

Kunnostusojitusvaihtoehtojen vesistövaikutusten asiantuntija-avusteinen arviointi ja liittäminen päättöanalyysiin

Assessing the impacts of ditch network maintenance on water ecosystems on the basis of expert knowledge and integrating the assessments into decision analysis

Jyrki Kangas, Risto Lauhanen & Ron Store

Jyrki Kangas, Risto Lauhanen & Ron Store, Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station, P.O. Box 44, FIN-69101 Kannus, Finland (e-mail jyrki.kangas@metla.fi)

The study applies the combined use of the Delphi technique and the analytic hierarchy process to the assessment of ditch network maintenance alternatives and their impacts on water ecosystems. The results of the assessment are utilised in multi-criteria decision support. Impacts of ditch maintenance on water systems need to be assessed on the basis of expert knowledge, because no quantitative impact assessment models applicable in numerical decision analyses are available. Ideally, the assessment process results in a compromise between the opinions of several experts involved. If no consensus can be reached, the final results are calculated as weighted means of the opinions. For the weighting stage, the competence of the experts should be determined. The method is illustrated and tested in the light of a case study where five experts assessed five ditch network maintenance alternatives with respect to the protection of nearby water ecosystems. The case study area is located in western Finland. It is a peatland site with an old ditch network needing maintenance from the viewpoint of wood production. With the volume increment of the tree stand and the protection of water systems as the criteria, and utilising ecological expertise in the assessment of alternatives concerning the protection criterion, multi-criteria analysis recommended the 'no treatments' alternative.

Key words: AHP, Delphi, ditch network maintenance, environmental protection, forest planning

JOHDANTO

Suomen noin kymmenestä miljoonasta suohehtaarista on ojitettu noin 6 miljoonaa hehtaaria

metsänkasvatusta varten (Aarne ym. 1995). Ojitusten tavoitteena on ollut soiden ja soistuneiden kankaiden vesitalouteen vaikuttamalla lisätä puuntuotantoa. Ojat kuitenkin tukkeutuvat ajan mittaan ja puuston

kasvu taantuu, jos oja ei tietyin väliajoin kunnosteta (Heikurainen 1980, Ahti ym. 1988, Lauhanen 1992).

Uudisojituksia ei Suomessa juurikaan enää tehdä. Uudisojitus toiminta valtion varoilla tulee päättymään näillä näkymin vuoden 1996 loppuun mennessä. Ojitus toiminnan painopiste onkin siirtynyt ojitettujen kohteiden kunnostukseen. Ojien kunnan ja puuntuotannon kannattavuuden näkökulmasta arvioitu kunnostusojitustarve Suomessa on 100 000–150 000 hehtaaria vuodessa pääpainon ollessa vanhojen metsäojien perkauksessa (Metsä 2000... 1985, Keltikangas ym. 1986).

Metsätalouden ympäristöohjelmat sekä kansainväliset sopimukset edellyttävät luonnon monimuotoisuuden vaalimista ja metsäympäristön suojelua (Metsänparannustyöryhmän... 1994, Suomen metsäluonnon... 1994). Laki ympäristövaikutusten arvioinnista (YVA) koskee myös metsätalouden eri toimenpiteiden vaikutuksia metsään ja muihin ekosysteemeihin (Laki ympäristövaikutusten... 1994). YVA-menetelyä edellytetään, jos toimenpidealue on vähintään 200 hehtaaria. Tapauskohtaisesti YVA-menetely on mahdollista pienilläkin kohteilla.

Metsäojastojen kunnostustavasta päätettäessä otetaan yhä useammin huomioon puuntuotannon määrän ja kannattavuuden lisäksi kunnostusojituksen vaikutukset metsien muihin käyttömuotoihin, ominaisuuksiin ja arvoihin sekä muihin ekosysteemeihin. Suometsien vesijärjestelystä päätettäessä mahdollisten vesistöhaittojen arviointi on erityisen tärkeää.

Kunnostusojitusta puuntuotannon jatkuvuuden turvaksi kaipaavan kohteen toimenpidevaihtoehtoja on lukuisia. Tyypillisiä strategioita kunnostusojituskohteessa ovat toimenpiteistä pidäytyminen, olemassa olevien ojien perkaaminen, ojaston täydentäminen ja ojaston uusiminen joko vesistönsuojelutoimin tai ilman niitä. (Ahti ym. 1988, Lauhanen 1992, Ahti 1995, Paavilainen ja Päivänen 1995). Laskeutusaltaita voidaan sijoittaa kohteelle varsin moniin eri paikkoihin (Joensuu 1991). Ojien täyttämisen tai tukkimisen ovat myös mahdollisia, jos pyritään kohteen ennallistamiseen.

Vaihtoehtojen hyvydet ovat erilaiset eri näkökulmista: jokin toimenpide on suositeltava puuston kasvun parantamiseksi, joku toinen taas luonnon-suojelun tai kohteen monikäytön kannalta. Mikä kunnostusojitusstrategia on paras, riippuu kohteelle asetettavista tavoitteista ja niiden keskinäisistä tärkeyksistä. Kuinka hyviä eri strategiat jonkin tavoitteen kannalta ovat, riippuu kohteen ominaisuuksista;

esimerkiksi kohteen topografiasta ja sijainnista vesistöihin nähden.

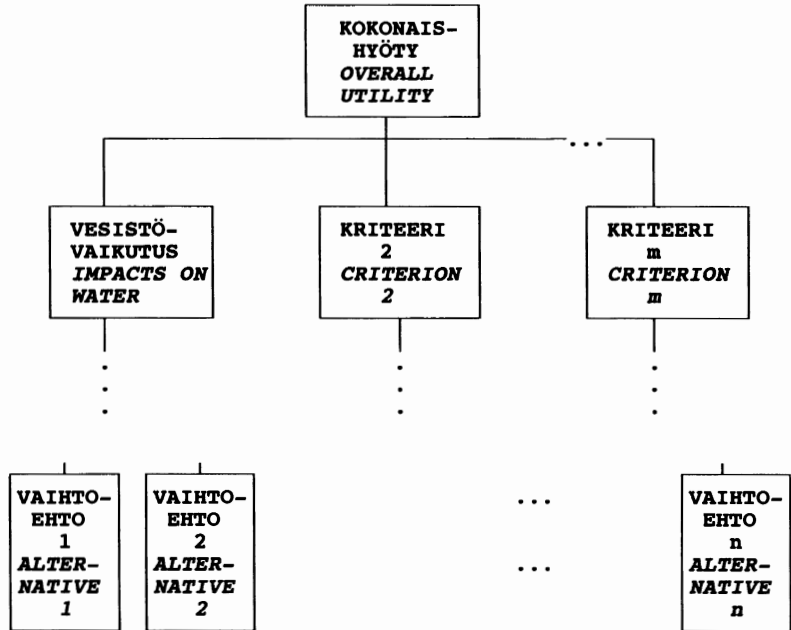
Kunnostusojitusstrategian valintaa varten pitääkin pystyä määrittämään sekä kohteen hoidolle ja käytölle asetettavat tavoitteet ja niiden painoarvot että vaihtoehtoisten strategioiden hyvydet kunkin tavoitteen kannalta. Kangas (1991) on esittänyt analyyttisen hierarkiaproessin (AHP) sovelluksen ojitustavan valintaan. AHP mahdollistaa muun muassa kvantitatiivisten ja kvalitatiivisten tavoitteiden yhteismitallinen tarkastelu. Sen muita etuja ovat tavoitteiden ja niiden tärkeyksien määrittämisen joustavuus sekä subjektiivisten preferenssien, objektiivisten lukuarvojen ja asiantuntijan arvioiden yhteismitallinen hyödyntäminen samassa vertailulaskelmassa.

Keskeinen ongelma missä tahansa ympäristötalouden päätöstuessa on tutkimuksin todennetun, kohteesta toiseen pitävän objektiivisen tiedon puute. Subjektiivisiin preferensseihin pohjautuva arvottaminen — kuten maisemallisen kauneuden arviointi — on AHP:ia käytettäessä periaatteessa helppoa. Objektiivisen tiedon puute voidaan yrittää korvata asiantuntemuksella. Kunnostusojituksen vesistöhaittojen välttäminen on esimerkki tavoitteesta, jonka kannalta päätösvaihtoehtoja joudutaan arvioimaan asiantuntijoiden tietämykseen turvautuen. Vaihtoehtojen vesistövaikutusten arviointiin ei ole toistaiseksi olemassa riittävän luotettavia malleja, joiden tuloksia voitaisiin hyödyntää suunnittelu- ja vertailulaskelmissa.

Delfi-tekniikka (käytetään myös nimiä Delfoi ja Delphi) on eräs asiantuntijoiden vuorovaikutteiseen arviointiin sovellettu lähestymistapa (esim. Render ja Stair 1992). Siinä asiantuntijat antavat lausunnon tarkasteltavasta asiasta useaan kertaan. Aina ennen seuraavaa lausuntokierrosta heille selvitetään, minkälaisen lausunnon muut asiantuntijat olivat antaneet edellisellä lausuntokierroksella. Tarkoitus on, että iteraatioiden myötä asiantuntijoiden näkemykset lähestyvät toisiaan ja lopulta ideaalitalanteessa saavutetaan yhteisymmärrys asiasta. Delfi-tekniikka kehitettiin alunperin sotilaalliseen päätöstukeen (Dalkey & Helmer 1962). Sittemmin sitä on sovellettu erilaisiin ennustusongelmiin esimerkiksi talous- ja väestöpolitiikassa (Eschenbach & Geistaus 1985). Delfiä on sovellettu jonkin verran myös metsätalouden tehtävissä (O'Loughlin & Rule 1990, Ndour ym. 1992, Anderson 1993, Russell ym. 1993). Esimerkiksi Russell ym. (1993) käyttivät sitä Aus-

Kuva 1. Päätöshierarkia, missä vesistövaikutukset on esitetty yhtenä monitavoitteisen päätöstilanteen päätöskriteereistä. Kriteereitä on kaikkiaan m kappaletta ja päätösvaihtoehtoja n kappaletta.

Fig. 1. A decision hierarchy, where the effects on water ecosystems are presented as a decision criterion in a multi-objective decision situation. The number of decision criteria is m , and the number of decision alternatives is n .



tralian sademetsissä viljeltävien puulajien asiantuntija-avusteisessa valinnassa. O'Laughlin ja Rule (1990) sovelsivat delfiä Alaskan puunjalostusteollisuuden tulevaisuusarvioissa.

Delfi-tekniikan etu verrattuna moniin muihin arvottamismenetelmiin on, ettei se ole sidottu mihinkään tiettyyn ongelmanratkaisutekniikkaan. Tämä ominaisuus on samalla delfin suurin heikkous. Siitä puuttuu arvointiprosessin analyttisyys. Delfiä sovellettaessa ei kyetä tarkastelemaan prosessin kulkua eikä lopputulosta muutoin kuin kuvailevin ilmaisin, jos lähestymistavan periaatteita ei ole yhdistetty mihinkään analyttiseen laskentatekniikkaan. Jos konsensusta ei saavuteta, delfi ei tarjoa keinoa määrittää perusteltua ratkaisua arvottamisongelmaan.

Tässä tutkimuksessa esitetään delfi-tekniikan ja AHP:n yhteiskäyttöön perustuva tapa arvottaa asiantuntijoiden tietämykseen perustuen kunnostusojituskohteen strategiavaihtoehdot niiden vesistövaikutusten kannalta. AHP tarjoaa analyttisen suunnitelukehikon, missä delfin periaatteita voidaan hyödyntää asiantuntemuksen integroimisessa numeeriseen päätösanalyysiin. Delfin ja AHP:n yhteiskäytöllä voidaan hyödyntää molempien menetelmien etuja. Vuorovaikutteinen arvottamisprosessi havainnollistetaan tapaustutkimuksen keinoin. Tapaustutkimuksessa näytetään myös, miten mene-

telmällä saadut arviot liitetään osaksi monitavoitteista päätösanalyysiä.

MENETELMÄ

Kunnostusojituksen strategiavaihtoehtojen vertailun yleisenä lähestymistapana sovelletaan Kankaan (1991) esittämää AHP-menetelmän sovellusta. Kriteerien tärkeydet ja vaihtoehtojen hyvyydet esitetään graafisesti standardi-AHP:ssä käytetyn pareittaisten vertailujen sanallisen asteikon ja sitä vastaavan numeerisen skaalan sijasta.

Tärkeys- ja hyvyysuhteet kuvataan niitä ilmaisevin pylväin, jolloin vaihtoehtoja vertaillaan jatkuvalla asteikolla. Pylväiden korkeussuhteet tulkitaan numeerisiksi tärkeys- tai hyvyysuhteiksi. Näin vältetään standardi-AHP:n asteikon karkeus sekä sanallisten vertailujen numeroiksi muuntamisen epämääräisyys (Kangas & Pukkala 1992, Pukkala & Kangas 1993). Graafinen vertailu on myös havainnollisempi kuin sanallinen vertailu, eikä siihen liity yhtä vakavia asteikon tulkintaongelmia. Graafisetkin vertailut kyetään analysoimaan AHP:ssä sovelletulla ominaisarvotekniikalla. Vertailujen analysointitekniikan yksityiskohtineen on esittänyt Saaty (1977, 1980) ja sen sovellutuksen metsäsuunnitteluun mm. Kangas (1991, 1992).

Delfi-tekniikkaa käytetään vaihtoehtojen vesistövaikutusten asiantuntija-avusteisessa arvioinnissa. Vesistövaikutusarviot liitetään osaksi päätöshierarkia lisäämällä vesistövaikutukset omaksi päätöskriteerikseen (Kuva 1).

Vesistövaikutusten asiantuntija-avusteisen arvioinnin vaiheet ovat seuraavat:

- (1) tuotetaan vertailtavat strategiavaihtoehdot
- (2) valitaan joukko alan asiantuntijoita
- (3) siltä varalta, ettei arviointiprosessissa saavuteta yksimielisyyttä strategiavaihtoehtojen hyvyksistä, arvioidaan valittujen ja prosessiin suostuneiden asiantuntijoiden pätevyudet tehtävässään
- (4) perehdytään käytettäviin arviointimenetelmiin sekä tarkasteltavaan kohteeseen kukin asiantuntija vertailee pareittain strategiavaihtoehtojen hyvydet
- (5) edellisen vaiheen vertailut analysoidaan ja lähetetään asiantuntijoille palaute heidän omista ja muiden tekemistä vertailuista

* jos asiantuntijoiden tekemät vertailut olivat riittävän yksimieliset, siirrytään vaiheeseen (8)

- (6) asiantuntijat toistavat vertailut tutustuttuaan samaansa palautteeseen edellisistä vertailuista
- (7) edellisen vaiheen vertailut analysoidaan ja lähetetään asiantuntijoille palaute omista ja muiden tekemistä vertailuista;

* jos asiantuntijoiden tekemät vertailut nyt olivat riittävän yksimieliset tai vertailut on jo tehty kolmesti, siirrytään vaiheeseen (8), muutoin palataan vaiheeseen (6)

- (8) Lasketaan lopulliset arviot

* jos on saavutettu yksimielisyys, hyvydet määritetään yksimielisten vertailujen perusteella

* jos yksimielisyyttä ei löydetty, hyvydet määritetään asiantuntijoiden pätevyyksillä painotettuna keskiarvona

Strategiavaihtoehtojen tuottamisvaiheessa otetaan huomioon päätöksentekijän asettamat ehdotomat rajoitukset. Päätöksentekijä voi esimerkiksi sulkea suon ennallistamisen pois tarkastelusta. Tässä vaiheessa otetaan huomioon myös lait, asetukset ja muut yhteiskunnan asettamat vaatimukset, samoin kohteen ominaisuuksien mahdollisesti aiheuttamat rajoitteet. Näin vertailuvaiheeseen otetaan mukaan vain todellisuudessa toteuttamiskelpoiset vaihtoehdot.

Edellä kuvatussa prosessissa päädytään lopullisten arvioiden määrittämiseen jo kolmen arviointikierroksen jälkeen. Vertailujen toistaminen useam-

paan kertaan on kuitenkin mahdollista. Erityisesti silloin, jos asiantuntijoiden näkemykset ovat kolmannella kierroksella merkittävästi lähestyneet toisiaan, mutta ovat edelleen selvästi toisistaan poikkeavat, on perusteltua jatkaa vertailuprosessia. Etukäteen ei ole välttämätöntä päättää arviointien toistokertojen enimmäismäärää. Tuotetut suhdeasteikolliset asiantuntija-arviot ovat suoraan käytettävissä monitoimitteisessa päätösanalyysissä.

TAPAUSTUTKIMUS

Lähtötilanne

Tapaustutkimuksen kunnostusojituskohte (11,5 ha) sijaitsi Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusaseman Mutkalammin palstalla (yhtenäiskoordinaatit 7.112.000 ja 3.353.000, 47 m mpy, lämpösumma 1071). Kyseessä oli alunperin isovarpuinen räme, joka oli uudisojitettu vuonna 1967 ja PK-lannoitettu vuonna 1969. Kohteen veroluokaksi oli arvioitu III. Ojaston sarkaleveys vaihteli 40:stä 50:een metriin. Alueelle vuonna 1982 laaditussa metsätaloussuunnitelmassa oli esitetty kohteelle lepoa. Suunnitelman laatimisen jälkeen puusto oli kuitenkin huomattavasti kasvanut ja ojien kunto huonontunut. Vuonna 1995 rämemuuttuma edusti kehitysluokaltaan nuorta kasvatusmetsää. Puuston tilavuudeksi arvioitiin 67 m³/ha, josta männyn osuus oli 90% ja koivun osuus 10%. Turpeen paksuus oli keskimäärin 110 cm.

Ojanperkaus arvioitiin puuston kasvukunnan säilyttämiseksi kohteella tarpeelliseksi. Ongelmana oli kuitenkin ojitusalueen välittömässä läheisyydessä (100 metriä) naapurin maalla sijaitsevan Heinistönjärven (4,5 ha) sekä siihen laskevan puron suojeleminen.

Vaihtoehdot ja niiden puuntuotannollinen arviointi

Alueen mahdolliset käsittelyvaihtoehdot olivat:

1. ojien täyttäminen kaivinkoneella
2. ojien perkaus ilman vesiensuojelurakennelmia
3. perkaus ja laskeutusaltaiden kaivaminen
4. perkaus ja pintavaluntakentän jättäminen lähelle puroa
5. alueen jättäminen ilman minkäänlaista käsittelyä

Puuston tilavuuskasvuja eri käsittelyissä arvioi-

Kuva 2. Asiantuntijoiden (a–e) ensimmäisen arviointikierroksen tulokset käsittelyvaihtoehtojen vesiensuojelullisesta hyvyydestä. Kunkin asiantuntijan vastauksista laskettujen prioriteettien summa on yksi. Vaihtoehdot: 1. ojien täyttäminen kaivinkoneella, 2. ojien perkaus ilman vesiensuojelurakennelmia, 3. perkaus ja laskeutusaltaiden kaivaminen, 4. perkaus ja pintavaluntakentän jättäminen lähelle puroa, 5. alueen jättäminen ilman minkäänlaista käsittelyä.

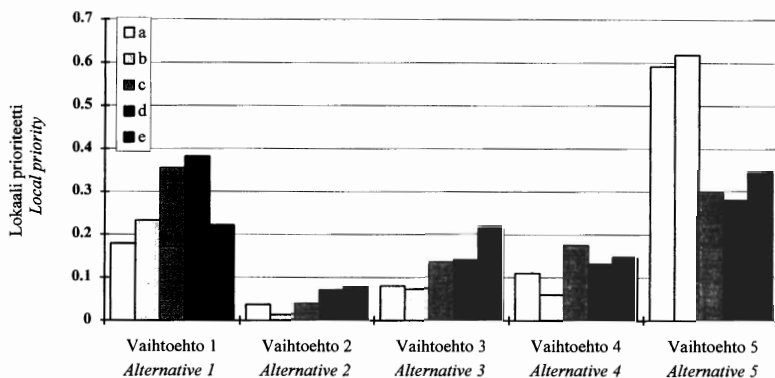


Fig. 2. Results of the evaluation of ditch network maintenance alternatives, made by the experts (a–e), in the first assessment round. The sum of priorities given by an expert is 1. Alternatives: 1. Infilling the ditches using an excavator, 2. Cleaning the ditches without protecting the watercourses, 3. Ditch cleaning and the excavation of sedimentation pools, 4. Ditch cleaning and leaving sedimentation field near stream, and 5. No treatment at all.

taessa sovellettiin Ahdin (1995) esittämiä tuloksia kunnostusojituksen kasvureaktioista Pohjois-Suomen koekentillä (Taulukko 1). Tulokset eivät suoraan kerro esimerkiksi vesiensuojelurakenteiden vaikutuksia puuston kasvuun. Lähtökohdانا oli, että ojien perkaus parantaa puuston kasvua, ja ojien täyttäminen alkaa näkyä vähitellen kasvun taantumana suon palautuessa kohti luonnontilaa. Vesiensuojeluratkaisujen arvioitiin vievän puuston kasvutilaa, ja siten vähentävän perkauksesta saatavaa kasvunlisää. Lepovaihtoehtoon verrattuna ojien tukkimisen oletettiin olevan suhteelliselta kasvuvaihtokeltaan samansuuruinen kuin perkausvaihtoehto, mutta vastakkaisuuntainen.

Vesistövaikutusten asiantuntija-avusteinen arviointi

Käsittelyvaihtoehtojen arviointi vesiensuojelun suhteen tehtiin asiantuntijaraadin avulla. Raati koostui viidestä metsä- ja ympäristöalan ammattilaisesta, joista kolme on erityisesti perehtynyt vesiensuojeluun. Raadin tehtävänä oli arvioida käsittelyvaihtoehtojen hyvyttä sen suhteen, miten ne lähimmän kymmenen vuoden aikana vaikuttaisivat Heinistönjärven ja siihen laskevan puron veden laatuun ja tilaan. Oheismateriaalina raadilla oli alueen kartta sekä tiedot alueella olevista vanhoista lannoituskokeista ja puustosta. Vertailut tehtiin AHP-menetelmää soveltaen tarkoitusta varten laadituille lomakkeille graa-

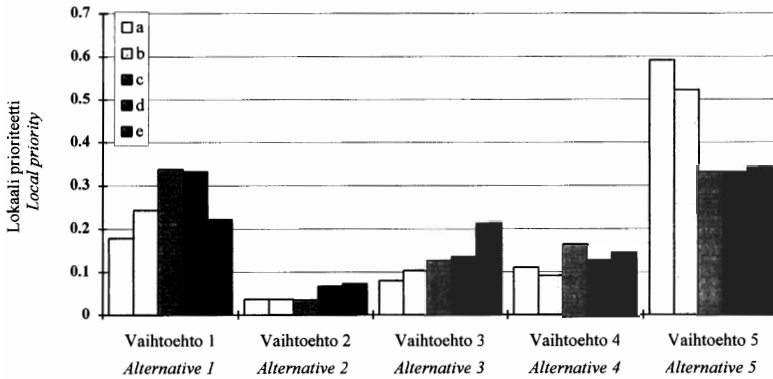
fisella vertailutavalla. Ensimmäisen arviointikierroksen vertailujen perusteella laskettiin kullekin käsittelyvaihtoehtolle lukuarvo, joka kuvasi toimenpiteen hyvyttä vesiensuojelun kannalta (Kuva 2).

Ensimmäisellä arviointikierroksella asiantuntijoiden näkemyksissä oli suuria eroja, joten tarvittiin toinen arviointikierrös. Toista arviointikierrosta varten ensimmäisen kierroksen tuloksista laskettiin kun-

Taulukko 1. Suhteelliset kasvut tarkastelluissa kunnostusojitusvaihtoehtoissa. Indeksiksi sata annettiin lepo-vaihtoehtolle. Vaihtoehdot: 1. ojien täyttäminen kaivinkoneella, 2. ojien perkaus ilman vesiensuojelurakennelmia, 3. perkaus ja laskeutusaltaiden kaivaminen, 4. perkaus ja pintavaluntakentän jättäminen lähelle puroa, 5. alueen jättäminen ilman minkäänlaista käsittelyä.

Table 1. Estimated relative stand growth in different ditch network maintenance alternatives. Index 100 was given to the alternative with no treatments. Alternatives: 1. Infilling the ditches using an excavator, 2. Cleaning the ditches without protecting the watercourses, 3. Ditch cleaning and the excavation of sedimentation pools, 4. Ditch cleaning and leaving sedimentation field near stream, and 5. No treatment at all.

Vaihtoehto / Alternative	Suhteellinen kasvu / Relative growth
1	74
2	126
3	115
4	110
5	100



Kuva 3. Asiantuntijoiden (a–e) toisen arviointikierroksen tulokset käsittelyvaihtoehtojen vesiensuojellisuudesta. Kunkin asiantuntijan vastauksista lasketun prioriteettien summa on yksi. Vaihtoehdot kuten Kuvassa 2.

Fig. 3. Results of the evaluation of ditch network maintenance alternatives, made by the experts (a–e), in the second assessment round. The sum of priorities given by an expert is 1. Alternatives as in Fig. 2.

kin käsittelyvaihtoehdon saamien, niiden hyvyttä vesistövaikutusten kannalta kuvaavien lukuarvojen aritmeettinen keskiarvo. Kullekin asiantuntijalle esitettiin käsittelyvaihtoehtojen saamien pisteiden keskiarvot sekä asiantuntijan oma arvio. Tämän jälkeen asiantuntijalle annettiin mahdollisuus muuttaa arviotaan. Toisella arviointikierroksella kolme viidestä asiantuntijasta halusi korjata arviotaan. Korjausten jälkeen laskettiin käsittelyvaihtoehtojen saamat pisteet uudestaan (Kuva 3). Toisella kierroksella asiantuntijoiden arvioiden hajonta oli pienempi kuin ensimmäisellä kierroksella (Taulukko 2).

Vaikka asiantuntijoiden näkemykset lähestyivät toisiaan, oli heidän kanssaan käytyjen keskustelujen perusteella epätodennäköistä, että täydellinen yhteisymmärrys saavutettaisiin. Tapaustutkimuksessa päätettiinkin tyytyä kahteen arviointikierrokseen. Toisen kierroksen jälkeen laskettiin asiantuntijoiden arvioista aluksi painotetut keskiarvot kullekin käsittelyvaihtoehdolle. Kunkin asiantuntijan arvioita painotettiin kertoimella, joka kuvasi hänen vesiensuojellista asiantuntemustaan (Taulukko 3). Painokertoimet tuotettiin raadin avulla, joka arvioi asiantuntijoita pareittaisten vertailujen tekniikalla. Esimerkiksi koulutus ja kokemus sekä kohteen tuntemus vaihtelivat tässäkin tapauksessa henkilöittäin. Asiantuntijoiden pätevydet arvioinut raati työskenteli jo ennen ensimmäistä vesistövaikutusten arviointikierrosta. Tällä pyrittiin välttämään tarkoitushakuinen painoarvojen valinta, mikä olisi voinut olla mahdollista, jos asiantuntijoiden tekemät vertailut olisivat olleet pätevyksiä punnittaessa tiedossa. Asiantuntijoiden pätevyysarvioijat olivat aluetta hallinnoivan Metsäntutkimuslaitoksen virkamiehiä, joilla myös oli vastuu asiantuntijoiden näkemysten pohjalta tehtävistä päätöksistä.

Päätösanalyysi

Asiantuntija-arviot eri käsittelyvaihtoehtojen vesiensuojellisuudesta hyvyksistä hyödynnettiin monitavoitteisessa päätösanalyysissä, joka toteutettiin AHP:ia soveltaen (ks. Kangas 1991). Päätöksentekijällä oli kaksi tavoitetta tarkastellun kohteen suhteen: lisätä puuston tilavuuskasvua ja minimoida metsätalouden haittavaikutukset lähistön vesistöihin. Tällöin tavoitteiksi, joiden perusteella arvioitiin kunkin käsittelyvaihtoehdon tuottamaa kokonaisuhyötyä (U_{kokonais}), määritettiin vesiensuojelu ($U_{\text{vesiensuojelu}}$) ja puuston tilavuuskasvun muutos ($U_{\text{tilavuuskasvu}}$). Näille tavoitteille annettiin niiden tärkeyttä kuvaavat painoarvot. Tässä tapauksessa tilavuuskasvu nähtiin jonkin verran tärkeämpänä kunnostusohjelmavaihtoehdon valintaperusteena kuin vesiensuojelu (Yhtälö 1).

$$U_{\text{kokonais}} = 0,61u_{\text{tilavuuskasvu}} + 0,39u_{\text{vesiensuojelu}} \quad (1),$$

missä U_{kokonais} on kokonaisuhyöty, $u_{\text{tilavuuskasvu}}$ tila-

Taulukko 2. Asiantuntijoiden arvioiden keskihajonnan ensimmäisellä ja toisella arviointikierroksella. Vaihtoehdot kuten Taulukossa 1.

Table 2. Standard deviations of the priorities given by the experts in the 1st and the 2nd assessment round. Alternatives as in Table 1.

Vaihtoehto	Keskihajonta 1. arviointi	Keskihajonta 2. arviointi
Alternative	S.d. 1st round	S.d. 2nd round
1	0,089	0,070
2	0,025	0,019
3	0,057	0,051
4	0,042	0,029
5	0,166	0,124

vuuskasvun määrittämä osahyöty ja u_{vesiensuojelu} vesistövaikutusten määrittämä osahyöty.

Yhtälön 1 avulla laskettiin globaalit prioriteetit eli käsittelyvaihtoehtojen hyvytydet suhteessa asetettuihin tavoitteisiin ja niiden painokertoimiin (Taulukko 4). Tilavuuskasvuindeksien kohdalla oletettiin lineaarinen hyötyfunktio, jonka mukaiset lokaalit prioriteetit eli vastaavaa osahyötyä kuvaavat luku-arvot saatiin skaalamalla kasvuindeksit niin, että niiden summaksi tuli yksi. Tässä tapaustutkimuksessa käytetyillä tavoitteilla ja painokertoimilla suurimman kokonaisuhyödyn tuotti vaihtoehto 5, joka oli alueen käsittelemättä jättäminen, vaikka vaihtoehto 2 olisi ollut puuntuotannollisesti suositeltavin. Näiden vaihtoehtojen ero vesiensuojelun kannalta oli suhteellisesti selvästi suurempi kuin ero tilavuuskasvun kannalta. Tilavuuskasvun painoarvon olisi pitänyt olla vähintään 0,882 (jolloin vesistövaikutusten painoarvo olisi vastaavasti ollut 0,118), jotta ojien perkaus olisi laskelman mukaan ollut suositeltavaa. Tällöin vaihtoehto 2 eli ojien perkaus ilman vesiensuojelurakenteita olisi saanut suurimman globaalin prioriteetin.

TARKASTELU

Tutkimuksessa yhdistettiin kaksi erilaista ympäristötalouden päätösanalyysissä sovellettua lähestymistapaa, joita on aikaisemmin sovellettu

Taulukko 3. Asiantuntijoille annetut painoarvot, asiantuntijoiden arvioiden mukaiset kunnostusajatusvaihtoehtojen prioriteetit asiantuntijoittain sekä prioriteettien asiantuntijoiden painoarvoilla painotetut keskiarvot. Vaihtoehdot kuten Taulukossa 1.

Table 3. Weights (competence) given for the experts, expertwise priorities of ditch network maintenance alternatives, and means of priorities weighted by the competence of the experts. Alternatives as in Table 1.

Asian- tuntija Expert	Paino- kerroin Weight	Vaihtoehdot Alternatives				
		1	2	3	4	5
a	0,244	0,179	0,037	0,081	0,111	0,592
b	0,118	0,244	0,037	0,104	0,092	0,523
c	0,293	0,338	0,036	0,128	0,165	0,333
d	0,161	0,333	0,068	0,137	0,129	0,333
e	0,184	0,222	0,074	0,214	0,146	0,344
Painotettu keskiarvo – Weighted mean		0,266	0,049	0,131	0,134	0,421

erikseen. Parivertailuihin ja ominaisarvolaskentaan pohjautuvaa päätösanalyysimenetelmää, nimeltään analyttinen hierarkiaprosessi eli AHP, sovellettiin kunnostusajatusvaihtoehtojen vesistövaikutusten asiantuntija-avusteisessa arvioinnissa sovitettuna delfi-tekniikan mukaiseen vuorovaikutteiseen prosessiin. AHP mahdollisti tehokkaan ja monipuolisen päätösanalyysin delfin periaatteiden mukaisessa arvioiden, synteisien ja palautteiden iteraatiossa. Esitetyllä menetelmällä vesistövaikutuksia voidaan tarkastella monitavoitteisessa päätösanalyysissä muihin tavoitesuureisiin, kuten puuntuotannon tuloihin tai biodiversiteettiin rinnastettavalla tavalla. Menetelmä soveltuu periaatteessa mihin tahansa ympäristövaikutusten arviointitehtävään.

Asiantuntijan valinta suunnitteluprosessiin on monesti visainen tehtävä. Eri asiantuntijat saattavat olla eri mieltä vaihtoehtojen vesistövaikutuksista. Esimerkiksi Kangas ym. (1993) totesivat asiantuntijoiden näkemysten poikkeavan toisistaan selvästi metsäsuunnitelmien hyvyttä teeren elinympäristövaatimusten kannalta arvioitaessa (ks. myös Alho ym. 1996). Vaikka asiantuntijoiden kesken ei saavutettaisi konsensusta edes vuorovaikutteisessa prosessissa monienkaan arviointikierrosten jälkeen, on joku arvio valittava vertailulaskelmien pohjaksi. Tällöin on yksinkertaisesti valittava kenen näkemykseen luotetaan eniten tai miten eri asiantuntijoiden arvioita painotetaan lopullisen arvion laskemiseksi.

Yksi delfi-tekniikan eduista on, ettei sitä käytettäessä edellytetä arviointiin osallistuvien asiantuntijoiden läsnäoloa samanaikaisesti ja samassa paikassa (esim. Render & Stair 1992). Se mahdollistaa arviointiprosessin toteuttamisen kohtuullisin kustannuksin ja helpottaa mahdollisimman pätevien asiantuntijoiden saamista mukaan prosessiin. Asiantun-

Taulukko 4. Tarkasteltujen kunnostusajatusvaihtoehtojen globaalit prioriteetit tapaustutkimuksessa. Vaihtoehdot kuten Taulukossa 1.

Table 4. Global priorities of ditch network maintenance alternatives in the case study. Alternatives as in Table 1.

Vaihtoehto Alternative	Globaali prioriteetti Global priority
1	0,190
2	0,165
3	0,185
4	0,180
5	0,280

tijoiden keskinäiset tapaamiset saattaisivat toisaalta olla hyödyllisiä yhteisen näkemyksen löytämiseksi. Asiantuntijoiden tapaaminen parantaisi aidosti vuorovaikutteisen keskustelun edellytyksiä. Erityisesti silloin, kun asiantuntijoiden arvioinneissa ei tapahdu lähentymistä prosessin aikana, olisi tarpeen saada osallistujat keskustelemaan keskenään.

Useiden arvioijien vuorovaikutus mahdollistaa toisten näkemyksistä ja tietämyksestä oppimisen. Oppimisen merkitys missä tahansa arvottamis- ja päätösprosessissa on suuri. Iteratiivinen arviointi myös pakottaa asiantuntijat pohtimaan vesistövaikutuksia yhä uudelleen, ja välitön keskusteluyhteys painostaa heidät paneutumaan tehtävään erillisarviointia syvemmin, koska he joutuvat keskustelussa myös perustelevaan valintansa. Tärkeää on myös kohteen, arviointitehtävän, vertailtavien vaihtoehtojen ja vertailumenetelmän perusteellinen kuvaaminen asiantuntijoille ennen ensimmäistäkään arviointikierrosta. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa asiantuntijoilla oli aluksi vaikeuksia mieltää analyysin aikahorisontti. Sovellettavan aikajänteen tähdentäminen on kunnostusajotusvaihtoehtojen arvioinnissa tärkeää, koska vaihtoehtojen hyvyys-suhteet ovat usein erilaiset vaikkapa yhden vuoden kuin 30 vuoden tarkastelussa niin vesistövaikutusten kuin puuntuotannonkin kannalta.

Vaikka asiantuntijoiden vuorovaikutus yhteisessä tapaamisessa lähentäisikin osallistujien mieliteitä, piilee siinä myös omat vaaransa. Voimakastahtoisten yksilöiden hallitseva asema korostuu vuorovaikutteisessa ryhmässä, mikä voi vääristää arvioita etenkin, jos arviointiprosessia ei kyetä tarkastelemaan analyttisesti. Vaikutus lopputulokseen ei välttämättä ole yhdenmukainen suhteellisen asiantuntemuksen kanssa. Lisäksi on mahdollista, että täydellinen konsensus jää saavuttamatta, vaikka yhteinen istunto järjestettäisiinkin.

Tämän tutkimuksen arviointiprosessissa ne asiantuntijat, jotka etukäteen arvioitiin valittujen asiantuntijoiden joukossa vähiten vesistönsuojelun tietämystä omaaviksi, olivat valmiita muuttamaan arvioitaan. Sen sijaan vain yksi kolmen pätevimmän joukkoon arvioiduista muutti vertailujaan toisella arviointikierroksella. Jos tämän perusteella oletetaan, että arvion pysyvyys riippuu asiantuntijan pätevyydestä, arvioiden keskiarvo muuttuu iterointikierrosten aikana oikeaan suuntaan. Jos taas katsotaan, että arvion pysyvyyteen vaikuttavat enemmän muut tekijät (kuten asiantuntijan itsevarmuus tai halu

vaikuttaa lopputulokseen), päästään oikeampaan lopputulokseen laskemalla pätevyyksillä painotetut keskiarvot heti ensimmäisellä kertaa tehdyistä arvioista. Pidättäytymistä vain muutamassa arviointikierroksessa voidaankin pitää perusteltuna, koska silloin asiantuntijoille annetaan mahdollisuus oppia toisten arvioista ja korjata omia arvioitaan, mutta heitä ei painosteta moneen kertaan muuttamaan mielipidettään.

On myös muistettava, että asiantuntijakin tekee arvionsa omassa arvomaailmassaan. Painoker-toimien käyttö antaa päätöksentekijälle mahdollisuuden painottaa paitsi pätevintä asiantuntijaa myös sitä, joka edustaa samanlaista arvomaailmaa kuin päätöksentekijä itse. Koska vastuu lopullisesta päätöksestä on aina itse päätöksentekijällä, hän tuloksia mahdollisesti manipuloidessaan pettää ensisijassa itseään. Kuitenkin manipuloinnin välttämiseksi, etenkin jos kyse on lain edellyttämästä ympäristövaikutusten arvioinnista tai muutoin mahdollisimman objektiivista päätösanalyysistä edellyttävästä tehtävästä, asiantuntijoiden pätevyudet tulee arvioida ennen ensimmäistäkään päätösvaihtoehtojen vertailua. Eduksi olisi, jos pätevyysarvioita tekisi useampi kuin yksi henkilö.

Eräs AHP:n heikkouksista on sen tuottamien lukuarvojen tilastollisen epävarmuuden arvioinnin ongelmallisuus. Alho ym. (1996) esittivät vaihtoehtoisen, tilastotieteen menetelmiin perustuvan tavan analysoida asiantuntijoiden tekemiä parivertailuja siten, että vertailujen pohjalta laskettujen prioriteettien luotettavuus voidaan esittää. Jatkotutkimuksissa on tarkoitus kehittää menetelmä monitavoitteisen, hierarkkisen päätösanalyysin tulosten luotettavuusarviointiin, jolloin myös asiantuntija-avusteisen evaluoinnin epävarmuudet voitaisiin ottaa vaihtoehtojen kokonaisvaltaisten hyvyksien vertailussa huomioon.

Paitsi vesistövaikutusten myös puuston kasvun ennustaminen tapaustutkimuksen päätösanalyysissä sisälsi epävarmuutta. Arvioinnin pohjana käytettyjä tutkimustuloksia (Ahti 1995) on pidettävä alustavina lyhyen seurantajakson takia. Siten ne ovat lähinnä suuntaa-antavia päätösanalyysin tehtävää ajatellen. Tutkimuksia kunnostusajotusvaihtoehtojen vaikutuksista puuston kasvuun erilaisilla suotyypeillä tulisi sikin jatkaa.

Tapaustutkimuksen päätösanalyysissä tarkasteltiin kunnostusajotusvaihtoehtoja vain kahden tavoitetsuureen suhteen. Tavoitteet ja niiden tärkeydet vaihtelevat päätöksentekijöittäin ja valintatilanteittain.

Sovelletun menetelmän eräs etu on mukautuvaisuus mitä erilaisimpiin päätöstilanteisiin. Esimerkiksi luonnon monimuotoisuus ja maiseman kauneus voidaan ilman teknisiä tai menetelmällisiä ongelmia lisätä tavoitesuureiksi kunnostusjotusvaihtoehtojen vertailuun. Samoin vaihtoehtojen kustannukset on periaatteessa helppo ottaa mukaan tarkasteluun. Monissa tapauksissa kustannukset lienevätkin merkittävä päätöskriteeri. Tapaustutkimuksessa suosittelavimmaksi kunnostusjotusstrategiaksi valittiin alueen jättäminen lepoon, joka oli myös halvin vaihtoehto.

KIITOKSET

Artikkelin kirjoittajat kiittävät Metsäntutkimuslaitoksen erikoistutkija Erkki Ahtia, Keski-Pohjanmaan ympäristökeskuksen ylitarkastaja Sinikka Jokelaa ja Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusosaston tutkimusalueen esimies Esko Jaskaria asiantuntija-avusta ja kriittisistä huomioista sekä MMT Liisa Saarenmaata arvokkaista kommentteista. Kielenkäännöksistä ja kielentarkistuksista kiittämme erikoistutkija Ashley Selbyä Metsäntutkimuslaitoksesta ja metsänhoitaja Erkki Pekistä EPC Konsultti Oy:stä.

KIRJALLISUUS

- Aarne, M. (toim.). 1995. Metsätilastollinen vuosikirja 1995. SVT Maa ja metsätalous 1995:5. Metsäntutkimuslaitos. Helsinki. 354 s.
- Ahti, E. 1995. Kunnostusjotuksen vaikutus pohjavesipinnan syvyyteen ja männyn pohjapinta-alan kasvuun karuhkoilla rämemuuttumilla. Teoksessa Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540: 49–58.
- Ahti, E., Päivänen, J. & Vuollekoski, M. 1988. Kunnostusjotus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308: 46–55.
- Alho, J., Kangas, J. & Kolehmainen, O. 1996. Uncertainty in the expert predictions of the ecological consequences of forest plans. *Applied Statistics* 45:1–14.
- Anderson, D. H., 1993. Using the Delphi process to identify significant recreation research-based innovations. *Journal of Park and Recreation Administration* 11:25–36.
- Dalkey, N. & Helmer, O. 1962. An experimental application of Delphi method to the use of experts. *Management Science* 9:458.
- Eschenbach, T. & Geistaus, G. 1985. A delphi forecast for Alaska. *Interfaces* 15:100–109.
- Heikurainen, L. 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla (Summary: Drainage condition and tree stand on peatlands drained 20 years ago). *Acta Forestalia Fennica* 167. 39 s.
- Joensuu, S. 1991. Metsäojitus ja laskeutusaltaat. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 387: 41–51.
- Kangas, J. 1991. Menetelmä metsäojitusvaihtoehtojen hyötyvertailuun (Summary: A method for utility comparison of forest drainage alternatives). *Suo* 42:49–59.
- Kangas, J. 1992. Multiple-use planning of forest resources by using the Analytic Hierarchy Process. *Scandinavian Journal of Forest Research* 7:259–268.
- Kangas, J., Karsikko, J., Laasonen, L. & Pukkala, T. 1993. A method for estimating the suitability function of wildlife habitat for forest planning on the basis of expertise. *Silva Fennica* 27:259–268.
- Kangas, J. & Pukkala, T. 1992. A decision theoretic approach applied to goal programming of forest management. *Silva Fennica* 26:169–176.
- Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930–78 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. (Summary: Peatlands drained for forestry in 1930–1978: Results from field surveys on drained areas). *Acta Forestalia Fennica* 193. 94 s.
- Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä. 1994. N:o 468. Annettu Helsingissä 10. päivänä kesäkuuta 1994.
- Lauhanen, R. 1992. Kunnostusjotuksen ongelmat ja tutkimustarpeet (Abstract: Ditch network maintenance, its problems and research needs). *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 409. 45 s.
- Metsä 2000 -ohjelman pääraportti. 1985. Talousneuvosto. Valtion painatuskeskus. 189 s.
- Metsänparannustyöryhmän muistio. 1994. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. Työryhmämuistio 5. 55 s.
- Ndour, B., Force, J. E. & McLaughlin, W. J. 1992. Using the Delphi method for determining criteria in agroforestry research planning in developing countries. *Agroforestry Systems* 19:119–129.
- O’Laughlin, J. & Rule, L. C. 1990. The future of Alaska’s forest products industry. *Journal of Forestry* 88(12):16–22.
- Paavilainen, E. & Päivänen, J. 1995. Peatland forestry. *Ecology and principles*. Springer-Verlag. Berlin. 248 s.
- Pukkala, T. & Kangas, J. 1993. A heuristic optimization method for forest planning and decision-making. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8:560–570.
- Render, B. & Stair, R. M. 1992. *Introduction to management science*. Allyn and Bacon. Boston. 856 s.
- Russell, J. S., Cameron, D. M., Whan, I. F., Beech, D. F., Prestwidge, D. B. & Rance, S. J. 1993. Rainforest trees as a new crop for Australia. *Forest Ecology and Management* 60:41–58.
- Saaty, T. L. 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology* 15:234–281.
- Saaty, T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process. Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill. New York. 283 p.
- Suomen metsäluonnon monimuotoisuuden turvaaminen. 1994. Ympäristöministeriö. Alueiden käytön osasto. *Moniste*. 84 s.

SUMMARY:

Assessing the impacts of ditch network maintenance on water ecosystems on the basis of expert knowledge and integrating the assessments into decision analysis

Approximately six million of Finland's ten million hectares of peatlands have been drained for forestry (Aarne et al. 1995). New drainage has virtually ceased in Finland, but old ditches become blocked unless regular maintenance work is carried out (Heikurainen 1980, Ahti et al. 1988, Lauhanen 1992). The blocking of ditches reduces the growth-stimulating effect of the initial drainage.

The ditch maintenance requirement, estimated on the basis of ditch condition and the profitability of wood production, amounts to the treatment of 100 000–150 000 hectares per year (Metsä 2000... 1985, Keltikangas et al. 1986). Various forestry and the environment programmes and international conventions require that natural biodiversity and the conservation of forest ecosystems should be taken into account in forest management. In Finland, environmental impacts must be assessed if the area of a project exceeds 200 hectares (Laki ympäristövaikutusten... 1994). It is of particular importance to assess the possible dangers to the water ecosystem when deciding on actions which influence the water status of peatland forests.

The dearth of objective, research-based quantitative knowledge of the impacts of alternative actions on the environment is a central problem for decision analysis in forestry. Without objective information the decision maker must rely upon expert knowledge. The assessment of the impacts of forestry measures on water ecosystems is just such a case.

The Delphi technique is one of the approaches used in interactive and iterative modelling of expert knowledge (e.g. Render & Stair 1992). The idea in iterative modelling is to seek the convergence of experts' views to eventually achieve consensus. The Delphi technique is an efficient tool for learning and seeking compromises. However, it lacks the analytical element of the assessment process, and this is the major obstacle to its application.

The Analytical Hierarchy Process (AHP), on the other hand, has been developed especially for multi-objective and complex decision analyses (Saaty 1977, 1980). The advantages of the AHP method in supporting environmental-economic decision mak-

ing include the commensurable examination of quantitative and qualitative objectives, a flexibility in defining objectives and their importance, and the exploiting of both subjective preferences, objective numerical values, and the assessments of experts in the same comparative calculation.

The present study describes a way of combining the use of the Delphi technique and the AHP method in evaluating the strategic alternatives for a ditch network maintenance site. The AHP provides an analytical planning framework within which the principles of the Delphi technique can be exploited. The iterative evaluation process is illustrated by a case study. The case study also shows how the values obtained are incorporated into the multi-objective decision analysis (Fig. 1).

The stages in the expert-assisted evaluation of impacts on water ecosystems are as follows:

- (1) Strategy alternatives are produced for comparison
- (2) Experts are selected
- (3) An assessment is made of the competence of the selected experts; this assessment is utilised if no consensus can be reached in the evaluation process
- (4) Each expert compares pairwise the goodness of the strategy alternatives with respect to their impacts on water ecosystems
- (5) The comparisons made in stage (4) are analysed and experts are given feedback on their own and others' comparisons
 - * if the experts' assessments are in sufficient agreement, the next two stages are skipped by moving directly to stage (8)
- (6) Experts carry out a new assessment having acquainted themselves with the feedback from the previous comparison
- (7) The comparisons made in stage (6) are analysed and experts are given feedback from their own and others' comparisons;
 - * if the experts' comparisons are now in sufficient agreement or if three assessment rounds have already been made, stage (8) is next; otherwise return to stage (6)
- (8) Final assessments are produced;

* if consensus is achieved, the goodness of the alternatives is defined on the basis of unanimous comparisons

* if no unanimity is achieved, the goodness of the alternatives is determined as the mean weighted with the competence of the experts

Any unconditional constraints set by the decision maker are taken into account when producing strategy alternatives. Legislative and other societal requirements as well as the site's possible constraints are observed at this juncture.

The case study site was peatland which had been drained in 1967, with a growing stock of $67 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, consisting of Scots pine (90%) and birch (10%). The thickness of the peat layer averaged 110 cm. Ditch cleaning was felt to be necessary from the viewpoint of assuring the continuity of wood production. The problem was how to protect lake Heinistönjärvi in the immediate vicinity of the drainage area (100 metres away) and the stream running into it.

The alternative treatments were as follows: 1. Infilling the ditches using an excavator, 2. Cleaning the ditches without protecting the watercourses, 3. Ditch cleaning and the excavation of sedimentation pools, 4. Ditch cleaning and leaving sedimentation field near stream, and 5. No treatment at all.

The volume increment estimates for the growing stock by type of treatment were based on the growth reactions reported by Ahti (1995) on experimental sites in northern Finland (Table 1).

The assessment of the treatment alternatives in relation to the protection of watercourses was conducted with the assistance of a panel of experts and using the method described above. The first assessment round provided the basis for calculating a value for each treatment alternative, the derived value describing the goodness of the treatment measure from the viewpoint of the protection of watercourses (Fig. 2). The first round assessment revealed considerable differences in the expert's views, and therefore it was necessary to carry out a second assessment round. Following the second round, the treatment alternatives were re-ranked (Fig. 3). The second round showed that the experts' views had converged (Table 2). After two assessment rounds, the final priorities of decision alternatives with respect to their impact on water ecosystems could be computed

by weighting each expert's assessments with a coefficient depicting the person's competence (Table 3).

The experts' assessments were utilised in a multi-objective decision analysis carried out using AHP (see Kangas 1991). The objective of the decision maker was to promote tree growth on the site with minimum harm to the nearby watercourses. Volume growth was judged to be slightly more important in the choice of decision alternative than the impact on watercourses (Eq. 1; U_{kokonais} = global priority, $u_{\text{tilavuuskasvu}}$ = priority with respect to volume growth, $u_{\text{vesiensuojelu}}$ = priority with respect to impact on watercourses). Using AHP, an assessment was made of the goodness of the treatment alternatives in relation to the objectives set, and their weighting (Table 4). On considering the objectives and weighting coefficients used in this case study, the greatest overall benefit (global priority) was produced by leaving the site untreated.

The study was concluded with an assessment of the applicability of the method used in providing support for decision making in forestry. A method combining Delphi and AHP techniques can be used to achieve the benefits of both. While being quite different in the basic structure, these approaches support one another by compensating for each others' deficiencies.

With a case study as a basis, meetings of experts can be recommended as useful tool in the search for consensus; such meetings genuinely improve the conditions for interactive discussion. Iterative assessment forces experts to continually consider the impact on watercourses, and the feedback provides them with opportunities to learn from other experts' assessments. Although the interaction between experts in a joint meeting can result in convergence of views, it does also have its risks. The dominating role of powerful personalities becomes emphasised in an interactive group, and this can distort assessments, especially if it is not possible to analyse the assessment process. The end result does not necessarily conform with relative expertise. Indeed, confining the process to two or a few assessment rounds can be justified on the grounds that the experts are thereby given opportunities to learn from each other's assessments without pressing them change their opinions many times.