

Sedimenttransport i Höje å

Förstudie av tillgängliga data



Höje å vattenråd

Rapport

September 2023

Denna rapport har tagits fram inom DHI:s ledningssystem
för kvalitet certifierat enligt ISO 9001 (kvalitetsledning) av Bureau Veritas

ISO 9001
Management System Certification

BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S



Sedimenttransport i Höje å

Förstudie av tillgängliga data

Framtagen för
Kontaktperson

Höje å vattenråd
Elin Svensson



Bild från Höje å vid Genarp. Foto: DHI

Projektledare	Charlotta Lövestedt
Kvalitetsansvarig	Ola Nordblom
Handläggare	Markus Svensson

Uppdragsnummer	12805756
Datum	2023-09-26
Version	3.0
Klassificering	Öppen

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Sammanfattning	1
2	Inledning och syfte.....	2
2.1	Frågeställning.....	2
3	Höje å avrinningsområde.....	3
3.1	Allmänt om sedimenttransport i vattendrag	5
4	Modeller och indata.....	7
4.1	Modell.....	7
4.1.1	Specifik flödeseffekt från modellen	7
4.2	Indata	7
4.2.1	Utredningar från Ekologigruppen	8
4.2.2	Mätprogram för vattenkvalitetsparametrar	8
4.2.3	Uppgifter om muddermassor	9
4.2.4	Uppgifter från det svenska sedimenttransportnätet	10
4.3	Övrig data.....	10
5	Resultat.....	11
5.1	Analys av turbiditetsdata	11
5.2	Korrelationer med turbiditet.....	14
5.3	Resultat från Ekologigruppen.....	15
5.4	Specifik flödeseffekt från modellresultat	16
5.5	Jämförelse mellan inmätningar och modellresultat.....	17
5.6	Muddringsvolymerna.....	19
5.7	Sedimenttransport i andra svenska vattendrag	20
6	Diskussion	23
7	Slutsatser.....	25
8	Referenslista.....	26

1 Sammanfattning

Det upplevs att sedimenttransporten har ökat i Höje å, genom till exempel att lantbrukare i närområdet behöver muddra sina diken alltmer frekvent. I Höje å mäts inte sedimenttransporten i dagsläget men DHI har utfört en sammanställning av tidigare studier samt analyser av tillgängliga data som kan tänkas relatera till sedimenttransporten.

De tidigare studier gällande erosion i Höje å som har hittats har utförts av Ekologigruppen. Ekologigruppen utförde en fältstudie inom projektet "Höje å helhetsperspektiv" där de karterade pågående erosion i Höje å med tillflöden. Av studien framkom det att det finns ett antal platser där det pågår erosion. De platser som ansågs vara särskilt utsatta för erosion var bland annat vid reningsverket i Källingabäcken nära Dalby, samt på några delsträckor vid Flädie och Staffanstorp.

Höje å vattenråd har under lång tid utfört ett recipientkontrollprogram som bland annat mäter turbiditeten och flöden i flertalet mätstationer i Höje å samt några av biflödena. Turbiditet, som i många fall är korrelerat med sedimenttransport, har analyserats över tid för att se eventuella trender. Analyserna visar att turbiditeten har varierat över tid, med en liten topp vid åren runt 2005. I dagsläget är turbiditeten nära långtidsmedelvärdet för samtliga stationer.

Den specifika flödeseffekten kartlades i hela Höje å. Den specifika flödeseffekten är ett mått på hur mycket energi som finns tillgängligt för flödet att omforma vattendragsfåran, vilket i vissa fall kan leda till erosion. Resultaten visar att den specifika flödeseffekten stämde väl överens med Ekologigruppens kartering för områden där erosion skedde vid strandbrinken. Dessa resultat kan sedan användas till att analysera områden som ännu inte karterats.

Det svenska sedimenttransportsnätet är en av få nationella mätprogram som har utförts i Sverige. Mätprogrammet utförde mätningar på endast ett vattendrag i Skåne, Rönne å. Då Rönne å skiljer sig mycket i karaktär jämfört med Höje å, är det väldigt osäkert att säga något om sedimenttransporten i Höje å utifrån detta mätprogram. Rapporten som har skrivits i samband med mätprogrammet fastställde dessutom att det är svårt att extrapolera resultat från ett vattendrag till ett annat, och för att få en rimlig uppskattning om sedimenttransporten krävs mätningar i det aktuella vattendraget.

Slutligen ges ett antal förslag på hur data kan samlas in för att få en bättre bild av sedimenttransporten i Höje å. Det föreslås att inmätningar av den suspenderade sedimenttransporten, likt det svenska sedimenttransportnätets inmätningar, görs för Höje å. Inmätningar av den suspenderade transporten är viktig ur flera perspektiv, bland annat genom att få en bild över sambanden mellan flöde, turbiditet och den suspenderade transporten. Därutöver föreslås bottenkanningar och kartläggning av bottenmaterial i Höje å, som skulle kunna agera som indata till en sedimenttransportmodell.

2 Inledning och syfte

DHI har på uppdrag av Höje å vattenråd utfört en sammanställning av tidigare studier samt analyser av tillgängliga data som relaterar till sedimenttransporten i Höje å. Utöver analys av tillgängliga data bygger delar av arbetet på en tidigare modell från MSB, som ursprungligen har använts för översvänningskartering på sträckan mellan Genarp och Höje ås utlopp i Öresund.

Det utförs årligen muddringar i Lomma hamn och det har fastställts att en stor del av muddermassorna innehåller organiskt material, vilket indikerar att sedimenten kommer från Höje å och inte från havet. Den generella upplevelsen av befolkningen i närområdet är att sedimenttransporten har ökat över tid, där bland annat lantbrukare upplever att de behöver muddra sina diken alltmer frekvent.

Det har utförts omfattande studier i Höje å, bland annat av Ekologigruppen inom projektet "Höje å helhetsperspektiv", som används i den aktuella utredningen. Höje å vattenråd har under perioden 1986–2022 utfört vattenkvalitets- och vattenföringsmätningar i ett antal mätstationer, vilka har analyserats framförallt med avseende på turbiditet och flöde. De årliga muddringarna i Lomma hamn har också använts för att identifiera eventuella trender i datan. Den hydrauliska modellen har använts för att beräkna specifik flödeseffekt, vilken kan relateras till erosionspotential.

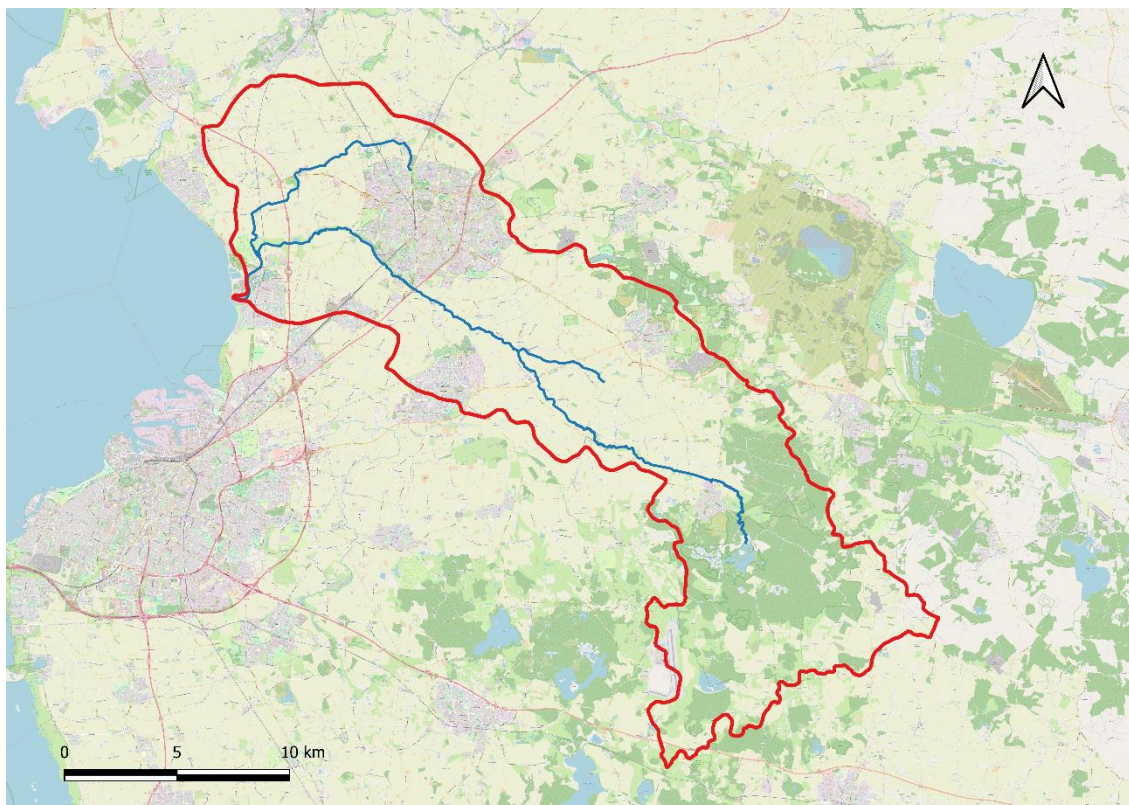
Syftet med den aktuella utredningen är att agera som en förstudie som involverar att sätta sig in i tillgängliga data och utföra modellanalyser över området för att i kommande arbeten kunna uppskatta sedimenttransporten i Höje å upp till Genarp, Önnerupsbäcken, Källingabäcken samt Råbydiket. I slutet av denna utredning redogörs för om tillgängliga data bedöms vara tillräcklig för att kunna implementera effektiva erosionsförebyggande åtgärder, och om inte föreslås vilken typ av data som saknas.

2.1 Frågeställning

Frågan som ska utredas är huruvida tidigare studier, tillgänglig data och den hydrauliska modellen ger tillräcklig information för att kunna uttala sig om var och hur erosionen sker i Höje å för att kunna planera erosionsförebyggande åtgärder. Därmed kommer denna utredning endast att klargöra om den tillgängliga informationen är tillräcklig eller inte. I fallet då den befintliga informationen inte är tillräcklig kommer en efterföljande studie att föreslå ett datainsamlingsprogram. I fallet då den befintliga informationen är tillräcklig kommer den efterföljande studien att föreslå erosionsförebyggande åtgärder.

3 Höje å avrinningsområde

Höje å avrinningsområde är ca. 347 km² och består till stor del av jordbruksmark. Avrinningsområdet innefattar fyra lite mindre tätorter; Genarp, Staffanstorp, Dalby och Lomma, samt en större, Lund. Nedan följer en mer detaljerad beskrivning av avrinningsområdet.



Figur 3-1. Höje å avrinningsområde markerat med rött och Höje å, Källingebäcken och Önerupsbäcken markerat i blått.

Figur 3-1 visar avrinningsområdet för Höje å markerat i rött och Höje å, delar av Källingebäcken och Önerupsbäcken markerat i blått. Figuren visar på de olika markanvändningarna i området, där jordbruksmark är markerat i gult, skog i grönt och stadsmiljöer i grått. Höje å avrinningsområde karakteriseras av jordbruksmark, framför allt nedströms Genarp. Uppströms Genarp finns även där jordbruksmark, men en större andel skog. Det finns två sjöar i avrinningsområdet, Håckebergasjön och Björkesåkrasjön, som båda är belägna långt uppströms i avrinningsområdet.

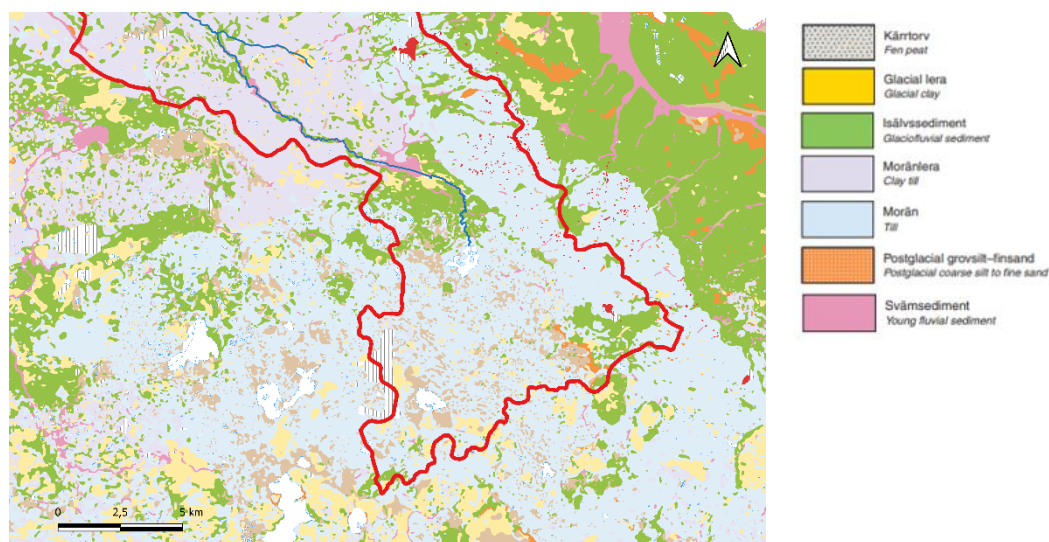
Längst nedströms i avrinningsområdet befinner sig Lomma hamn som årligen muddras. Tidigare kvalitetsanalyser av muddermassor har fastställt att en del av massorna framförallt innehåller organiskt material, vilket tyder på att delar av sedimenttillskottet kommer från Höje å.

Typ av jordart, och framförallt partikelstorlek, i avrinningsområdet har en stor påverkan på sedimenttransporten i vattendrag. Enligt litteraturen är det framförallt jordarter i de närliggande områdena som har störst påverkan (Brandt, 1996) samt bottensubstrat i vattendraget (Millet, 2011). Nedan följer en översiktlig genomgång av jordartstyper i Höje å avrinningsområde.



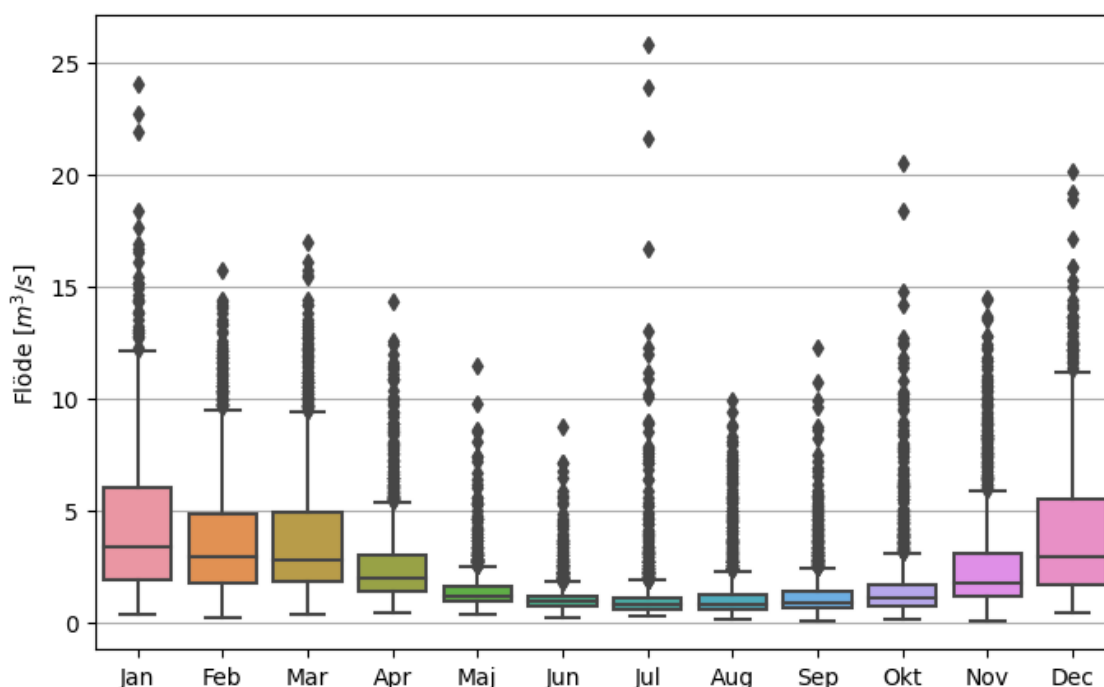
Figur 3-2 Översiktlig bild av vilka jordarter som finns i nedströmsdelen av Höje å. Källa: Sveriges geologiska undersökning (SGU).

Figur 3-2 visar att nedströmsdelen av Höje å avrinningsområde har en stor andel moränlera, med inslag av sandigt isälvssediment (markerat grönt i figuren) kring Staffanstorp. Moränlera (markerat lila i figuren) är ett finkornigt och lätt material som kan transporteras långa distanser, och då lera befinner sig i vattendraget krävs höga hastigheter för att erosion ska ske (Millet, 2011). Sand, som är grövre material än lera kräver lägre hastigheter för att eroderas (Millet, 2011). Längst ner vid Lomma är det framförallt postglacial grovsilt-finsand (markerat orange i figuren) och glacial lera (markerat gult i figuren). Längs med vattendragsfåran är det framförallt svämsediment som dominerar och består huvudsakligen av ler-silt nedströms Lund och Genarp. I övrigt består svämsedimentet av sand eller grovsilt-finsand, som är väldigt lätteroderat.



Figur 3-3 Översiktlig bild av vilka jordarter som finns i uppströmsdelen av Höje å. Källa: Sveriges geologiska undersökning (SGU).

Mellan Genarp och Häckebergasjön består de omkringliggande områdena av en större andel sandigt isälvssediment (markerat grönt i figuren) enligt Figur 3-3. Åfåran mellan Genarp och Häckebergasjön består dock av finlera. Vid området kring Häckeberga dominerar sandig morän med inslag av organiskt material i form av kärrtorv (markerat brunt i figuren).

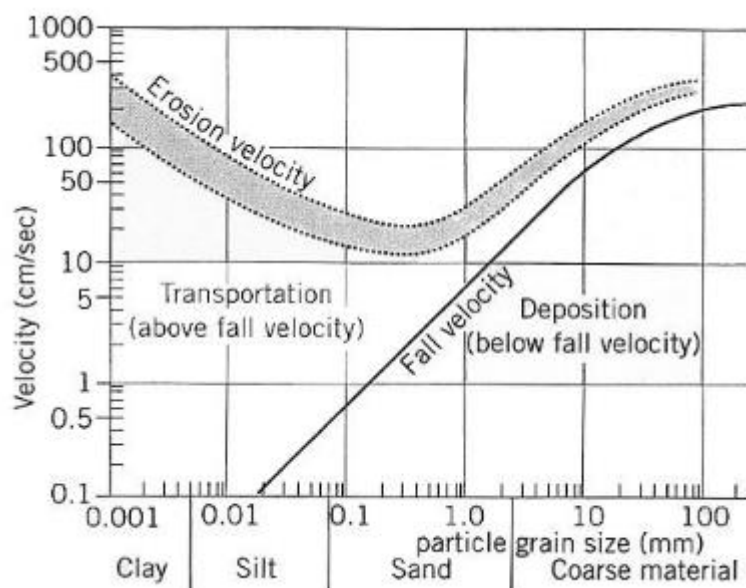


Figur 3-4 Flödet vid Trolleberg fördelat månadsvis för perioden mellan år 1973 och 2020. Box-och-whisker diagrammet visar interkvartilintervallet som färgat och whiskers som sträck.

Figur 3-4 visar hur flödet fördelas månadsvis vid SMHIs mätstation vid Trolleberg mellan åren 1973 och 2020. Den färgade delen av staplarna visar de mittersta 50% av värdena (även kallat interkvartilintervall), de svarta sträcken definieras av ett maximum av interkvartilintervallet multiplicerat med 1,5 (även kallat whiskers) och de svarta punkterna är punkter som ligger utanför detta intervall. Av figuren framgår det att det generellt är högre flöden under höst- och vintermånaderna. Under sommaren minskar flödet men däremot har framförallt juli vissa högflödeshändelser och av figuren framgår det att det högsta flödet under dataperioden inträffade i juli.

3.1 Allmänt om sedimenttransport i vattendrag

Sedimenttransporten i vattendrag är ett komplext fenomen och i denna sektion kommer bara vissa generella principer att beskrivas. Enkelt uttryckt rör sig sedimentpartiklar då kraften i vattnet överstiger den kritiska skjuvspänningen. Då kraften i vattnet är lägre kan partiklar förflytta sig längs botten, medan då krafterna i vattnet är starka kan partiklarna lyftas och transporteras längre sträckor. Om kraften i vattnet återigen sjunker till låga nivåer deponeras partiklarna på botten. Den kritiska skjuvspänningen för sedimentpartiklarna beror på flertalet olika parametrar, såsom vattendragets bottenlutning, samt materialets densitet och kornstorlek. De partiklar som är mest resistenta mot erosion är så kallade kohesionsjordar, som hålls samman av elektrokemiska krafter. Exempel på jordarter med hög kohesion är lera och exempel på jordarter med låg kohesion är sand.



Figur 3-5 Hjulströms diagram som visar hur partikelstorleken påverkar under vilka hastigheter som partiklarna deponeras, transporteras och eroderar. Källa: (Geography Department of Lord Wandsworth College, 2011)

Figur 3-5 visar hur partikelstorleken påverkar under vilka hastigheter som partiklarna deponeras, transporteras eller eroderas. Figuren visar hur jordar med liten partikelstorlek, såsom lera, kräver väldigt höga hastigheter för att eroderas. När de väl har eroderats är de dock oftast för lätta för att deponeras i vattendraget. Erosionshastigheten är som lägst för medelstora partiklar, såsom sand. För större gruspartiklar är erosions och depositions-hastigheterna lika, vilka vanligtvis leder till att de transporteras via botten (vilket också kallas bottentransport).

4 Modeller och indata

4.1 Modell

Modellen för Höje å är uppbyggd i DHI:s endimensionella hydrauliska modellverktyg MIKE Hydro River. I modellen beskrivs vattendragets magasinsvolym, geometri och lutning med ett antal tvärsektioner. Strömningssmotståndet beskrivs med en råhetsparameter (Mannings tal). Flödeskapaciteten genom kulvertar och utskov beräknas med inbyggda empiriska formler. Modellen går snabbt att bygga upp från inmätta tvärsektioner och kan enkelt anpassas för att simulera transporttider i vattendrag. Modellen sträcker sig från Genarps bro ner till Öresund och är inhämtad från MSB:s översvämningsportal. DHI har även nyligen gjort en förlängning av modellen upp till Håckebergasjön, men som mätningarna visar så är sedimenttransporten mycket lägre uppströms Genarp (avsnitt 5.1). Därav har endast modellen nedströms Genarps bro analyseras i föreliggande uppdrag.

4.1.1 Specifik flödeseffekt från modellen

Den specifika flödeseffekten kan ses som energiförlusten per meter vattendrag och kan beskrivas som hur mycket energi som finns tillgänglig i vattendraget för att omforma vattendragsfåran. Denna minskning i energi (energiförlust) omvandlas helt till arbete som utförs på vattendragets botten och kanter, vilket resulterar i erosion, transport och deposition. Den specifika flödeseffekten på en viss delsträcka av vattendraget beror på flödet i vattendraget, delsträckans medelbredd, samt medellutning. Sambandet kan beskrivas matematiskt enligt Ekvation 4-1.

$$\text{Specifik flödeseffekt } [W/m^2] = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot S}{b}$$

Ekvation 4-1 Ekvation för specifik flödeseffekt där ρ = densitet [kg/m^3], g = tyngdaccelerationen [m/s^2], Q = flöde [m^3/s], S = lutning [m/m], och b = vattendragets bredd [m].

Den specifika flödeseffekten ökar alltså med ökat flöde och ökad lutning, men minskar med ökad bredd.

Inom detta uppdrag har den specifika flödeseffekten beräknats med hjälp av den hydrauliska modellen för Höje å. I modellen finns ett stort antal beräkningspunkter och den specifika flödeseffekten har beräknats för varje delsträcka mellan dessa beräkningspunkter. Detta innebär att Höje å kan spatialt delas in i delsträckor med hög specifik flödeseffekt (d.v.s. mycket energi till erosion) och låg specifik flödeseffekt (d.v.s. lite energi till erosion). Det ska tilläggas att bara för att det finns mycket tillgänglig flödesenergi på en delsträcka betyder det inte nödvändigtvis att erosion pågår, då sträckan kan vara i morfologisk jämvikt. Notera också att ekvationen inte tar hänsyn till vattendragets geometri (svängar och bottenform) eller geologi (sedimentegenskaper).

4.2 Indata

En stor del av uppdraget har involverat sammanställning och analys av befintliga indata. Detta avsnitt redogör för indata som har inhämtats och bearbetats från olika datakällor under projektets gång.

4.2.1 Utredningar från Ekologigruppen

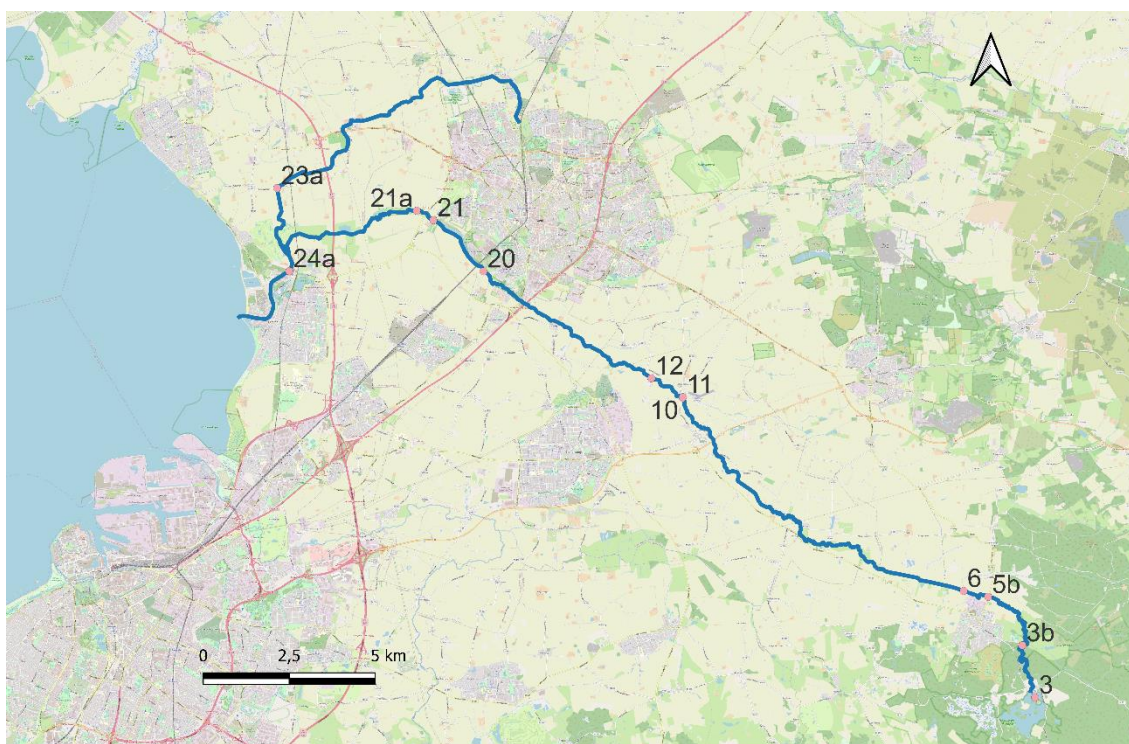
Ekologigruppen har utfört flertalet olika utredningar i Höje å, där många av dem är inom ramen för projektet "Höje å helhetsperspektiv" (Ekologigruppen, 2017a). Ekologigruppen har utfört studier på bland annat avbördningskapaciteten som ett verktyg för underhåll av vattendrag och utredning av dämmande sektioner för översvämningsavledning. Den rapport som framförallt har varit av intresse under detta uppdrag är Ekologigruppens kartering av förutsättningar för tvåstegsdiken i Höje å med omnejd (Ekologigruppen, 2017b). Karteringen innefattade totalt 27 km av Höje å och mindre biflöden. Karteringen utgick från bland annat erosion av sandbrinkarna och slänterna. Ett bildexempel från karteringen i Önnerupsbäcken vid Laxmans åkarp visas i Figur 4-1.



Figur 4-1 Erosion av slänterna i Önnerupsbäcken vid Laxmans Åkarp. Källa: Ekologigruppen.

4.2.2 Mätprogram för vattenkvalitetsparametrar

Höje å vattenråd utför kontinuerligt mätningar av olika vattenkvalitetsparametrar (såsom turbiditet och vattentemperatur) samt vattenföring i 12 punkter längs Höje å, Källingabäcken (mätstation 11) och Önnerupsbäcken (mätstation 23a).



Figur 4-2 Höje Å vattenråds mätpunkter i Höje Å och Önnerupsbäcken.

Figur 4-2 visar att mätpunkterna befinner sig både långt uppströms och långt nedströms i Höje Å. Därutöver finns det en mätstation i Önnerupsbäcken, 23a, och en i Källingabäcken, 11. Turbiditetsdata sträcker sig från år 1981 till år 2022 i majoriteten av de inmätta punkterna. Vattenföringsdata har tagits från nio av stationerna (där det inte finns vattenföringsdata för mätstation 12, 3b och 3) för perioden 2011 till 2014. Utöver data för vattenföring och turbiditet har data för vattentemperatur analyserats från samtliga mätstationer.

Mätningarna har utförts under olika år för de olika mätstationerna, men de flesta mätningarna har skett under perioden 1986 till 2021. Frekvensen på mätningarna varierar också. Före 2003 gjordes det generellt en mätning varannan månad och efter 2003 har det gjorts mätningar varje månad.

4.2.3 Uppgifter om muddermassor

Data på muddermassor mellan åren 2010–2023 har tillhandahållits av Lomma kommun. Datan har varit heterogen med flera olika variationer av benämningen på massan som har muddrats. T.ex. innehåller två av åren kategorin "slam/dy", flertalet av åren specificerar från vilket område de har muddrats (vanligen benämns område 1–7), några år specificerar om muddringen har skett med bil eller pråm. Samtliga åren innehåller termen "Ren sand", dock kan den rena sanden antas komma från havet, och det mer organiska materialet (t.ex. "slam/dy") komma från Höje Å. På grund av den heterogena datan är det svårt att avgöra hur organiska muddervolymer har varierat över tid, och istället har det valts att representera muddervolymer som totalvolymer av muddrat material.

Några av de senare åren innehåller efterföljande lodning av Lomma hamns kanal. Dock är denna data delvis svår att tyda och oftast inte digitaliserad i ett xyz-format som skulle kunna användas för att fastställa till vilka nivåer och var muddringen har skett. För de två år, 2021 och 2022, som lodning har resulterat i ett xyz-lager överlappade inte lodningen, då lodningen från år 2021 är för Lomma hamns kanal och från år 2022 är utanför Lomma hamn.

4.2.4 Uppgifter från det svenska sedimenttransportnätet

Sedimenttransporten i svenska vattendrag kartlades mellan åren 1967-1994 av SMHI (Brandt, 1996). Programmet innebar ett nationellt mätprogram för att samla in fysikaliska basdata från 26 vattendrag och är det enda av sitt slag i Sverige. Syftet med mätprogrammet var att bestämma transporten av suspenderat material och lösta ämnen för att kunna fastställa den årliga och den långsiktiga transporten av lösta ämnen. Mätplatserna var spridda i Sverige för att ta hänsyn till regionala skillnader. Höje å inkluderades inte i mätprogrammet och det enda vattendraget i Skåne som mättes var Rönne å.

Efterarbetet i mätprogrammet inkluderade bland annat regressionsanalyser med syfte att ta fram ett samband där den suspenderande transporten skulle kunna generaliseras, och därmed extrapoleras, till andra vattendrag i Sverige. Generaliseringen gjordes med avseende på b.la. andel åkermark och storlek på avrinningsområde (Brandt, 1996). Resultaten från generaliseringen visade dock att det är svårt att extrapolera från ett vattendrag till ett annat, och för en precisare bild krävs kontinuerliga mätdata över lång tid.

Efterarbetet inkluderade grova uppskattningar av regionala skillnader i den årliga suspenderade transporten. Därutöver gjordes korrelationsanalyser mellan turbiditet och suspenderad transport i ett antal svenska vattendrag.

4.3 Övrig data

Övriga data som har använts under uppdragets gång finns redovisat i Tabell 1 nedan.

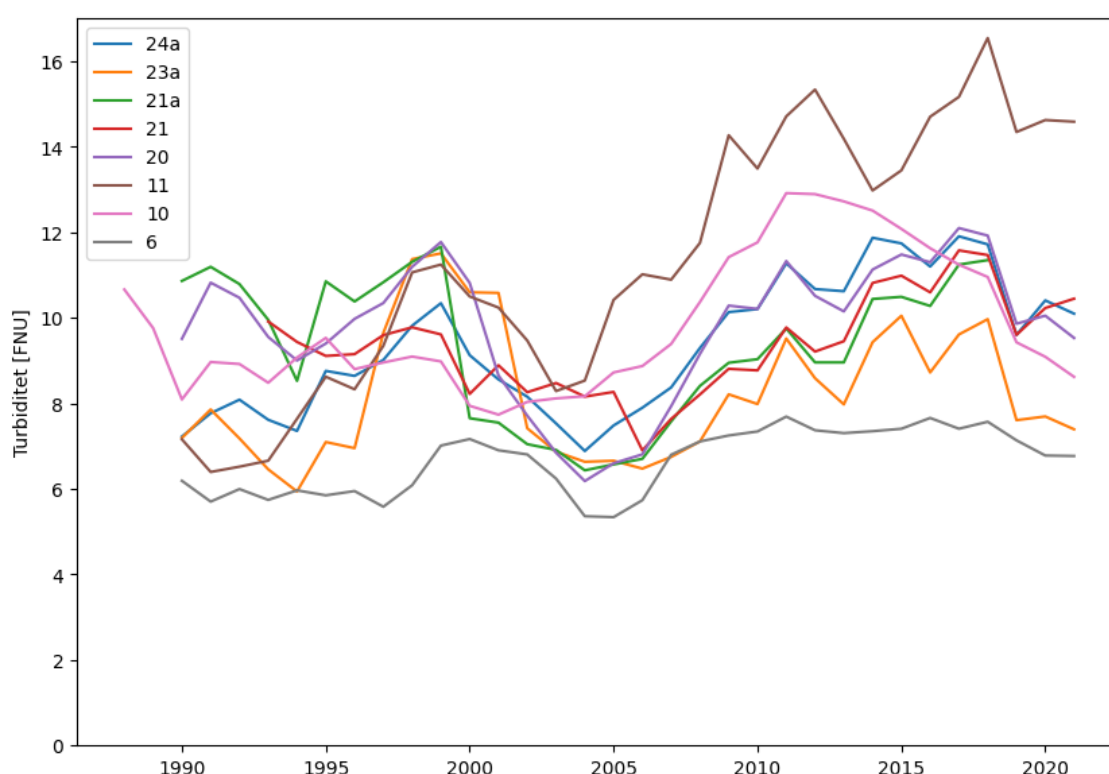
Tabell 1. Underlag till modelleringen.

Underlag	Kommentar
Höjdmodell	Raster 1x1 m från Vattenatlas.
Bakgrundskartor	Bakgrundskartor med markanvändning, Lantmäteriet, 2020.
Jordartskarta	Jordartskarta från SGU.
Flödesdata	SMHI mätstation i Trolleberg.
S-HYPE-data	Hydrologiska modelldata, dygnsmedel (SMHI).

5 Resultat

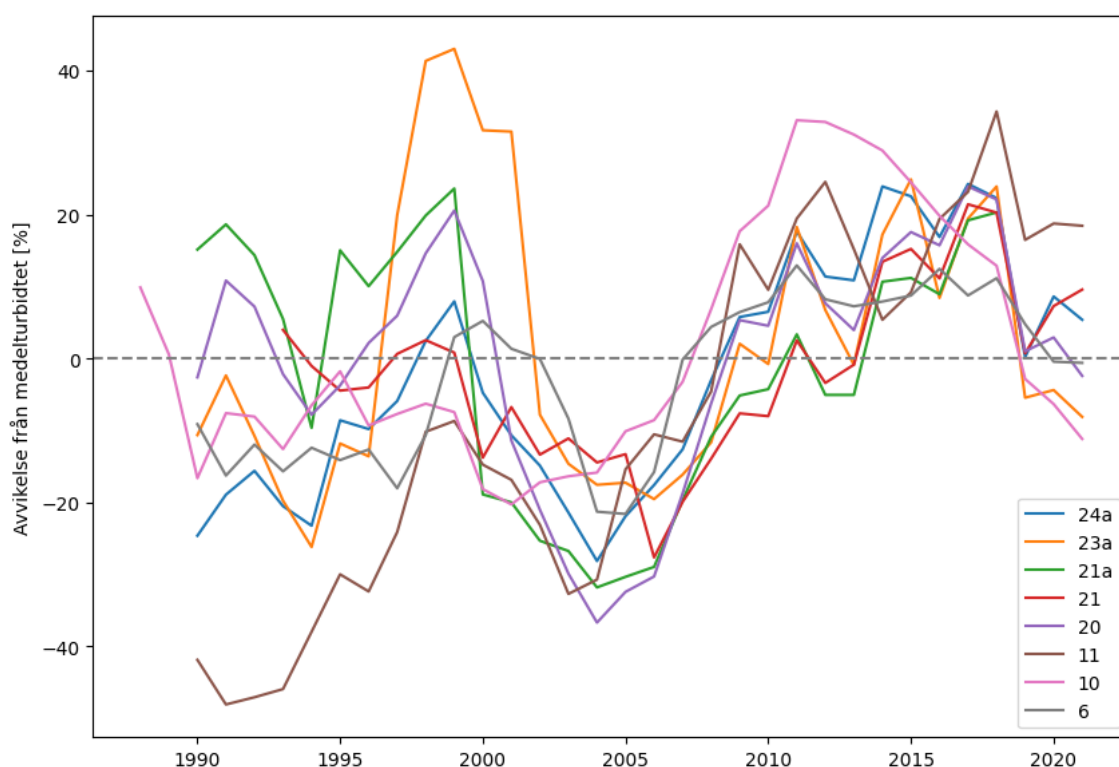
5.1 Analys av turbiditetsdata

Turbiditeten och halten suspenderat material har vanligtvis ett linjärt samband (se t.ex. Grayson et al., 1996) men det finns inget allmängiltigt samband mellan dessa. Detta beror primärt på att turbiditeten varierar beroende på kornstorlek, där finkornigt material har högre grumlighet än ett grovkornigt material med samma viktmängd (Brandt, 1996). Detta gör också att det kan vara svårt att jämföra mellan mätstationer i samma vattendrag, då det kan finnas skillnader i medelstorleken på de partiklar som ger upphov till turbiditeten. Nedan följer analyser på turbiditeten i mätpunkterna i Höje å.



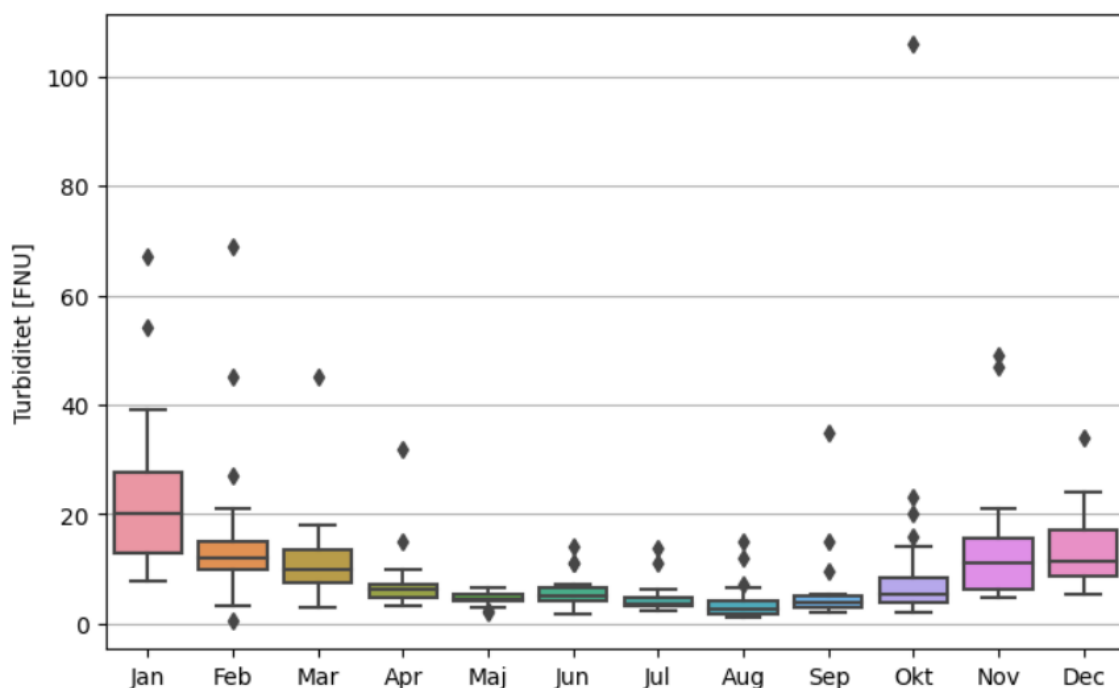
Figur 5-1 Turbiditet som rullande 5-årsmedel för utvalda stationer.

Figur 5-1 visar turbiditetens trend för utvalda stationer som rullande 5-årsmedel (d.v.s. medelvärde för de fem föregående åren). I figuren kan det urskiljas ett mönster där de flesta stationer har en stor minskning i medelturbiditet mellan åren 1997 och 2005. Efter minskningen ses en tydlig ökning av medelturbiditet för samtliga stationer. Medelturbiditeten ökar i absoluta tal mest i station 10, strax uppströms Staffanstorp och i station 11 i Källingabäcken. För stationerna nedströms Staffanstorp, och framförallt för stationerna 20 och 24a, ses också en stor ökning i medelturbiditet. Turbiditeten är lägst vid station 6, strax nedströms Genarp. Notera även att samma mönster uppträder i samtliga mätpunkter, inklusive biflödena, vilket tyder på att det inte är någon specifik punktkälla som orsakat variationen utan någonting som förekommer i hela avrinningsområdet.



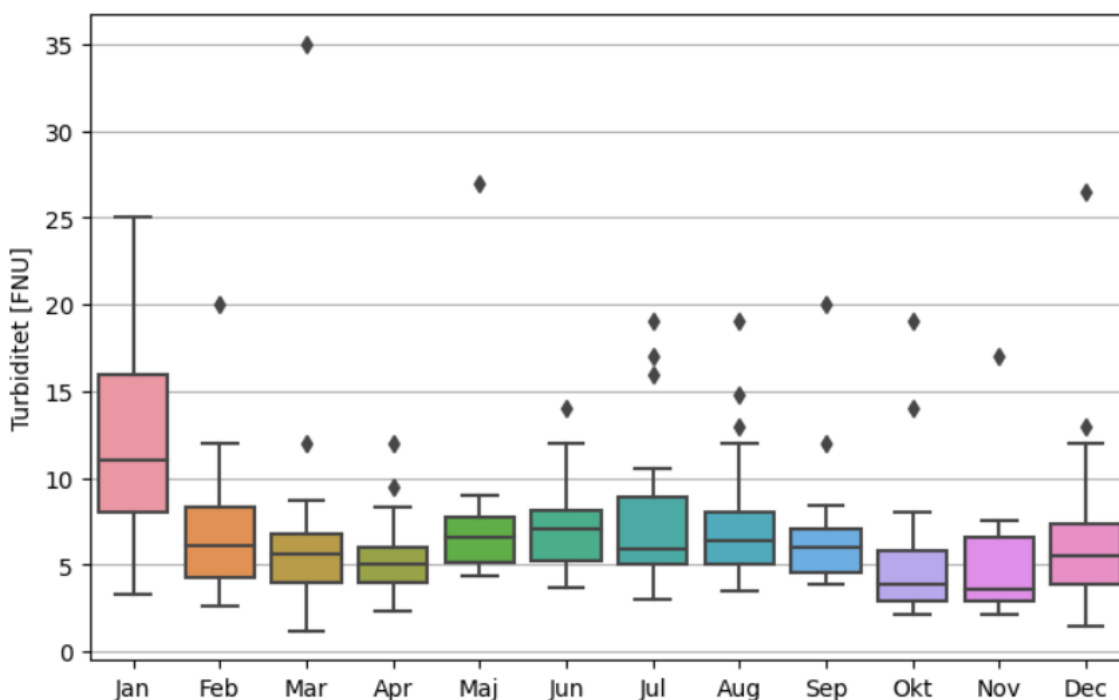
Figur 5-2 Turbiditetsdata från de olika stationerna då turbiditetsdatan har normaliserats mot sitt medelvärde över hela dataperioden och visualiseras som rullande 5 årsmedel. Y-axeln beskriver den procentuella avvikelser från medelvärdet.

Figur 5-2 visar den relativa förändringen i mätstationernas rullande 5-årsmedel genom normering med medelvärdet av turbiditeten i respektive station för hela dataperioden. Figuren visar tydligt mönstret som beskrevs i Figur 5-, där de flesta stationer har en förhållandevis hög turbiditet för åren runt 1992 till 2000, för att sedan minska fram till år 2005. Efter år 2005 ses en relativ ökning för samtliga stationer, och samtliga stationer har 5-årsmedel som ligger över hela dataperiodens medelturbiditet vid runt år 2014. I slutet av dataperioden kan det ses att station 6, 23a, 10 och 20 har en negativ avvikelse från medelturbiditeten, och resterande stationer har en positiv avvikelse. I slutet av dataperioden har station 11 den största positiva avvikelser. Över hela dataperioden ses den största variationen i station 23a i Önnerupsbäcken, med en maximal positiv avvikelse på 43% för perioden 1995–2000 och minus 26% för perioden 2001–2006.



Figur 5-3 Turbiditetsvärden för station 24a vid Lomma fördelade månadsvis för åren 1986–2021. Box- och-whisker diagrammet visar interkvartilintervallet som färgat och whiskers som sträck.

Figur 5-3 visar turbiditeten vid Lomma fördelad månadsvis mellan år 1986 och 2021. Figuren visar hur turbiditeten generellt sett är låg för vår- och sommarmånaderna med ett medelvärde på ca. 8 FNU mellan april och september. Vid höst- och vintermånaderna ökar turbiditeten och når sitt maximum i januari månad. Samma mönster kunde ses för flödesfördelningen (Figur 3-4) vilket tyder på att turbiditeten är flödeskorrelerad.

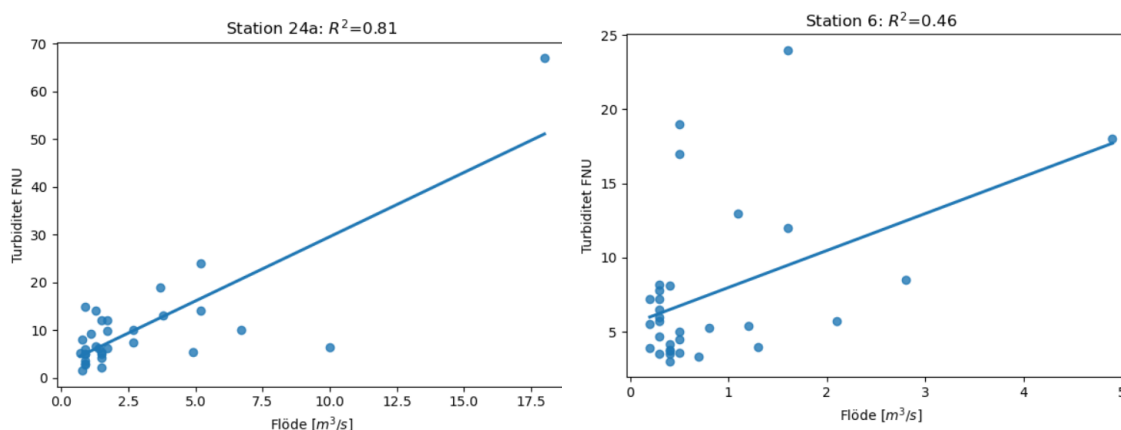


Figur 5-4 Turbiditetsvärden för station 6 vid Genarp fördelade månadsvis för åren 1986–2021. Box- och-whisker diagrammet visar interkvartilintervallet som färgat och whiskers som sträck.

Figur 5-4 visar hur turbiditeten varierar månadsvis för mätstation 6, som befinner sig strax nedströms Genarp. Turbiditeten för mätstation 6 har högst medelvärde under januari, där undre kvartil överstiger övre kvartil för nästan alla andra månader, och sjunker sedan under resterande vinter- och vårmånader. Under sommaren når turbiditeten sin årstidsmax (då januari exkluderas) och sjunker sedan under hösten. En förklaring till att turbiditeten vid Genarp når sin årstidsmax under sommaren kan vara på grund av alg tillväxt uppströms, såsom i Håckebergasjön. Figuren visar dock att det inte finns några större säsongsvariationer i turbiditet vid Genarp då januari exkluderas och att turbiditeten är förhållandevis konstant året runt.

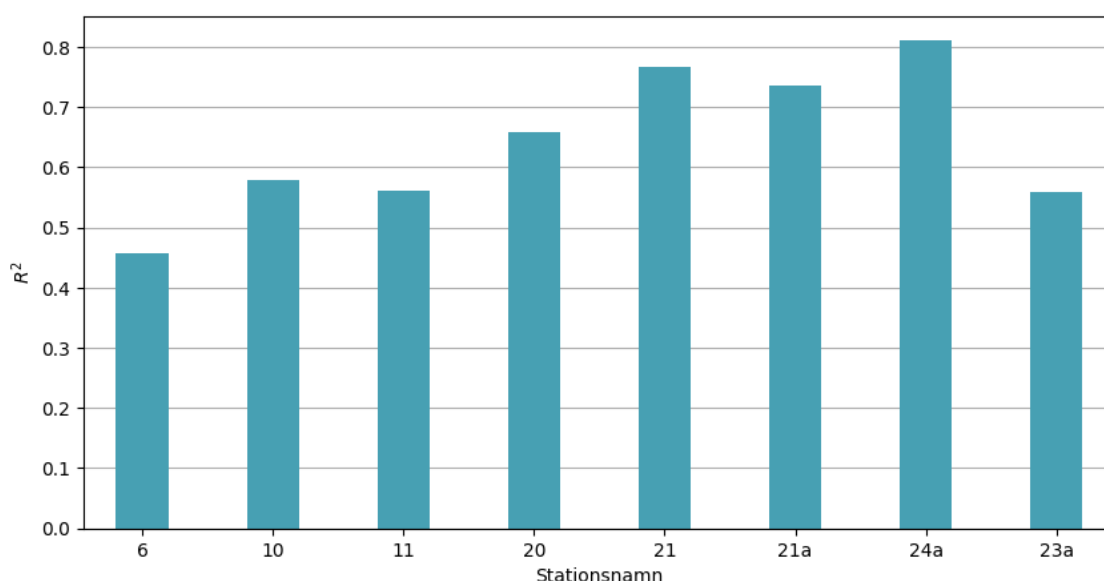
5.2 Korrelationer med turbiditet

Korrelationsberäkningarna mellan flöde och turbiditet har gjorts för samtliga inmätta punkter i Höje å och Önnerupsbäcken. Korrelationen mellan flöde och turbiditet indikerar på hur flödesinducerad turbiditeten är vid den inmätta punkten. Vid jämförelse mellan de olika inmätta punkterna ses ett tydligt mönster där flöde och turbiditet är svagt korrelerade i punkterna som befinner sig långt uppströms, och korrelationen ökar ju längre nedströms punkten ligger. Figur 5-5 nedan visar korrelationen mellan flöde och turbiditet vid två mätstationer, en vid Lomma (station 24a) och en vid Genarp (station 6).



Figur 5-5 Spridningsdiagram med flöde på x-axeln och turbiditet på y-axeln för station 24a (som ligger i Lomma) och station 6 (som ligger vid Genarp).

Figur 5-5 visar att korrelationen mellan flöde och turbiditet i Lomma har ett R^2 värde på 0,81, vilket kan översättas till en stark korrelation, medan R^2 värdet i Genarp är 0,46, vilket kan översättas till en medelstark korrelation. Detta tyder på att flödet styr turbiditeten i större utsträckning i Lomma än vad den gör i Genarp.

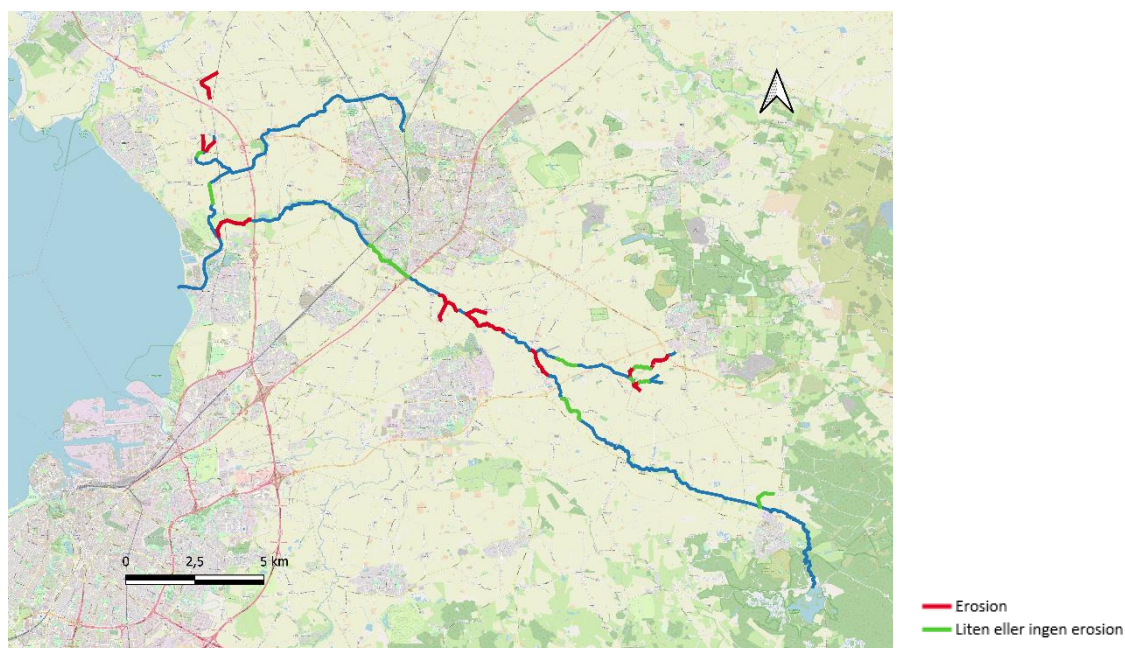


Figur 5-6 Determinationskoefficient (R²-värde) mellan turbiditet och flöde i de stationerna där data har funnits tillgänglig.

Figur 5-6 visar det tidigare beskrivna mönstret där flödet och turbiditet har en starkare korrelation ju längre nedströms stationen befinner sig i vattendraget. De två mätstationerna som presenterades i Figur 5-5, d.v.s. mätstationen i Lomma (station 24a) och mätstationen i Genarp (station 6) har starkast respektive svagast korrelation bland de analyserade stationerna. För mätstation 23a (Önnerupsbäcken) och mätstation 11 (Källingabäcken) ses en ett liknande värde på determinationskoefficienten på runt 0,56, vilket kan översättas till en medelstark korrelation.

5.3 Resultat från Ekologigruppen

Ekologigruppens kartering av Höje å och de större biflödena ger en värdefull bild av var erosionen pågår. I Figur 5-7 visas sammanställda resultat av Ekologigruppens kartering. Höje å har karterats på totalt sex delsträckor, med en delsträcka vid Kyrkheddinge som längst uppströms och en delsträcka vid Lomma som längst nedströms. De delsträckor som har klassificerats som sträckor med pågående erosion ligger primärt kring Staffanstorp, men det finns också en delsträcka vid Lomma. Dessa delsträckor sammanfaller i stora drag med jordarten svämsediment, bestående av grovsilt-finsand, vilket är ett mycket lättroderat material. I Råbydicket och Dalbydicket/Källingabäcken har fem olika delsträckor klassificerats, där det framförallt sker omfattande erosion i de uppströms delarna (primärt uppströms reningsverket). I Önnerupsbäcken har man noterat pågående erosion framförallt vid Flädie och vid Laxmans Åkarp.



Figur 5-7 Ekologigruppens kartering av sträckor där det sker och inte sker pågående erosion i Höje å och utvalda biflöden.

5.4 Specifik flödeseffekt från modellresultat

Figur 5-8 visar variationen i specifik flödeseffekt i Höje å enligt modellberäkningar gjorda vid medelhögt flöde i vattendraget (så kallat medelhögflöde, MHQ). Det kan noteras att skalan för specifik flödeseffekt i Figur 5-8 är relativ och baseras på hur värdena är fördelade över den aktuella sträckan. Resultaten är således enbart avsedda för inbördes jämförelser, där sträckor med hög specifik flödeseffekt indikerar högre risk för erosion och vice versa.

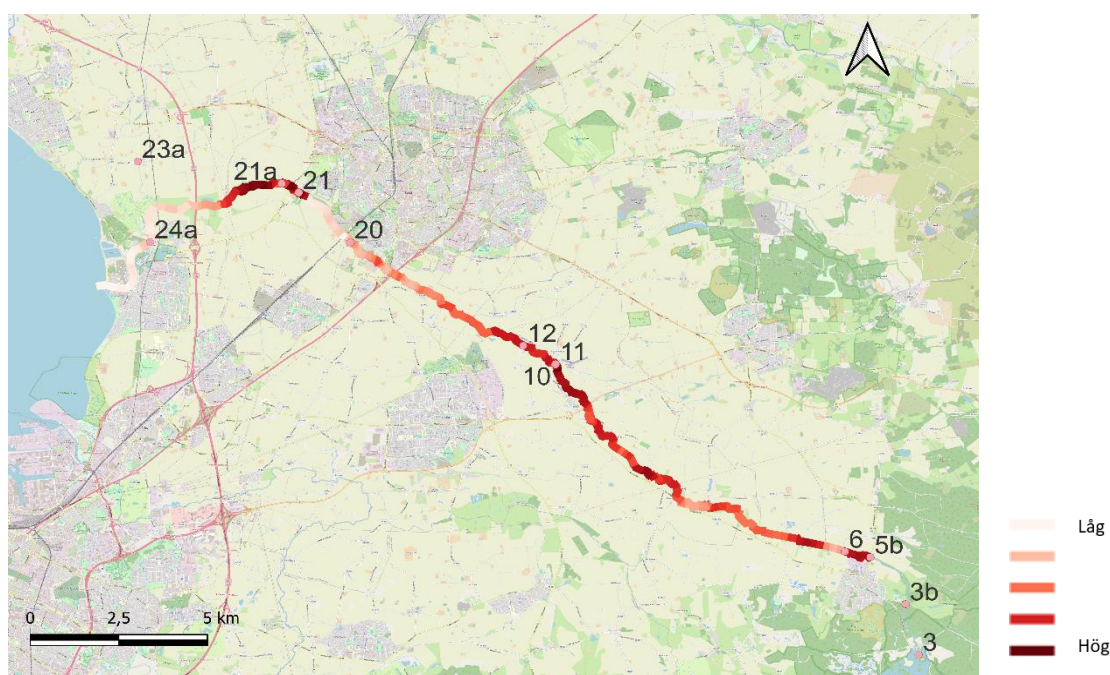


Figur 5-8 Specifik flödeseffekt i Høje å där röd motsvarar hög relativ flödeseffekt och vit motsvarar låg relativ flödeseffekt.

Resultaten i Figur 5-8 visar att den specifika flödeseffekten är relativt hög, förutom i några fåtal delsträckor, uppströms Staffanstorp. Efter Staffanstorp minskar den specifika flödeseffekten fram tills strax efter Lund, där den ökar och når sitt högsta värde på hela den modellerade sträckan. Den skarpa gränsen mellan låg och hög vid södra Lund beror av dämnet vid Trolleberg. Den höga flödeseffekten efter Lund kan tillskrivas ett antal strömsträckor. Efter väg E6 minskar den specifika flödeseffekten, och når sitt lägsta värde vid mynningen i havet.

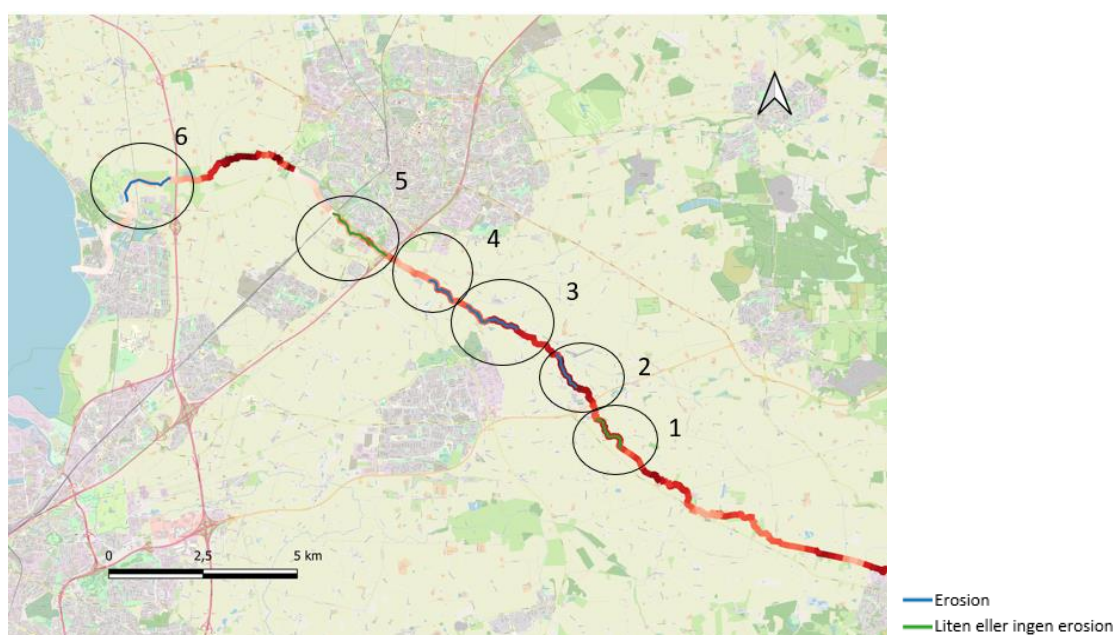
5.5 Jämförelse mellan inmätningar och modellresultat

För att eventuellt kunna förklara variationen i turbiditet mellan de olika mätstationerna har dessa jämförts med variationen i den modellerade specifika flödeseffekten. Då en väsentlig del av sedimenttransporten antas utgöras av fina fraktioner som potentiellt kan transporteras långa sträckor bör man dock inte förvänta sig några entydiga resultat av denna jämförelse.



Figur 5-9 Specifik flödeseffekt enligt modellresultat och mätstationer i Höje å.

Sträckan uppströms mätstation 10, som är den mätstation i Höje ås huvudfåra med högst turbiditet, visar samtidigt en hög relativ flödeseffekt. På denna sträcka finns bara några få sektioner med låg relativ flödeseffekt som potentiellt kan bidra till sedimentation. Skillnaden i turbiditet mellan mätstation 10 och 21 kan möjligen förklaras genom den långa mellanliggande sträckan med låg relativ flödeseffekt. Det betyder alltså att det förmodligen sker sedimentation längs sträckan. Skillnaden i turbiditet mellan station 20 och 21 är liten, vilket tyder på att dämmete vid Trolleberg inte bidrar särskilt mycket som sedimentfälla. Delsträckan med hög relativ flödeseffekt efter mätstation 21 kan möjligen förklara skillnaden till station 24a, där 24a har något högre turbiditet än station 21.



Figur 5-10 Jämförelse mellan den specifika flödeseffekten från modellen och Ekologigruppens fältstudie där de karterade pågående erosion.

Figur 5-10 visar hur väl modellens specifika flödeseffekt överensstämmer med Ekologigruppens fältstudie där de karterade pågående erosion i Höje å, där det framförallt togs hänsyn till erosion i strandbrinken. Fältstudien visade att sektion 1 hade en liten pågående erosion på delar av sträckan men inte tillräcklig stor för att några åtgärder krävs. Modellen tyder att sektion 1 har en hög relativ flödeseffekt och därmed relativt mycket energi till erosion, medan fältstudien visar på att det inte pågår någon erosion. Fältstudien indikerade att sektion 2,3 och 4 hade en pågående erosion och här visar modellen att den relativa flödeseffekten är hög. Vid sektion 5 visade fältstudien att det var ingen eller liten pågående erosion där också modellen visar att det är en låg relativ flödeseffekt. I sektionen längst nedström, sektion 6 (Figur 5-11), visar modellen en låg relativ flödeseffekt, medan fältstudien tyder på en pågående erosion.

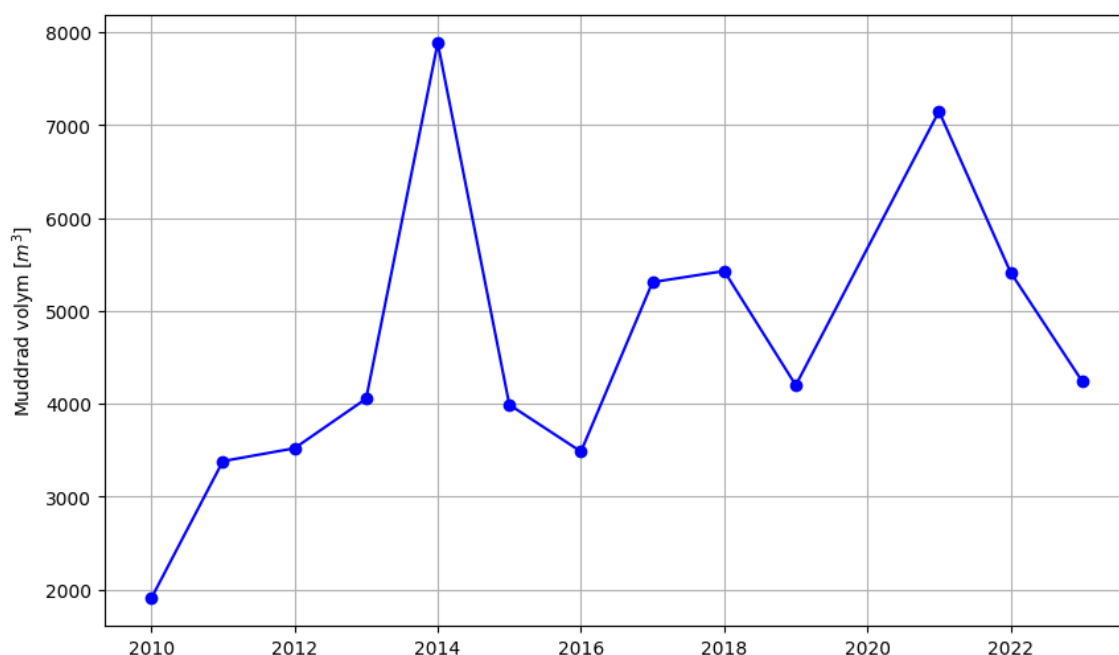
Skillnaderna mellan modell och fältstudie vid sektion 6 och sektion 1 indikerar att sambandet är komplext och att erosionen av strandbrinken påverkas av flera parametrar, framförallt sedimenttypen, medan specifika flödeseffekten enbart indikerar erosionspotentialen för själva åfåran utifrån flöde, bredd och vattenytans lutning.



Figur 5-11 Bild från sektion 6 vid Ekologigruppens fältstudie. Foto taget av Ekologigruppen.

5.6 Muddringsvolym

Detta avsnitt beskriver översiktligt hur de muddrade volymerna i Lomma hamn har varierat över tid. Notera att det i vissa fall inte framgått enhet på de muddrade volymerna, samt om det är torrsustans eller inte som volymen utgår från.



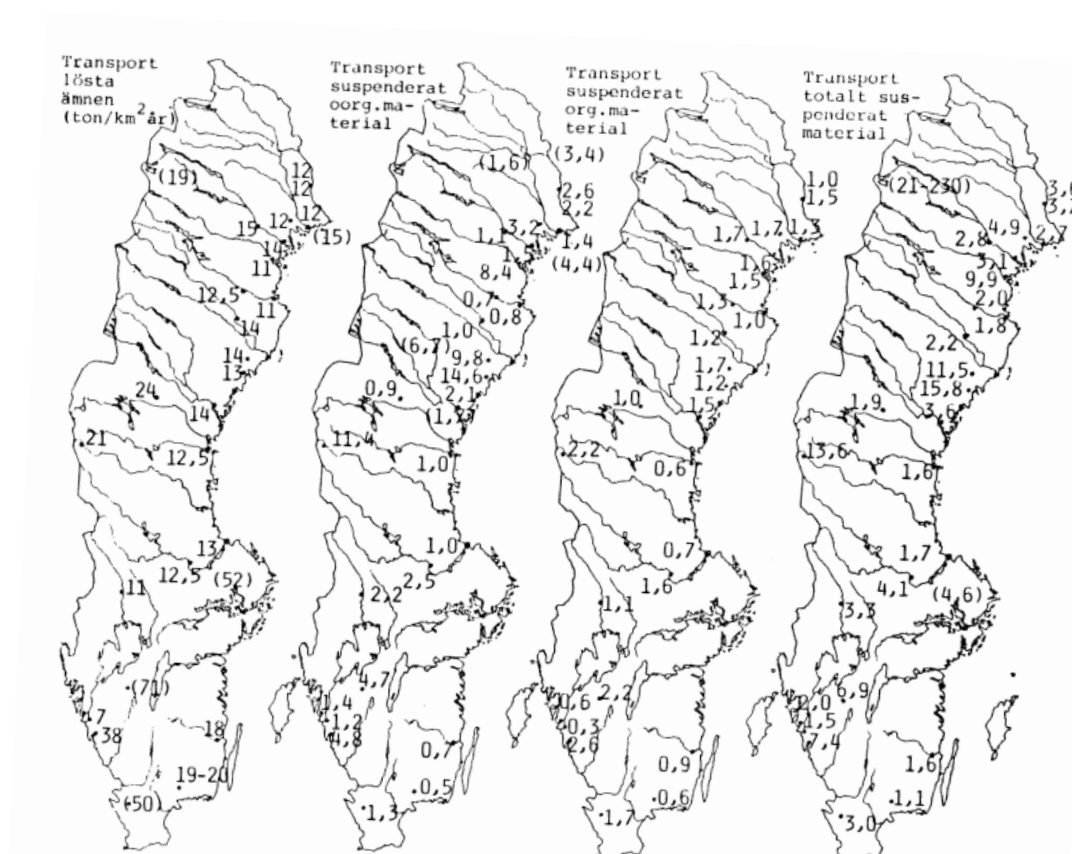
Figur 5-12 Totalt muddrade volymer i Lomma hamn mellan år 2010 och 2023.

Enligt Figur 5-12 är det stor variation i total muddrad volym i Lomma hamn. Året med de största muddrade volymerna är 2014, där ca 8000 m³ muddrades och var särskilt omfattande då muddringen pågick under en hel månad och flertalet olika områden muddrades. Detta kan möjligen delvis förklaras av stormen Sven som drabbade området i slutet av 2013, som kan ha bidragit till ett stort tillskott av sediment från havet. Medelvolymer som muddras varje år är ca. 4 600 m³.

Det är svårt att avgöra varifrån sedimenten som muddras i Lomma hamn kommer, baserat på tillgängliga data. Som tidigare beskrivs i sektion 4.2.3 används olika benämningar och resultaten redovisas på olika sätt för olika år, vilket gör att det inte går att avgöra hur stor andel av den totala muddrade volymen som kan härledas till Höje å. Därutöver har det muddrats på olika områden vid olika år, vilket gör att även om ett visst år visar på stora muddrade volymer betyder det inte nödvändigtvis att det har varit en större sedimenttillförsel från Höje å under det året.

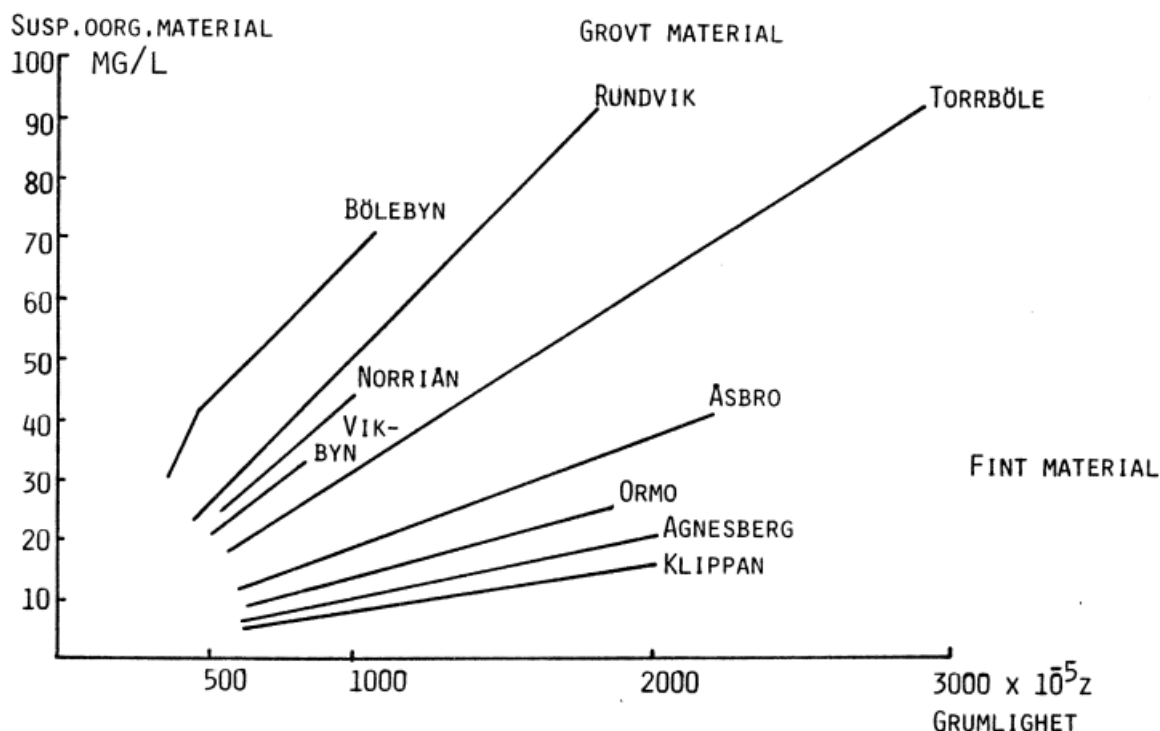
5.7 Sedimenttransport i andra svenska vattendrag

Denna sektion tar upp diverse resultat från det nationella mätprogrammet för fysikaliska parametrar samt relaterar dessa resultat till den suspenderade transporten i Höje å. Som tidigare nämnts har det visat sig svårt att extrapolera resultat från de undersökta vattendragen till andra vattendrag, vilket gör att resultaten i denna sektion snarare kan ses som en inspiration till en liknande studie för Höje å.



Figur 5-13 Transport av lösta ämnen, suspenderat oorganiskt material, suspenderat organiskt material och totalt suspenderat material för olika vattendrag i Sverige mätt i ton per km² och år. Notera att dessa värden bara speglar resultaten från det nationella mätprogrammet och inte enkelt kan extrapoleras till andra vattendrag. Källa: (Brandt, 1996).

Figur 5-13 visar regionala skillnader i den suspenderade transporten baserat på mätningar i ett antal vattendrag i Sverige. Gällande sedimenttransporten är det framförallt transporten av totalt suspenderat material som är av intresse, där Skåne har ca. värde på 3,0 ton per km² och år. Dock är hela Skånes suspenderade transport baserad på mätningarna vid Klippan i Rönne å och detta avrinningsområdes karaktär med stor andel skogslandskap skiljer sig kraftigt från Höje å avrinningsområde. Ett mer representativt avrinningsområde för Höje å bör vara Lidan i Härjevad, Västergötland, som har slätter med stor andel omgivande jordbruksmark. Lidan har en uppskattad årlig suspenderad transport på 5–15 ton/km². Med dessa beräkningar skulle Lomma hamn, som har en tillrinningsarea på ca. 347 km², ha en årlig suspenderad transport på ca. 1500–5000 ton per år. Dock ska det tilläggas här att rapportförfattaren (Brandt, 1996) betonar att det är svårt att göra generaliseringar av sedimenttransporten, och att det krävs mätningar för att få en bättre bild av sedimenttransporten i enskilda vattendrag.



Figur 5-14 Relationen mellan grumlighet (kallat turbiditet i resterande delen av rapporten) och suspenderat oorganiskt material i några av de vattendragen som innefattades av det nationella mätprogrammet. Källa (Brandt, 1996).

Figur 5-14 visar relationen mellan suspenderat oorganiskt material och grumlighet (turbiditet) för där vattendragen domineras av antingen fint eller grovt material. Grafen visar att vattendrag som domineras av fint material, t.ex. Klippan eller Agnesberg, har en hög grumlighet men en låg koncentration av suspenderat oorganiskt material och för vattendrag som domineras av grovt material, t.ex. Bölebyn och Rundvik, ses det motsatta. Anledningen till att den suspenderade oorganiska transporten varierar kraftigt mellan olika typer av material är att finmaterial ger en högre turbiditet än grovkornigt material per viktenhet. Finkorniga material brukar klassificeras som silt- och lerpartiklar medan grovkorniga klassificeras som sand, grus och alla grövre partiklar.

I uppströmsdelen av Höje å finns en större andel sandigt material i omkringliggande områden. Det betyder att t.ex. de låga turbiditetsvärdena vid Genarp inte nödvändigtvis motsvarar en lägre halt av suspenderade sediment. De höga turbiditetsvärdena vid Lomma kan också förklaras av motsatsen, att en stor del av den suspenderade transporten utgörs av de allra finaste fraktionerna (lera).

6 Diskussion

Analyser av turbiditeten vid de olika mätstationerna tyder på att turbiditet och flöde korrelerar olika starkt beroende på var i Höje å man befinner sig. Långt uppströms, kring Genarp, visar analyserna att turbiditeten har en medelstark korrelation med flödet och påverkas av andra faktorer. Turbiditeten vid Genarp visar exempelvis något högre turbiditet på sommaren, vilket vanligtvis tyder på att alger och annat organiskt material (som ökar under sommaren) har en viss inverkan. Den ökade turbiditeten under sommaren kan även ses i stationer längre nedströms, men inte lika tydligt. Turbiditeten längre nedströms visar istället på en stark korrelation med flödet. En osäkerhet är att mätningarna endast sker en gång per månad eller varannan månad, vilket gör att data från stora nederbördsevent kan saknas i dataserien.

Den övergripande trenden i turbiditeten över tid ser snarlik ut för samtliga stationer och blir mer uppenbar då den relativa differensen från medelvärdet beaktas. Det framgår då att de flesta mätstationer hade något lägre rullande 5-årsmedelvärde fram till ca. år 1995 jämfört med medelvärdet för hela dataperioden, men att turbiditeten sedan ökar fram till år 2000. Mellan åren 2000 till 2005 ses en relativ minskning i turbiditeten i samtliga stationer. Från år 2016 till 2021 visar samtliga stationer en förhållandevis likartad variation i turbiditeten jämfört med stationsmedelvärdet för hela perioden och de flesta ligger inom ett spann på $\pm 10\%$. Att samtliga mätstationer (inkluderat de som befinner sig i biflödena Önnerupsbäcken och Källingabäcken) följer ett liknande mönster över tid tyder på att det inte är enskilda punktkällor som ger upphov till variationer i turbiditeten utan att det följer ett mer storskaligt mönster som sannolikt är hydrologiskt betingat (jfr. korrelationen med flödet). Vi har under studien inte funnit några förklaringar till långtidsvariationerna i turbiditet.

Ekologigruppens fältinventering längs delar av Höje å och de större biflödena såsom Källingebäcken, visar att det finns sträckor med pågående erosion vid strandbrinken och slänterna. De ställen som utredningen fastställde som särskilt utsatta för erosion inkluderade ett område kring Källingabäcken vid Reningsverket, samt sträckor kring Staffanstorp och Flädie.

Den specifika flödeseffekten från modellresultaten kan ge en viss indikation på var Höje å har mycket kraft till att utföra arbete i åfåran i form av erosion och transport av sediment. Jämförelsen mellan den specifika flödeseffekten från modellresultaten och karteringen av Ekologigruppen visade dock att det kan vara pågående erosion även på sträckor med relativt låg specifik flödeseffekt, vilket antyder att sambandet är mer komplext. Områden med hög specifik flödeseffekt i Höje å, kring Kyrkheddinge, Genarp och strax uppströms Lomma, sammanföll dock med sträckor med pågående erosion i strandbrinken.

Gällande muddringsvolym i Lomma hamn är det svårt att göra jämförelser mellan olika år. Informationen som har tagits del av inom ramen för detta projekt visar på att olika områden muddras varje år, men exakt plats för dessa mudderområden och om muddringen sker till samma bottennivåer varje år är oklart. Det är också oklart hur stor andel av sedimenten som kommer från havet respektive Höje å.

Studierna inom det svenska sedimenttransportsnätet visade på att det är svårt att extrapolera den suspenderade transporten mellan olika vattendrag, det vill säga resultaten gäller endast för de studerade vattendragen. Studien ger dock en inblick i hur den suspenderade transporten varierar mellan olika vattendrag, bland annat beroende på kornstorlek, samt hur sambandet mellan turbiditet och suspenderad halt av sediment också varierar mellan olika vattendrag.

I dagsläget är det svårt att få en helhetsbild av hur mycket olika delsträckor och biflöden bidrar till sedimenttransporten i Höje å, samt vilka delsträckor som är särskilt utsatta för erosion. En stor osäkerhet gäller relationen mellan turbiditet, flöde och sedimenttransport i olika delar av Höje å. För att kunna få en precisare bild över sedimenttransporten i Höje å föreslås ett mätprogram likt det svenska sedimenttransportsnätet. De parametrar som är av extra intresse är framförallt transporten av suspenderade sediment tillsammans med en kartläggning av vilka kornstorlekar som den suspenderade transporten består av. Därutöver föreslås en

bottenskanning av vattendraget, då detta skulle möjliggöra mer detaljerade beräkningar av sedimenttransporten i Höje å, samt studier av åtgärdseffekter. Sedimenttransportmodellen hade kunnat avgöra var erosion och depositionen sker i Höje å i en högre grad än vad denna studie kan, även om sådana modeller också innehåller osäkerheter.

De åtgärder som kan rekommenderas för minskad erosion inom ramen för den aktuella studien är av generell natur, exempelvis genom ett mer miljöanpassat underhåll och åtgärder som minskar tillförseln av sediment från omgivande jordbruksmarker.

7

Slutsatser

I utredningen dras följande slutsatser:

- Flöde och turbiditet korrelerar olika starkt beroende på var i Höje å man befinner sig. Långt uppströms, kring Genarp, kan det ses att flödet och turbiditet har en medelstark korrelation, och att turbiditeten är något högre under sommaren. Att turbiditeten är något högre under sommaren kan bero på algtilfväxt uppströms. Längre nedströms ses en starkare korrelation mellan turbiditet och flöde.
- Den övergripande turbiditetstrenden över tid ser likartad ut för samtliga stationer. På grund av att vissa stationer befinner i andra vattendrag än Höje å, tyder detta på att det inte är enskilda punktkällor som ger upphov till variationen i turbiditet utan det följer ett mer storskaligt mönster som sannolikt är hydrologiskt betingat.
- Ekologigruppens kartering visade att det finns en del sträckor med pågående erosion vid strandbrinkarna och slänterna. De områdena som är framförallt utsatta enligt inventeringen är reningsverket vid Källingabäcken, samt några delsträckor vid Staffanstorp och Flädie. I projektet kartlades också den specifika flödeseffekten, och områden med relativt hög flödeseffekt korrelerade väl med områden där karteringen visade pågående erosion vid strandbrinkarna.
- För analysen av muddringsvolymen kan det vara svårt att göra jämförelser åren emellan. Muddringen har pågått vid olika platser och det var under projektets gång oklart hur mycket som innehöll organiskt material och hur mycket som kom från havet.
- Datan som analyserats visar inte på någon ökande långtidstrend för sedimenttransporten i Höje å förutom från ca 2006 till ca 2018, därefter har långtidsmedelvärdet sjunkit-
- För att kunna implementera effektiva metoder för erosions- och sedimentationshantering i Höje å förslås ett mätprogram likt det svenska sedimenttransportsnätet. De parametrar som framförallt är av intresse är kornstorleksfördelning samt transporten av suspenderade sediment. Därutöver föreslås en bottenkanning, som skulle kunna möjliggöra en sedimenttransportmodell.

8 Referenslista

Brandt, M. (1996). Sedimenttransport i svenska vattendrag.

Ekologigruppen. (2017a). Hydromorfologi och dikningsföretag i Höje å Slutrapport Höje å helhetsperspektiv. www.ekologgruppen.com

Ekologigruppen. (2017b). Kartering av förutsättningar för tvåstegsdike i Höje å avrinningsområde: Höje å helhetsperspektiv.

Geography Department of Lord Wandsworth College (2011).Hjulström curve. <
http://dlgb.files.wordpress.com/2008/09/hjulstrom_curve_task.jpg>Tillgänglig 05.07.2023.

Grayson, R. B., Finlayson, B. L., Gippel, C. J., & Hart, B. T. (1996). The Potential of Field Turbidity Measurements for the Computation of Total Phosphorus and Suspended Solids Loads. In Journal of Environmental Management (Vol. 47).

Millet, D. (2011). River erosion, landslides and slope development in Göta River.