

Programområde:

Sötvatten

Undersökningstyp:

**Påväxt i rinnande vatten –
kiselalgsanalys**

Författare: Se avsnittet ”Författare och övriga kontaktpersoner”.

Bakgrund och syfte med undersökningstypen

Analys av påväxtsamhället i rinnande vatten syftar till att beskriva tillstånd och förändringar med avseende på artsammansättning, artantal och relativ förekomst av arter, särskilt indikatorarter. Denna undersökningstyp kan användas för att:

- bedöma allmän vattenkvalitet och olika typer av påverkan, t.ex. eutrofiering, organisk förorening och försurning
- kartlägga vattenkvaliteten i enskilda vattendrag eller i vattendragen i ett större område, t.ex. kommun eller län
- fastställa vilka lokaler som lämpar sig för mer detaljerade och långsiktiga undersökningar eller andra åtgärder
- lokalisera punktutsläpp
- ge underlag för jämförelser mellan lokaler i tid och rum

Undersökningstypen omfattar kiselalgsanalys samt uträkning av index och lämpar sig väl för att följa upp de nationella miljömålen ”Levande sjöar och vattendrag”, ”Bara naturlig försurning”, ”Ingen övergödning”, ”Biologisk mångfald” samt för att övervaka skyddad natur.

Samordning

För att sänka provtagningskostnaderna kan man samordna undersökningen med annan provtagning i rinnande vatten, t.ex. vattenkemi, bottenfauna, elfiske.

Strategi

Rapporten behandlar kiselalger, vilka ingår i algfraktionen av påväxtsamhället. Påväxtalger spelar en viktig roll som primärproducenter, särskilt i rinnande vatten, och kiselalger är ofta den dominerade gruppen inom påväxtalgerna.

Påväxtsamhället definieras som:

alla organismer inom grupperna alger, bakterier, svampar och mikroskopiska djur, som sitter

*Handledning för miljöövervakning
Undersökningstyp*

fast på eller lever i direkt anslutning till olika typer av substrat (stenar, makrofyter etc.) i vattnet (jfr Wetzel 1983).

Påväxtsamhället har många egenskaper som gör det lämpligt att använda i vattenkvalitetsundersökningar (Stevenson et al. 1996):

- Påväxtorganismerna är huvudsakligen primärproducenter och upptar en nyckelposition i det akvatiska ekosystemet mellan kemisk-fysikaliska respektive biologiska komponenter i näringsväven. De är en viktig länk i ekosystemet, med direkt inverkan på övriga organismer i näringskedjan.
- Organismerna är fastsittande och kan inte fly undan ogynnsamma förändringar i miljön. De måste antingen anpassa sig till de nya förhållandena eller försvinna.
- Påväxtalgsamhället är vanligtvis artrikt i förhållande till andra organismsamhällen. Några få kvadratcentimeter substrat kan innehålla över 100 arter. Varje art har sitt toleransoptimum och preferensspektrum och tillsammans ger de därför mycket information om den miljö de lever i.
- Representativa påväxtalgsprov kan insamlas från små ytor och insamlingen stör därigenom inte ekosystemet.
- Proven är enkla att handskas med och kräver liten plats för förvaring, vilket förenklar arkivering. Kiselalger kan förvaras som permanenta preparat, vilka direkt kan analyseras.

I rinnande vatten kan vissa miljöfaktorer uppvisa stora fluktuationer, vilket inverkar på bl.a. de kemiska förhållandena. Låg respektive hög vattenföring kan ge en koncentrerings- eller utspädningseffekt och tillfälliga utsläpp från t.ex. industrier, reningsverk eller jordbruk kan förekomma. Dyliga växlingar i miljöförhållandena kan göra det svårt att få en korrekt bild av tillståndet i det rinnande vattnet med enbart fysikaliska och kemiska undersökningar, eftersom dessa endast ger en ögonblicksbild av tillståndet vid tidpunkten för provtagningen. En analys av påväxt/kiselalgsamhället återspeglar däremot förhållandena i vattendraget under en längre period (Iserentant and Blancke 1996; Rimet et al. 2005), upp till ett år (Kahlert & Andrén 2005), före provtagningen. Samtidigt reagerar organismerna så pass snabbt på förändringar att t.ex. punktutsläpp kan spåras redan efter någon dag (Lowe & Pan 1996; Eloranta 1999; Hirst et al. 2004). Basnivån i denna undersökningstyp omfattar analys av kiselalger och uträkning av index. Kiselalger används allmänt för att bedöma vattenkvalitet i Europa, liksom i många andra länder såsom USA, Australien, Japan och Brasilien. I Hering et al. (2006) rekommenderas kiselalger som bioindikator i de flesta typer av europeiska vattendrag. Metoden baseras på det faktum att alla kiselalger har optima med avseende på tolerans eller preferens för olika miljöförhållanden (näringsrikedom, organisk förorening, surhet m.m.). Vid regelbundna europeiska möten ("Use of Algae for Monitoring Rivers" Düsseldorf 1991, Innsbruck 1995, Douai 1997, Durham 2000, Krakow 2003, Balatonfüred 2006, Luxemburg 2009) diskuteras och harmoniseras provtagnings-, analys- och utvärderingsmetoder (jfr Kelly et al. 1998; SIS 2003; SIS 2005).

Kiselalger finns i nästan alla rinnande vatten och deras taxonomi och autekologi är väl dokumenterad. Användningen i övervakningssituationer kan ses inte bara som ett komplement eller alternativ till andra metoder, utan ibland som den enda genomförbara biologiska undersökningen, när andra lämpliga organismer saknas (Dell'Uomo 1996). Prygiel och Coste (1996) fann att föroreningsindex baserade på kiselalgsammansättningen var bättre lämpade att spegla påverkan av näringsämnen än andra biologiska index.

Kompletterande undersökningar

Undersökningar av fysikaliska och kemiska variabler kan stödja vattenkvalitetsbedömningen gjord utifrån kiselalgerna. En kompletterande översiktlig analys av samtliga organismgrupper i påväxtsamhället (Jarlman et al. 1996) kan underlätta att skilja ut vissa biologiska effekter, eftersom indikatorarter/grupper även finns i andra delar av påväxtsamhället:

- Höga halter av näringsämnen gynnar generellt sett förekomsten av blågrönalger, ögonalger och kockala grönalger.
- Organisk förorening medför bl.a. att mängderna bakterier (utom järnbakterier), färglösa flagellater och ciliater ökar.
- Vid höga humushalter reduceras dels antalet arter och dels mängderna i påväxtsamhället, samtidigt som bakterietillväxten gynnas. Vissa arter/släkten/grupper inom bl.a. ögonalger och konjugater är toleranta mot humus.
- Försurning kan spåras i minskat artantal samt en förskjutning i artsammansättning och mängder mot färre försurningskänsliga och fler försurningstoleranta arter.
- Om ett vattendrag är påverkat av miljögifter blir påväxtsamhället artfattigt samt dominerat av organismer med mycket stor tolerans för olika miljöförhållanden.
- Förhöjda salthalter konstateras genom en ökad förekomst av arter som tolererar hög konduktivitet samt förekomst av brack-/saltvattensformer av kiselalger.

Statistiska aspekter

Långa tidsserier (vanligtvis minst fem år) och/eller täta provtagningar ökar möjligheten att statistiskt belägga små förändringar i vattenkvaliteten. Stora förändringar kan emellertid upptäckas genom två provtagningar. Om provtagningspunkter kan läggas på likartade lokaler både uppströms och nedströms en utsläppskälla ökar möjligheten att belägga även mindre förändringar i miljöförhållandena.

För att välja lämplig statistisk bearbetning rekommenderas den handledning i [Dataanalys och hypotesprövning för statistikanvändare](http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Miljoovervakning/Handledning-for-miljoovervakning/Utformning-av-program-och-statistik/), som finns under miljöövervakning på Naturvårdsverkets webbplats (<http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Miljoovervakning/Handledning-for-miljoovervakning/Utformning-av-program-och-statistik/>).

Plats/stationsval

Antalet provtagningsstationer fastläggs utifrån målsättningen med undersökningen. Minst en opåverkad referensstation bör ingå. Lokalerna väljs om möjligt så att de är lättillgängliga. Provtagningsstationerna bör helst läggas i partier med strömmande vatten. Härigenom får man en kontinuerlig transport av nytt vatten förbi organismerna, vilket förhindrar att en lokal kemisk miljö utvecklas runt påväxtsamhället. Dessutom minimeras sedimentationen av organismer och partiklar, d.v.s. man finner i huvudsak organismer som verkligen växer på platsen. Helst ska stenar av lämplig storlek (ca 10-25 cm) finnas på lokalen.

I långsamt flytande vattendrag kan påväxtalger vara den enda praktiskt användbara biologiska indikatorn. För att undvika sedimentationsproblem kan prov då insamlas från vertikala ytor.

Mätprogram

Variabler

Artbestämning och räkning av minst 400 kiselalgsskal.

Område	Företeelse	Determinand (Mätvariabel)	Enhet	Prioritet (1 högst)	Frekvens och tid- punkter	Referens till metod
Vattendrag, Provtagnings- station (koordinater)	Kiselalger, lista över arter	Antal skal		1	minst 1 gång/år	denna under- sökningstyp
	Påväxtalger	Täckningsgrad (3-gradig skala) ¹				
	Substrattyp	Sten, växtart o.s.v.				
	Samt tillämpliga data enligt "Lokalbeskrivningen"					

¹ 1 = <5 %; 2 = 5-50 %; 3 = >50 %

Frekvens och tidpunkter

Provtagningsfrekvensen och tidpunkten för provtagning är beroende av syftet med undersökningen. För tidsserieövervakning av vattenkvalitet räcker i allmänhet ett provtagningstillfälle per år, under den period då påväxtsamhället är maximalt utvecklat, d.v.s. på sensommaren/hösten innan nedbrytningen av vegetationen börjar. Provtagning under eller kort tid efter kraftigt högvatten bör undvikas, eftersom påväxten då kan ha rivits loss. Minst fyra veckor bör ha förflutit efter dylika episoder, för att organismsamhället ska kunna anses ha stabiliserat sig.

Om man vill skapa tidsserier bör prov insamlas varje år, eftersom mellanårsvariationerna kan vara stora och en glesare provtagning förlänger den tid det tar att upptäcka en faktisk förändring. Vid periodiska utsläpp, t.ex. från jordbruk, läggs provtagningen i anslutning till dessa.

För bedömning av punktutsläpp med s.k. uppströms-nedströmsundersökning kan prov tas i stort sett när som helst under året. Vill man belägga årstidsvariationer i påväxtsamhället tas prov vid flera tillfällen under året; antal och tidpunkt bestäms av målsättningen med undersökningen och av naturgeografiska förhållanden.

Provtagningsmetodik

Prov tas från en ca 10 m lång provtagningssträcka, som är representativ för lokalen när det gäller bottensubstrat, vegetation, vattendjup och vattenhastighet. Provtagningssträckan omfattar helst hela vattendragets bredd; annars så långt ut i vattendraget som är möjligt, beroende på djup- och strömförhållanden. Området närmast strandkanten undviks dock. Vid återkommande provtagningar i ett vattendrag används fasta provtagningssträckor. Läget anges med x/y-koordinater med hjälp av GPS, samt relateras till fixpunkter på land och dokumenteras med skiss och foto.

Version 3:1: 2009-03-13

Påväxten ska helst tas från stenar utan trådformiga alger/mossa och stenarna ska ha befunnit sig under vatten i minst fyra veckor före provtagningen. Områden med låg strömshastighet eller kraftig skuggning bör undvikas, utom när de är karakteristiska för provtagningslokalen.

För att få ett representativt prov av kiselalgssamhället används minst fem stenar, som är tillräckligt stora för att inte flyttas under normala strömförhållanden. Ca 10-25 cm i diameter brukar vara lämpligt – större kan vara svåra att hantera. På näringsfattiga lokaler samt när endast små stenar förekommer, bör antalet stenar ökas till minst tio. Stenarna skall väljas så att den övre ytan inte är täckt av andra stenar. Stenarna lyfts från botten och sköljs försiktigt så att löst sedimenterat material fås bort. Därefter borstas den övre ytan av stenarna med ny/väl rengjord tandborste och materialet sköljs ner i en plastvanna eller liknande. Tag ungefär 200-500 ml åvatten i ett litermått; mängden är beroende av vilken storlek på burk som används. Om åvattnet är klart kan det användas direkt; om det är grumligt bör det filtreras genom ett planktonnät (helst 10 µm). Observera att nätet måste rengöras noggrant mellan provtagningslokalerna. Håll stenen över vannan, borsta den övre ytan och skölj ner materialet i vannan med små mängder av vattnet. Borstningen och sköljningen upprepas åtminstone tre gånger på varje sten. När alla stenarna borstats ska vattnet i vannan vara tydligt grumligt.

Saknas stenar på lokalen, eller om samtliga stenar är täckta av trådformiga alger eller mossor, kan prov tas från vattenväxter. Delar av levande vattenväxter plockas/klippas av och läggs i en burk med 200-500 ml vatten. Det är viktigt att inte använda vattenväxter som håller på att brytas ner, och inte heller enbart nya skott, där algsamhället inte har hunnit utvecklas. Burken skakas kraftigt, varefter växtmaterialet kramas ur och avlägsnas.

Sand, lera eller mjukbottenmaterial samt trä/pinnar bör undvikas som substrat. Substrattyp och antal borstade stenar ska anges på fältprotokollet. Materialet blandas noggrant och hålls i två 100-250 ml burkar. Om levande material ska analyseras fylls även en liten burk på ca 20 ml. Låt de stora burkarna stå tills materialet sjunkit ordentligt (helst ett par timmar) och dekantera därefter av ca 2/3 av vätskan och ersätt med 96 % etanol. (Om burkarna förvaras mörkt och kallt, t.ex. i kylväska med frysklampor, kan fixeringen göras vid provtagningsdagens slut.) Den ena burken skickas till den som skall analysera provet och den andra sparas, om något skulle hända med försändelsen. Den lilla burken förvaras mörkt och svalt och skickas ofixerad, senast dagen efter provtagningen, till experten för analys av levande material. Andra möjliga fixeringsmedel, t.ex. Lugols lösning eller ca 2 %-ig formalinlösning, finns angivna i SIS 2003.

Om det finns stora mängder synlig påväxt på provtagningslokalen tas ett prov och läggs i en liten burk, plastpåse e. dyl. med åvatten. Täckningsgraden anges på fältprotokollet. Om bakteriepåväxt finns (gråvita/beiga tofsar), även i mindre mängd, tas ett separat prov av denna och förekomsten måste noteras i fältprotokollet. Proven förvaras mörkt och svalt och skickas så fort som möjligt till den som skall analysera dem.

Utrustningslista

I Bilaga 1 anges lämplig utrustning för insamling av påväxtprov.

Analysmetodik

Kiselalgsalkalen rengörs genom att påväxtmaterialet kokas med väteperoxid och tvättas genom centrifugering med destillerat vatten (se Bilaga 2). Andra metoder anges i SIS 2003. Därefter inbäddas kiselalgsalkalen i Naphrax (www.brunelmicroscopes.co.uk), Hyrax eller liknande, med brytningsindex >1,6.

*Handledning för miljöövervakning
Undersökningstyp*

Artbestämning och räkning av kiselalgsskal (≥ 400 st) görs i ljusmikroskop i minst $1000\times$ förstoring med oljeimmersionsobjektiv. Mikroskopet ska vara utrustat med åtminstone faskontrast och helst interferenskontrast. För svenska förhållanden rekommenderas:

- räkning av varje skal för sig (d.v.s. en kiselalg = två skal)
- att endast hela skal räknas

I den svenska kiselalgsmetoden behandlas tills vidare huvudarten *Achnanthes minutissima* AMIN (*Achnantheidium minutissimum*) och dess varieteter (enligt Tafel 32-34 i *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/4*, Krammer & Lange-Bertalot, 1991) tillsammans. Skalbredden mäts för 10-20 individer och ett medelvärde beräknas. Detta medelvärde används för att ange vilken av tre olika grupper, som alla räknade AMIN-skal i provet ska tillhöra: AMI1 (medelbredd $< 2,2 \mu\text{m}$), AMI2 (medelbredd $2,2-2,8 \mu\text{m}$) och AMI3 (medelbredd $> 2,8 \mu\text{m}$). AMI1 brukar förekomma i oligotrofa vatten på högre höjder, AMI3 finns i eutrofa och förorenade vatten, medan AMI2 förekommer i övriga vatten. Det framräknade medelvärdet för AMIN-bredden ska anges för varje provtagningspunkt, t.ex. på artlistan.

För närmare beskrivning av själva räkningsproceduren hänvisas till SIS 2005.

En artlista med auktorsnamn (i separat fält eller kolumn) samt antal räknade skal per art upprättas (de vanligare arterna i Sverige finns angivna i Bilaga 4, som finns på Naturvårdsverkets webbplats) och använd bestämningssliteratur anges (aktuell lista finns i Bilaga 3. Räknas arter/taxa som ej finns med i den nationella artlistan rapporteras detta till datavärden (se nedan), tillsammans med mikroskopfoto, för den årliga uppdateringen av artlistan.

Lämplig utrustning för laboratorieanalys finns angiven i Bilaga 1.

Tillvaratagande av prov

Lagring av fixerat påväxtprov sker i minst ett år efter rapportering, antingen hos uppdragsgivaren eller hos den som utfört undersökningen. Kiselalgspreparat arkiveras hos den som utfört undersökningen. Om även de rengjorda kiselalgsskalen (fixerade med t.ex. etanol) sparas, kan vid behov ytterligare preparat framställas.

Fältprotokoll

Ett fältprotokoll enligt undersökningstyp ”Lokalbeskrivning” fylls i för varje provtagningslokal.

Under ”övrigt” anges:

- från vilket/vilka substrat prov av påväxtsamhället tagits (sten, växt eller annat)
- hur många stenar som borstats
- hur mycket av påväxten som är synlig med blotta ögat. Detta bör uttryckas i form av täckningsgrad (3-gradig skala), d.v.s. hur stor andel av bottenytan som är täckt:

1	=	< 5 %	av observerad bottenyta
2	=	5-50 %	”
3	=	> 50 %	”

Kvalitetssäkring

Provtagning ska utföras av person som omfattas av ackreditering för eller har dokumenterad kunskap om provtagningsteknik för påväxt.

Laboratorieanalys och utvärdering av resultat ska utföras vid laboratorium som är ackrediterat för påväxtanalyser och som deltar i förekommande svenska/skandinaviska interkalibreringar.

De vanligt förekommande kiselalgsarterna i Sverige finns i en separat bilaga, Bilaga 4.

Bestämningslitteratur för kiselalger, indelad i nödvändig och rekommenderad litteratur samt speciallitteratur, finns i Bilaga 3:

Minst ett kiselalgspreparat sparas i en preparatsamling hos utföraren och kan därigenom vid behov användas för framtida kontroll eller kompletterande analys.

Databehandling, datavärd

Lagring av data sker i separata databaser hos respektive utförare och hos datavärd. Nationell datavärd är Institutionen för vatten och miljö, SLU, kontakt: Lars Sonesten (lars.sonesten@vatten.slu.se).

Rapportering, utvärdering

De parametrar som ska klassificeras för kvalitetsfaktorn kiselalger är de två indexen IPS och ACID. IPS visar påverkan av näringsämnen och lättnedbrytbar organisk förorening och ACID visar surheten. Även stödparameterna %PT (indikerar lättnedbrytbar organisk förorening) och TDI (indikerar näringsrikedom) kan användas för en säkrare klassificering, framför allt när IPS-indexet ligger nära en klassgräns. Surhetsindexet ACID ger ingen statusklass, d.v.s. skiljer inte på vad som är naturligt respektive antropogent försurat, utan grupperar endast vattendragen i pH-regimer (surhetsklasser). IPS och ACID fungerar i hela Sverige och referensvärde och klassgränser är desamma för hela landet.

IPS (Indice de Polluo-sensibilité Spécifique, Coste i Cemagref 1982) är utvecklat för att visa påverkan av näringsämnen och lättnedbrytbar organisk förorening i ett vattendrag. Indexet bygger på alla noterade kiselalgsarter. IPS beräknas med hjälp av formeln (jfr Zelinka & Marvan 1961):

$$\Sigma A_j S_j V_j / \Sigma A_j V_j$$

där A_j är den relativa abundansen i procent av taxon j , V_j är indikatorvärdet hos taxon j (1-3, där ett högt värde betyder att ett taxon endast tål begränsade ekologiska variationer, d.v.s. är en stark indikator) och S_j är föroreningskänsligheten hos taxon j (1-5, där ett högt värde visar en hög föroreningskänslighet). Resultat erhållna enligt formeln ovan räknas om till skalan 1-20 (enligt $4,75 * \text{ursprungligt indexvärde} - 3,75$), där 20 är värdet för bästa vattenkvalitet.

Som komplement till IPS-indexet föreslås beräkning av TDI, Trophic Diatom Index, och %PT, Pollution Tolerant valves (Kelly 1998) – en klassificering av kiselalger utifrån deras tolerans mot näringsrikedom respektive lättnedbrytbar organisk förorening. TDI enligt Kelly (1998) beräknas på samma sätt som IPS. Skillnaden är att känslighetsvärdet anger känsligheten mot näringsrikedom, och att låga värden visar en hög känslighet. %PT är summan av andelen kiselalger som är klassificerade som toleranta mot lättnedbrytbar

organisk förorening enligt Kelly (1998). Observera att Sverige använder TDI-versionen från 1998 och inte den reviderade versionen, vilken inte passar lika bra för svenska förhållanden. TDI och %PT har visat sig vara användbara för att skilja mellan mera påverkade svenska vatten. Vattendragen delas in i vattenkvalitetsklasser med hjälp av IPS, men vid gränsfall kan TDI och %PT användas för att förtydliga resultaten.

Surhetsindexet ACID – ACidity Index for Diatoms (Andrén & Jarlman 2008) beräknas för att klassa vattendragets surhet:

$$\text{ACID} = [\log((\text{ADMI}/\text{EUNO})+0,003)+2,5] + [\log((\text{circumneutrala}+\text{alkalifila}+\text{alkalibionta})/(\text{acidobionta}+\text{acidofila})+0,003)+2,5]$$

*En täljare eller nämnare = 0 ersätts med 1, när relativa abundansen uttrycks som procent. I Omnidia anges den relativa abundansen av van Dams grupper i promille, varvid 0 ersätts med 10.

Den första delen av indexet baseras på kvoten mellan den relativa abundansen av artkomplexet *Achanthidium minutissimum* (ADMI) och släktet *Eunotia* (EUNO). Den andra delen av indexet tar hänsyn till alla kiselalger i provet och baseras på följande indelning (enligt van Dam et al. 1994):

acidobiont	huvudsakligen förekommande vid pH < 5,5
acidofil	huvudsakligen förekommande vid pH < 7
circumneutral	huvudsakligen förekommande vid pH-värden omkring 7
alkalifil	huvudsakligen förekommande vid pH > 7
alkalibiont	endast förekommande vid pH > 7

För beräkningen av IPS, TDI, %PT, andelarna av de olika surhetsgrupperna och andra kiselalgsindex/-klassificeringar rekommenderas mjukvaran OMNIDIA (Lecoite et al. 1993, http://perso.club-internet.fr/clci/tour_guide.htm). Beräkningen av ACID kan göras i en excelfil, där förekomsten av 0 i ekvationen kontrolleras speciellt. Ett svenskt nationellt webbaserat verktyg för beräkning av svenska index förväntas bli klart under 2009.

Artsammansättningen, antalet räknade kiselalgsarter, diversiteten samt de omvärldsfaktorer som angetts på fältprotokollet beaktas i kommentarer till tillståndsbedömningen.

Resultaten utvärderas enligt Naturvårdsverkets senaste utgåva av Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag, för närvarande 2007:4, bilaga A, och redovisas i tabellform eller text. De kan också åskådliggöras i form av en färgkarta över tillståndet i ett vattendrag eller i ett större område.

Kostnadsuppskattning

Provtagningskostnaderna (arvode, reseersättning och traktamente) är avhängiga av undersökningens uppläggning. Påväxtprovtagningen bör, om möjligt, samordnas med t.ex. vattenprovtagning. Provtagningen tar ca 0,5 timme per station.

Framställning av kiselalgspreparat, kiselalgsanalys, utvärdering med hjälp av index samt kortfattad rapportering tar ca 4-8 timmar.

Kostnader för utförligare rapportering eller sammanställning av data samt för eventuell fotografering tillkommer.

Övrigt

Utvecklingsprojekt pågår, med syftena att föreslå försurningsindexbedömningar samt att verifiera ovan angivna kiselalgsindex även för svenska sjöar.

Författare och övriga kontaktpersoner

Programområdesansvarig, Naturvårdsverket:

Ulrika Stensdotter Blomberg

Miljöövervakningsenheten

Naturvårdsverket

106 48 Stockholm

Tel: 08-698 15 59

E-post: ulrika.stensdotter@naturvardsverket.se

Författare och experter:

Amelie Jarlman

Jarlman Konsult AB

Stora Tvärgatan 33

223 52 Lund

Tel: 046-14 20 39

E-post: amelie@jarlman.se

Maria Kahlert

Institutionen för Vatten och miljö

SLU

Box 7050

750 07 Uppsala

Tel: 018-67 31 45

E-post: maria.kahlert@vatten.slu.se

Referenser

1. Andrén, C. & Jarlman, A. 2008. Benthic diatoms as indicators of acidity in streams. *Fundamental and Applied Limnology* 173(3): 237-253.
2. Cemagref. 1982. Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux., Rapport Division Qualité des Eaux Lyon-Agence Financière de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse: 218 p.
3. Dell'Uomo, A. 1996. Assessment of water quality of an Apennine river as a pilot study for diatom-based monitoring of Italian watercourses. *In: Use of algae for monitoring rivers II.* B. A. Whitton and E. Rott (eds.). Innsbruck, Institut für Botanik, Univ. Innsbruck: 65-72.

4. Eloranta, P. 1999. Applications of diatom indices in Finnish rivers. *In: Use of Algae in Monitoring Rivers III*. J. Prygiel, B.A. Whitton, and J Bukowska (eds.). Douai, Agence de l'Eau Artois-Picardie: 138-144.
5. Hering, D., Johnson, R. K. & Buffagni, A. 2006. Linking organism groups – major results and conclusions from the STAR project. *Hydrobiologia* 566:109-113.
6. Hirst, H., Chaud, F., Delabrie, C., Juttner, I. & Ormerod, S. J. 2004. Assessing the shortterm response of stream diatoms to acidity using inter-basin transplantations and chemical diffusing substrates. *Freshw. Biol.* 49: 1072-1088.
7. Iserentant, R. & Blancke, D. 1996. A transplantation experiment in running water to measure the response rate of diatoms to changes in water quality. *In: M. Ricard (ed), Proceedings of the 8th Diatom symposium, Koeltz Scientific Books, Königstein, pp. 347-354.*
8. Jarlman, A., Lindström, E.A., Eloranta, P. & Bengtsson, R. 1996. Nordic standard for assessment of environmental quality in running water. *In: Use of algae for monitoring rivers II*, B. A. Whitton & E. Rott (eds), Institut für Botanik, Univ. Innsbruck: 17-28.
9. Kahlert, M. & Andrén, C. M. 2005. Benthic diatoms as valuable indicators of acidity. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29: 635-639.
10. Kelly, M.G. 1998. Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers. *Water Research* 32: 236-242.
11. Kelly M.G., Cazaubon A., Coring E., Dell'Uomo A., Ector L., Goldsmith B., Guasch H., Hürlimann J., Jarlman A., Kawecka B., Kwandrans J., Laugaste R., Lindström E-A., Leitao M., Marvan P., Padisák J., Pipp E., Prygiel J., Rott E., Sabater S., van Dam H. & Vizinet J. 1998. Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *Journal of Applied Phycology* 10:215-224.
12. Lecointe, C., Coste, M. & Prygiel, J. 1993. "Omnidia": software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269/270; 509-513.
13. Lowe, R. L. & Pan, Y. 1996. Benthic algal communities as biological monitors. *In: Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*. R. J. Stevenson, M. L. Bothwell and R. L. Lowe (eds). San Diego, Academic Press: 705-740.
14. Naturvårdsverket. 2007. Bilaga A: Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. I: Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon : en handbok om hur kvalitetskrav i ytvattenförekomster kan bestämmas och följas upp. Handbok / Naturvårdsverket 2007:4.
<http://www.naturvardsverket.se/sv/Nedre-meny/Webbokhandeln/ISBN/0100/978-91-620-0147-6/>
15. Prygiel, J. & Coste, M. 1996. Recent trends in monitoring French rivers using algae, especially diatoms. *In: Use of algae for monitoring rivers II*. B. A. Whitton and E. Rott (eds.). Innsbruck, Institut für Botanik, Univ. Innsbruck: 87-96.
16. Prygiel, J., Coste, M. & Bukowska, J. 1999. Review of the major diatom-based techniques for the quality assessment of rivers - State of the art in Europe. *In: "Use of algae for monitoring rivers III"*. J. Prygiel, B. A. Whitton & J. Bukowska (eds). Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai.
17. Rimet, F., Cauchie, H. M., Hoffmann, L., et al. 2005. Response of diatom indices to simulated water quality improvements in a river. *J. Appl. Phycol.* 17: 119–128.

Version 3:1: 2009-03-13

18. SIS. 2003. SS-EN 13946. Water quality. Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers (= Vattenundersökningar. Vägledning för provtagning och förbehandling av bentiska kiselalger i vattendrag).
19. SIS. 2005. SS-EN 14407. Water quality. Guidance standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from running waters (= Vattenundersökningar. Vägledning för identifiering och utvärdering av prover av bentiska kiselalger från vattendrag).
20. Stevenson, R. J., Bothwell, M. L. & Lowe, R. L. (eds). 1996. Algal ecology : freshwater benthic ecosystems. Academic Press, London. 753 pp.
21. van Dam, H., Mertens, A. & Sinkeldam, J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands journal of aquatic ecology* 28(1): 117-133.
22. Wetzel, R. (ed.). 1983. Periphyton of freshwater ecosystems. Proceedings of the First International Workshop held in Växjö, Sweden 14-17 September 1982. Dr W. Junk Publishers, Haag. 346 p.
23. Zelinka, M. & Marvan, P. 1961. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewässer. *Archiv Hydrobiol.* 57: 389-407.

En aktuell lista över bestämmingslitteratur för kiselalger, indelad i nödvändig och rekommenderad litteratur samt speciallitteratur, finns i Bilaga 3.

Uppdateringar, versionshantering

Version 2:1, 2000-05-12.

Version 2:2, 2005-07-19. Ändring av antal räknade skal samt flera andra ändringar.

Version 3:1, 2009-03-09. Tillägg av surhetsindex ACID och stödparametrar TDI och %PT. Förtydligande av provtagningen, inklusive ändring från rekommenderad formalinfixering till etanolfixering. Uppdatering av litteraturlistan. Flera mindre textändringar.

Bilaga 1. Utrustningslista

Utrustning och praktiska råd för insamling av påväxtprov

Tandborstar/kniv/pincett etc. att användas vid insamlingen av påväxtorganismer.

Vit plastvanna att användas vid insamling av prov, samt vid sortering av makroskopiskt algmaterial.

Provburkar, som är helt täta och lämpar sig för lagring. Lämplig storlek är ca 20 ml för de makroskopiska påväxtenheterna och för eventuellt prov för analys av levande påväxtmaterial, samt ca 100-250 ml för fixerade prov av mikrosamhället.

Märktape eller vattenbeständigt **märkpapper** att lägga i provburken. OBS: alla burkar märks med datum, provtagningslokal och nr/beteckning.

96 % etanol används för fixering av påväxtmaterialet (spädes till ca 70 % koncentration i provet, d.v.s. man tillsätter ca 2/3 av burkens volym). Eventuellt kan fixeringen göras med Lugols lösning eller formalin.

Vattenkikare gör det lättare att se vad som växer på lokalen, att värdera täckningsgrad samt att klassa substrattyp och -storlek.

Räfsa, håv eller dylikt underlättar insamlingen när vattenföringen är hög.

Vadarstövlar/byxor och regnkläder

Flytväst och **livlina** eller annan säkerhetsutrustning.

Kamera/videokamera för att dokumentera dels själva provtagningslokalen och dels makroskopiskt synlig påväxt.

GPS för att ange x/y-koordinater för provtagningspunkten.

Bärbar kylväska med **frysklampar** för förvaring av prov före fixering samt för transport av levande påväxtmaterial till laboratoriet.

Utrustning för laboratorieanalys

Dragskåp eller motsvarande

Väteperoxid (40 %)

Saltsyra (HCl)

Bordscentrifug (ca 3500 varv/min) och centrifugrör

Destillerat vatten

Naphrax/Hyrax

Stereomikroskop

Ljuskikroskop utrustat med följande objektiv: 10×, 40× och 100× oljeimmersion med fas- eller interferenskontrast samt ett mätokular (10-15×) med kalibrerad skala. Vidare rekommenderas 4× och 20-25× objektiv. Det är en fördel om mikroskopet är utrustat med kamera.

Objektglas

Täckglas

Immersionsolja

Pincett

Pasteurpipetter eller motsvarande

Bestämningslitteratur (se Bilaga 3)

Protokoll för räkning av kiselalgsskal

Bilaga 2. Framställning av kiselalgspreparat

1. Levande (ofixerat) alternativt etanolfixerat påväxtprov används.
2. Ett par ml påväxtmaterial överförs till ett centrifugrör (ca 15 ml).
3. Materialet centrifugeras (ca 3500 varv/minut; ca 10-15 min per centrifugering) och vätskan hålls av. Om materialet fixerats med något annat än etanol, tvättas det med destillerat vatten genom centrifugering ett par ggr.
4. Väteperoxid (40 %) tillsätts (små mängder i taget, för att undvika alltför häftig reaktion) och rören ställs i värmeskåp (ca 60-70 °C) över natten.
5. Om provet är färgat av järnförekomst kan ett par droppar HCl tillsättas, efter att röret tagits ut ur värmeskåpet.
6. Efter att proven svalnat tvättas materialet minst 3 ggr med destillerat vatten (enligt ovan).
7. Det rengjorda kiselalgs materialet spädes med destillerat vatten till lämplig koncentration.
8. Kiselalgs materialet droppas på täckglas och får torka.
9. Inbäddning sker i Naphrax eller liknande.
10. Preparaten etiketteras och förvaras i objektglasboxar.
11. De rengjorda kiselalggsskalen kan sparas i etanol.

För alternativa metoder för preparatframställning, se SIS 2003.

Bilaga 3. Bestämningslitteratur för kiselalger, Bacillariophyceae

Nödvändig litteratur:

1. Alles, E., Nörpel-Schempp, M & Lange-Bertalot, H. 1991. Zur Systematik und Ökologie charakteristischer Eunotia-Arten (Bacillariophyceae) in elektrolytarmen Bachoberläufen. *Nova Hedwigia* 53(1-2):171-213.
2. Krammer, K. 1997. Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 1. Allgemeines und Encyonema part. Bibliotheca Diatomologica Band 36. J. Cramer, Stuttgart. 382 pp.
3. Krammer, K. 1997. Die cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 2. Encyonema part., Encyonopsis und Cymbellopsis. Bibliotheca Diatomologica Band 37. J. Cramer, Stuttgart. 469 pp.
4. Krammer, K. 2000. Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 1. The genus Pinnularia. A.R.G. Gantner Verlag K.G, Ruggell. 703 pp.
5. Krammer, K. 2002. Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 3. Cymbella. A.R.G. Gantner Verlag K.G, Ruggell. 584 pp.
6. Krammer, K. 2003. Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 4. Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocybella. A.R.G. Gantner Verlag K.G, Ruggell. 530 pp.
7. Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1. Durchgesehener Nachdruck der 1. Auflage 1997, 1999. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg Berlin. 876 pp.
8. Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1988. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/2. Ergänzter Nachdruck der 1. Aufl. 1997, 1999. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg Berlin. 611 pp.
9. Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/3. 2. Aufl. 2000. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg Berlin. 599 pp.
10. Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Achnanthes s.l., Navicula s.str., Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/4. Ergänzter Nachdruck 2004. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg Berlin. 468 pp.
11. Lange-Bertalot, H. (ed). 1996. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs Vol. 2. Indicators of Oligotrophy, by Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D. Koeltz Scientific Books. 390 pp.
12. Lange-Bertalot, H. 2001. Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 2. Navicula sensu stricto. 10 Genera Separated from Navicula sensu lato. Frustulia. A.R.G. Gantner Verlag K.G, Ruggell. 526 pp.

Rekommenderad litteratur:

13. Houk, V. 2003. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part 1: Melosiraceae, Orthoseiraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. Czech Phycology Supplement Vol. 1.
14. Houk, V. & Klee, R. 2007. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part 2. Melosiraceae and Aulacoseiraceae (Supplement to Part I). *Fottea* 7:2. 170 pp.
15. Håkansson, H. 2002. A compilation and evaluation of species in the genera *Stephanodiscus*, *Cyclostephanos* & *Cyclotella* with a new genus in the family Stephanodiscaceae. *Diatom research* 17(1):1-139.
16. Lange-Bertalot, H. 1993. 85 Neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa Vol. 2/1-4. *Bibliotheca Diatomologica* 27. J. Cramer, Stuttgart. 393 pp.
17. Lange-Bertalot, H. (ed). 1999. *Iconographia Diatomologica*. Annotated Diatom Micrographs Vol. 6. Diatoms from Siberia I. Islands in the Arctic Ocean, by Lange-Bertalot, H. & Genkal, S.I. Koeltz Scientific Books. 304 pp
18. Lange-Bertalot, H. (ed). 2004. *Iconographia Diatomologica*. Annotated Diatom Micrographs Vol 13. Diatoms in springs from Central Europe and elsewhere under the influence of hydrogeology and anthropogenic impacts, by Werum, M. & Lange-Bertalot, H. Eine bemerkenswerte Diatomeenassoziation in einem Quellhabitat im Grazer Bergland, Österreich, by Reichardt, E. A.R.G. Gantner Verlag, K. G. Ruggell. 479 pp.
19. Lange-Bertalot, H. & Krammer, K. 1989. *Achnanthes*, eine Monographie der Gattung, mit Definition der Gattung *Cocconeis* und Nachträgen zu den Naviculaceae. *Bibliotheca Diatomologica* 18. J. Cramer, Stuttgart. 393 pp.
20. Lange-Bertalot, H. & Moser, G. 1994. *Brachysira* : Monographie der Gattungen. *Bibliotheca Diatomologica* 29. J. Cramer, Stuttgart. 212 pp.
21. Reichardt, E. 1997. Taxonomische Revision des Artenkomplexes um *Gomphonema pumilum* (Bacillariophyceae). *Nova Hedwigia* 65(1-4):99-129.
22. Reichardt, E. 1999. Zur Revision der Gattung *Gomphonema*. Die Arten um *G. affine/insigne*, *G. angustatum/micropus*, *G. acuminatum* sowie gomphonemoide Diatomeen aus dem Oberoligozän in Böhmen. H. Lange-Bertalot (ed.) *Iconographia Diatomologica* Vol. 8. A.R.G. Gantner Verlag K.G. 203 pp.
23. Reichardt, E. & Lange-Bertalot, H. 1991. Taxonomische Revision des Artenkomplexes um *Gomphonema angustum* – *G. dichotomum* – *G. intricatum* – *G. vibrio* und ähnliche Taxa (Bacillariophyceae). *Nova Hedwigia* 53(3-4):519-544.
24. Van de Vijver, B., Beyens, L. & Lange-Bertalot, H. 2004. The genus *Stauroneis* in the Arctic and (Sub-)Antarctic Regions. *Bibliotheca Diatomologica* Band 51. J. Cramer, Berlin Stuttgart.

Övrig litteratur:

25. Barber, H. G. & Haworth, E. Y. 1981. A guide to the morphology of the Diatom Frustule. Freshwater Biological Association Scientific Publication No. 44, Ambleside. 112 pp.
26. Cleve-Euler, A. 1951-1955. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. I-V. Kongl. svenska Vetensk. Handl. Sth.
27. Diatom Reseach. - Biopress, Bristol. (en tidskrift som ges ut med fyra nummer per år av föreningen "International Society for Diatom Research".)
28. Foged, N. 1974. Diatoms in Öland, Sweden. *Bibl. Phycol.* 49: 194 pp.
29. Foged, N. 1982. Diatoms in Bornholm, Denmark. *Bibl. Phycol.* 59:1-102.
30. Foged, N. 1984. The diatom flora in springs in Jutland, Denmark (Springs III). *Bibl. Diatomol.* 4:1-118.
31. Hofman, G. 1994. Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. *Bibliotheca Diatomologica* 30. J. Cramer, Stuttgart. 393 pp.
32. Hustedt, F. 1927 - 1966. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Dr L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreichs und der Schweiz. 7, Leipzig.
33. Jahn, R., Kociolek, J.P., Witkowski, A. & Compère, P. (eds). 2001. Studies on Diatoms. H. Lange-Bertalot Festschrift 2001. Koeltz Scientific Books, Ruggell. 633 pp.
34. Kelly, M.G., Cazaubon, A., Coring, E., Dell'Uomo, A., Ector, L., Goldsmith, B., Guasch, H., Hürlimann, J., Jarlman, A., Kawecka, B., Kwadrans, J., Laugaste, R., Lindstrøm, E-A., Leitao, M., Marvan, P., Padisak, J., Pipp, E., Prygiel, J., Rott, E., Sabater, S., van Dam, H., Vizinet, J. 1998. Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *Journal of Applied Phycology* 10(2): 215-224.
35. Krammer, K. 1992. Pinnularia. Eine Monographie der europäischen Taxa. *Bibliotheca Diatomologica* 26. J. Cramer, Stuttgart. 353 pp.
36. Kuylenstierna, M. 1989-90. Vol. 1-2. Benthic Algal Vegetation in the Nordre Älv Estuary (Swedish West Coast). Dept. of Marine Botany, Univ. of Göteborg, Sweden.
37. Lange-Bertalot, H. (ed). 2005. *Iconographia Diatomologica*. Annotated diatom micrographs Vol 14: Diatoms of North America. by Siver, P.A., Hamilton, P.B., Stachura-Suchoples, K. & Kociolek, J.P. A.R.G. Gantner Verlag, K. G., Ruggell. 463 pp.
38. Lange-Bertalot, H. & Krammer, K. 1987. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Neue und wenig bekannte Taxa, neue Kombinationen und Synonyme sowie Bemerkungen und Ergänzungen zu den Naviculaceae. *Bibliotheca Diatomologica* 15. J. Cramer, Stuttgart. 289 pp.
39. Mann, D.G., McDonald, S.M., Bayer, M.M., Droop, S.J.M., Chepurnov, V.A., Loke, R.E., Ciobanu, A. & du Buf, J.M.H. 2004. The Sellaphora pupula species complex (Bacillariophyceae): morphometric analyses, ultrastructure and mating data provide evidence for five new species. *Phycologia* 43:459-482.
40. Renberg, I. 1986. Sjöarnas försurningshistoria avslöjas av kiselalgerna i sedimenten. Rapport / Naturvårdsverket 3154, Solna. 40 pp.
41. Round, F. E., Crawford, R. M. and Mann, D. G. 1990. The Diatoms. Biology & Morphology of the Genera. Cambridge University Press, Cambridge. 747 pp.

42. Simonsen, R. 1987. Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt. Vol. 1-3. J. Cramer, Berlin.
43. Snoeijs, P. (ed). 1993-98. Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea. Vol. 1-5. Opulus press. Uppsala.
44. SIS. 2003. SS-EN 13946. Water quality. Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers (= Vattenundersökningar. Vägledning för provtagning och förbehandling av bentiska kiselalger i vattendrag). SIS.
45. SIS. 2005. SS-EN 14407. Water quality. Guidance standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from running waters (= Vattenundersökningar. Vägledning för identifiering och utvärdering av prover av bentiska kiselalger från vattendrag). SIS.
46. Stoermer, E.F. & Smol, J. P. (eds). 1999. The Diatoms: Application for the Environmental and Earth Sciences. Cambridge University Press, Cambridge. 469 pp.

Bilaga 4. Vanligt förekommande kiselalgsarter

[Alglista som pdf-fil.](#)

[Alglista som excel-fil.](#)

Förklaringar

IPS S S är föroreningskänsligheten hos ett kiselalgstaxon.

IPS V V är indikatorvärdet hos ett kiselalgstaxon.

IPS S och IPS V behövs för att beräkna IPS-indexet (Indice de Polluo-Sensibilité Spécifique, Coste i Cemagref 1982, som visar påverkan av näringsämnen och lättnedbrytbar organisk förorening).

TDI S S är känsligheten mot näringsrikedom hos ett kiselalgstaxon.

TDI V V är indikatorvärdet hos ett kiselalgstaxon.

TDI S och TDI V behövs för att beräkna TDI-indexet (Trophic Diatom Index, Kelly 1998, som visar påverkan av näringsämnen).

PT Pollution Tolerant = klassificering av ett kiselalgstaxon som tolerant mot lättnedbrytbar organisk förorening enligt Kelly (1998).

Summan av andelen kiselalgsskal som klassas som PT ger "%PT".

Surhetskänslighet är känsligheten mot surhet hos ett kiselalgstaxon enligt följande indelning enligt van Dam et al. 1994:

1 är acidobiont huvudsakligen förekommande vid pH < 5,5

2 är acidofil huvudsakligen förekommande vid pH < 7

3 är circumneutral huvudsakligen förekommande vid pH-värden omkring 7

4 är alkalifil huvudsakligen förekommande vid pH > 7

5 är alkalibiont endast förekommande vid pH > 7

Surhetskänsligheten behövs för att beräkna surhetsindexet ACID (ACidity Index for Diatoms, André & Jarlman 2008).