

Storlek och dynamik i sedimentbunden föroreningstransport i Göta älv orsakad av fartygspassage – inledande metodikstudie

M. Bondelind

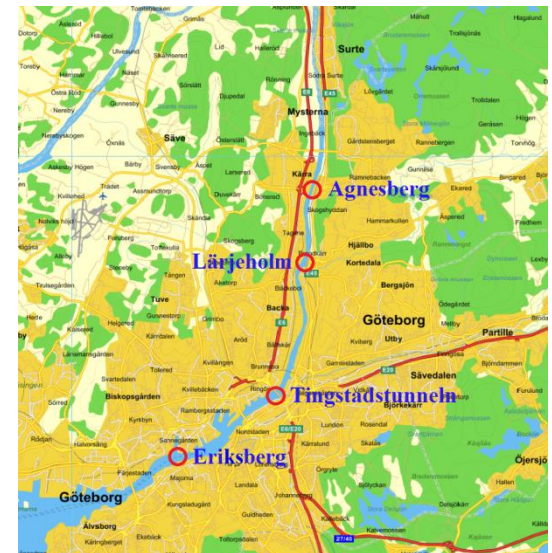
Studie genomförd i samarbete mellan Göta älvs vattenvårdsförbund, Göteborg Kretslopp och vatten, Länsstyrelsen Västra götlands län och Chalmers.

Medförfattare: O. Bergstedt, I-M. Hassellöv, L. Arneborg, B. Liljebladh, T. Linders, E. Sokolova, J. Racionero

Projektid: 2014-2015

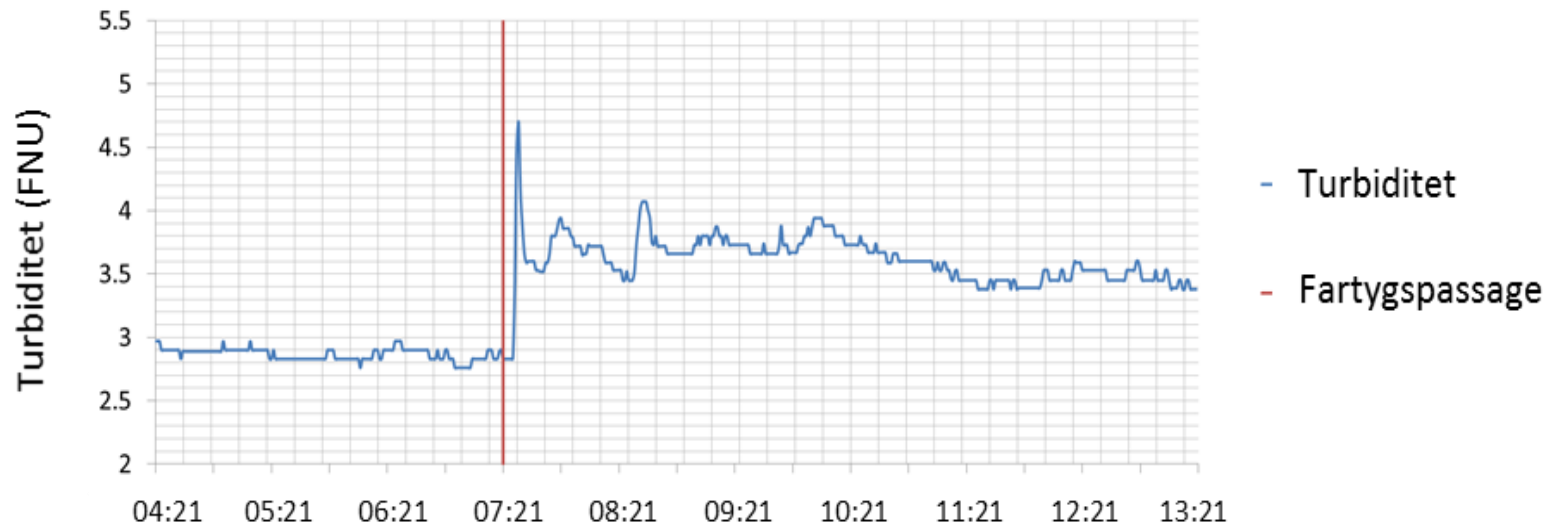
Bakgrund

- Göta älv är en viktig farled för transporter där fartyg och båtar passerar älven.
- För fartyg utan särskilt tillstånd gäller en maximal längd på 87 m, bredd på 12,6 m och djupgående på 4,7 m. Maximalt djupgående kan variera beroende på vattendjupet i älven.
- Mellan Lärje och Vänersborg får hastigheten inte överstiga 10 knop, med vissa sektioner där hastigheten sänks till 5-7 knop.



Bakgrund

Vid råvattenintaget vid Lärjeholm har ökningar i turbiditet noterats vid vissa tillfällen då fartyg passerar intaget.



Syfte

Inledande studie för att undersöka metodik för att beskriva storlek och dynamik för den fartygsrelaterade föroreningstransporten i Göta älv genom:

- Analyser av föroreningsinnehåll samt sedimentationsprover av vattenprover
- Hydrodynamisk modellering med anpassning för fartygspassagernas påverkan
- Mätning av vattenhastighet i älven vid Lärjeholm vid fartygspassage

Hypotesen var att föroreningstransporten varierar i djupled och att dynamiken i det upprivna sedimentet som vissa fartygspassager orsakar bör beaktas. Detta skulle kunna ge en möjlighet att minska föroreningsmängden i det råvatten som tas in.

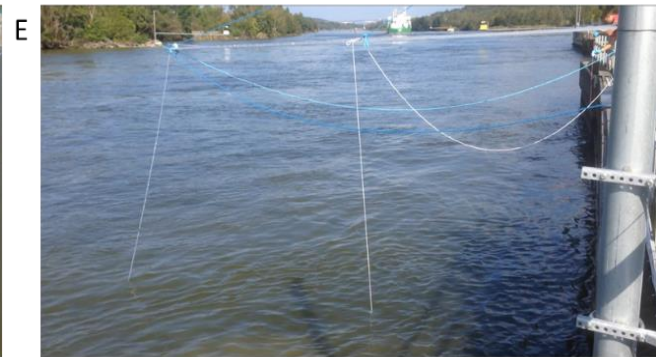
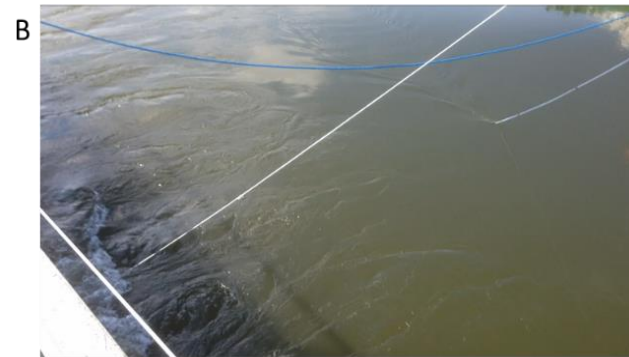
Sedimenteringshastighet

- Prov togs ut när inget fartyg passerade
- Prover togs på djupet 0,5 m och 4 m
- Turbiditet, bly, E. coli och partikelstorlek mättes
 - Ingen större skillnad. Ev något högre halt E. coli vid djupet 4 m.
 - Fördelning av partiklar var övervägande 0,4-1 μm mot 1-15 μm .
- Sedimenteringshastigheten var låg

Fartyg passerade Lärjeholm kl 12.24 2014-09-11

Fartyget:

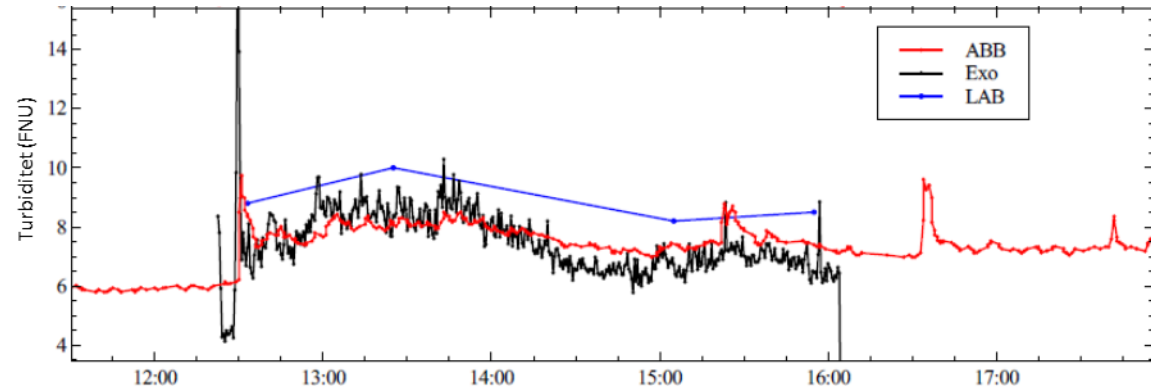
- Bredd 13,35 m
- Längd 89 m
- Djupgående 5,4 m



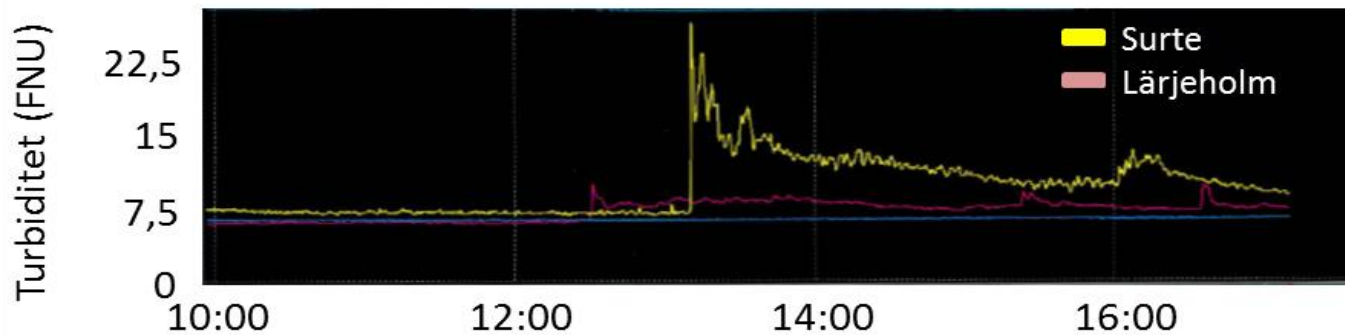
Turbiditet

Turbiditeten steg vid både Lärjeholm och Surte när fartyget passerade

Lärjeholm



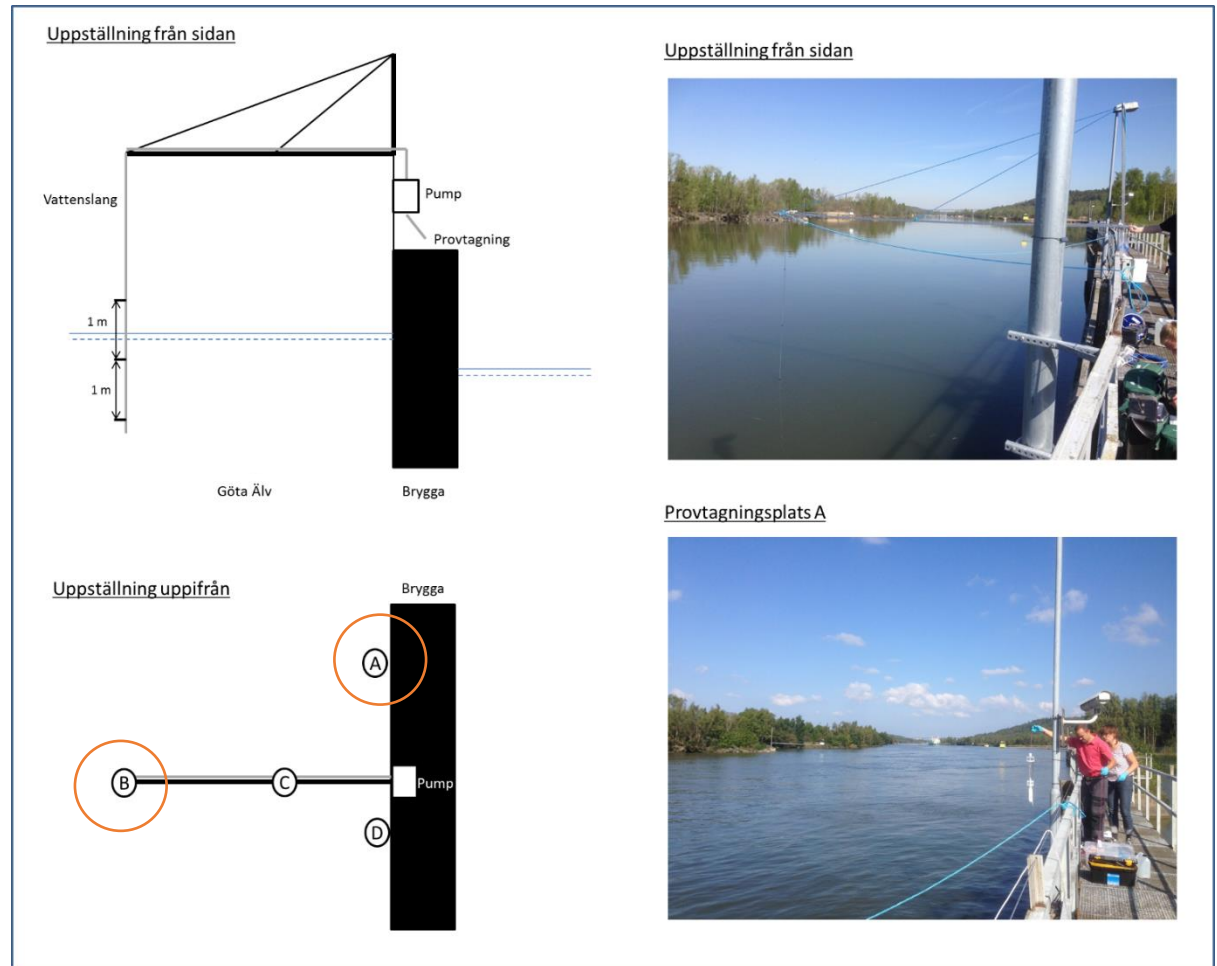
2014-09-11



Provtagningsuppställning

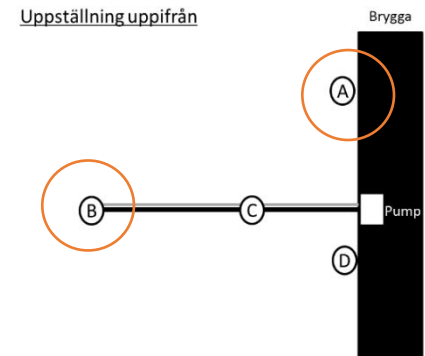
Provtagning vid punkt A och B.

En mätarm byggdes för att möjliggöra provtagning längre ut från bryggan och vid olika djup (B).



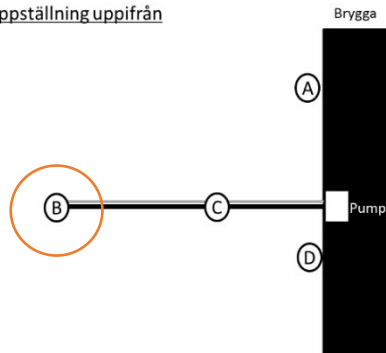
Erfarenheter

- Fartygspassage går relativt fort.
- Portabel vattenhämtare (A)
 - Gick bra att ta prover i snabb följd.
 - Får endast prover vid stranden.
- Mätarm (B)
 - Bättre förankring i djupled behövs om slangen inte ska flyttas av fartyget.
 - Slangen löpte inte tillräckligt friktionsfritt och det tog tid att byta till olika höjd.
 - Om man vill ta prover i snabb följd så bör en slang samt en pump per djup monteras.
 - Fördel är att man får prover längre ut.

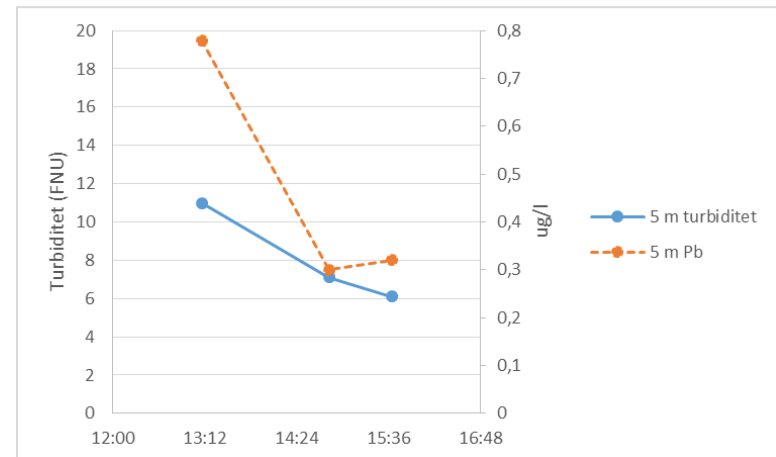
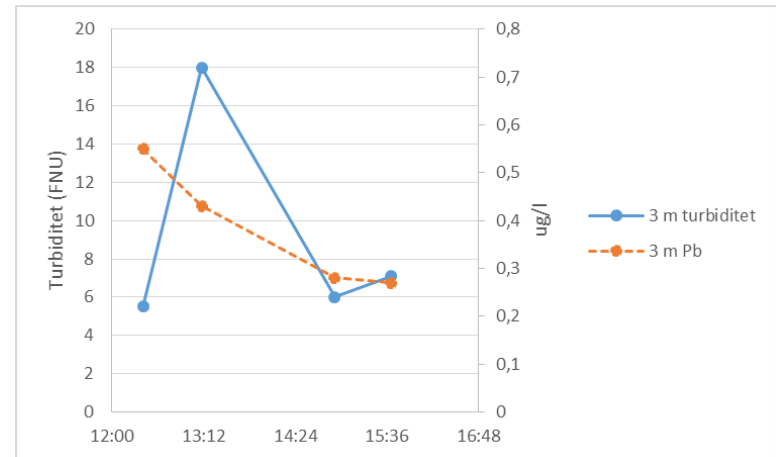
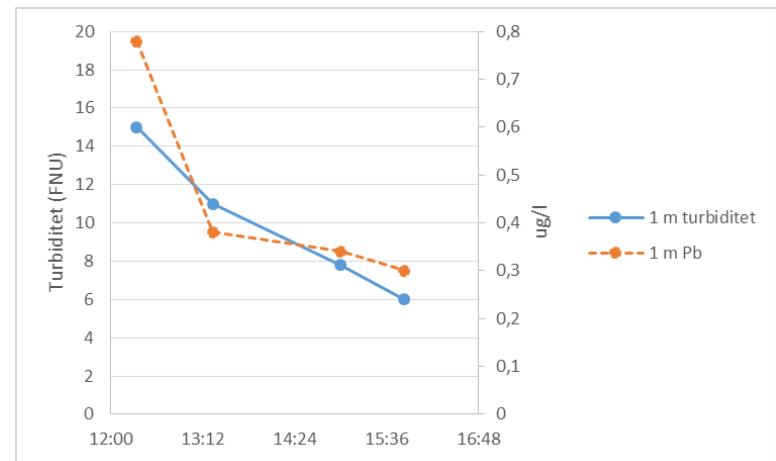


Provtagning B: Bly

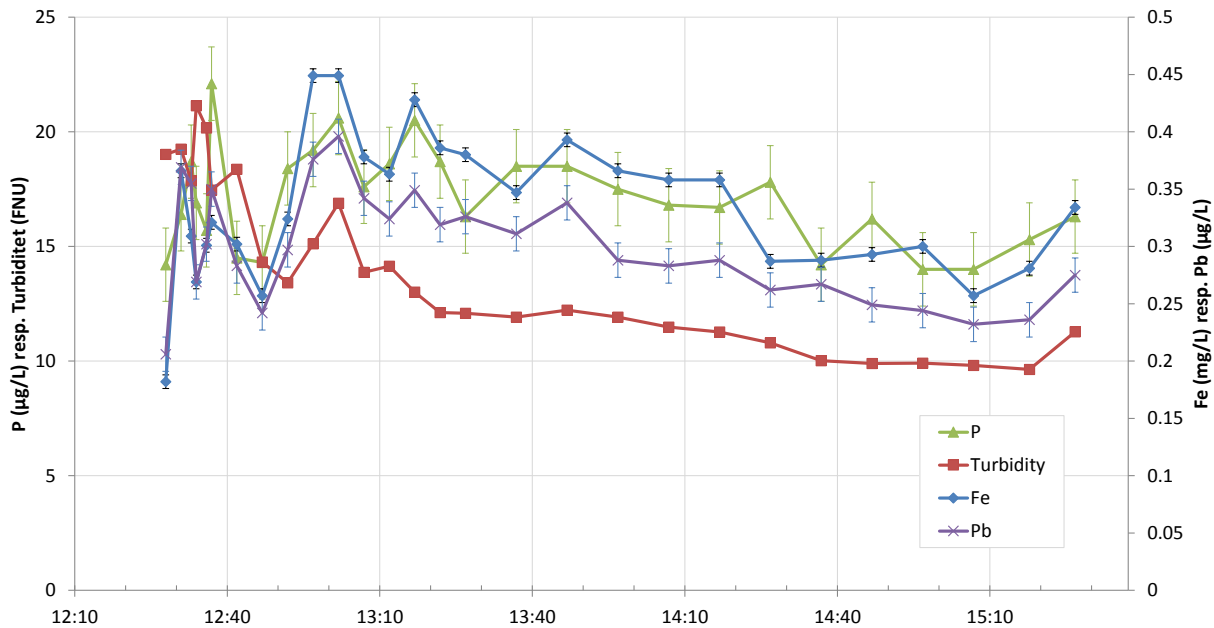
Uppställning uppifrån



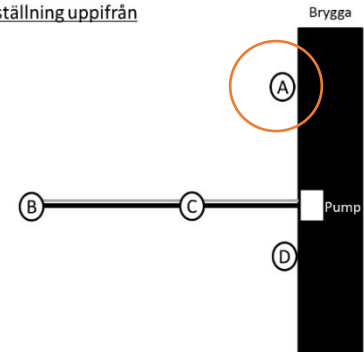
- Djup 1 m, 3 m och 5 m
- Mindre djupeffekter kan noteras för tiden 0-1h efter fartygspassage



Provtagning A hämtare (Djup 3m)

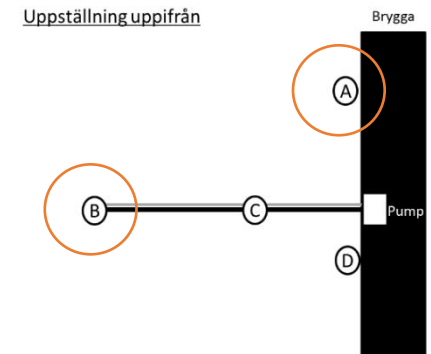
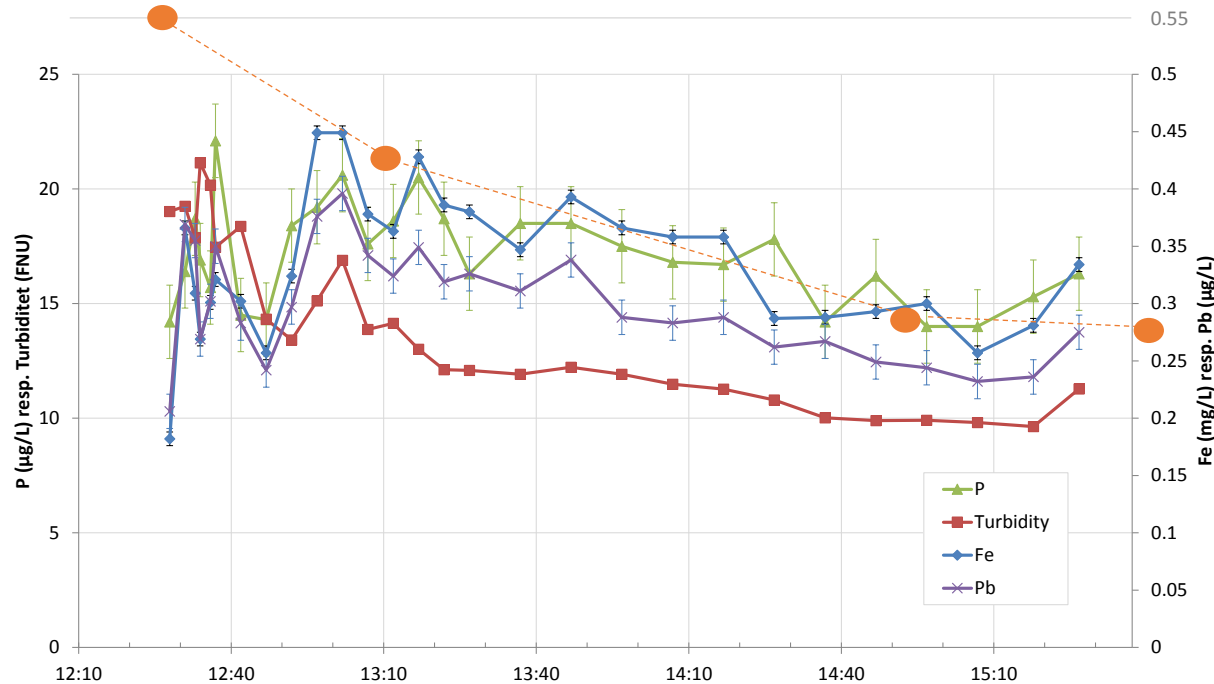


Uppställning uppifrån



- Resultatet visar god samvarians mellan järn och bly samt med turbiditet.

Provtagning A och B (Djup 3m)



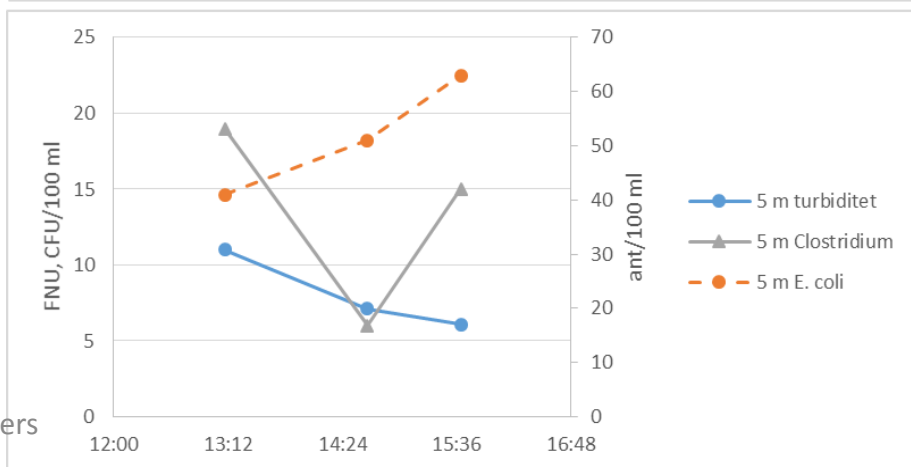
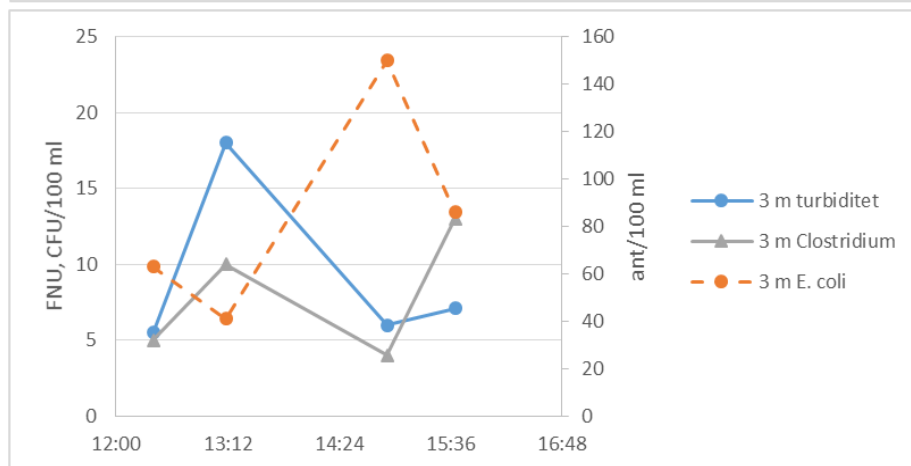
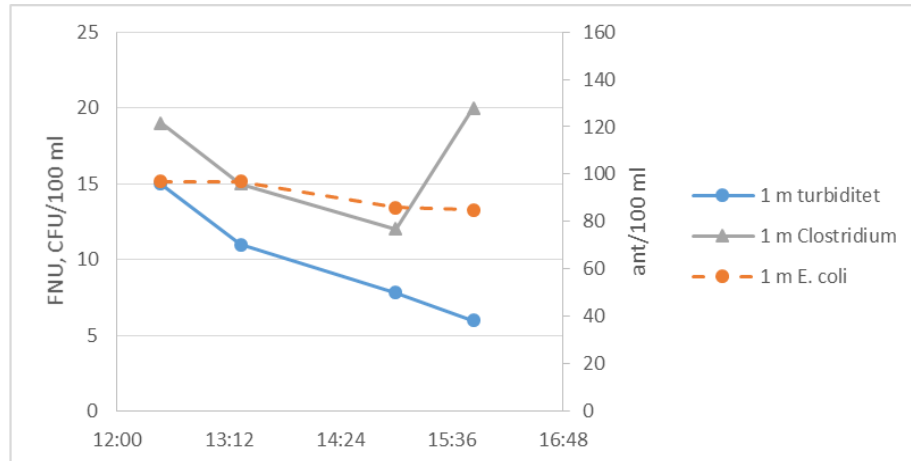
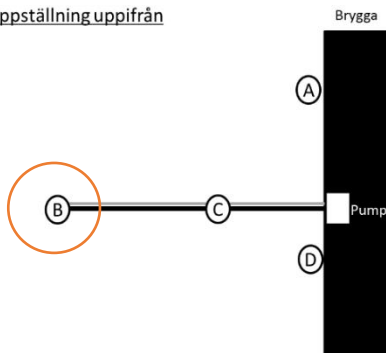
- Indikation att halten bly är högre längre ut i älvfåran vid djupet 3 m efter fartygspassage.

Provtagning B

E. coli, Clostridium

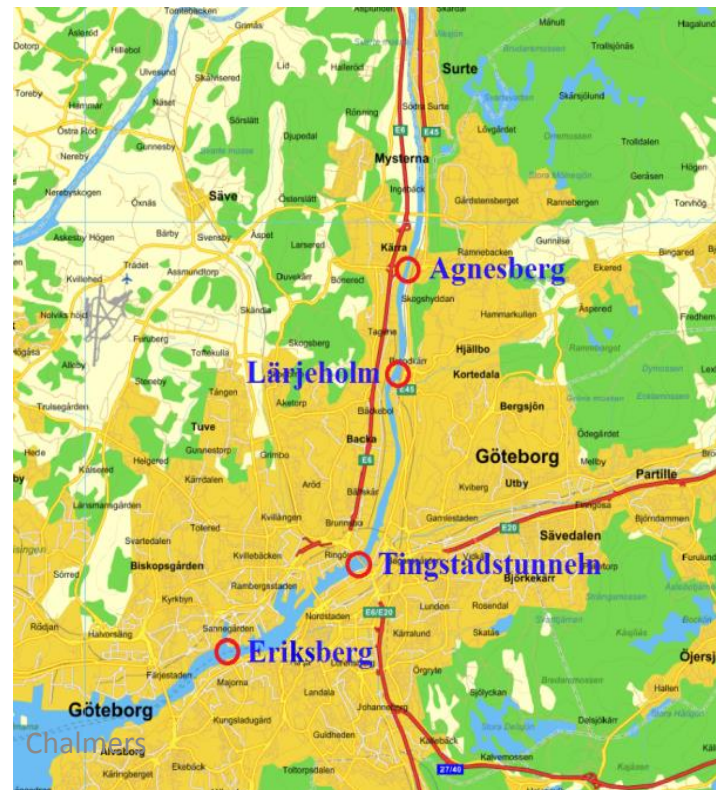
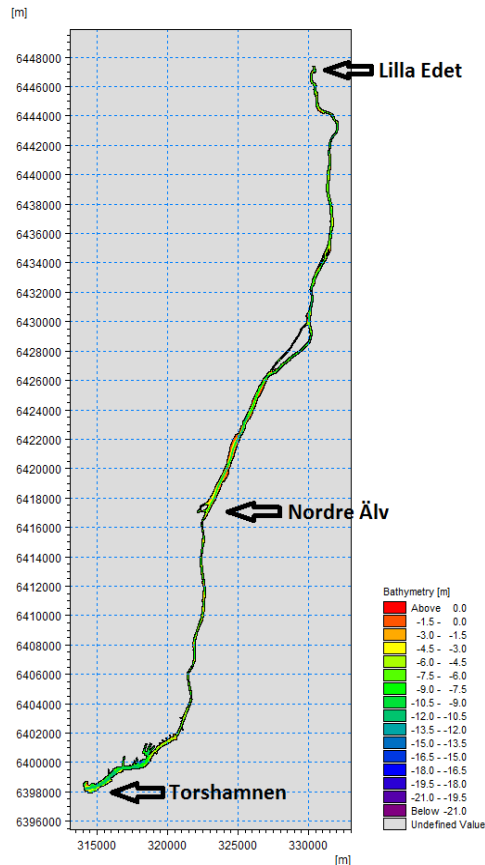
- Motsvarande mönster för E. coli och Clostridium är svårare att identifiera.

Uppställning uppifrån



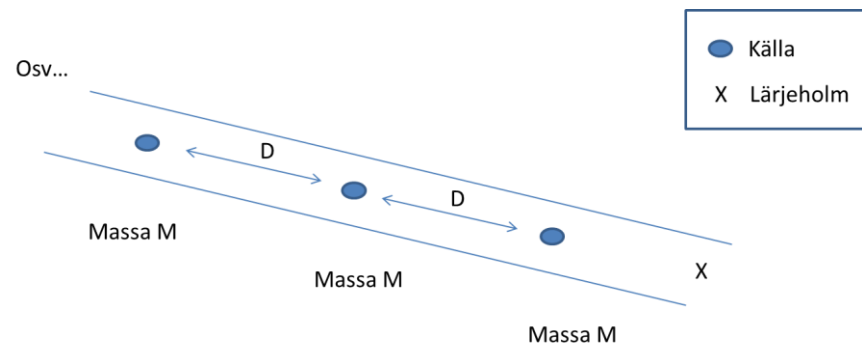
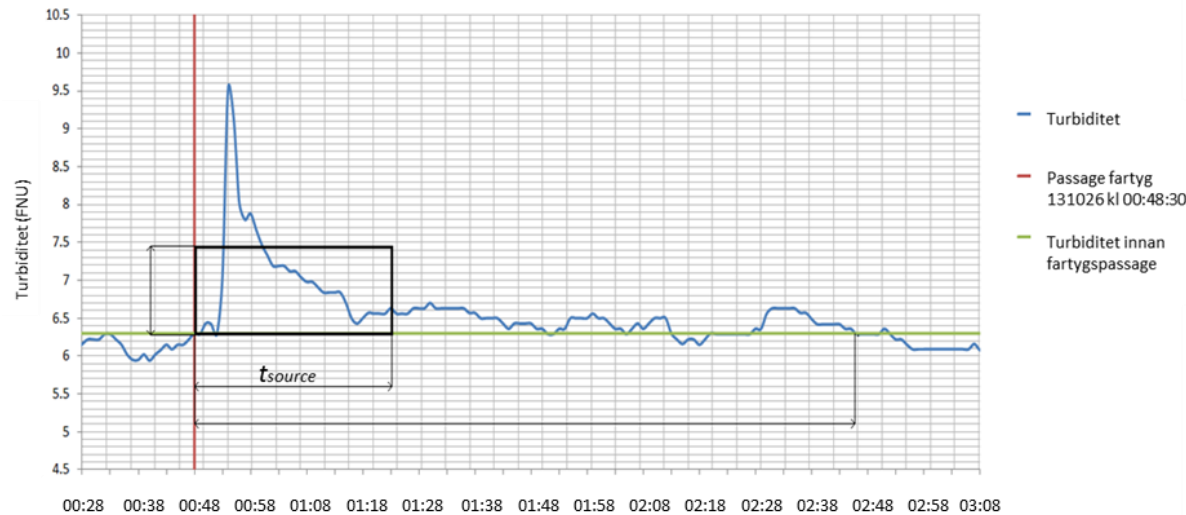
Hydrodynamisk modell

- Inom ramen för ett examensarbete vid Chalmers
- Data från år 2013
- Flödet löstes från Lilla Edet till Torshamnen.



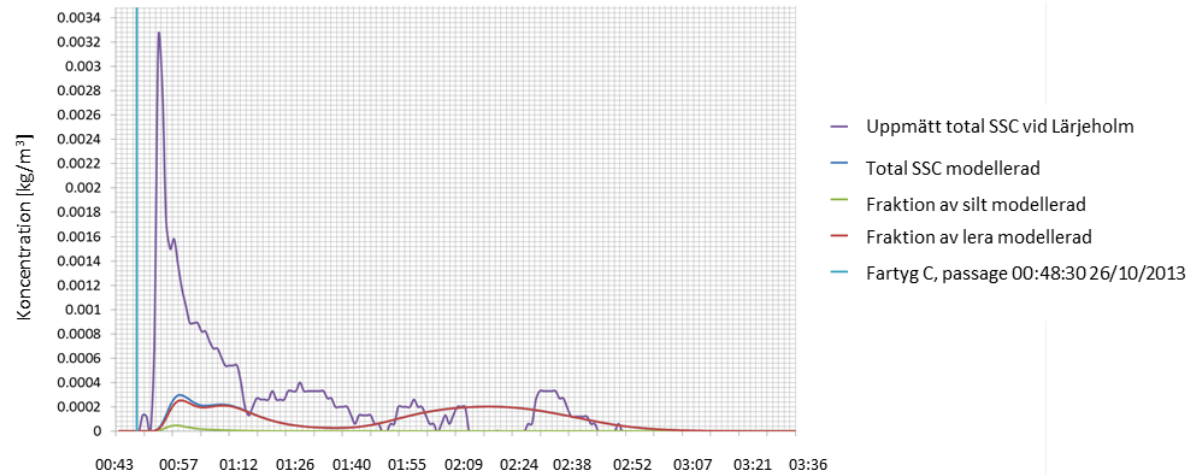
Förenklad fartygsmodell

- Två partikelstorlekar: 0.024 mm och 0.003 mm.
- Ingen erosion av botten och inte vågor.

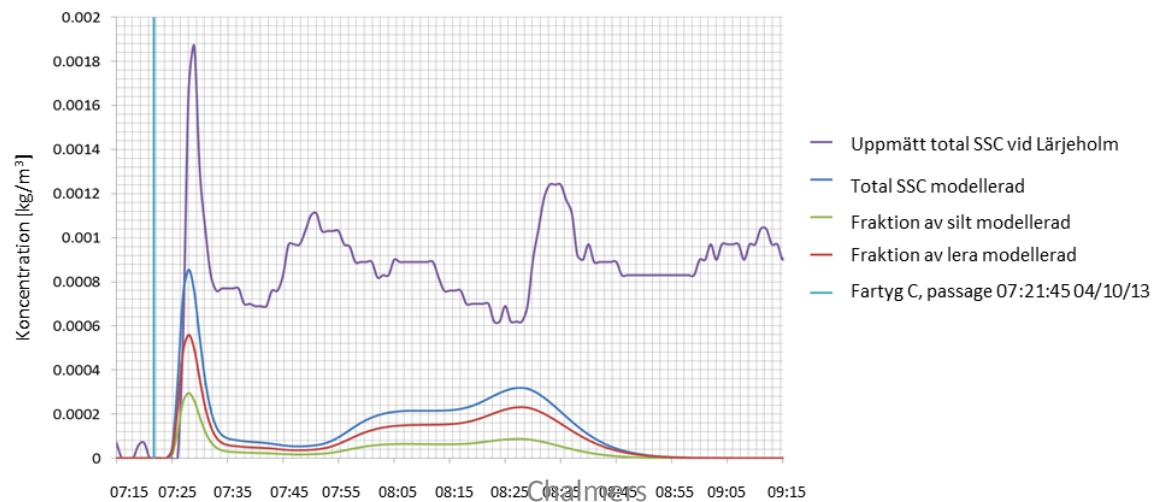


Förenklad fartygsmodell

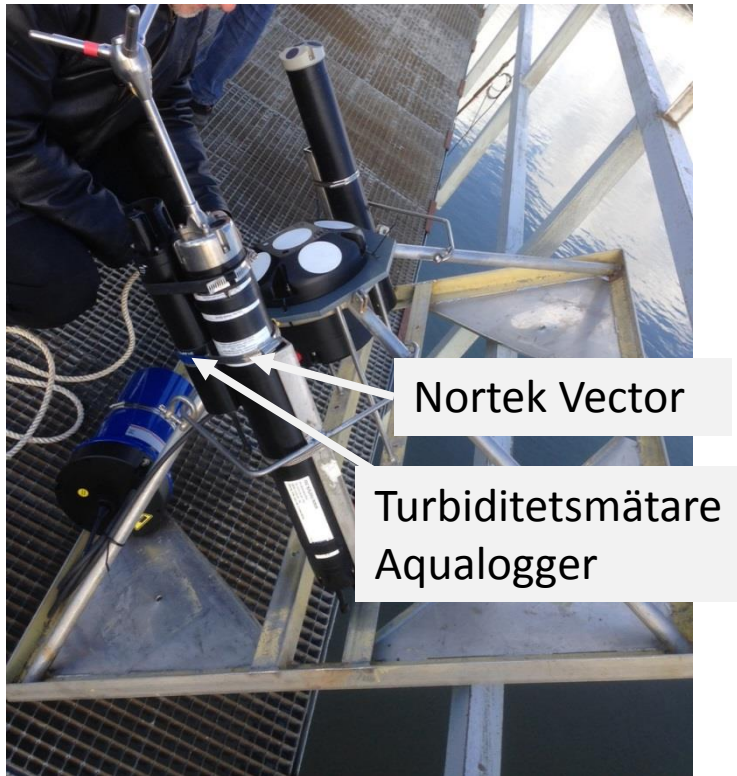
a) 2013-10-26



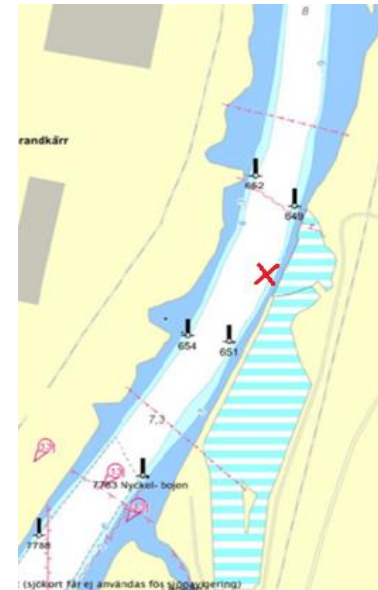
b) 2013-10-04



Hydrodynamisk strömningsmätning



- 2015-03-05
- Instrumentet registrerade tryck och turbiditet
- Mät punkt på 2,3 m djup.
- För låg vikt på plattan, vilket resulterade i att hela systemet flyttade på sig vid varje fartygspassage.

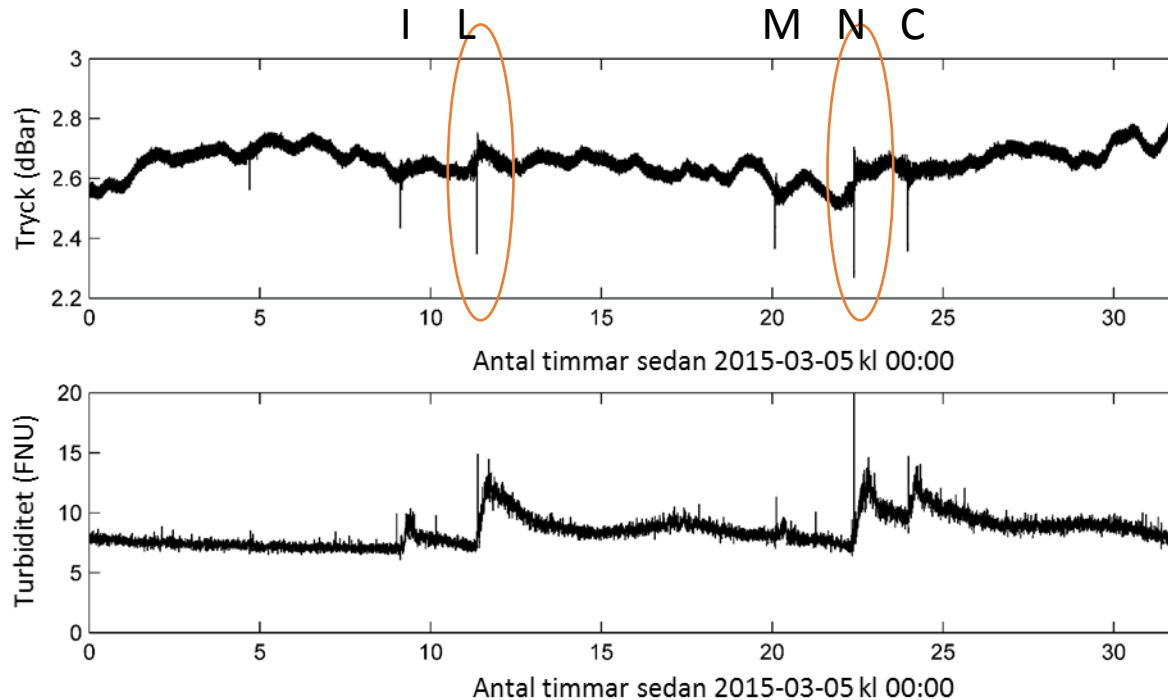


Fartygspassager 5 mars

- Rött indikerar hastigheter över gällande begränsning samt överstora mått som kräver särskilt tillstånd

Fartyg	Lokal tid	Riktning	Hastighet (kn)	Storlek (mxmxm)
Fartyg I	9:06	medström	8,2	82,5x12x5,4
Fartyg L	11:21	motström	5,9	89x13,3x5,4
Fartyg M	20:05	medström	6,8	81x12,3x3
Fartyg N	22:19	motström	6	88,3x13,2x5,3
Fartyg C	23:57	motström	5,5	82x13x5,4

Tryck och turbiditet



- Neråtriktade spikar i tryckdata motsvarar fartygspassager.
- Två största spikarna fås för de två största motströms gående fartygen Fartyg L (kl.11:21) och Fartyg N (kl. 22:19)
- Turbiditeten ger först en spik, sedan en brant stigning, följd av en avklingning. Den första avklingningen pågår över ca. 2 timmar, men sedan ser man en liten ökning efter 5-6 timmar. Detta sker efter både Fartyg L och Fartyg C.
- Turbiditetsökningen är störst för de två största motströms gående fartygen.

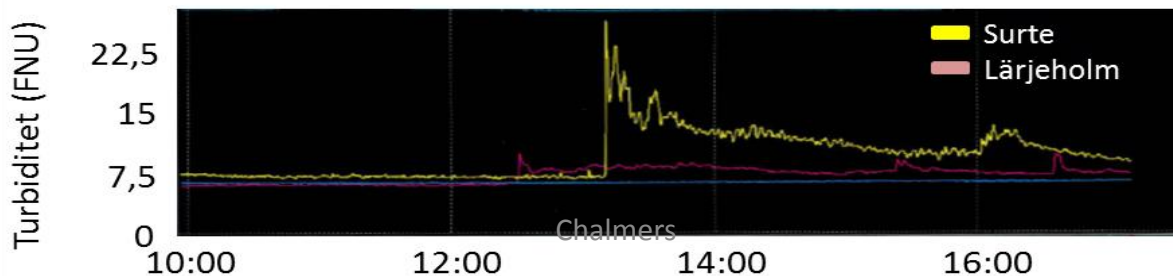
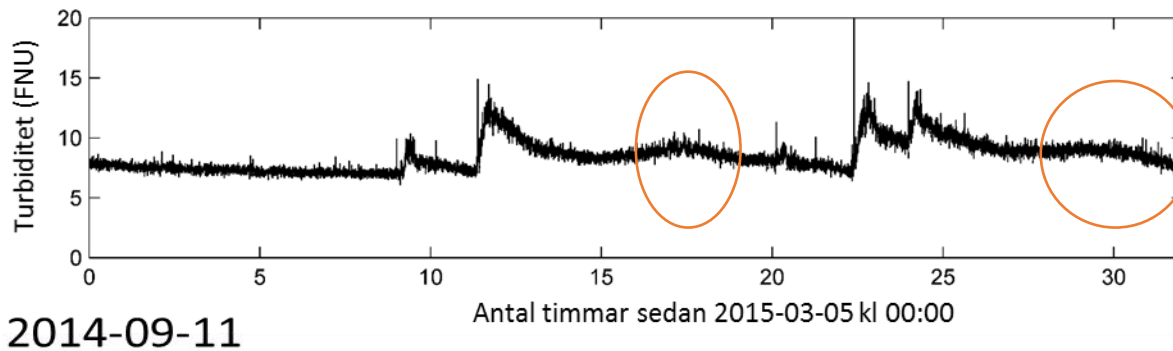
Vad orsakar turbiditetsökningen?

Det har diskuterats om den ökade turbiditeten efter fartygspassager har orsakats av bogvågens brytning längs älvstranden, eller av strömningen runt fartyget samt turbulensen i kölvattnet.

- Den relativt långsamma ökningen i turbiditet jämfört med den initiala spiken tyder på att sedimentet resuspenderas i fartygets bana och sedan diffunderar in till älvkanten.
- I en framtida studie bör man mäta turbulens, strömmar och turbiditet under och bakom fartygen.

Turbiditetshöjning efter 5h

- Kan orsakas av att fartygen uppströms passerar ett område där de skapar extra mycket turbiditet, som sedan transporteras med strömmen.
- Området borde ligga ca 6 km uppströms, ungefär i höjd med Surte. Där är älven lite trängre och kanske är förhållandena sådana att det genereras mycket turbiditet?



Rekommendationer

- Provtagningar, som inte syftar till att beskriva föroreningsinnehållet i den initiala uppgrumlingen vid fartygspassager, bör inte ske inom ca 15 minuter från fartygspassager.
- För masstransportberäkningar: Provtagningar bör ske slumpmässigt efter fartygspassage.
 - Om provtagningar utesluts under de timmar efter fartygspassager då föroreningshalterna kan vara förhöjda kan det ge betydande underskattningar av föroreningstransporten.
- För längre provtagningsserier bedöms inverkan av provtagningsdjup vara mindre.
 - Olika föroreningshalter på olika provtagningsdjup tycks framförallt uppstå första timmen efter fartygspassager.
- Tänkbara åtgärder för att ta in mindre föroreningar i intaget är ändrat intagsdjup eller stängning vid vissa fartygspassager.
- Anpassning av fartygens hastigheter efter storlek och last samt efter om fartyget går uppströms eller nedströms kan minska resuspensionen.
 - Överstora fartyg som färdas snabbt motströms bör vara av särskilt intresse.

Vidare studier

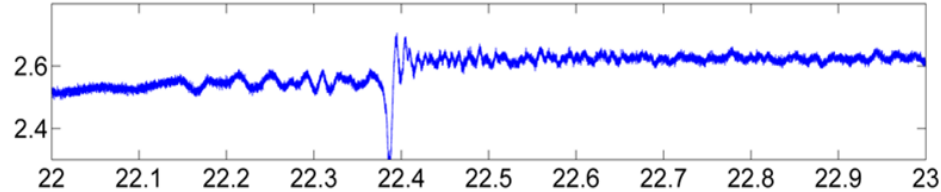
- Mätning av turbulens, strömmar och turbiditet under och bakom fartygen bör genomföras för att undersöka om bedömningen i denna studie att sedimentet resuspenderas i fartygets bana och sedan diffunderar in till älvkanten är generellt tillämpbar.
- Undersökning bör genomföras om vissa partier i älven ger upphov till olika mängder och föroreningsinnehåll i upprivet sediment som sedan transporteras ned förbi intaget.
- Bättre förståelse för hela sedimenttransporten i älven behövs. Hur stor andel av sedimenttransporten kommer från Vätern, ytavrinning eller till exempel bank- och bottenerosion och inte bara från fartygen?
- Materialet bör analyseras med avseende på storlek på partiklarna samt frekvens av partikelstorlek. Genom analyserna kan en bra korrelation mellan turbiditet och SSC tas fram samt ett bättre underlag för andelen finfraktion, organiskt material m.m. skapas. Detta skulle möjliggöra en bättre förståelse av turbiditeten i tvärsnittet.
- Utgör fartygstransporterna en triggande mekanism för bankerosion och skred?
- Hydrodynamisk modellering kan vara ett verktyg för att förutsäga flödesmönster, erosion och turbiditetsökning vid fartygspassager. Med en modell kan olika scenarier utvärderas och rekommendationer utfärdas utifrån resultaten.

Tack

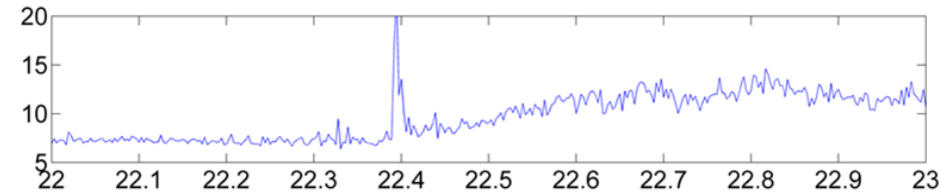
- Till alla medverkande i projektet samt finansiärer
- Studie genomförd i samarbete mellan Göta älvs vattenvårdsförbund, Göteborg Kretslopp och vatten, Länsstyrelsen Västra götaland län och Chalmers.
- Medförfattare: O. Bergstedt, I-M. Hassellöv, L. Arneborg, B. Liljebladh, T. Linders, E. Sokolova, J. Racionero

Fartyg N motströms

Tryck (dBar)



Turbiditet (FNU)

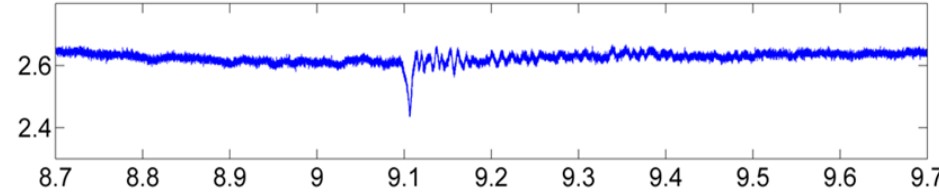


Antal timmar sedan 2015-03-05 kl 00:00

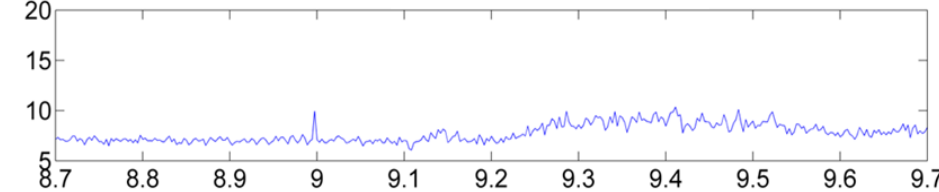
- Trycket, som ganska bra motsvarar vattenståndet över sensorn i meter, visar först en depressionsvåg som är ca 30 cm under initialvattenståndet. Efter ca 20 sek kommer en vågfront som är runt 40 cm hög, följt av några vågor med period 30-40 sek.
- Turbiditeten visar en spik som är fördröjd jämfört med vågdalen och har maxvärde ungefär samtidigt som första vågtoppen. Sedan sjunker den snabbt igen, och hela spiken finns kvar kortare tid än 1 minut. Sedan börjar en långsammare ökning som pågår över ca 20 minuter. Detta följs sedan av en avklingning som pågår runt 2 timmar.

Fartyg I medströms

Tryck (dBar)



Turbiditet (FNU)



Antal timmar sedan 2015-03-05 kl 00:00

- För Fartyg I är vågdalen bara hälften så stor som för Fartyg N, och det finns inga stora spikar i varken hastigheter eller turbiditet.
- Det finns en långsammare ökning av turbiditeten efter passagen på samma sätt som för Fartyg N.

Fartyg N och I

- Fartyg I fart över grund 8.2 kn medströms medan Fartyg N går med 6 kn motströms.
- Fartyg N rör sig med 3.7 m/s genom vattnet medan Fartyg I rör sig med 3.6 m/s. Skillnaden i hastighet är därför inte så stor.
- Fartyg N är större än Fartyg I och kan ta upp en större procentdel av tvärsnittsarean. Vi vet inte hur lastade de två fartygen är och känner därför inte djupgåendet. Vi kan därför inte säga precis hur stor skillnaden i tvärsnittsarea är, men det kan nog vara så att Fartyg I går utan last.