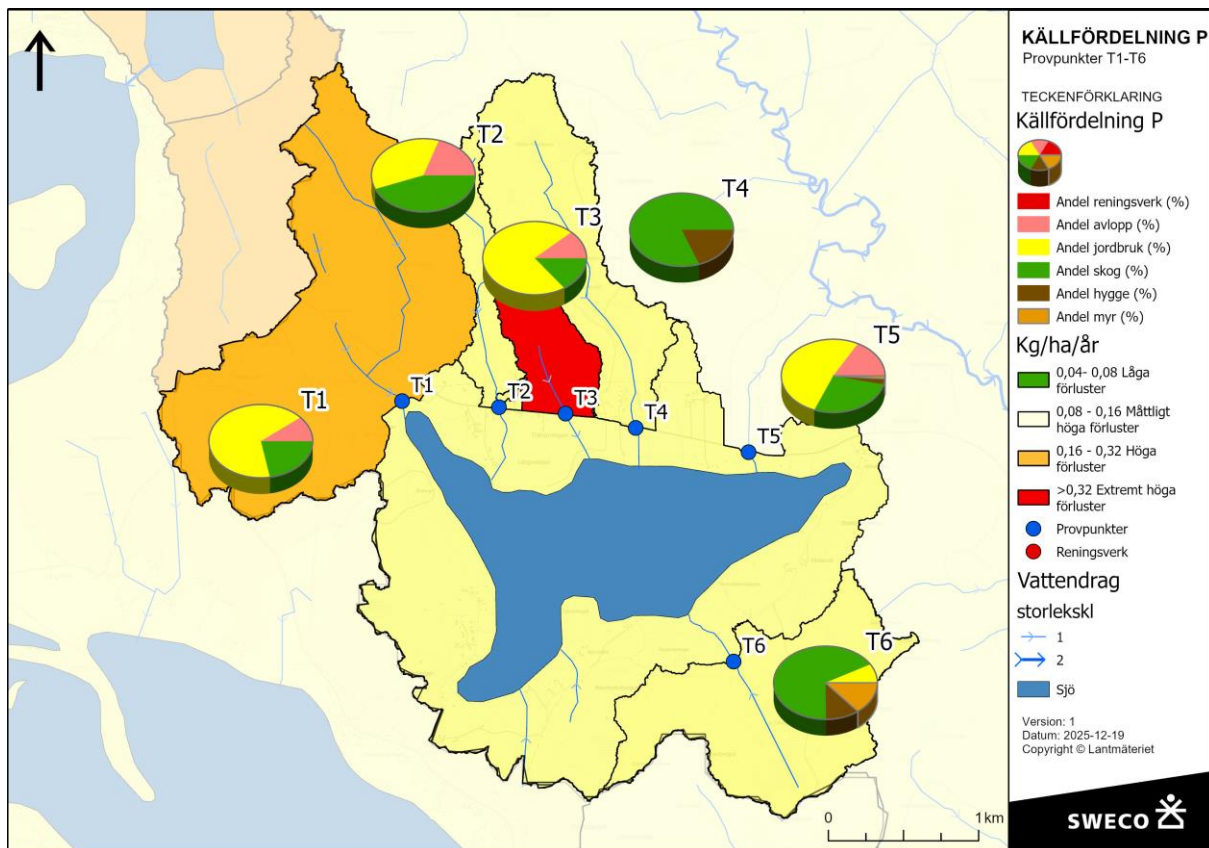
4.3.3 Trehörningen

Punkt T1-T6

Trehörningens tillrinningsområden uppvisar genomgående höga till extremt höga fosforförluster, särskilt baserat på provtagningsdata. De modellerade

arealspecifika värdena varierar från cirka 0,08 till 0,37 kg TP/ha/år (klass 3–5), medan de uppmätta värdena vid flera punkter (särskilt T2, T3 och T4) tiodubblar klassgränsen för extremt höga förluster. Trehörningens utlopp (T5) hamnar modellmässigt i gränslandet mellan måttligt höga och höga förluster (0,16 kg TP/ha/år), medan provtagningsbaserad arealförlust är något lägre (klass 3).

Källfördelningen varierar tydligt mellan delavrinningsområdena. T1, T3 och T5 har hög andel jordbruk (ca 53–77 %) och i T5 är även andelen enskilda avlopp relativt hög (ca 16 %). T2 utmärker sig med en jämförelsevis hög avloppsandel (ca 19 %) och en betydande skogsandel (ca 45 %), vilket tillsammans med de mycket höga provtagningsvärdena indikerar att lokala källor kan ha stor betydelse. T4 domineras av skog (ca 82 %) men har också en tydlig andel hygge (ca 18 %). T6 domineras av skog (ca 68 %) med inslag av myr och hygge (båda ca 12 %), medan jordbruksandelen är låg (ca 7 %). Sammantaget visar delområdet en kombination av jordbruksdominerade och skogsdominerade delavrinningsområden.



Figur 4-6. Modellberäknad och uppmätt fosforbelastning för delområdet Trehörningen.

Vid Trehörningens utlopp har en låg retention använts i modellen, just med tanke på misstänkt internbelastning. Trots detta ligger den modellberäknade totalbelastningen något under den uppmätta, vilket stärker bilden av en sjö med både hög extern tillförsel (från jordbruksdominerade delområden) och intern omsättning av fosfor. Sammantaget framstår Trehörningen som ett delområde med mycket höga näringsförluster där jordbruksmark, enskilda avlopp och internbelastning tillsammans driver de förhöjda halterna.

Tabell 4-5. Modellberäknad och uppmätt fosforbelastning för delområdet Trehörningen. Förklaring av förkortningar, se Tabell 4-2.

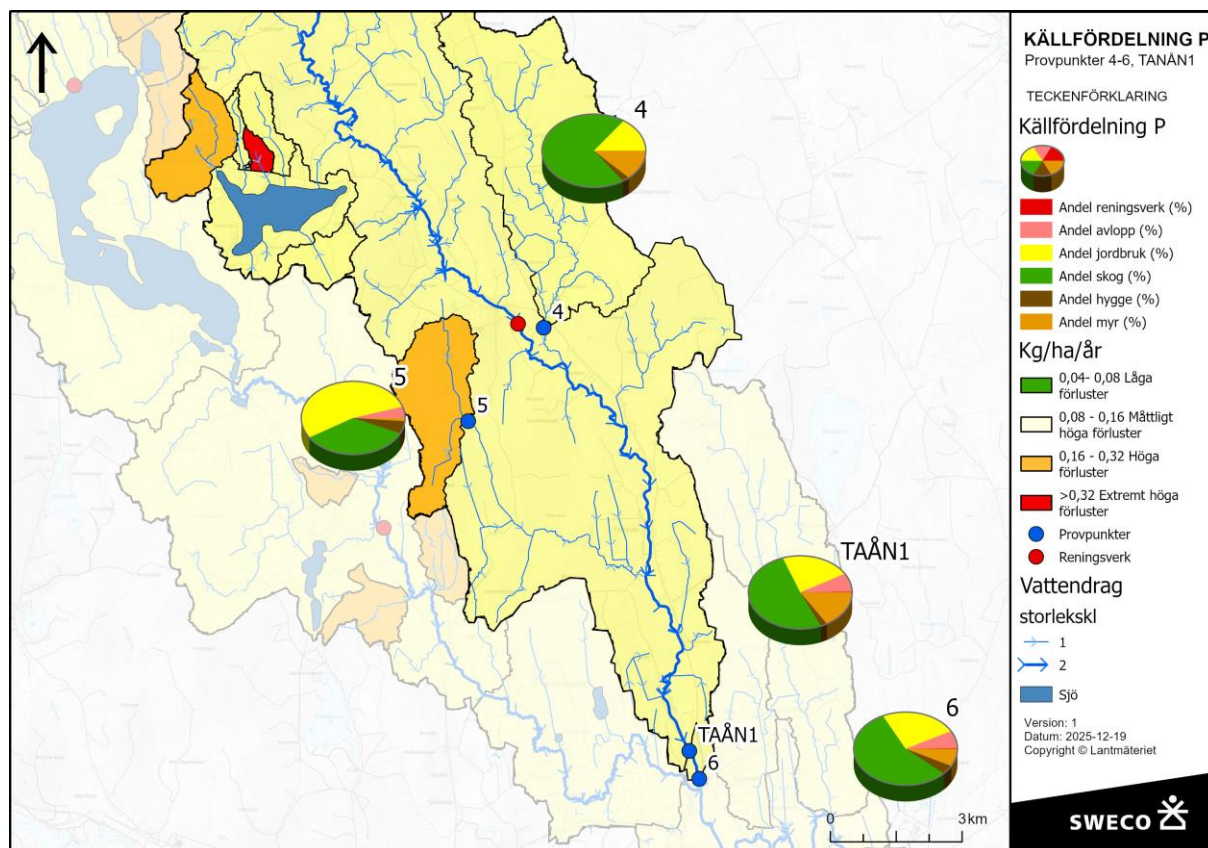
Punkt	Neds.	TP lok kg/år	TP tot kg/år	TP prov kg/år	TP kg/ha/år	TP prov kg/ha/år	Fosfat %	TN total kg/år	Modellsäk %
T1	T5	68	67	117	0,22	0,38	35%	1063	57
T2	T5	7	7	43	0,15	1,00	31%	103	15
T3	T5	16	16	27	0,37	0,63	42%	279	58
T4	T5	11	11	51	0,08	0,38	45%	168	21
T6	T5	16	16	27	0,10	0,17	35%	287	58
T5	TANÅN 1	90	200	159	0,15	0,12	18%	3522	74

4.4 Fällforsån

Provpunkt 4, 5, 6, TAÅN1

Delområdet Fällforsån uppvisar måttligt höga till extremt höga fosforförluster. De modellerade arealspecifika förlusterna ligger mellan cirka 0,10-0,17 kg TP/ha/år (klass 3–4), medan de provtagningsbaserade värdena varierar mellan 0,11 och 0,34 kg TP/ha/år, där punkt 4 och 5 ligger i intervallet hög–extremt hög belastning. Vid TAÅN 1 och punkt 6, där flera delavrinningsområden samlas, ligger modellerade och uppmätta värden närmare varandra (klass 3–4).

Källfördelningen visar att fosforbelastningen i Fällforsån präglas av en kombination av skog och jordbruk, med mindre bidrag från myr och hyggen i vissa delavrinningsområden samt mindre bidrag från enskilda avlopp och reningsverk. I punkt 4 dominerar skog (ca 72 %) följt av jordbruk (ca 15 %), medan myr utgör ca 11 % och hygge ca 2 %. I punkt 5 är påverkan mer jordbruksdominerad (ca 55 %) med skog ca 36 %, avlopp ca 4 % och hygge ca 4 % (myrandelen låg, ca 1 %). I den samlade punkten TAÅN 1 utgör skog ca 51 % av den modellerade fosforbelastningen, med betydande bidrag från jordbruk (ca 25 %) och myr (ca 15 %), samt avlopp (ca 7 %) och mindre andel från reningsverk (ca 0,2 %) och hygge (ca 2 %). Punkt 6 visar en liknande källbild, där skog (ca 55 %) och jordbruk (ca 29 %) dominerar, medan myr (ca 6 %), hygge (ca 4 %), avlopp (ca 7 %) och reningsverk (ca 0,2 %) utgör mindre andelar.



Figur 4-7. Modellberäknad och uppmätt fosforbelastning för delområdet Fällforsån.

Modellen underskattar generellt de uppmätta belastningarna i de mindre delavrinningsområdena (punkt 4 och 5), vilket är förenligt med att små avrinningsområden ofta påverkas starkt av lokala variationer (t.ex. dränering, diken, kantzoner, markstörning eller enstaka källor) som inte alltid fångas i schablonbaserad modellering. I de större, mer integrerande punkterna (TAÅN 1 och punkt 6) blir överensstämmelsen bättre, vilket talar för att modellen fungerar mer robust när lokala avvikelser jämnas ut.

Tabell 4-6. Modellberäknad och uppmätt fosforbelastning för delområdet Fällforsån. Förklaring av förkortningar, se Tabell 4-2.

Punkt	Neds.	TP lok kg/år	TP tot kg/år	TP prov kg/år	TP kg/ha/år	TP prov kg/ha/år	Fosfat %	TN total kg/år	Modellsäk %
4	TANÅN 1	170	168	427	0,10	0,24	24%	2850	39
5	TANÅN 1	92	92	183	0,17	0,34	21%	1479	50
TANÅN 1	6	1309	2696	2339	0,13	0,11	29%	45931	85
6	TANÅN 3	-238	2433	4031	0,11	0,19	23%	43511	60

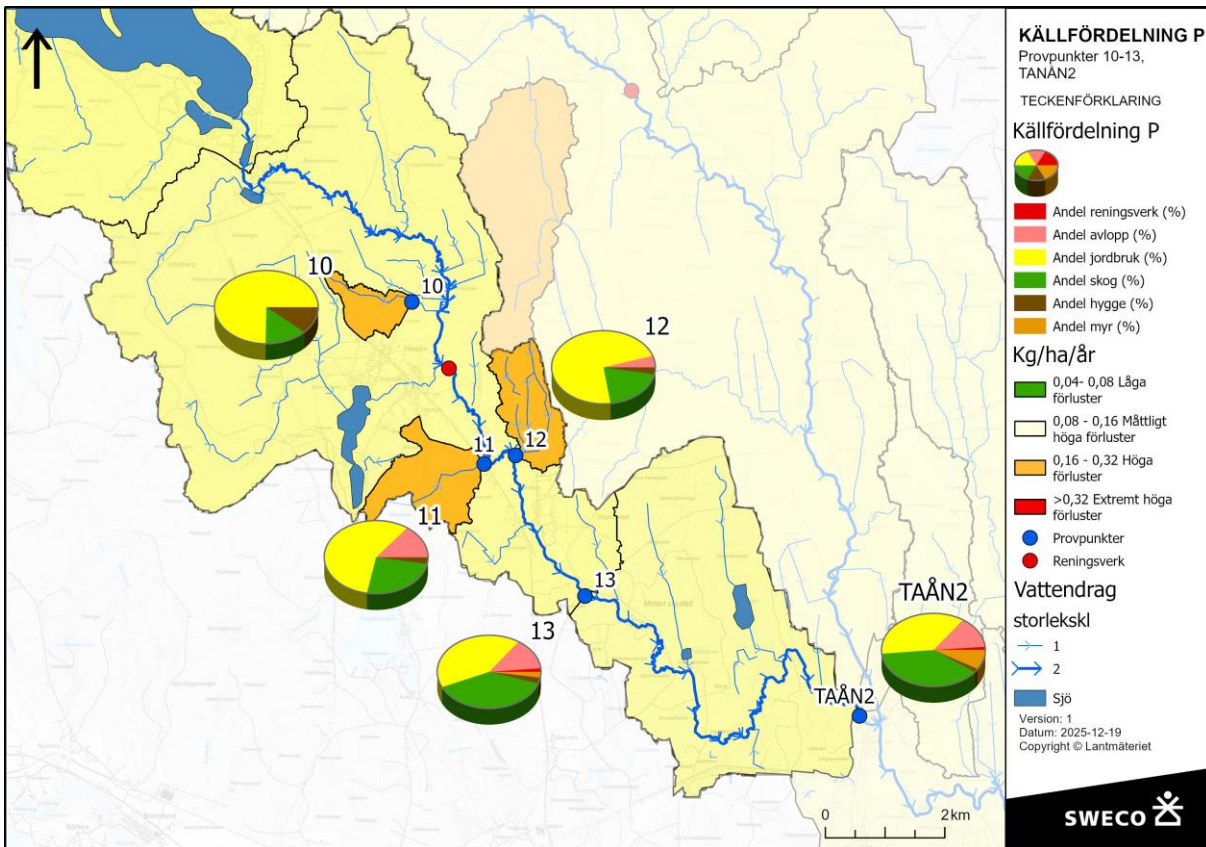
4.5 Övre Tavelån (Hissjö-Ersmark)

Provpunkt 10, 11, 12, 13, TAÅN2

Delområdet övre Tavelån uppvisar generellt höga fosforförluster enligt både modell och provtagning. För punkt 10–12 ligger de modellerade arealspecifika förlusterna på 0,22–0,24 kg TP/ha/år (klass 4), och provtagningsvärdena bekräftar samma klassning. Det tyder på en tydlig påverkan från omgivande markanvändning.

Källfördelningen visar att fosforbelastningen i punkt 10–12 till stor del hänger samman med markanvändning kopplad till jordbruksmark, samtidigt som bidrag från skog och i vissa fall hyggen också är betydande. I punkt 10 dominerar jordbruk (ca 76 %), med bidrag från skog (ca 15 %) och hygge (ca 10 %). I punkt 11 utgör jordbruk ca 59 %, medan enskilda avlopp står för ca 13 % och skog för ca 26 %. I punkt 12 dominerar jordbruk (ca 74 %) med mindre bidrag från skog (ca 19 %) och avlopp (ca 4 %). Att hygge står för en relativt större andel i punkt 10 jämfört med punkt 11–12 kan indikera att markstörning och hydrologiska kopplingar i det delavrinningsområdet påverkar transporten av fosfor.

I den mer integrerande punkten 13 (mot TAÅN 2) förändras bilden: jordbruk och skog bidrar här i ungefär liknande storleksordning (ca 43 % respektive 39 %) och det finns också ett påtagligt bidrag från enskilda avlopp (ca 13 %) samt en mindre andel från reningsverk (ca 1 %). Dessutom framträder myr (ca 2 %) och hygge (ca 2 %) som mindre men mätbara bidrag. I den samlade länken TAÅN 2 ökar myrandelen (ca 7 %) samtidigt som skog (ca 40 %) och jordbruk (ca 38 %) fortsatt dominerar i modellen.



Figur 4-8. Modellberäknad och uppmätt fosforbelastning för delområdet övre Tavelån (Hissjö - Ersmark).

Nedströms, i TAÅN 2, visar modellen något högre arealspecifik belastning än provtagningsdata (klass 3 jämfört med klass 2). Skillnaden kan delvis bero på osäkerheter i retentionsantaganden och källfördelning i ett integrerande tvärsnitt, men det finns också underlag som stödjer att 2025 kan ha haft en transportbild som avviker från ett "normalår". År 2025 kännetecknades (utifrån tillgängliga nederbördsdata) av en mycket torr vår, där februari–april låg klart under normal och mars–april var särskilt torra månader. Därefter följer en mer varierad bild med nederbörd över normal i juni och september samt nära normal i augusti. Detta indikerar att vårperioden kan ha haft lägre avrinning och därmed lägre transport än ett normalår, medan större transportpulser i stället kan ha inträffat vid regnhändelser under försommar och tidig höst.

Tabell 4-7. Modellberäknad och uppmätt fosforbelastning för delområdet Övre Tavelån (Hissjön-Ersmark). Förklaring av förkortningar, se Tabell 4-2.

Punkt	Neds.	TP lok kg/år	TP tot kg/år	TP prov kg/år	TP kg/ha/år	TP prov kg/ha/år	Fosfat %	TN total kg/år	Modellsäk %
10	13	20	20	15	0,24	0,17	38%	355	62
11	13	43	42	31	0,22	0,16	35%	852	63
12	13	41	41	31	0,24	0,18	28%	682	69
13	TANÅN 2	526	1431	661	0,13	0,06	19%	28688	-17
TANÅN 2	TANÅN 3	258	1672	454	0,13	0,04	19%	32653	-168

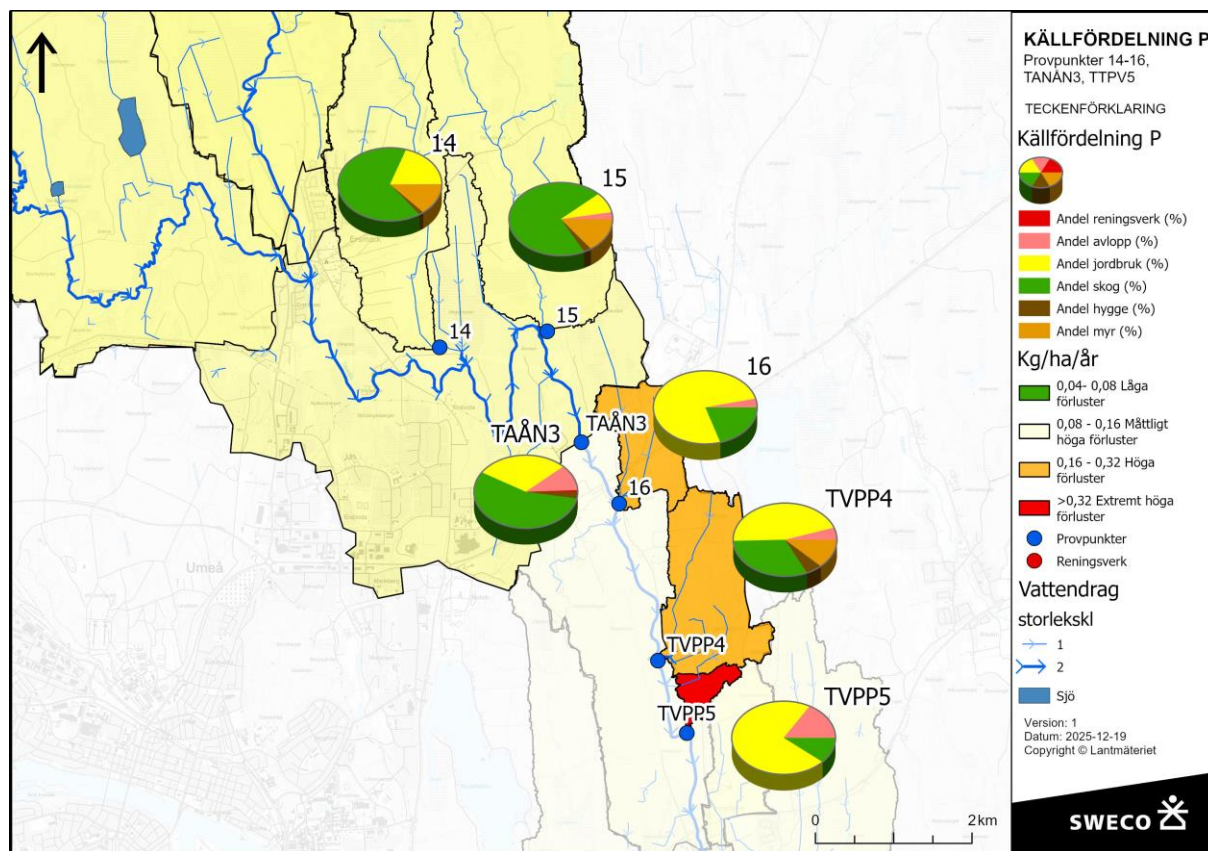
4.6 Mellersta Tavelån (Ersmark-Anumark)

Provpunkt 14, 15, 16, TAÅN3, TVPP4, TVPP5

Delområdet mellersta Tavelån är mer heterogent än uppströms och omfattar en blandning av skogs- och jordbruksdominerade delavrinningsområden samt flera små delområden med tydliga lokala belastningstoppar. För punkterna 14–16 ligger de modellberäknade arealspecifika fosforförlusterna på 0,10–0,22 kg TP/ha/år (klass 3–4), medan provtagningsbaserade värden i samma punkter visar högre nivåer (0,27–0,42 kg TP/ha/år, klass 4). Detta indikerar att den faktiska transporten i delområdet kan vara högre än vad schablonerna fångar i enskilda delavrinningsområden, alternativt att provtagningen fångat perioder med hög transport.

De små delavrinningsområdena TVPP4 och TVPP5 utmärker sig särskilt genom extremt höga provtagningsbaserade arealförluster (upp till 10,6 respektive 3,7 kg TP/ha/år). För TVPP4 är det viktigt att notera att provpunkten sammanfaller med DÅVA:s dagvattenutsläppspunkt. Dagvattenbidraget från DÅVA (och eventuella tillfälliga/etappvisa byggsleden) ingår inte i den kvantitativa modelleringen i denna källfördelningsanalys, som omfattar markläckage (jordbruk, skog/myr/hygge) samt enskilda avlopp och reningsverk. Den stora skillnaden mellan modell (0,16 kg TP/ha/år) och provtagning (10,59 kg TP/ha/år) vid TVPP4 bedöms därför i huvudsak spegla ett tillägg från dagvattenpåverkan som inte finns representerad i modellens källtermer. Se kapitel 6 för vidare analys och diskussion av delavrinningsområdet TVPP4.

Källfördelningen visar att punkt 14 och 15 domineras av skog (ca 66–73 %), med ett tydligt inslag av myr (ca 12–13 %) och mindre bidrag från hygge (ca 1–3 %) samt begränsade andelar jordbruk och avlopp. Punkt 16 är i stället tydligt jordbruksdominerad (ca 78 %), med resterande andel främst från skog. För TANÅN 3 (som samlar stora delar av mellersta Tavelån) framträder en mer blandad källbild där skog (48 %) och jordbruk (28 %) är de största bidragen, medan myr (13 %) och enskilda avlopp (8 %) utgör tydliga men mindre andelar. Hygge bidrar här med omkring 2 %.



Figur 4-9. Modellberäkning och uppmätt fosforbelastning för delområdet mellersta Tavelån (Ersmark-Anumark).

Vid TANÅN ligger modell och provtagning relativt nära varandra arealspecifikt (0,12 respektive 0,10 kg TP/ha/år, klass 3), vilket talar för att modellen fångar rimliga nivåer i större skala där lokala avvikelser delvis jämnas ut. Samtidigt visar de små delavrinningsområdena TVPP4–TVPP5 att det finns lokala belastningspunkter som inte speglas i huvudfårans medelvärde. För TVPP4, som sammanfaller med DÅVA:s dagvattenutsläppspunkt, bedöms den stora skillnaden mellan modell och provtagning i huvudsak spegla ett bidrag från dagvattenpåverkan som inte ingår i den kvantitativa modelleringen i detta kapitel. En fördjupad beskrivning av DÅVA, inklusive bedömning av dagvattenutredning och konsekvenser i relation till avrinningsområdets totala belastning, redovisas i kapitel 6.

Tabell 4-8. Modellberäknad och uppmätt fosforbelastning för delområdet mellersta Tavelån (Ersmark-Anumark). Förklaring av förkortningar, se Tabell 4-2.

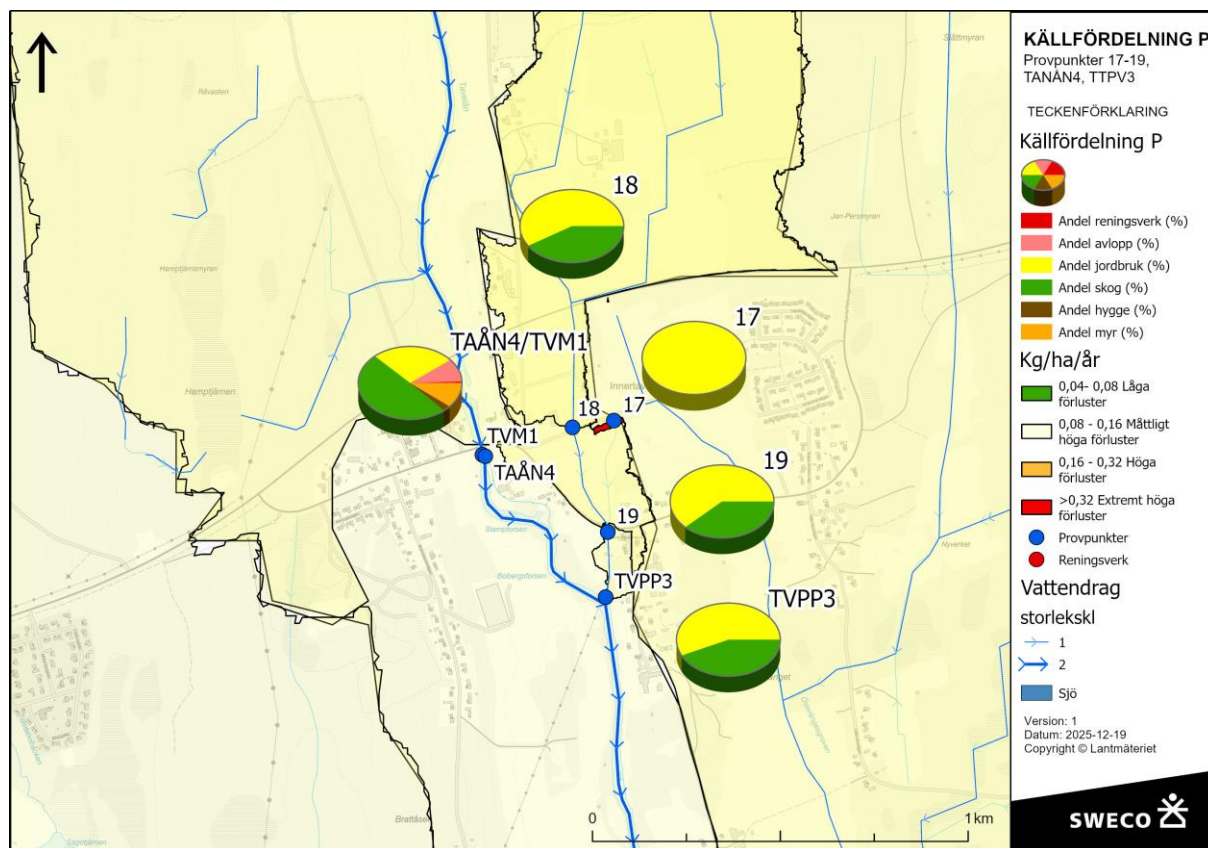
Punkt	Neds.	TP lok kg/år	TP tot kg/år	TP prov kg/år	TP kg/ha/år	TP prov kg/ha/år	Fosfat %	TN total kg/år	Modellsäk %
14	TANÅN 3	68	67	187	0,10	0,27	31%	1338	36
15	TANÅN 3	190	188	524	0,09	0,26	20%	3076	36
16	TVM1/TANÅN4	27	27	51	0,22	0,42	29%	463	52
TANÅN 3	TVM1/TANÅN4	432	4744	3960	0,12	0,10	27%	85883	80
TVPP4	TVM1/TANÅN4	38	37	2518	0,16	10,59	15%	608	1
TVPP5	TVM1/TANÅN4	11	11	119	0,35	3,72	11%	226	9

4.7 Nedre Tavelån

Provpunkt 17, 18, 19, TAÅN4, TTPV3

I nedre Tavelån blir bilden komplex både på grund av små delavrinningsområden och det faktum att Tavelån här har ackumulerat belastning från hela systemet uppströms. Areal specifika modellvärden för de mindre avrinningsområdena (18–19) varierar mellan måttligt höga och höga förluster (klass 3–4), medan provtagningsvärdena ofta når upp i extremt höga klasser (till exempel punkt 17, 18 och TVPP3), vilket speglar små avrinningsområden med hög lokal påverkan. I de små avrinningsområdena dominerade av jordbruk och djurhållning kan dessutom lokala källor och processer som inte fångas av schablonmodellen bidra till högre uppmätta värden, exempelvis gårdsnära belastning kopplat till gödseltillförsel och hantering, tramp- och upptrampade ytor samt markpackning. Även partikelbunden fosfortransport från erosionskänsliga ler-siltjordar samt transport via dräneringssystem och diken, där kort transportsträcka och låg lokal retention ger tydliga utslag i provpunkten, kan förstärka skillnaderna mellan modell och provtagning. Sammantaget innebär detta att provtagningen i små delavrinningsområden i högre grad kan spegla kortvariga belastningstoppar och lokala källor, medan schablonmodellen beskriver ett mer generaliserat långtidsmedel baserat på markanvändning och typiska läckagevärden.

Källfördelningen visar att jordbruk är den dominerande fosforkällan i de små delavrinningsområdena (17, 18 och 19) med cirka 55–100 % av den modellerade belastningen från jordbruksmark. För dessa punkter är bidrag från avlopp och reningsverk försumbara i materialet, medan resterande del utgörs av skog. I de mer integrerande punkterna (TVM1/TANÅN4) framträder en mer blandad källbild, där jordbruk står för omkring 31 %, enskilda avlopp för cirka 8 % och reningsverk för ungefär 0,5 %. Resterande del utgörs av markläckage från skogsmark, som är uppdelad i skog (49 %), myr (9 %) och hygge (2 %). Sammantaget utgörs detta delområde en mosaik av jordbruksdominerade delavrinningsområden nära huvudfåran och större, skogsdominerade ytor i omgivningen.



Figur 4-10. Modellberäkning och uppmätt fosforbelastning för delområdet nedre Tavelån.

När data jämförs framgår att stora delar av nedre Tavelån och flera av de små tillrinnande dikena uppvisar höga–extremt höga fosforförluster, särskilt baserat på provtagningsdata. Dessa delavrinningsområden – i synnerhet små, jordbruksdominerade inlopp med hög andel biotillgänglig fosfatfosfor – bör därför ses som prioriterade mål för åtgärder om målsättningen är att minska belastningen mot Tavlejärden och nå lägre näringstillstånd i nedre Tavelån.

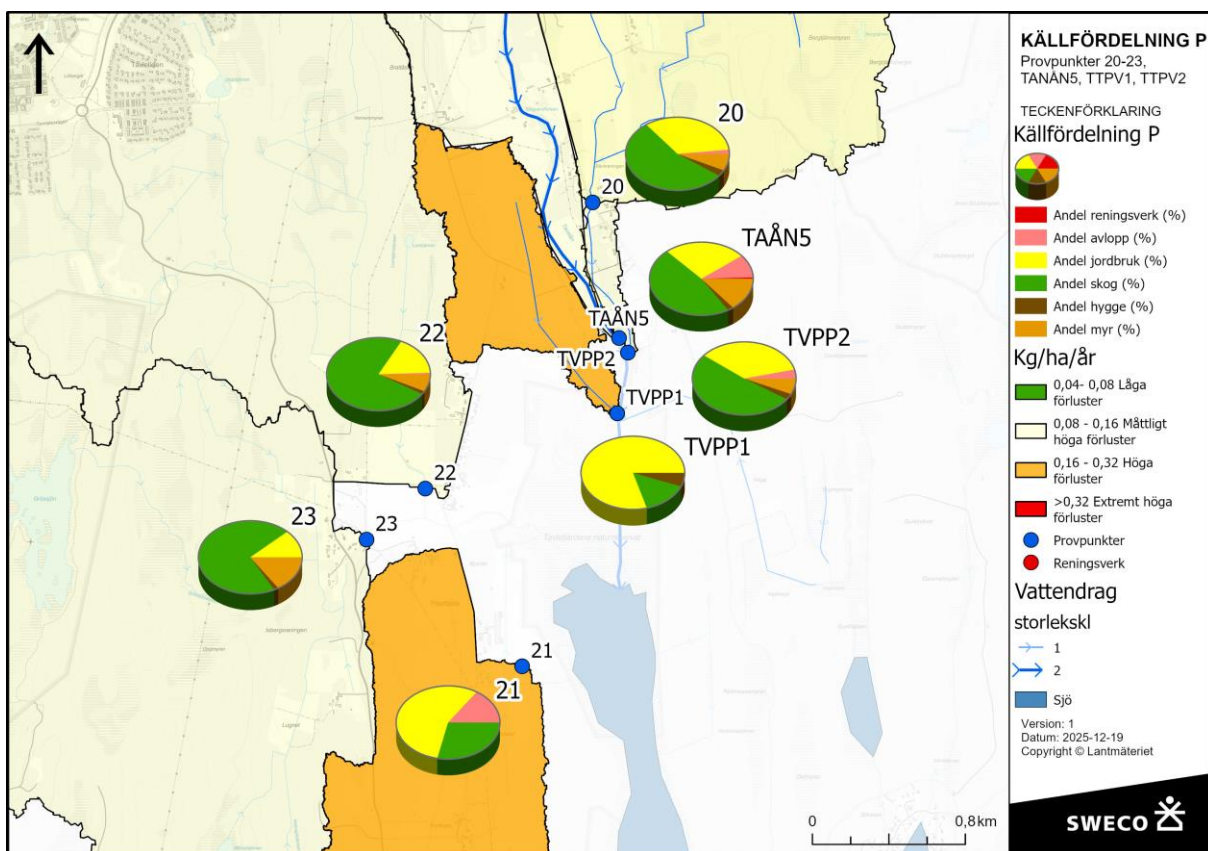
Tabell 4-9. Modellberäkning och uppmätt fosforbelastning för delområdet nedre Tavelån (Ersmark-Anumark). Förklaring av förkortningar, se Tabell 4-2.

Punkt	Neds.	TP lok kg/år	TP tot kg/år	TP prov kg/år	TP kg/ha/år	TP prov kg/ha/år	Fosfat %	TN total kg/år	Modellsäk %
17	19	0,1	0,1	3	0,77	26,97	27%	2	3
18	19	21	21	266	0,15	1,91	22%	342	8
19	TVPP3	2	22	110	0,15	0,75	44%	373	20
TVM1/TANÅN4	TANÅN 5	-69	4703	4155	0,12	0,11	24%	87722	87
TVPP3	TANÅN 5	-2	20	430	0,13	2,90	51%	323	5

4.8 Tavelåns mynning

Provpunkt 20, 21, 22, 23, TAÅN5, TVPP1, TVPP2

Vid mynningen mot Tavle fjärden (punkterna 20–23, TVPP1–2 samt TAÅN 5) ligger de modellberäknade arealspecifika fosforförlusterna generellt i intervallet måttligt höga till höga förluster enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (0,09–0,27 kg TP/ha/år). De provtagningsbaserade värdena visar dock en större spridning, från mycket låga förluster i en av fjärdstationerna (punkt 21; 0,03 kg TP/ha/år) till extremt höga förluster i vissa små kustnära inlopp (till exempel TVPP1; 0,54 kg TP/ha/år). Sammantaget bekräftar detta bilden av en mynning som både påverkas av ackumulerad belastning från hela Tavelån och av lokalt hårt belastade små delavrinningsområden nära kusten.



Tabell 4-10. Modellberäknad och uppmätt fosforbelastning för delområdet nedre Tavelån och mynning.

Vid huvudutloppet TAÅN 5, som representerar den samlade belastningen från Tavelåns avrinningsområde, ligger de modellberäknade och uppmätta årsbelastningarna mycket nära varandra ($\approx 4,9$ respektive $5,0$ ton TP/år) och de arealspecifika förlusterna hamnar i klassen måttligt höga förluster ($0,12$ – $0,13$ kg TP/ha/år). Källfördelningen visar att skogs- och myrmark utgör den dominerande källan (cirka 62 % av den modellerade fosforbelastningen), följt av jordbruksmark (cirka 30 %) samt enskilda avlopp och reningsverk som tillsammans står för knappt 10 %. Andelen fosfatfosfor vid TAÅN 5 är relativt hög (cirka 33 %), vilket innebär att en betydande del fosfor är biotillgänglig när den når Tavle fjärden.

De tre stationerna i Tavlefjärden (21–23) uppvisar en varierande bild. Vid punkt 21 är den uppmätta arealspecifika fosforförlusten låg ($\approx 0,03$ kg TP/ha/år) trots en modellberäknad nivå i intervallet måttligt höga–höga förluster ($\approx 0,19$ kg TP/ha/år). Källfördelningen antyder här en större relativ betydelse av jordbruksmark (cirka 56 %) och enskilda avlopp (cirka 14 %) jämfört med de övriga fjärdstationerna, men den låga uppmätta belastningen indikerar att transporten under aktuellt provtagningsår varit begränsad. Vid punkterna 22 och 23 ligger de uppmätta arealförlusterna i klassen höga förluster ($\approx 0,18$ – $0,22$ kg TP/ha/år), medan modellerade värden hamnar något lägre ($\approx 0,09$ kg TP/ha/år). Här dominerar skogsmark tydligt som källa (cirka 84–90 %), med endast marginella bidrag från jordbruk och avlopp, vilket tyder på att fjärden i dessa delar huvudsakligen påverkas av skogs- och myrdominerade kustnära avrinningsområden.

De små kustnära bäckarna och diken TVPP1 och TVPP2 utgör tydliga lokala "hotspots" vid mynningen. TVPP1 uppvisar en provtagningsbaserad arealspecifik fosforförlust i klassen extremt höga förluster ($\approx 0,54$ kg TP/ha/år), med en tydlig dominans av jordbruksmark i källfördelningen (cirka 80 % jordbruk och 20 % skog). Även TVPP2 har höga förluster ($\approx 0,22$ kg TP/ha/år baserat på provtagning; klass höga förluster) och en fördelning där jordbruk och skog svarar för huvuddelen av belastningen (cirka 37 % respektive 60 %), med mindre bidrag från enskilda avlopp. Andelen fosfatfosfor i dessa små delavrinningsområden är förhöjd (cirka 14–24 %), vilket innebär att en stor del fosfor är biotillgänglig redan vid utloppet till Tavlefjärden.

Tabell 4-11. Modellberäknad och uppmätt fosforbelastning för delområdet mynningen av Tavelån.
Förklaring av förkortningar, se Tabell 4-2.

Punkt	Neds.	TP lok kg/år	TP tot kg/år	TP prov kg/år	TP kg/ha/år	TP prov kg/ha/år	Fosfat %	TN total kg/år	Modellsäk %
20	TVPP2	84,5	83,7	163	0,12	0,22	24%	1319	51
21	Tavelfjärden	38	38	7	0,19	0,03	22%	825	-378
22	Tavelfjärden	81	80	196	0,09	0,22	24%	1255	41
23	Tavelfjärden	64	63	132	0,09	0,18	21%	939	48
TANÅN 5	Tavelfjärden	220	4893	5000	0,12	0,13	33%	90085	98
TVPP1	Tavelfjärden	20	20	40	0,27	0,54	14%	335	51
TVPP2	Tavelfjärden	6	89	164	0,12	0,22	15%	1413	54

Modellen tenderar därmed att väl fånga den samlade belastningen i mynningen (TAÅN 5), men underskattar de arealspecifika förlusterna i vissa små kustnära delavrinningsområden och överskattar dem i åtminstone en av fjärdstationerna (punkt 21). Avvikelserna kan kopplas till osäkerheter i retentionsantaganden, begränsat provtagningsunderlag samt stor naturlig variation i vattenföring och belastning under enskilda år.

5 Åtgärdsanalys och prioritering

Den modellberäknade fosforbelastningen till Tavlejärden uppgår till cirka 5 ton fosfor per år, vilket stämmer väl med den uppmätta årsbelastningen i mynningen. Totalkväve ligger i storleksordningen 100 ton N per år. I ett avrinningsområdesperspektiv innebär detta att Tavelån som helhet präglas av måttligt höga fosforförluster enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, men att det finns ett antal tydliga delområden med höga till extremt höga förluster där åtgärdspotentialen är särskilt stor.

Skogs- och myrmark står sammantaget för omkring 55–65 % av den totala fosforbelastningen i avrinningsområdet. Detta utgör till stor del en bakgrundsbelastning som är svår att påverka utan omfattande förändringar i markanvändningen. Jordbruket står för ungefär 30–35 % av den totala belastningen, men dess betydelse är starkt koncentrerad till vissa delområden där åkermark utgör en stor andel av arealen. Enskilda avlopp bidrar i genomsnitt med omkring 5–10 % av fosforexporten, men i små delavrinningsområden med få andra källor kan avloppen stå för 15–20 %. Utsläpp från avloppsreningsverk spelar en begränsad roll för avrinningsområdet som helhet, men kan märkas tydligt i direkt nedströms liggande sträckor

Andelen fosfatfosfor av total fosfor ligger genomgående relativt högt, ofta i intervallet 20–40 %, och når i vissa små, hårt belastade delområden upp mot cirka 50 %. Det innebär att en stor del fosfor är biotillgänglig vid transport genom systemet, vilket förstärker betydelsen av åtgärder nära källan och i delområden med kort transportsträcka till Tavlejärden.

Mot denna bakgrund framträder fyra delområden som särskilt viktiga att prioritera: Avan, Trehörningen, mellersta Tavelån och nedre Tavelån inklusive mynningen. De kännetecknas av både höga arealspecifika förluster, höga lokala transporter i kg P/år och en tydlig dominans av åtgärdbara källor (jordbruk, enskilda avlopp och, i vissa fall, internbelastning från sjöar).

Tabell 5-1. Översiktlig prioritering av delområden i Tavelåns avrinningsområde.

Prioritet	Delområde	Nyckelpunkter	Belastningsnivå (TP)	Dominerande källor	Kommentar
Hög	Avan	A1–A3	Höga förluster	Jordbruk (50–80 %), skog, avlopp	Höga förluster, indikationer på internbelastning.
Hög	Trehörninge n	T1–T6, T5	Höga–extremt höga.	Jordbruk, skog, avlopp	Mycket höga förluster och hög fosfatandel; misstänkt internbelastning.
Hög	Mellersta Tavelån (lokala inlopp)	TVPP4, TVPP5, 16	Extremt höga i små delområden	Jordbruk (TVPP5), blandat jordbruk/skog (TVPP4), avlopp	Små, intensivt belastade avrinningsområden som ger stor lokal effekt.
Hög	Nedre Tavelån och små kustnära inlopp	17–19, 20, TVPP1–2, TVPP3	Höga–extremt höga arealvärden	Jordbruk, enskilda avlopp	Små delområden nära Tavlejärden med hög fosfatandel.
Medel	Övre Tavelån	10–13, TAÅN 2	Måttligt-höga förluster	Jordbruk (60–70 %), skog, avlopp	Tydlig jordbrukspåverkan.
Medel	Fällforsån	4–6, TAÅN 1	Måttligt-höga förluster, lokalt extremt höga	Skog dominerar, men betydande jordbruk och avlopp	Skogsdominerat men med lokalt förhöjda förluster.
Lägre	Källområden	1–3	Måttligt höga–höga	Skog (≈60–85 %), jordbruk, avlopp	Mer bakgrundsbelastning. Lägre åtgärdspotential.
Lägre	Tavelsjön (utlopp)	7–9	Måttligt höga – sjön har dämpande effekt	Skog, jordbruk, avlopp/reningsverk	Viktig för retention snarare än åtgärdsområde

Fosforförluster från jordbruksmark domineras ofta av ett fåtal händelser med hög vattenföring, till exempel vid snösmältning eller intensiva regn. Effektiva åtgärder handlar därför dels om att minska överskottet av fosfor i marken (genom rådgivning kring foder, gödsling och gödselhantering), dels om att bryta transportvägarna genom att minska erosion och öka retentionen längs dräneringssystem och vattendrag. I praktiken innebär detta en kombination av förbättrad gödsel- och markhantering (fånggrödor, vårbearbetning, minskad jordbearbetning) och strukturella åtgärder som gräsbevuxna kantzoner, våtmarker, fosfordammar och fosforfilter i strategiska lägen.

För enskilda avlopp är kärnan en systematisk inventering och åtgärdande av bristfälliga anläggningar i små, belastade delavrinningsområden där avloppens relativa betydelse är hög. Tillsyn av övriga verksamheter och befintliga reningsverk fungerar som ett komplement för att säkerställa att punktkällor inte motverkar effekterna av åtgärder i landskapet.

Nedan följer en kort sammanfattning av de prioriterade delområdena och de åtgärdsinriktningar som bedöms mest relevanta.

5.1 Avan

Avan utgör ett av de mest belastade delområdena i systemet. De arealspecifika fosforförlusterna ligger mellan höga och extremt höga förluster både i modell och provtagning, och i A2 når de provtagningsbaserade värdena upp till gränsen för extremt höga förluster. Källfördelningen visar en tydlig dominans av jordbruk, där åkermarken står för omkring 50–80 % av den lokala fosforbelastningen, kompletterad av skogsmark och enskilda avlopp. Andelen fosfatfosfor är relativt hög, vilket innebär att en betydande del fosfor är direkt biotillgänglig. Tillsammans med indikationer på internbelastning innebär detta att Avan både tar emot stora externa flöden och kan bidra med läckage från sedimenten.

Åtgärdsarbetet bör i första hand fokusera på de jordbruksdominerade delarna i Avans tillrinningsområden. Detta kan ske genom gräsbevuxna kantzoner/skyddszoner längs diken och vattendrag, våtmarker och fosfordammar i dräneringssystemet samt anpassad gödsling och gödselhantering på fält som har direkt avrinning mot Avan. En översyn av enskilda avlopp i de mest belastade delavrinningsområdena är ett viktigt komplement, särskilt där avloppen står för en större andel av belastningen.

5.2 Trehörningen

Trehörningen kännetecknas av höga fosforförluster i flera av de små tillrinnande bäckarna (T1–T4, T6) och vid utloppet (T5). Modellen visar arealspecifika förluster från måttliga till extremt höga, medan provtagningsdata vid flera punkter indikerar mycket höga till extremt höga förluster. Källfördelningen varierar mellan delavrinningsområdena: vissa är tydligt jordbruksdominerade (T1, T3, T5), andra domineras av skogsmark (T4, T6), och i T2 framträder en påtaglig avloppspåverkan med hög andel fosfor från enskilda avlopp. Fosfatandelen är ofta hög, och Trehörningens utlopp visar utöver hög extern tillförsel, indikationer på internbelastning.

Åtgärdsarbetet bör i första hand fokusera på de jordbruksdominerade delarna, exempelvis genom gräsbevuxna kantzoner/skyddszoner längs diken och vattendrag, anläggande av våtmarker och fosfordammar i dräneringssystemet, samt åtgärder som fånggrödor, vårbearbetning och minskad jordbearbetning på erosionskänsliga fält. För delavrinningsområden med hög avloppsandel, särskilt T2, är inventering och åtgärdande av enskilda avlopp central. Sammantaget gör kombinationen av extremt höga arealförluster, hög fosfatandel och möjlig internbelastning Trehörningen till ett delområde med hög åtgärdspotential.

5.3 Mellersta Tavelån

Mellersta Tavelån uppvisar en mer heterogen bild, där huvudfåran har måttligt höga till höga fosforförluster medan vissa små delavrinningsområden sticker ut med extremt höga värden. Särskilt TVPP4 och TVPP5 har provtagningsbaserade arealspecifika förluster på upp mot 3–10 kg P/ha och år, samtidigt som källfördelningen visar stark jordbruksdominans, i synnerhet i TVPP5 där cirka 70 % av belastningen härrör från jordbruk och en betydande del från avlopp. Dessa små men intensivt brukade avrinningsområden är tydliga hotspots, där relativt begränsade åtgärdsinsatser kan ge stor effekt på den lokala belastningen.

Lämpliga åtgärder omfattar anläggande av våtmarker och dammar kopplade till dräneringssystem, kantzoner/skyddszoner längs diken och vattendrag samt justering av gödslings- och markbearbetningsstrategier på åkermarken. I delområden med hög avloppsandel bör detta kompletteras med riktade insatser mot enskilda avlopp. Fokus bör ligga på delavrinningsområdena med kort transportsträcka till huvudfåran, där minskade förluster ger snabb effekt på koncentrationerna i Tavelån.

5.4 Nedre Tavelån och mynningen

Nedre Tavelån och mynningen mot Tavle fjärden präglas både av ackumulerad belastning från hela Tavelån och av små, lokalt hårt belastade delavrinningsområden nära kusten. I flera av punkterna i nedre Tavelån (17–20) och i kustnära småbäckar och diken (TVPP1–3) uppmättes höga till extremt höga arealspecifika fosforförluster. Källfördelningen visar hög jordbruksandel (60–100 %) kombinerat med bidrag från enskilda avlopp. Samtidigt är andelen fosfatfosfor i dessa områden hög, vilket innebär att en stor del fosfor är biotillgänglig när vattnet når Tavle fjärden.

I dessa delområden är åtgärdsbehovet därför tydligt, både vad gäller minskade förluster från åkermarken och åtgärder av enskilda avlopp. Åtgärder kan bestå av gräsbevuxna kantzoner/skyddszoner längs diken och vattendrag, våtmarker och fosfordammar i dräneringssystemet, samt anpassad gödsling och gödselhantering på fält med direkt avrinning mot nedre Tavelån och Tavle fjärden. En systematisk översyn av enskilda avlopp i de mest belastade delavrinningsområdena är en annan viktig åtgärd. Eftersom transportsträckan till kustrecipienten är kort kan åtgärder i dessa små avrinningsområden ge relativt snabb effekt på fosforhalterna i Tavle fjärden.

5.5 Samlad bedömning

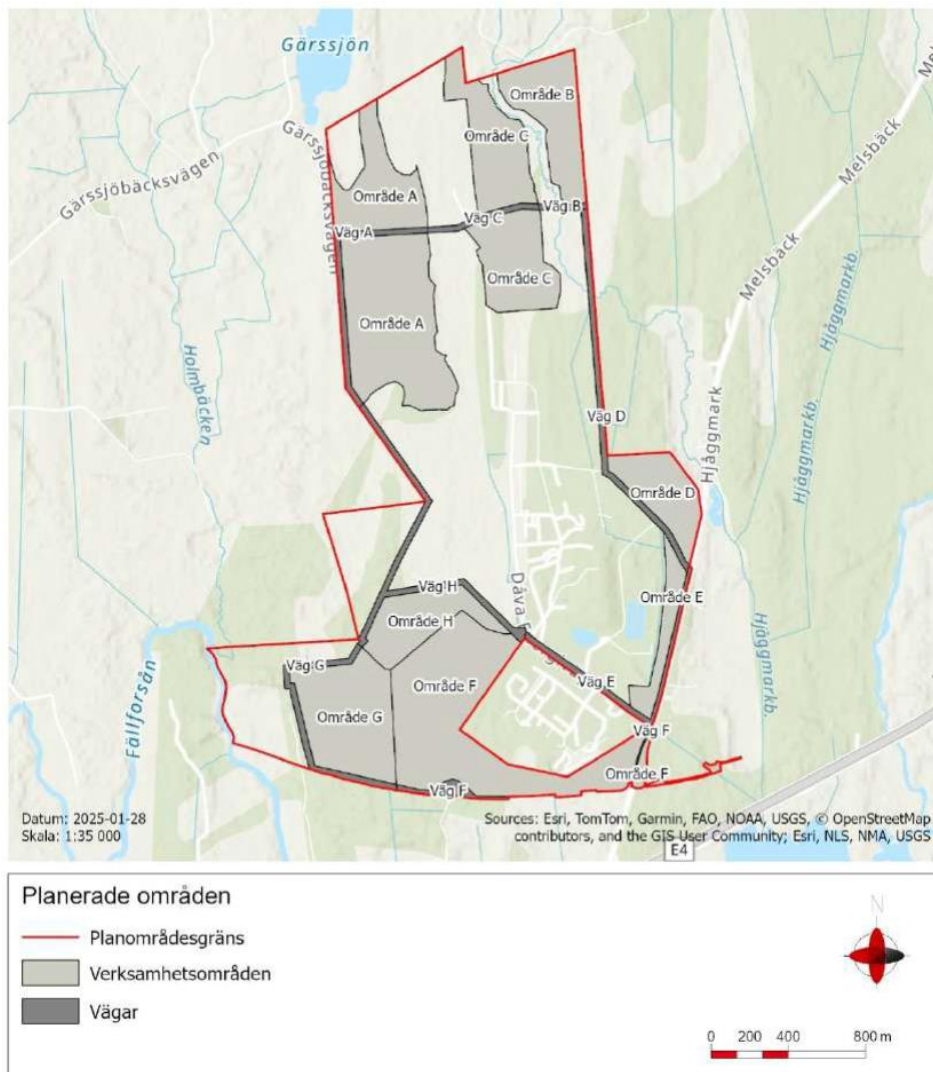
I ett avrinningsområdesperspektiv är det framför allt Avan, Trehörningen, mellersta Tavelån och nedre Tavelån inklusive kustnära småbäckar som har störst potential att bidra till en minskad total fosforbelastning om åtgärder genomförs. Övriga delar av Tavelån; källområdena, Fällforsån, övre Tavelån och delsträckor runt Taveljön, har i huvudsak måttligt höga förluster med ett större inslag av skogs- och myrdominerad bakgrundsbelastning. Där är åtgärdsbehovet mer inriktat på att undvika ytterligare belastningsökningar och på att genomföra generella bruknings- och skogsbruksåtgärder, snarare än större, riktade insatser för att minska markförluster av näringsämnen.

6 Ytterligare exploatering

I anslutning till Tavelåns avrinningsområde planeras en utvidgning av DÅVA-området med nya hårdgjorda ytor och verksamheter. En separat dagvatten- och MKN-utredning har genomförts för planområdet, där närsaltsbelastning före och efter exploatering har beräknats med StormTac och effekten av olika dagvattenåtgärder har utvärderats (Sigma 2025). Sigma-utredningen är i huvudsak upplagd som en bedömning av tillskottet från planområdet, dvs. beräkningarna avser de planerade exploateringsytorna och inkluderar inte befintliga verksamheter eller övrig naturmark inom området.

I dagvattenutredningen delas planområdet in i delområden (A–H) baserat på intern topografi och planerad dagvattenavledning. I denna rapport behandlas endast de delområden som avvattnas mot Tavelån och vidare mot Tavlejärden, vilket i dagvattenutredningen motsvarar delområdena A samt E–H, se Figur 6-1. Övriga delområden i dagvattenutredningen avvattnas mot andra recipienter (främst Hjäggmarksbäcken/Täfteån) och ingår därför inte i belastningsbedömningen mot Tavelån/Tavlejärden i detta kapitel.

En särskilt viktig koppling mellan dagvattenutredningen och föreliggande källfördelningsanalys är att avrinningen från DÅVA-området samlas i diken och avleds via ett dike som mynnar i Tavelån (ca 1,5 km söder om planområdet). I källfördelningsanalysen sammanfaller detta med provpunkten TVPP4, som därmed fungerar både som mätpunkt och som lokal recipientnära utsläppspunkt för dagvattenavledning från området.



Figur 6-1. Föreslagen planskiss över exploateringsområdet (Sigma 2025).

6.1 Belastning mot Tavlefjärden

För att belysa närsaltsbelastningen från den planerade exploateringen redovisas resultaten både för ett fullt utbyggt driftläge och för ett byggskede med etappvis utbyggnad. Dagvattenutredningens huvudberäkningar avser ett läge där planområdet är färdigställt och där föreslagna dagvattenanläggningar är anlagda, inkopplade och fungerar som avsett. Eftersom utbyggnaden i praktiken sker successivt över tid kan belastningen under byggskedet temporärt avvika från driftläget, bland annat till följd av perioder med öppen eller störd mark samt att dagvattenåtgärder ännu inte är fullt etablerade. I avsnittet nedan redovisas därför dels belastning i fullt utbyggt läge enligt dagvattenutredningen, dels ett översiktligt och konservativt räkneexempel för byggskedet för att beskriva storleksordningen på en möjlig temporär påverkan.

Det är samtidigt viktigt att skilja på tillskottet från planområdet, så som det redovisas i dagvattenutredningen, och den samlade belastningen vid TVPP4.

Där bidrag från markläckage i delavrinningsområdet och andra lokala källor kan vara betydande redan före exploatering.

6.1.1 Fullt utbyggt läge

I nuläget (före exploatering) beräknas dagvatten från områdena A och E–H stå för en fosforbelastning på cirka 16 kg TP/år och en kvävebelastning på omkring 310 kg TN/år till Tavelån/Tavleljärden. Med planerad exploatering och föreslagen dagvattenhantering – i huvudsak makadamdiken, gräsdiken och dammar/våtmarker – ökar den beräknade fosforbelastningen till ungefär 25 kg TP/år och kvävebelastningen till cirka 830–870 kg TN/år, beroende på valt åtgärdsalternativ (Sigma 2025).

Samtidigt beräknas halterna i det utgående dagvattnet inte öka, utan snarare minska något för fosfor. Medelhalten totalfosfor i dagvatten från områdena A och E–H uppskattas minska från omkring 32 µg/l före exploatering till cirka 21 µg/l efter exploatering med rening, medan totalkväve ligger kring 600 µg/l före och 700–740 µg/l efter exploatering. Den ökade mängden fosfor och kväve beror därmed främst på större avrinnande vattenvolymer snarare än på högre koncentrationer.

Sätts detta i relation till källfördelningsanalysen för hela Tavelåns avrinningsområde, där den totala fosforbelastningen till Tavleljärden uppskattas till cirka 5 000 kg TP/år och kvävebelastningen till knappt 100 000 kg TN/år, motsvarar den beräknade ökningen från DÅVA-områdets A och E–H ungefär 0,2 % av den totala fosforbelastningen och omkring 0,5 % av kvävebelastningen. Den planerade exploateringen innebär således en mätbar ökning lokalt, men ändrar endast marginellt den samlade närsaltsbelastningen till Tavleljärden i ett avrinningsområdesperspektiv.

Kopplingen till källfördelningsanalysen är särskilt relevant vid TVPP4, som både är en provtagen/modellerad punkt i analysen och samtidigt utgör DÅVA:s utsläppspunkt. Vid TVPP4 visar provtagningen avsevärt högre arealspecifika fosforförluster än schablonmodellen, vilket indikerar en tydlig lokal påverkan från verksamhetsrelaterad dagvattenutledning som inte fångas upp av modellen. Detta innebär att förändringar i dagvattenbelastning från DÅVA i första hand får betydelse lokalt vid utsläppspunkten, medan bidraget är litet i ett avrinningsområdesperspektiv.

6.1.2 Byggskede och etappvis utbyggnad

Dagvattenutredningens beräkningar avser i huvudsak ett läge där planområdet är färdigutbyggt och där dagvattenanläggningar är anlagda, inkopplade och fungerar som avsett. I praktiken sker utbyggnad ofta etappvis över lång tid, och under byggskedet kan perioder med öppen mark, markberedning, tillfälliga ytor och ännu inte fullt fungerande dagvattenlösningar innebära att den faktiska belastningen temporärt blir högre än vad som representeras av ett fullt utbyggt driftläge.

För att få en konservativ, översiktlig bild av en möjlig byggskedespåverkan kan den del av planområdet som avvattnas mot Tavelån (delområden A samt E–H) approximativt jämföras med ett "hygge" i schablonmodellen, det vill säga en markanvändning som representerar störd mark med ökad risk för partikelbunden fosfortransport och kort transportväg via diken och dräneringssystem. Enligt dagvattenutredningen uppgår arean för A samt E–H till

cirka 183,7 ha (Sigma 2025). Med hygge-schablonen för totalfosfor erhålls 31,2 kg TP/år som tillförsel till Tavlejärden under byggskedet.

Detta är ett förenklat räkneexempel som inte ersätter projektspecifik byggskedmodellering, men visar storleksordningen för en möjlig belastning om byggskedet innebär större andel blottlagd eller störd mark och om dagvattenåtgärder ännu inte är fullt etablerade.

6.1.3 Jämförelse mellan drift och byggskede

En förenklad jämförelse mellan ett fullt utbyggt driftläge och ett konservativt byggskede-antagande visar att:

- Fullt utbyggt läge (med dagvattenåtgärder): cirka 25 kg TP/år (Sigma 2025)
- Byggskede (konservativt antagande, hygge-schablon för A samt E–H): cirka kg TP/år

Skilnaden (6 kg P/år) är liten relativt den samlade fosfortransporten vid TAÅN 5 (5 000 kg P/år), vilket innebär att även ett konservativt byggskede ger en marginell effekt i ett avrinningsområdesperspektiv (storleksordningen cirka 0,1 procentenheter). Samtidigt kan skillnaden vara betydande lokalt vid utsläppspunkten, särskilt vid TVPP4, där provtagningen visar att lokala belastningstoppar och punktkällor kan ge tydliga utslag.

6.1.4 Samlad belastningsbild vid TVPP4

Schablonmodellen i källfördelningsanalysen omfattar belastning från markanvändning och avloppskällor, men inkluderar inte DÅVA:s verksamhetsrelaterade dagvattenutledning. Eftersom planområdet inte ingår i schablonmodellens GIS-underlag kan DÅVA:s dagvattenbidrag adderas utan risk för dubbelräkning.

Utifrån den modellerade totalfosforbelastningen vid TVPP4 (≈ 37 kg TP/år) och dagvattenutredningens beräkningar erhålls följande storleksordning för samlad fosforbelastning vid utsläppspunkten:

- Nuläge: $37 + 16 \approx 53$ kg TP/år
- Fullt utbyggt läge: $37 + 25 \approx 62$ kg TP/år
- Byggskede: $37 + 31 \approx 68$ kg TP/år

Denna samlade belastningsbild visar att DÅVA kan förklara en betydande del av den avvikelse som observeras mellan provtagning och schablonmodell vid TVPP4, och att påverkan från DÅVA i första hand är relevant att bedöma och hantera lokalt vid utsläppspunkten.

6.2 Bedömning miljö kvalitetsnormer

Tavelån och Tavlejärden har idag måttlig ekologisk status och bedöms inte uppnå god status med avseende på övergödning. Miljö kvalitetsnormen är satt till god ekologisk status 2033 med undantag och mindre stränga krav för flertalet hydromorfologiska kvalitetsfaktorer med anledning av påverkan från jordbruk och barriärer och historisk fysisk påverkan.

I Sigma-utredningen görs bedömningen att den beräknade ökningen av närsaltsbelastning från planområdet, givet föreslagna dagvattenåtgärder, inte är

av sådan storlek att den bedöms påverka möjligheterna för Tavelån eller Tavle fjärden att uppnå beslutade miljö kvalitetsnormer. Bedömningen motiveras bland annat med att kvalitetsfaktorn näringsämnen i statusklassningen utvärderas utifrån halter snarare än mängder, även om ökade mängder kan bidra negativt i redan belastade vattenförekomster.

I föreliggande källfördelningsanalys finns samtidigt en tydlig indikation på att TVPP4 är en punkt där uppmätta värden avviker starkt från schablonmodelleringen, vilket talar för att lokala källor och processer som inte fångas av schablonmodellen kan dominera vid denna punkt. Eftersom Sigma-utredningens StormTac-beräkningar redovisar tillskottet från planområdet och inte summerar med andra källor vid utsläppspunkten kan det vara motiverat att i den samlade bedömningen tydliggöra att MKN-påverkan i avrinningsområdesperspektiv bedöms vara liten, men att lokal recipientpåverkan och "försämringsrisk" behöver hanteras särskilt vid TVPP4.

För byggskedet saknas normalt samma förutsättningar som i driftläget (färdiga anläggningar, stabila ytor och full funktion i reningssteg). Även om ett konservativt byggskedeantagande indikerar att den totala fosforbelastningen fortfarande är liten relativt avrinningsområdets samlade transport, kan lokal påverkan uppstå vid utsläppspunkter där avrinningen koncentreras och där lokal retention är låg. För att säkerställa att byggskedet inte medför en risk för försämring bör byggskedets dagvattenhantering därför utformas så att erosion, partikeltransport minimeras, och att successiv inkoppling och funktion av dagvattenåtgärder sker så tidigt som möjligt i utbyggnadsetapperna. Med sådana förutsättningar bedöms byggskedet, liksom driftläget, inte ändra möjligheterna att uppnå MKN i ett avrinningsområdesperspektiv, men det finns skäl att särskilt beakta lokal recipientpåverkan i anslutning till TVPP4.

6.3 Samlad bedömning

Mot bakgrund av den genomförda källfördelningsanalysen för Tavelån och den separata dagvattenutredningen för DÅVA kan exploateringen vid DÅVA beskrivas som ett relativt litet tillskott till den totala närsaltsbelastningen mot Tavle fjärden. De tydliga hot-spots som identifierats i avrinningsområdet, framför allt jordbruksdominerade delområden, kommer även efter en utbyggnad av DÅVA att stå för den dominerande delen av fosfortransporten till kustrecipienten.

Det är ändå viktigt att de planerade dagvattenanläggningarna vid DÅVA dimensioneras och sköts så att minst belastning eftersträvas, särskilt avseende fosfor. I detta ingår bland annat att säkerställa tillräcklig volym och uppehållstid i dammar/våtmarker, god funktion i makadamdiken och gräsdiken samt uppföljning av anläggningarnas reningsgrad över tid och att byggskedet hanteras med åtgärder som minimerar erosion och belastningspulser. Under dessa förutsättningar bedöms den ytterligare exploateringen inom DÅVA-området endast ha en begränsad påverkan på näringsbelastningen i Tavelån och Tavle fjärden, i jämförelse med de belastningskällor som redan idag präglar avrinningsområdet.

Referenser

Brandt, M. & Ejhed, H. (2002). Transport – Retention – Källfördelning. Belastning på havet. Naturvårdsverket Rapport 5247.

Ek, M., m.fl. (2011). Teknikenkät - enskilda avlopp 2009. SMED Rapport Nr 44 2011. J

Johnsson, H., m.fl. (2019). Läckage av näringsämnen från svensk åkermark. SMED Rapport Nr 5 2019

Olshammar, M., m.fl. (2015). Uppdatering av kunskapsläget och statistik för små avloppsanläggningar. SMED Rapport Nr 166 2015.

Sigma Civil AB (2025). DÅVA – dagvatten- och miljökvalitetsnormutredning: Umeå Eco Industrial Park. Version 2.0, 4 juni 2025.

SMED (2025). Deposition av fosfor till skog och öppen mark i Sverige, 2024. PM 2025-04-28.

Bilagor

Bilaga 1

Schablonvärden markanvändning

Kväve	Klass	Jordart	vårkorn	vall	träda	havre	betesmark	myr	skog	hygge
enhet:	4	33, 34, 50, 55	37	24	26	34	3	2,14	1,19	3,56
kg/ha/år	3	31, 8809	32	21	22	29	3	2,14	1,19	3,56
	2	8802	28	15	16	24	2	2,14	1,19	3,56
	1	75, 86, 100, 888	24	10	11	20	1	2,14	1,19	3,56
Fosfor	Klass	Jordart	vårkorn	vall	träda	havre	betesmark	myr	skog	hygge
enhet:	3	33, 34, 50, 55	0,37	0,32	0,32	0,35	0,16	0,16	0,08	0,17
kg/ha/år	2	31, 8809	0,30	0,24	0,25	0,28	0,16	0,16	0,08	0,17
	1	8802	0,27	0,20	0,21	0,26	0,16	0,16	0,08	0,17
	4	75, 86, 100, 888	1,25	0,59	0,69	1,18	0,16	0,16	0,08	0,17

Källhänvisning för vårkorn, vall, träda, havre:

Johnsson, H., m.fl. (2019)

Läckage av näringsämnen från svensk åkermark. SMED Rapport Nr 5 2019

Källhänvisning för bete, myr, skog, hygge:

Brandt, M. & Ejhed, H. (2002). Transport – Retention – Källfördelning.

Belastning på havet. Naturvårdsverket Rapport 5247.

Schablonvärden avlopp

Anläggning	Kväve ut (kg/år)	Fosfor ut (kg/år)
Tavelsjö reningsverk	1400	10,2
Hissjö reningsverk	1100	9,1
Flurkmark reningsverk	800	5,9
BDT-brunn	0,68	0,077
Minireningsverk	4,4	0,17
Slamavskiljare, markbädd antas	5,5	0,42
Tank	0	0

Bilaga 2

Provpunkter med dess koordinater och provtaget år.

Provpunkt	X (SWEREF 99)	Y (SWEREF 99)	Kommentar	Provtaget år
TVPP1	766687,186	7084560,714		2017-2018
TVPP2	766743,2182	7084877,486		2017-2018
TVPP3	766070,9376	7086953,747		2017-2018
TVPP4	765173,7189	7089765,116		2017-2018
TVM1	765743,3476	7087333,288		2017-2018
TVPP5	765541,4189	7088842,552		2017-2018
TAÅN1	760474,7826	7095488,168		2025
TAÅN2	760399,3503	7094747,879		2025
TAÅN3	764194,6322	7092550,535		2025
TAÅN4	765751,2472	7087329,168		2025
TAÅN5	766696,4507	7084954,814		2025
A1	748097,1606	7111959,338	Inflöde N Avan	2020-2021
A2	748592,006	7110699,283	Inflöde S Avan	2020-2021
A3	747925,4514	7110899,71	Utlöpp Avan	2020-2021
T1	749694,262	7108737,943	Inflöde Treh.	2020-2021
T2	750338,2381	7108697,201	Inflöde Treh.	2020-2021
T3	750783,3519	7108653,184	Inflöde Treh.	2020-2021
T4	751249,5754	7108558,308	Inflöde Treh.	2020-2021
T5	751999,1992	7108398,542	Utlöpp Treh.	2020-2021
T6	751899,8274	7107008,591	In Treh. End skog	2020-2021
7	745773,7036	7110147,114	In Tavlesjön	2020-2021
8	745503,088	7109602,517	In Tavlesjön	2020-2021
1	750959,9308	7116475,394	Västerån	2020-2021
2	750956,839	7116501,44	Österån	2020-2021
3	751038,058	7113779,423	Fönnbäcken	2020-2021
4	757157,7221	7105103,827	Ängsbäcken	2020-2021
5	755439,8724	7102973,708	Strömsörbäcken	2020-2021
10	752907,077	7101658,079	Västerånget Hissjö	2020-2021
9	750079,9762	7103877,554	Utl. Tavelstö, Ökv.	2020-2021
11	754111,5684	7098953,917	Rådalsbäcken	2020-2021
12	754638,2623	7099097,582	Dike Håkmark	2020-2021
13	755798,8025	7096751,08	Tavelån Skjutfältsv.	2020-2021
6	760700,9945	7094853,53	Fällforsån, Ersmark	2020-2021
14	762387,0219	7093759,381	Hömyrtjärnbäcken	2020-2021
15	763756,8158	7093966,011	Holmbäcken	2020-2021
18	765983,4908	7087406,157	Dike Innertavle	2020-2021
17	766093,4949	7087423,995	Mindre dike Innertav	2020-2021
19	766076,6505	7087127,009	Dike hästgård Innert	2020-2021
20	766559,4862	7085661,279	Slättmyrdiket	2020-2021
22	765683,0266	7084168,653	Tomtebobäcken	2020-2021
23	765376,8746	7083901,678	Holmsjöbäcken Grössj	2020-2021
21	766190,4684	7083239,778	Yttertavle dike	2020-2021
16	764680,2566	7091766,029	Dike Anumark Dåva	2020-2021

Bilaga 3

De beräknade fosfor och kvävemängderna är framtagna från data från huvudsakligen två år, 2020 samt 2025, då data inte funnits tillgängligt för åren däremellan. För jordbruk har däremot årliga data kunna analyserats då de funnits tillgängliga från Jordbruksverket vilka anses hålla den största förändringen i utsläpp från år till år.

När data från avlopp 2020 jämförts med 2025 är skillnaderna marginella. Reningsverkens påverkan tros inte heller ha förändrats nämnvärt under åren. Skogsmark och avverkningar är även dessa snarlika.

Prover	Jämförs med:	Avlopp	Reningsverk	Skogsmark	Avverkningar	Jordbruk
2017		2020	2020	2018	2020	2017
2018		2020	2020	2018	2020	2018
2020		2020	2020	2018	2020	2019
2021		2020	2020	2018	2020	2020
2025		2025	2020	2023	2025	2024

Together with our clients
and the collective
knowledge of our 22,000
architects, engineers and
other specialists, we co-
create solutions that
address urbanisation,
capture the power of
digitalisation, and make our
societies more sustainable.

Sweco – Transforming
society together