

**PIILEVIEN EKOLOGIAA KOLMESSA
TUNTURIPUROSSA KILPISJÄRVEN
ALUEELLA**

Raino-Lars Albert
Helsingin yliopisto
Ekologian ja systematiikan laitos
Hydrobiologian osasto
Pro gradu –tutkielma
Marraskuu 2003

HELSINGIN YLIOPISTO – HELSINGFORS UNIVERSITET

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion Matemaattis-luonnontieteellinen		Laitos – Institution Ekologian ja systematiikan laitos, Hydrobiologian osasto	
Tekijä – Författare Raino-Lars Albert			
Työn nimi – Arbetets titel Piilevien ekologiaa kolmessa tunturipurossa Kilpisjärven alueella			
Oppiaine – Läroämne Hydrobiologia			
Työn laji – Arbetets art Pro gradu -tutkielma	Aika – Datum Marraskuu 2003	Sivumäärä – Sidoantal 133 + 5	
Tiivistelmä – Referat <p>Työssäni käsittelen piilevien (Bacillariophyceae) ekologiaa kolmessa tunturipurossa subarktisen Saanajärven valuma-alueella (69°03'00"N, 20°50'15"E) Kilpisjärven lähellä. Tarkastelun kohteena ovat benttisten piileväyhteisöjen rakenne, monimuotoisuus ja vuodenaikaisvaihtelut sammal-, hiekka- ja kivihabitaatissa. Selvitän, mitkä piilevätaksonit näissä puroissa esiintyvät, mitkä abioottiset tai bioottiset tekijät lajien esiintymiseen vaikuttavat ja tapahtuuko piileväyhteisöillä vuodenaikaista vaihtelua tutkimusjakson aikana.</p> <p>Näytteenottokautena heinäkuusta lokakuuhun vuonna 2000 otin piilevänäytteitä eri habitaateista sekä vesinäytteitä fysikaalis-kemiallisten ympäristötekijöiden määrittämistä varten kuudesta näytteenotto paikasta. Näytteenottokertoja noin kahden viikon välein oli seitsemän ja kvalitatiivisia piilevänäytteitä mikroskopoin kaikkiaan 84 kappaletta.</p> <p>Aineistoa tarkastelen ensin eksploratiivisesti puroveden laadun ja sen kehityksen osalta. Fysikaalis-kemiallisille ympäristötekijöille teen korrelaatioanalyysin sekä lisäksi diskriminanttianalyysin puroveden laadun ajallisen vaihtelun selvittämiseksi. Tärkeimpien piilevälajien kehitystä samassa habitaatissa ja paikassa näytteenottokauden aikana esitän diagrammeina ja eri näytteiden piileväyhteisöjen vertailua pääkomponenttianalyysillä (PCA). Ympäristötekijä- ja lajiaineiston yhdistän lopuksi redundanssianalyysin (RDA) avulla.</p> <p>Tutkimuksen tunturipurujen fysikaalis-kemialliset tekijät vaihtelevat paikallisesti ja ajallisesti. Veden laatu riippuu maa- ja kallioperän, ilmaston ja sääolosuhteiden yhteisestä vaikutuksesta. Ympäristötekijät ovat myös erilaisia ritraali- ja lähdepuroissa veden alkuperästä johtuen.</p> <p>Kolmesta tunturipurosta ensimmäinen on selvästi ns. ritraalipuro, johon sääolosuhteet vaikuttavat voimakkaammin niin virtaamien kuin veden laadunkin osalta. Sen yläpuolella sijaitsee tunturilammikko, mikä selittää puroveden suhteellisen korkean lämpötilan. Kaksi muuta puroa edustavat enemmän lähdepurotyyppiä, joissa on vakaammat olosuhteet ja jotka eivät reagoi herkästi sääolosuhteiden vaihteluihin. Näiden lähdepurojen lämpötilat ovat alhaisempia ja tasaisempia. Maa- ja kallioperän karbonaattit kohottavat todennäköisesti sähkönjohtokykyä näissä lähdepuroissa. Diskriminanttianalyysin tulos näyttää, että kaikkien purojen veden laadun suurimmat muutokset sijoittuvat näytteenottokauden alkupuolelle, kun kevättulvat olivat jo ohi.</p> <p>Tutkimuksen valtalajit ovat tyypillisiä ja yleisiä lajeja virtaavissa vesissä vuoristo- tai pohjoisilla alueilla. Piilevälajisto edustaa vähäravinteisia, kirkasvetisiä, hapellisia sekä neutraalin pH:n olosuhteita ja indikoi hyvää tai erittäin hyvää veden laatua. Suurin osa tavatuista lajeista on pennaattisia (Pennales). Taksonimäärä on suurin sammalhabitaatissa, mutta monimuotoisuutta kuvaava Shannon-Weaver-indeksi antaa hiekkahabitaatille korkeimman luvun. Suuria vuodenaikaismuutoksia piileväyhteisöjen rakenteessa ei tapahtunut näytteenottokauden aikana.</p> <p>Sekä PCA että RDA näyttävät, että kaikki purot ja niiden edustamat näytteet sijoittuvat omiksi ryhmikseen, vaikka lähdepurot sijaitsevat lähempänä toisiaan kuin ritraalipuroa. Jokaisella purolla on omanlaisensa piileväyhteisö, mutta lähdepurojen yhteisöt muistuttavat enemmän toisiaan. On todettava, että kasvualustan merkitys piileväyhteisön rakenteelle on tutkittavissa tunturipuroissa huomattavasti pienempi kuin fysikaalis-kemiallisten ympäristötekijöiden.</p>			
Avainsanat - Nyckelord piilevät, tunturipurot, virtaavat vedet, kasvualusta, vuodenaikaisuus, subarktinen, Saanajärvi, Kilpisjärvi, PCA, RDA			
Säilytyspaikka - Förvaringställe biologisen aseman kirjasto, e-thesis Helsingin yliopiston verkkojulkaisut		Ekologian ja systematiikan laitoksen kirjasto, Kilpisjärven	
Muita tietoja tiivistelmät suomeksi, saksaksi, englanniksi ja ranskaksi			

Fakultät Mathematisch-Naturwissenschaftliche		Institut Institut für Ökologie und Systematik, Abteilung für Hydrobiologie
Verfasser Raino-Lars Albert		
Titel der Arbeit Ökologie der Kieselalgen in drei Gebirgsbächen bei Kilpisjärvi (NW-Finnisch-Lapland)		
Fach Hydrobiologie		
Art der Arbeit Pro gradu -Arbeit	Datum November 2003	Seitenzahl 133 + 5
Zusammenfassung <p>Die Ökologie der Kieselalgen (= Diatomeen, Bacillariophyceae) in drei Fjällbächen im Einzugsgebiet des Saanajärvi-Sees (69°03'00"N, 20°50'15"E) bei Kilpisjärvi in NW-Finnisch-Lapland wird in dieser Arbeit behandelt. Gegenstand der Untersuchung ist der Aufbau, die Artenvielfalt und die jahreszeitlich bedingten Änderungen von benthischen Diatomeengemeinschaften in Moos-, Sand- und Steinhabitaten. Auf die Fragen, welche Kieselalgenarten in diesen Bächen auftreten, welche abiotischen und biotischen Faktoren das Vorkommen beeinflussen und ob es jahreszeitliche Veränderungen der Kieselalgengemeinschaften während des Untersuchungszeitraums gibt, versucht diese Untersuchung Antworten zu finden.</p> <p>Von Juli bis Oktober 2000 wurden an sechs Stellen Kieselalgenproben aus den drei Habitattypen und Wasserproben zur Bestimmung der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Bachwassers genommen. Die Probennahme fand etwa alle zwei Wochen insgesamt sieben Mal statt. Alles in allem sind für diese Untersuchung 84 Diatomeenproben mikroskopiert worden.</p> <p>Die Ergebnisse der Wasserproben und der saisonale Verlauf der Wasserqualität wird zuerst explorativ untersucht. Dann werden die Zusammenhänge zwischen den abiotischen Umweltfaktoren mit Hilfe der Korrelationsanalyse untersucht und die jahrezeitliche Entwicklung der Wasserqualität mittels Diskriminanzanalyse bearbeitet. Die Saisonalität der Kieselalgen in jeder Habitat-Untersuchungsstellen-Kombination wird in Flächendiagrammen veranschaulicht. Der Vergleich aller 84 Kieselalgenproben wird anschließend mit der Hauptkomponentenanalyse (PCA) durchgeführt. Zum Schluss werden die abiotischen Faktoren mit den Diatomeendaten mittels Redundanzanalyse (RDA) kombiniert und verglichen.</p> <p>Die physikalisch-chemischen Umweltbedingungen in den Fjällbächen variieren räumlich und zeitlich. Die Wasserqualität wird von der Bodenbeschaffenheit, dem Grundgestein, dem Klima und den Wetterbedingungen beeinflusst. Auch der unterschiedliche Ursprung des Wassers in Quell- und rhithralen Bächen (Grundwasser vs. Regen- und Schmelzwasser) wirkt sich auf die gemessenen Umweltfaktoren aus.</p> <p>Von den drei untersuchten Gewässern gehört einer zu den rhithralen Bächen, die hauptsächlich aus Schneeschmelz- und Regenwasser gespeist werden. Die Wetterbedingungen haben auf ihn einen eindeutigen Einfluss, z.B. ändert sich die Abflussmenge und die Wasserqualität mit der Niederschlagsmenge. Dieser Bach befindet sich außerdem unterhalb eines Fjällteiches, was die relativ hohe Wassertemperatur in diesem Teichabfluss erklärt. Die beiden anderen Forschungsbäche sind Quellbäche, in denen stabilere Bedingungen vorherrschen und die nicht so schnell auf Wetterveränderungen reagieren. Die Wassertemperatur in diesen Bächen ist niedriger und schwankt weniger als im rhithralen Bach. Wahrscheinlich erhöht der Karbonatgehalt des Bodens und Grundgesteins die Leitfähigkeit in den Quellbächen. Die Diskriminanzanalyse zeigt, dass die größten Veränderungen der Wasserqualität in allen drei Bächen am Anfang des Untersuchungszeitraums zu finden sind.</p> <p>Die dominanten Kieselalgenarten dieser Untersuchung sind allgemeine und typische Vertreter der Fließgewässer in alpinen oder nordischen Gegenden. Sie repräsentieren oligotrophes und klares Wasser, sauerstoffreiche Bedingungen um einen neutralen pH-Wert und zeigen gute oder sehr gute Wasserqualität an. Die Mehrzahl der angetroffenen Diatomeenarten gehört zu den pennaten Kieselalgen (Pennales). Die Artenvielfalt ist im Mooshabitat am größten. Jedoch zeigt der Shannon-Weaver-Index im Sandhabitat den höchsten Wert für die Diversität. Starke jahreszeitliche Veränderungen im Aufbau der Kieselalgengemeinschaften wurden in dieser Untersuchung nicht beobachtet.</p> <p>Sowohl die PCA als auch die RDA gruppieren die einzelnen Diatomeen- und Wasserproben nach den drei Fjällbächen und nicht nach den Habitaten. Die beiden Quellbäche stehen sich dabei näher und sind sich somit in der Wasserqualität und in der Diatomeenflora ähnlicher. Der rhithrale Bach liegt weiter abseits und steht klar für sich. Der Einfluss des Substrats (Habitat) auf die Struktur der Kieselalgengemeinschaften ist im Gegensatz zu den abiotischen Umweltfaktoren in dieser Untersuchung als eher gering einzustufen.</p>		
Schlüsselworte Kieselalgen, Fjällbäche, Fließgewässer, Substrat, jahreszeitliche Sukzession, subarktisch, Saanajärvi, Kilpisjärvi, Finnisch-Lapland, PCA, RDA		
Aufbewahrungsort Bibliothek des Instituts für Ökologie und Systematik, Bibliothek der Biologischen Station Kilpisjärvi, E-thesis-Internetservice der Universität Helsinki		
Sonstige Angaben Zusammenfassungen auf Finnisch, Deutsch, Englisch und Französisch		

Faculty Faculty of Science		Department Department of Ecology and Systematics, Division of Hydrobiology	
Author Raino-Lars Albert			
Title Diatom ecology in three mountain brooks of the Kilpisjärvi area (NW Finnish Lapland)			
Subject Hydrobiology			
Type of work Pro gradu -thesis	Date November 2003	Number of pages 133 + 5	
Abstract			
<p>The ecology of diatoms (Bacillariophyceae) was investigated in three mountain brooks of the watershed of subarctic lake Saanajärvi (69°03'00"N, 20°50'15"E) in the Kilpisjärvi area (NW Finnish Lapland). The main subjects of the study were the composition, diversity and seasonality of benthic diatom communities in epibryic, epipsammic, and epilithic microhabitats. I assess what diatom taxa occur in these brooks, what possible differences in the samples result from abiotic and biotic factors, and whether there occurs seasonal variation in diatom community structure during the period of study.</p> <p>Sampling took place from July to October 2000. Diatom samples from three different habitats and water samples for analysing physical and chemical parameters were taken about every two weeks. Seven sampling dates provided a total of 84 diatom samples included in this study.</p> <p>First, the physical and chemical parameters are investigated by explorative analysis of water quality and its seasonality. Then correlation analysis reveals interrelationships of the environmental factors. Canonical discriminant functions explain the temporal variation patterns of the water samples. Area diagrams show species data with the dominant taxa and their development during the study. The comparison between diatom samples is made with principal components analysis (PCA). Finally, species and environmental data are combined in redundancy analysis (RDA).</p> <p>Physical and chemical parameters of the studied brooks vary spatially and temporally. Water quality is a function of the watershed's soil and bedrock characteristics as well as of climate and weather conditions. Also the origin of water determines water's characteristics and differentiates rhithral from krenal streams.</p> <p>From the three mountain brooks, the first one is clearly a rhithral stream, where both discharge and water quality are more strongly influenced by weather conditions. This brook is fed by a pond, which explains the higher water temperatures. The second and third brooks represent krenal streams (spring-fed), where groundwater accounts for more stable conditions, also in regard to temperature. Water temperatures are clearly lower than in the rhithral brook. Probably the elevated carbonate content in bedrock and soil explains the higher conductivity in these brooks. Canonical discriminant functions of all water samples showed, that the most drastic water quality changes occurred during the beginning of the sampling period, which started just after the spring flood caused by melting snow.</p> <p>The dominant species are typical and common in running waters of high mountain or high latitude areas. Species represent oligotrophic, clear water, oxygenated and circumneutral conditions and indicate good or excellent water quality. Most of the species belong to the pennate diatoms (Pennales). The number of taxa is greatest in the epibryic habitat, but Shannon-Weaver diversity index gives the highest reading in epipsammic habitat samples, where species are more evenly distributed. Distinct seasonality was not observed during the study period.</p> <p>PCA and RDA show that the brooks and the samples representing them fall into their own complexes. Each brook has its own species composition, but the diatom assemblages of the two krenal brooks are more similar to each other. The influence of substrate on the structure of diatom community is considerably less important than that of physical and chemical environmental factors.</p>			
Key words diatoms, mountain brooks, running waters, substrate, seasonality, subarctic, Saanajärvi, Kilpisjärvi, Finnish Lapland, PCA, RDA			
Place of storage Library of the Department of Ecology and Systematics, Library of the Kilpisjärvi Biological Station, E-thesis internet service of the University of Helsinki			
Other information Abstracts in Finnish, German, English and French			

Faculté Faculté des Sciences		Département Département d'Écologie et de Taxonomie, Division de Hydrobiologie	
Auteur Raino-Lars Albert			
Titre Écologie des diatomées dans trois ruisseaux montagneux à Kilpisjärvi (NO Laponie finlandaise)			
Matière Hydrobiologie			
Genre de la publication Pro gradu -thèse	Date Novembre 2003	Nombre de pages 133+5	
Résumé			
<p>Ce travail traite de l'écologie des diatomées (Bacillariophycées) présentées dans trois ruisseaux de montagne dans le bassin versant du lac Saanajärvi (69°03'00"N, 20°50'15"E) de la région de Kilpisjärvi (NO Laponie finlandaise). Les sujets d'études principaux étaient la composition, la diversité et la saisonnalité des communautés de diatomées benthiques dans trois microhabitats lotiques, l'habitat épibryique (mousse), épipsammique (sable) et épilithique (pierre). Nous avons examiné la répartition de différents taxons de diatomées dans les ruisseaux étudiés. L'importance des facteurs abiotiques et biotiques, ainsi que des variations saisonnières, ont ensuite été étudiées pour comprendre la répartition des diatomées.</p> <p>Des échantillons d'eau et de diatomées ont été prélevés à deux semaines d'intervalles entre juillet et octobre 2000 à 6 endroits différents. Au total, 84 échantillons de diatomées ont été examinés par microscopie pour cette étude.</p> <p>Tout d'abord les variations saisonnières des échantillons d'eau ont été analysées. L'étude des résultats montre une corrélation entre les différents facteurs physico-chimiques ainsi qu'une variation de la qualité de l'eau pendant la période d'étude (analyse discriminante). Les changements temporels des communautés de diatomées sont représentés par des diagrammes de surface. La similitude des communautés a été examinée à l'aide d'une analyse en composante principale (ACP). Le matériel taxonomique et environnemental est enfin combiné à l'aide de l'analyse de redondance (RDA).</p> <p>Les facteurs environnementaux physico-chimiques des trois ruisseaux varient temporellement et spatialement. La qualité de l'eau est dépendante du sol et de la roche, mais aussi du climat et des conditions météorologiques. L'origine d'eau est différente dans les cours d'eau rhithraux (pluies et fonte de neige) et crénaux (nappe phréatique) et influence aussi la physico-chimie de l'eau.</p> <p>Le premier des trois ruisseaux étudiés fait nettement partie des cours d'eau rhithraux, où l'influence des conditions météorologiques se voit plus clairement non seulement dans le débit mais aussi dans les fluctuations de la qualité d'eau. En amont de ce ruisseau il y a un étang de montagne, ce qui explique les températures de l'eau relativement élevées. Les deux autres ruisseaux représentent avec leurs conditions plus stables davantage le type de cours d'eau crénaux, qui ne réagit pas si facilement aux changements météorologiques. Les températures des ruisseaux crénaux sont plus basses et plus constantes que celles du ruisseau rhithral. Probablement les carbonates du sol et de la roche augmentent la conductivité de l'eau de ces deux ruisseaux crénaux. L'analyse discriminante révèle que les différences de composition physico-chimique sont maximales au début de la période d'étude.</p> <p>Les taxons dominants de l'étude sont des espèces communes et typiques pour les systèmes lotiques montagneux ou nordiques. Les espèces représentent des eaux oligotrophes, claires et bien oxygénées autour un pH neutre et indiquent une bonne ou excellente qualité d'eau. La plupart des taxons rencontrés sont des diatomées pennées (Pennales). La richesse spécifique est la plus grande dans l'habitat épibryique, mais l'indice de diversité de Shannon-Weaver donne le plus grand chiffre pour l'habitat épipsammique. Des changements saisonniers distincts des communautés de diatomées ne sont pas observés au cours de la période d'étude.</p> <p>Aussi bien l'ACP que la RDA regroupent les échantillons d'eau et de diatomées en trois ensembles séparés selon les différents ruisseaux et non pas selon les habitats. Chaque ruisseau possède sa propre composition d'espèces, mais les communautés de diatomées des ruisseaux crénaux se ressemblent plus. L'influence du substrat (habitats) pour la composition des communautés de diatomées est d'importance mineure en comparaison des facteurs physico-chimiques de l'eau.</p>			
Mots clés diatomées, ruisseaux de montagne, eaux courantes, substrat, saisonnalité, subarctique, Saanajärvi, Kilpisjärvi, Laponie finlandaise, ACP, RDA			
Dépôt Bibliothèque du Département d'Écologie et de Taxonomie, Bibliothèque de la Station Biologique de Kilpisjärvi, Service E-thesis de l'Université de Helsinki			
Autres informations Résumés en finnois, allemand, anglais et français			

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	1
1.1. Virtaava vesi ekosysteeminä.....	1
1.1.1. Virtaavien vesien fysikaalisesta ympäristöstä.....	2
1.1.2. Virtaavien vesien eliöstöstä.....	8
1.1.3. Käsite virtaavan veden jatkumosta.....	9
1.1.4. Tulvapulssin ja jokikäytävän käsitteet.....	11
1.1.5. Jokiekosysteemien hierarkisesta rakenteesta.....	12
1.1.6. Neljän ulottuvuuden konsepti.....	13
1.1.7. Mikä on tunturipuro?.....	15
1.2. Piilevät.....	18
1.2.1. Piilevien rakenteesta.....	18
1.2.2. Piilevien lisääntymisestä.....	19
1.2.3. Piilevien ekologiasta.....	20
1.3. Tutkimuksen kysymyksenasettelu.....	23
2. Tutkimusalueen kuvaus.....	25
2.1. Ilmasto.....	25
2.2. Sääolosuhteet.....	26
2.3. Ilmanlaatu.....	29
2.4. Kallio- ja maaperä.....	29
2.5. Kasvillisuus.....	31
2.6. Vesistöt.....	33
2.7. Arktinen vai subarktinen sijainti?.....	36
2.8. Tutkimuspurot.....	37
2.8.1. Puro 1.....	39
2.8.2. Puro 2.....	42
2.8.3. Puro 3.....	44
2.8.4. Yhteenvedo tutkimuspuroista.....	45
3. Aineisto ja menetelmät.....	45
3.1. Näytteenotto ja näytteiden käsittely.....	46
3.1.1. Fysikaalis-kemialliset ympäristötekijät.....	47
3.1.2. Biologiset näytteet.....	48
3.2. Tilastolliset analyysit.....	51
3.2.1. Ympäristömuuttujien keskinäiset suhteet.....	51
3.2.2. Biologinen aineisto.....	53
3.2.3. Monimuuttuja-analyysit.....	54
4. Tulokset.....	57
4.1. Vuoden 2000 sää ja purojen virtaamat.....	57
4.2. Fysikaaliset tekijät ja ravinteet.....	61
4.2.1. Lämpötila.....	61
4.2.2. Happi.....	65
4.2.3. Sähkönjohtokyky.....	66
4.2.4. pH.....	67
4.2.5. Kokonaistyyppi (TN).....	68
4.2.6. Nitriitti-nitraattityppi (NO ₂ -NO ₃ -N).....	69
4.2.7. Korrelaatioanalyysi.....	70
4.3. Piileväyhteisöt ja niiden vuodenaikaisvaihtelut.....	71
4.3.1. Piileväyhteisön rakenne ja monimuotoisuus.....	71
4.3.2. Sammalhabitaatti.....	73
4.3.3. Hiekkahabitaatti.....	75
4.3.4. Kivihabitaatti.....	77
4.4. Monimuuttuja-analyysit.....	80
4.4.1. Diskriminanttianalyysi.....	80
4.4.2. Pääkomponenttianalyysi — PCA.....	81
4.4.3. Redundanssianalyysi — RDA.....	84

5. Tulosten tarkastelu.....	88
5.1. Sääoloista.....	88
5.2. Fysikaalis-kemialliset ympäristötekijät.....	90
5.2.1. Yleistä.....	91
5.2.2. Lämpötila.....	92
5.2.3. Happipitoisuus.....	94
5.2.4. Sähkönjohtokyky.....	95
5.2.5. pH.....	97
5.2.6. Typpifraktiot.....	99
5.2.7. Yhteenveto abiottisista tekijöistä.....	100
5.3. Piilevälajisto, -yhteisöt ja niiden vaihtelut.....	102
5.3.1. Yleistä.....	102
5.3.2. Sentriset vs. pennaattiset piilevät.....	102
5.3.3. Lajimäärä.....	104
5.3.4. Lajien monimuotoisuus ja diversiteetti-indeksi.....	105
5.3.5. Yksittäisiä huomioita lajeittain.....	108
5.3.6. Lajien indikaattoriarvosta.....	113
5.3.7. Piileväyhteisöjen vuodenaikaisuus.....	114
5.3.8. Purojen ja habitaattien väliset erot piileväyhteisöissä.....	117
5.3.9. Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden vaikutus piileväyhteisöihin.....	118
6. Johtopäätöksiä.....	120
7. Kiitokset.....	121
8. Kirjallisuus.....	123
Liitteet	