

# SEDIMENTERING

## LÆRERVEJLEDNING

Undervisningsmaterialet her er blevet udarbejdet til brug i en geovidenskabsklasse.

Hvis klassen tidligere har arbejdet med opdrift, kan man gå direkte til sedimentationsforsøgene beskrevet i denne vejledning "Sedimentering for gymnasiet". Har klassen derimod ikke beskæftiget sig med opdrift før, anbefales det at starte med den anden øvelse "Undersøgelse af opdrift", der findes i en separat vejledning.

Opdriftsforsøget kan udføres i 1. eller 2.g, når eleverne har stiftet bekendtskab med kraftbegrebet og Newtons 3. lov. Sedimentationsforsøgene i denne vejledning kan derimod inddrages helt op til 3.g A-niveau, alt efter hvordan man vælger at arbejde med eksempelvis udledningen af sedimentationsformlen.

*Denne lærervejledning indeholder*

- *Forslag til introduktion*
- *Elevers forudsætninger*
- *Lærers forarbejde*
- *Forventninger*
- *Ideer til videre arbejde*
- *Besvarelse af opgaver fra elev-vejledningen*

*Elevvejledningen indeholder*

- *Teoretisk introduktion*
- *Forsøgsvejledning*

### Forslag til introduktion

Der kan eventuelt lægges op til en indledningsvis undren ved at man laver et hurtigt demoforsøg med en slemmeprøve af en jordtype med partikler af alle kornstørrelser. En lukket beholder med vand og jord rystes, hvorefter den får lov at stå lidt. Her vil det være tydeligt, at når vandet med de opblandede partikler falder til ro, vil partiklerne sedimenteres alt efter deres størrelse.

### Elevernes forudsætninger:

Øvelsen kan være en god introduktion til mekanik. Overvejelserne, eleverne skal igennem i teoridelen, indeholder mange gode anvendelser af Newtons 1. lov. Teorien henvender sig til en klasse, der kender til tyngdekraften og sammensætning af kræfter.

Hvis eleverne skal kunne få fuldt udbytte af de teoretiske overvejelser, bør de mindst være i starten af 2.g. Hvis en 1.g-klasse skal arbejde med emnet, vil vi foreslå en mere induktiv tilgang.

### **Forarbejde:**

Der skal sies sand på forhånd. Evt. kan dette være en elevaktivitet. Da vi afprøvede forsøget på forhånd, havde vi problemer med at få reproducerbare resultater fordi sandskyen i vandet blev for diffus. Vi opdagede at dette problem forsvandt, hvis vi sørgede for at kornenes størrelse ikke kun var begrænset opadtil men også nedadtil. Dette sker af sig selv, hvis man bruger et sigte-sæt med mange lag.

Røret som sandet falder i skal være ret langt, det dur ikke med et almindeligt højt måleglas.

Forsøgene bliver mest interessant, hvis man er i stand til at skaffe granatsand (garnet sand), eller en anden type sand med høj densitet. Dette er relativt svært. Professionelle sandblæsningsfirmaer kan måske hjælpe, og ellers opdagede vi, at granatsand bliver brugt til såkaldt Water jet cutting.

### **Forventninger til resultater:**

Det er let at få resultater, der stemmer kvalitativt med de teoretiske forventninger, men man skal ikke forvente at få resultater, der egner sig til omfattende kvantitativ efterbehandling med regression. Vi gætter på at årsagen til dette er, at forudsætningerne for Stokes lov ikke helt er opfyldt (Reynolds tal og kugleform). Hvis man ønsker resultater egnede til kvantitativ efterbehandling, kan man evt. forsøge med en højviskositets væske såsom glycerol og derved presse Reynolds-tallet ned, men så drejer forsøget sig også væk fra det geofaglige formål.

Det viser sig at vandets temperatur har ret stor betydning for sedimenteringsresultaterne. Årsagen til dette ligger i, at vands viskositet varierer ret meget med temperaturen (hvorimod densiteten er stort set uændret).

### **Ideer til videre arbejde:**

Hvis man ønsker at arbejde videre med denne vinkel på mekanik, eller ønsker at supplere med et forsøg med en mere kvantitativ efterbehandling, foreslår vi at man supplerer med en undersøgelse af  $v^2$ -loven og det klassiske forsøg med muffinforme.

## **Besvarelse af opgaver:**

**Opgave 1)** Rindende vand vil lettere kunne føre små sandkorn og lettere materialer med sig før de aflejres. Rindende vand vil derfor medføre at tungere småsten og sandkorn aflejres "højt oppe af floden", hvorimod små sandkorn aflejres længere "nede af floden". Vandstrømningshastigheden spiller en væsentlig rolle på aflejringen, jf. opgave 3.

Dertil kommer, at aflejringen påvirkes af forskellige kræfter, jævnfør øvelsen. Der vil således være en del modstand fra bunden og siderne af vandløbet, samt fra vandet foran, der kan forstyrre billedet.

## **Opgave 2)**

- a) Diagrammet viser ved hvilke vandstrømningshastigheder sedimentpartikler eroderes, transporteres og aflejres i et vandløb alt efter deres kornstørrelse. "Erosion" skal i denne forbindelse forstås som at partiklerne hvirvles op fra bundmaterialet og transporteres nedstrøms. "Transport" er, at partiklerne transporteres med vandet ned ad vandløbet og "aflejring" betyder, at partiklerne lægger sig på bunden af vandløbet.

På diagrammet ses, at ved høje strømningshastigheder sker der erosion for alle partikelstørrelser vedkommende, dvs. hvis vandet strømmer tilstrækkeligt hurtigt, så vil alle sedimenter kunne føres videre ned ad vandløbet. I udgangspunkt gælder det, at des større en partikel er, des mere energi (og dermed des større strømningshastighed) skal der til, før den hvirvles op fra bunden. Dog ses det på diagrammet, at de mindste partikler også først eroderes ved høje strømningshastigheder. Dette skyldes, at ler- og siltpartikler ikke ligger som enkeltpartikler men klæber til de omkringliggende partikler og dermed er sværere at rive løs fra bundmaterialet i vandløbet.

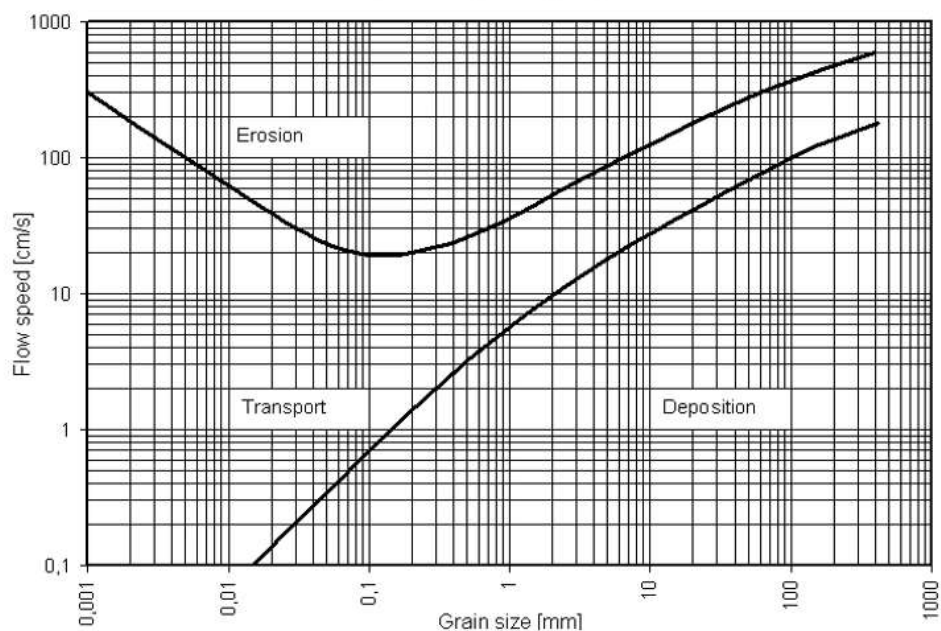
Med hensyn til transport viser diagrammet, at de største partikler kun transporteres ved et smalt spænd af strømningshastigheder. Det vil i praksis sige, at de vil have tendens til at blive trillet afsted langs bunden snarere end at blive helt opløftet og transporteret i de frie vandmasser. Modsat gælder det for de finere partikler, at de vil findes svævende i de frie vandmasser ved et bredt spænd af strømningshastigheder og selv ved de lave strømningshastigheder vil bibeholdes i transportfasen. Således skal vandet være helt stillestående, før de fineste partikler aflejres. For de øvrige partikelstørrelser gælder, at des mindre de er, des lavere skal strømningshastigheden være, før de aflejres.

- b) Groft sand med en partikelstørrelse på 2 mm i diameter vil eroderes ved strømningshastigheder på over 30 cm/s. Ved lidt lavere strømningshastighed vil sandkornene flyttes nedstrøms med vandet indtil strømningshastigheden bliver så lav, at de aflejres igen. Med hensyn til kornstørrelsen groft sand er det en forholdsvis lille sænkning af strømningshastigheden, der skal til, før det aflejres igen.

Diagrammet hedder et *Hjulströms diagram*, og det kan med lethed søges frem i en større detaljeringsgrad, hvis man ønsker det. Et eksempel kan ses her:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hjulströms\\_diagram\\_en.PNG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hjulströms_diagram_en.PNG)

## Erosion, transport og aflejring i et vandløb



Figur 1. Kilde: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hjulströms\\_diagram\\_en.PNG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hjulströms_diagram_en.PNG)

- c) Ler og silt er meget små partikler og dermed skal der ikke særlig stor kraftpåvirkning til at holde dem i bevægelse. De vil derfor først kunne aflejres ved meget lav strømningshastighed eller i stillestående vand.
- d) (1): Her har der været rindende vand med en stor strømningshastighed. (2): Her har der været stillestående vand.

### Opgave 3)

Sandsten dannes ved at sandpartikler, der har været transporteret af strømmende vand eller vind, aflejres og efterfølgende sammenkittes pga. det øgede tryk og den stigende temperatur, der opstår, når der er aflejret yderligere materiale ovenpå. Sandstenen bærer præg af det miljø, som partiklerne er aflejret i, idet vandets strømningshastighed eller vindstyrken har betydning for hvor tunge partikler, der aflejres. Hvis forholdene i aflejningsmiljøet ændrer sig, f.eks. ved at strømningshastigheden i vandet skifter fra høj til lav, så vil dette kunne komme til udtryk som lagforskelle i sandstenen med lag af hhv. grove og finere partikler. De forskellige lag vil afspejle forskelle i enten de aflejrede sandpartiklernes størrelse og dermed tyngde eller mineralsammensætning og dermed densitet og farve. Lag med forskellige farver kan desuden være resultat af ændringer i de kemiske forhold i det miljø, som partiklerne er sammenkittet i.