

KRISTER KARTTUNEN

PUDASJÄRVEN NATURA 2000 -ALUE

ARVIOINTI KOLLAJA-HANKKEEN VAIKUTUKSISTA



KRISTER KARTTUNEN

PUDASJÄRVEN NATURA 2000 -ALUE

ARVIOINTI KOLLAJA-HANKKEEN VAIKUTUKSISTA

"Kuin revontulet taivaan rannalla, kiertävät ne saarien kupeita, kevätkesällä tummanvihreinä, syksyä kohti yhä enemmän punertuvina, värittyen lopuksi mitä erilaisimpiin ruskean ja violetin vivahteisiin."

Suoma Aaltonen (1955) Pudasjärven juohivihviläniityistä.

Kannen kuva: vesihierakka tulvaniityllä

Esipuhe

Olen laatinut tämän selvityksen Pohjolan Voiman toimeksiannosta. Arvioin Kollaja-hankkeen mahdollisia vaikutuksia niihin luonnonarvoihin, joiden suojelemiseksi Pudasjärven alue on sisällytetty Natura 2000 -verkostoon. Selvitys perustuu maastossa tehtyihin havaintoihin ja mittauksiin, laajaan kirjallisuuskatsaukseen erilaisten ympäristötekijöiden mahdollisista vaikutuksista tulvaisiin luontotyypeihin ja mallinnuksen avulla arvioituihin muutoksiin Pudasjärven hydrologiassa.

DI Birger Ylisaukko-oja on kirjoittanut luvut 1-4 ja välittänyt eteenpäin työn edetessä ehdottamiani tarkistuksia Pudasjärven säännöstelysuunnitelmaan mahdollisten haittavaikutusten eliminoimiseksi; Pohjolan Voiman mittamiehet kuljettivat kasveja ihmettelevää botanistia edestakaisin Pudasjärven putaila, kiitos heille kärsivällisyydestä. Menetelmien valinta ja johtopäätökset ovat yksin minun vastuullani.

Helsingissä 15. 3. 2011

Krister Karttunen, FL

Sisällys

Esipuhe

1. Johdanto

2. Arvioinnin toteutus

2.1. Asiantuntijat

2.2. Kollajan-Pudasjärven vesistömalli

2.3. Pudasjärven luontoselvitykset

3. Kollaja -hanke

3.1. Kollaja-hankkeen sijainti

3.2. Kollaja -hankkeen tarpeellisuus Pohjolan Voiman mukaan

3.3. Kollaja -hankkeen keskeiset ominaispiirteet

4. Pudasjärven säännöstely

4.1. Pudasjärven nykytila

4.2. Kollajan - Pudasjärven säännöstelyn periaatteet

4.3. Säännöstelyn vaikutukset Pudasjärven vedenpintaan

4.4. Muutokset vuoden 2008 suunnitelmaan verrattuna

5 Natura 2000 -alueen suojeluperusteet – Pudasjärven luontotyytit

5.1. Hydrogeomorfologia

5.2. Luontotyytit

5.2.1. Vesikasvillisuus

5.2.2. Tulvaniityt

5.2.3. Tulvametsät

5.2.4. Suot

6. Luontotyyppien esiintymiseen ja toimintaan vaikuttavat ympäristötekijät

6.1. Hydromorfologia

6.1.1. Deltojen kehitys

6.1.2. Sedimentin kulkeutuminen

6.1.3. Sedimentin vaikutus kasvillisuuteen

6.2. Vedenkorkeuden vaihtelu

6.2.1. Kesä

6.2.2. Talvi

6.2.3. Kevättulva

6.3. Sedimentoituminen

6.4. Häiriödynamiikka

6.5. Perinteinen maankäyttö

7. Hankkeen vaikutukset Natura -alueen suojeluun

7.1. Hydrologia

7.2. Kasvillisuuden vyöhykkeisyys

7.2.1. Kevättulva

7.2.2. Kesä

7.2.3. Syksy ja talvi

7.2.4. Sedimentaatio

7.2.5. perinteinen maankäyttö ja muut vaikutukset

7.3. Linnusto

7.4. Epävarmuustekijät arvioinnissa ja vaikutusten todennäköisyys

7.5. Vaikutusten merkitys

8. Luontovaikutusten seuranta

9. Vaikutusten lieventäminen

10. Yhteenveto

11. Kirjallisuus

1. Johdanto

Pohjolan Voima käynnisti Kollaja-hankkeen ympäristövaikutusten arviointiin liittyvät selvitykset kesällä 2007. Yhtiö kertoi tavoitteekseen kehittää 1980 -luvulla laadittua suunnitelmaa ympäristöselvitysten yhteydessä muun muassa niin, että hanke ei heikentäisi merkittävästi niitä luonnonarvoja, joiden suojelemiseksi alueita on sisällytetty Natura-verkostoon. Keskeinen asema tässä oli Pudasjärven Natura-alueella FI1103891. Ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä Pudasjärven Natura-alueesta laadittiin erillinen Natura-arviointi ("Arviointi Kollaja-hankkeen vaikutuksista Pudasjärven Natura-alueen luontoarvoihin". Ramboll Finland Oy 8.5.2009). Sen johtopäätös on, että Kollaja-hanke ei merkittävästi heikennä Naturalla suojeltuja Pudasjärven luontoarvoja. Ympäristövaikutusten arviointiselostus ja erillinen Natura-arvio ovat Kollaja -hankkeen internet -sivuilla osoitteessa www.kollaja.fi.

Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus antoi lausuntonsa Pudasjärven Natura-arvioinnista 20.10.2009. Lausunnossaan ympäristökeskus katsoi Natura-arvion johtopäätöksistä poiketen, että Kollaja-hanke heikentää merkittävästi Pudasjärven Natura-alueen luontoarvoja.

Pohjolan Voima on kesällä 2010 päättänyt muuttaa Pudasjärven säännöstelysuunnitelmaa alkuperäisen tavoitteensa mukaisesti niin, että Pudasjärven Natura-alueen luontoarvot eivät merkittävästi heikentyisi. Muutetusta suunnitelmasta on päätetty hankkia uusi Natura-arvio.

Luonnonsuojelulain 65 § edellyttää ns. Natura-arvion laatimista, jos hanke todennäköisesti merkittävästi heikentää niitä luonnonarvoja, joiden suojelemiseksi alue on sisällytetty Natura 2000 -verkostoon. Vaikka suunnittelun tarkoitus on löytää sellainen lopputulos, ettei laissa tarkoitettuja vaikutuksia ilmaantuisi, selvitykset on päätetty laatia niin, että ne täyttävät Natura-arvion tunnusmerkit.

2. Arvioinnin toteutus

Työn keskeisen osan muodostaa selvitys Pudasjärven Natura-luontotyyppien ominaisuuksista ja niiden suhteesta vesiympäristön fyysisiin oloihin. Vaikutusarvion perustana ovat laskelmat Pudasjärven vedenkorkeuksista erilaisissa hydrologisissa olosuhteissa Kollaja -hankkeen toteutumisen jälkeen. Hydrologiset ja hydrauliset laskelmat on työn yhteydessä tarkennettu ja vesien hallinta määritelty eksaktisti.

2.1. Asiantuntijat

Natura- ja vesiekologian asiantuntijana on toiminut tutkija Krister Karttunen Helsingin yliopistosta. Hänellä on laaja kasvitieteellinen ja vesiekologinen osaaminen, ja hän on aiemmissa työtehtävissä osallistunut Natura-ohjelman toimeenpanoon sekä Suomessa että Virossa mukaan lukien Natura-luontotyyppioppaan toimitustyön.

Hydrologiset ja hydrauliset mallinnukset on tehnyt DI Seppo Kattainen. Hänellä vuosikymmenien kokemus vesivoiman käytöstä ja vesien hallinnasta rakennetuissa vesistöissä. Vesistömallinnuksen perustana on syvälinen matemaattinen osaaminen.

Selvitystyötä on koordinoanut DI Birger Ylisaukko-oja. Hänellä on vesirakennusinsinöörin tutkinto ja pitkä ja monipuolinen kokemus vesi- ja ympäristöasioista. Hän on kirjoittanut tähän raporttiin hankkeen kuvauksen sekä tekniset osat.

2.2 Kollajan - Pudasjärven vesistömalli

Kollajan - Pudasjärven vesistömalli käyttää lähtötietoinaan Livojoen ja Iijoen pääuoman vuorokautisia virtaamatietoja. Malli käsittelee kumpaakin virtaamatiedostoa erillään, jolloin virtaamavaihteluiden ajalliset erot näiden uomien kesken tulevat mukaan laskelmiin. Malli ottaa huomioon suunniteltujen rakenteiden virtaushäviöt, vesien varastoitumisen vesisysteemin eri osiin sekä säännöstelylle annetut reunaehdot.

Pudasjärvestä on päivittäiset, lähes aukottomat vedenkorkeushavainnot vuodesta 1959 alkaen. Livojoen päivittäisiä virtaamatietoja on käytettävissä vuodesta 1975. Tästä seuraa, että Kollaja -hankkeen vaikutusten vertailulaskelmia ei voida tehdä todellisten virtaamatietojen perusteella vuotta 1975 aiemmalta ajalta. Suunnittelun aiemmassa vaiheessa vertailulaskelmat tehtiin vuodesta 1961. Silloin lähtötietoina käytettiin Suomen ympäristökeskuksen määrittelemiä laskennallisia valuntatietoja. Vertailulaskelmien perustana todelliset virtaamatiedot antavat selvästi tarkemman tietopohjan etenkin, kun laskentamallin ominaisuuksia on merkittävästi parannettu.

2.3. Pudasjärven luontoselvitykset

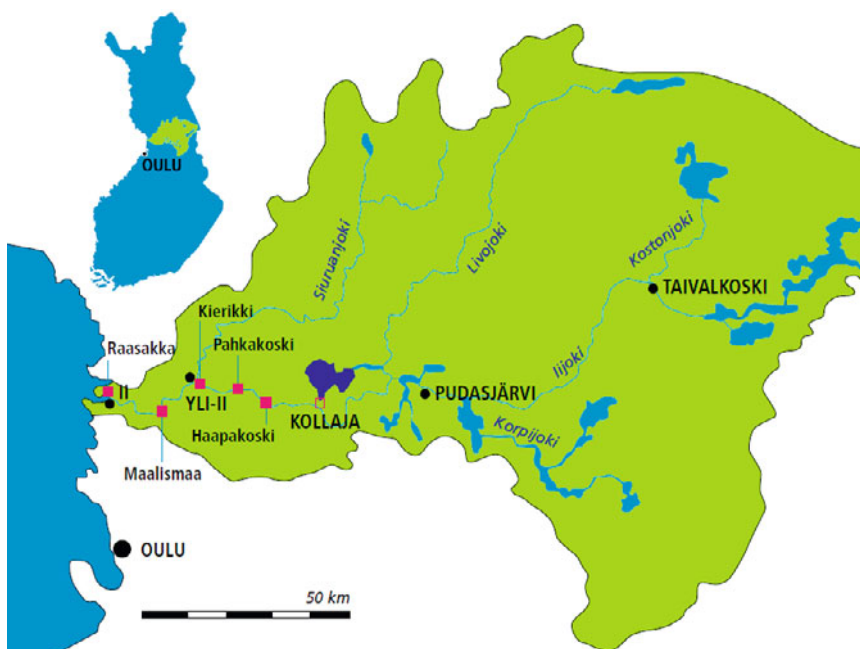
Kesällä 2010 Pudasjärven Natura-alueella tehtiin 22 (30) rantaprofiilia, joissa arvioitiin jokaisen kasvillisuusvyöhykkeen lajien yleisyys ja peittävyys sekä mitattiin vyöhykkeiden rajojen koordinaatit ja korkeus. Linjat sijoitettiin maastoon ilmakuvatarkastelun perusteella niin, että aineistossa olisi erityyppisiä rantoja. Kaikkiaan tutkittiin 112 vyöhykettä. Korkeus ja koordinaattimittaukset tehtiin tarkkuus GPS-laitteella. Alueelta on käytettävissä kohtuullisen tarkat ilmakuvat ja tarkat tiedot Pudasjärven vedenkorkeuden vaihteluista vuosikymmenien ajalta. Alueella on tehty tutkimuksia myös 1953-1955 (Aaltonen, S. 1955), 1980-luvulla (Viramo, J. et al. 1983) ja 2007-2008 (Ojala, T. 2009). Tiedot termisen kasvukauden alkamis- ja päättymispäivistä on saatu käyttöön Ilmatieteen laitokselta.

3. Kollaja-hanke

3.1 Kollaja-hankkeen sijainti

Kollaja-hanke sijaitsee lijoessa, jonka alaosalle on aiemmin rakennettu viisi voimalaitosta. Lijoen yläosalla on kaksi säännöstelyhanketta, joihin varastoidaan tulvavesiä juoksutettavaksi myöhemmin pääasiassa voimalatalouden tarpeisiin. Toteutetut säännöstelyt eivät riitä tasaamaan olennaisesti lijoen virtaamia vaan vaihtelu on edelleen suurta. Havaintojaksolla 1911 - 2010 suurin havaittu virtaama lijoen suulla on ollut 1429 m³/s (v. 1982) ja pienin 14 m³/s (1942). Kollaja-hanke ja sen vaikutusalue on kuvattu kokonaisuutena ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa (www.kollaja.fi).

Kuva 1. Lijoen valuma-alue, voimalaitokset ja säännöstelyt sekä Kollaja-hankkeen sijoittuminen.



3.2 Kollaja -hankkeen tarpeellisuus Pohjolan Voiman mukaan

Sähköntuotantotapojen monipuolistuessa vesivoimalle on muodostunut erityistehtävä: tuotannon säätö. Vesivoima on tässä tehtävässä ylivoimainen muihin tuotantomuotoihin verrattuna, jos käytettävissä on vesivarasto. Säätö on hyvin nopea, ja hyötysuhde pysyy korkealla laajalla tehoalueella.

Vesivoiman tuotannon kannalta lijoen tilanne on ongelmallinen, sillä koneet käyvät suurimman osan vuodesta vajaateholla veden puutteen vuoksi. Tulva-aikana taas enin osa vedestä joudutaan juoksuttamaan voimalaitosten ohi, kun suurimmat tulvahuiput ylittävät voimalaitosten läpäisykapasiteetin jopa viisinkertaisesti. Lijoella ei ole vesivarastoa, joka mahdollistaisi olemassa olevien voimalaitosten tarkoituksenmukaisen säätökäytön. Kollajan tekojärvi varastoi lijoen vettä käytettäväksi alapuolisissa voimalaitoksissa silloin, kun sähkön tarve on suurin.

Sähkön tarve vaihtelee Suomessa vuorokauden eri aikoina noin 2000 megawattia ihmisten elämänrytmin mukaan. Kun sähköä ei voida varastoida, tuotannon on joka hetki vastattava tarvetta. Tuotannon säätö hoidetaan pääasiassa kotimaisella vesivoimalla. Sähköverkon säätötarve kasvaa jatkossa merkittävästi seuraavista syistä:

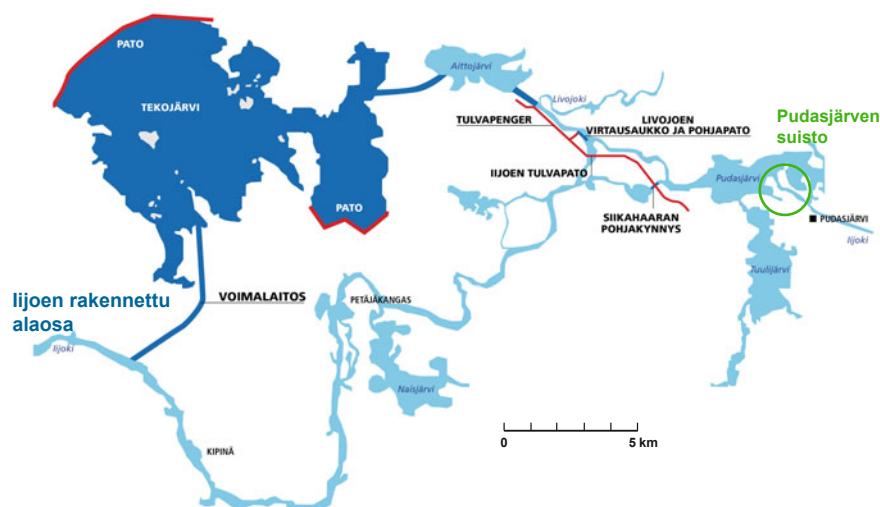
- Suomen huomattava tuulivoiman lisäystavoite vaatii lisää säätövoimaa
- säätöön osallistuvan lauhdevoiman käyttö loppuu ympäristösyistä ja korvautuu ydinvoimalla ja vaikeammin säädettävällä sähkön ja lämmön yhteistuotannolla
- Norjan ja Ruotsin vesivoimatuotannon säätö ohjautuu muun Euroopan säätötarpeiden kattamiseen

Pohjolan Voiman mukaan Kollaja-hanke lisäisi nopeaan säätöön soveltuvaa tehoa noin sadalla megawatilla. Tämä vastaa kolmasosaa Suomeen tavoitellun 2000 megawatin tuulivoimalisäyksen aiheuttamasta säätötarpeesta vuonna 2020.

3.3. Kollaja -hankkeen keskeiset ominaispiirteet

Kollaja -hankkeen olennaiset osat käyvät ilmi kuvasta 2. Toiminnan kannalta keskeisiä ovat Kollajan tekojärvi ja sitä säännöstelevä Kollajan voimalaitos. Vesien hallittuun ohjaamiseen tarvitaan kanavia, penkereitä ja patoja. Kollaja-hankkeen suurin rakenne on Venkaan pato, johon tekojärvi rajoittuu luoteessa. Sen kokonaispituus on 5,15 kilometriä ja suurin korkeus 17 metriä.

Kuva 2. Kollaja-hankkeen olennaiset osat sekä Naturalla suojellun Pudasjärven suiston sijainti.



lijoen vesistö tulvii voimakkaasti keväällä. Kollajan tekojärvi täytetään lijoen ja Livojoen vedellä kevättulvan aikana. Tulvan alkaessa pääosa tulvavesistä ohjataan Livojoesta ja Pudasjärvestä Aittojärven kautta tekojärveen, joka täyttyy nopeasti tasolle +109 m. Tavanomaisena keväänä vesi lasketaan noin kuukauden kuluessa tasolle + 108 m. Vesi pysyy suunnilleen tällä tasolla vuoden lopulle, jolloin tekojärveä aletaan tyhjentää seuraavaa kevättulvaa varten. Huhtikuun loppuun mennessä tekojärven pinta on laskenut tasolle + 99 m. Tekojärven suurin pinta-ala on 49 km² ja tilavuus 260 milj. m³.

Pudasjärven vedenkorkeuden luontaiset vaihtelut ovat suuret, äärimmillään lähes viisi metriä. Lijoen pääuoma laskee Pudasjärveen suistomaisen muodostuman läpi. Suurten vedenkorkeuden vaihtelujen seurauksena suistoalueelle on kehittynyt tulvasta riippuvaisia luontotyyppisiä, jotka on sisällytetty Natura-verkostoon. Kollajan tekojärvi ja sen yläpuolella oleva Pudasjärvi ovat avovesikautena likipitään samassa korkeustasossa. Sen vuoksi Kollajan tekojärvi vaikuttaa Pudasjärven vedenkorkeuteen. Suojeluarvojen säilyttämiseksi Pudasjärveen on etsitty sellaista säännöstelyä, joka jäljittelee nykytilaa mahdollisimman pitkälle. Pudasjärven säännöstely poikkeaa siten olennaisesti perinteisestä vuosisäännöstelystä, jossa vedenpintaa lasketaan voimakkaasti talvella. Kollaja –hankkeessa talvisäännöstely toteutetaan tekojärven avulla.

Pudasjärven alapuolisen lijoen luonnonuoman virtaama vaihtelee luontaisesti paljon. Suurimmat virtaamat Kollajan kohdalla ovat yli tuhat ja pienimmät alle kolmekymmentä kuutiometriä sekunnissa. Kollaja -hankkeen toteuduttua luonnonuomaan on tarkoitus juoksuttaa vettä niin paljon, että virtakalojen elinolot ja koskimaisema säilyvät. Koskiin ei rakenneta mitään. Kevättulvan aikana luonnonuomaan virtaisi vettä viisikymmentä kuutiometriä sekunnissa tai sitä enemmän, jos kaikki tulvavedet eivät mahdu Kollajan tekojärveen. Kesällä luonnonuomassa virtaisi vettä neljä viidesosaa nykyisestä, sillä kaikki lijoen pääuomasta Pudasjärveen tuleva vesi ohjattaisiin luonnonuomaan lukuun ottamatta runsasvetisiä jaksoja, jolloin luonnonuomaan juoksutettaisiin vettä viisikymmentä kuutiometriä sekunnissa. Talvella luonnonuoman virtaama olisi viisitoista kuutiometriä sekunnissa.

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä (www.kollaja.fi) on tarkasteltu kahta toteutusvaihtoehtoa:

- VE1 Kollajan tekojärvi ja voimalaitos (päävaihtoehto)
- VE2 pelkkä Kollajan tekojärvi (ilman voimalaitosta)

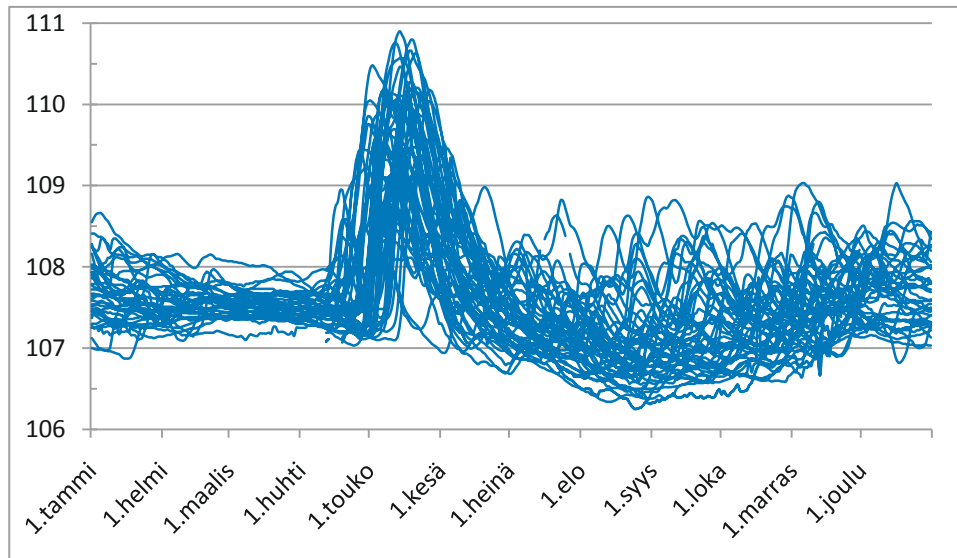
Pudasjärven suiston Natura-alueen kannalta vaihtoehdoilla ei ole sanottavaa eroa. Sen vuoksi vaihtoehtoon VE2 vaikutuksia ei ole tarpeen erikseen tutkia. Aiemmin 20.10.2010 antamassaan lausunnossa ympäristökeskus ei viitannut lainkaan vaihtoehtoon VE2.

4. Pudasjärven säännöstely

4.1. Pudasjärven nykytila

Pudasjärven keskivedenkorkeus vuosina 1959 - 2010 on ollut +107,60 m ($MW_{1959-2010}$). Pudasjärvessä on lähes viiden metrin suuruinen luontainen vedenpinnan vaihtelu. Kuvassa on esitetty vuotuiset vesipintakäyrät vuosijaksolta 1959 - 2010 ajan funktiona. Kaikki korkeusluvut tarkoittavat N_{43} - korkeusjärjestelmää.

Kuva 3. Pudasjärven vedenkorkeudet vuosina 1959 -2010



Kevättulvan alkaessa Pudasjärven pinta nousee nopeasti. Vuosina 1959 - 2010 tulvahuippu on esiintynyt keskimäärin 12. toukokuuta. Aikaisin huippu on ollut 19. huhtikuuta (vuonna 1991) ja myöhäisin 28. toukokuuta (vuonna 1995).

Pudasjärven keskimääräinen tulvahuippu on tarkastelujaksolla ollut +109,86 m ($MHW_{1959-2010}$). Tulva on 25 kertaa ylittänyt tason +110,0 m ja 8 kertaa tason +110,5 m. Korkeimmillaan tulva on ollut tasolla +110,90 m vuonna 1982 ($HW_{1959-2010}$).

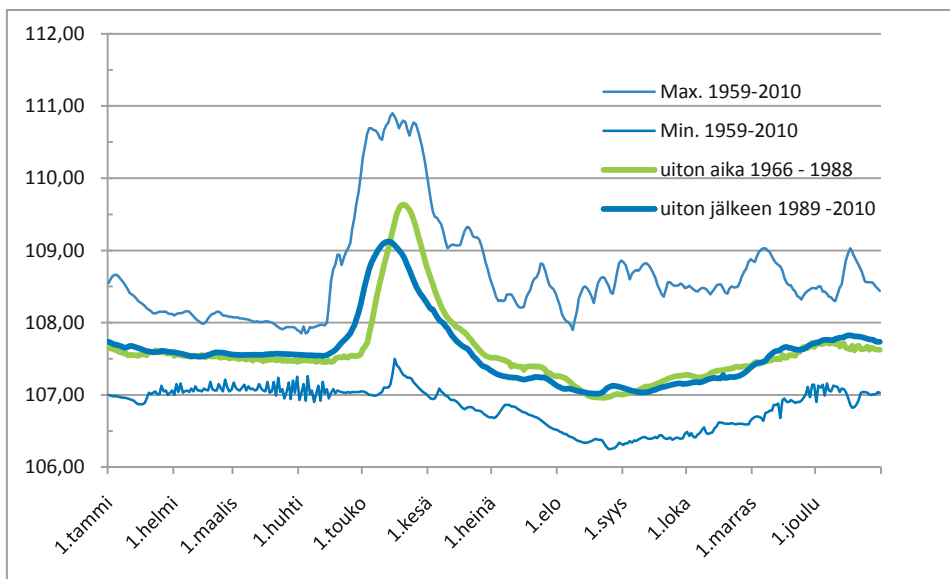
Vuosijaksolla 1959 - 2010 Pudasjärven pinta on ollut tason +110 m yläpuolella vuosittain keskimäärin neljä päivää. Pisin ajanjakso on ollut 16 päivää (v. 1973 ja 1977).

Vuosina 1961 -2010 tulva on laskenut tasolle +108,2 m keskimäärin 4. kesäkuuta vaihteluvälin ollessa 27. huhtikuuta (1991) - 5. heinäkuuta (1981). Tulvan lasku on aikaistunut parin viimeisen vuosikymmenen aikana keskimäärin kymmenellä päivällä.

Kesäajan (15. kesäkuuta - 15. syyskuuta) keskimääräinen vedenkorkeus Pudasjärvessä on ollut + 107,26 m (MW , kesä₁₉₅₉₋₂₀₁₀) ja alin vedenkorkeus keskimäärin + 106,79 m (MNW , kesä₁₉₅₉₋₂₀₁₀). Vuosijakson 1959 - 2010 alin vedenkorkeus on ollut 106,25 m vuonna 1980 ($NW_{1959-2010}$).

Pudasjärveen ovat vaikuttaneet vesistössä aikaisemmin suoritettut toimet, kuten Koston- ym. järvien säännöstely vuodesta 1965, Irni- ym. järvien säännöstely vuodesta 1967 sekä valuma-alueen laajat metsäojitukset 1950 -luvulta alkaen. Kesällä Irni- ym. ja Koston- ym. järviä on säännöstelty uiton tarpeisiin pääasiassa niin, että alkukesällä juoksutukset ovat olleet suuret ja loppukesällä pienet. Uitto päättyi vuonna 1988. Tämä näkyy myös Pudasjärven vedenkorkeuksissa alkukesällä (Kuva 4).

Kuva 4. Alkukesän vedenkorkeus on uiton aikana ollut Pudasjärvellä keskimäärin parikymmentä senttiä korkeammalla kuin uiton päättymisen jälkeen. Keskiarvo ei kuvaa keskimääräistä tulvahuippua, joka vuosijaksolla 1966-1988 on ollut +109,96 m ja vuosijaksolla 1998-2010 +109,74 m. Uitto ei ole vaikuttanut tulvahuipun korkeuteen.



4.2. Kollajan - Pudasjärven säännöstelyn periaatteet

Kollajan tekojärvi varastoi lijoen vettä käytettäväksi alapuolisissa voimalaitoksissa (Kuva 2). Tekojärvi täytetään lijoen ja Livojoen vedellä kevättulvan aikana. Koska Kollajan tekojärvi ja sen yläpuolella oleva Pudasjärvi ovat avovesikautena likipitään samassa korkeustasossa, tekojärvi vaikuttaa Pudasjärven vedenkorkeuteen. Pudasjärven alapuolelle suunniteltujen säännöstelyrakenteiden ja -laitteiden avulla Pudasjärven vedenpintaa voidaan kuitenkin säätää ottaen huomioon eri tarpeista lähtevät tavoitteet. Pudasjärven säännöstely jäljittelee nykytilaa ja poikkeaa olennaisesti perinteisestä voimaloussäännöstelystä.

Pudasjärven vedenpinnan säätöä toteutettaessa pidetään yllä palautuslaskelmaa, jonka perusteella on tiedossa, millainen vedenkorkeus Pudasjärvessä olisi kulloinkin ilman säännöstelyä. Palautuslaskelma on laadittavissa jälkikäteen muutaman päivän viiveellä.

Pudasjärven vedenkorkeudet määräytyvät seuraavien perusteiden mukaan:

Kevät

Tulva alkaa, kun tulovirtaama Pudasjärven kaksinkertaistuu talven jälkeen. Tällöin

- juoksutus luonnonuomaan nostetaan 50 m³/s:iin
- Pudasjärvi nousee niin, että tekojärven saadaan riittävä tulovirtaama
- tekojärveä aletaan täyttää mahdollisimman nopeasti
- Kollajan voimalaitoksesta juoksutetaan vettä täytön aikana seuraavasti:
 - odotettavissa suuri tulvan kokonaisvolyymi: juoksutus täydellä teholla
 - odotettavissa pieni tulvan kokonaisvolyymi: Haapakosken juoksutus täydellä teholla; Kollajan juoksutus pienempi niin, että Kollajan ja luonnonuoman juoksutukset yhteensä vastaavat Haapakosken juoksutusta ja että Kollajan tekojärvi täyttyy
- jos odotettavissa on suuri kevättulva, joka ei mahdu tekojärveen, juoksutus luonnonuomaan suunnitellaan ennakoivasti niin, että suurimman tulovirtaaman aikana käytettävissä on varastotilaa
- Kollaja täytetään tasolle +109 m

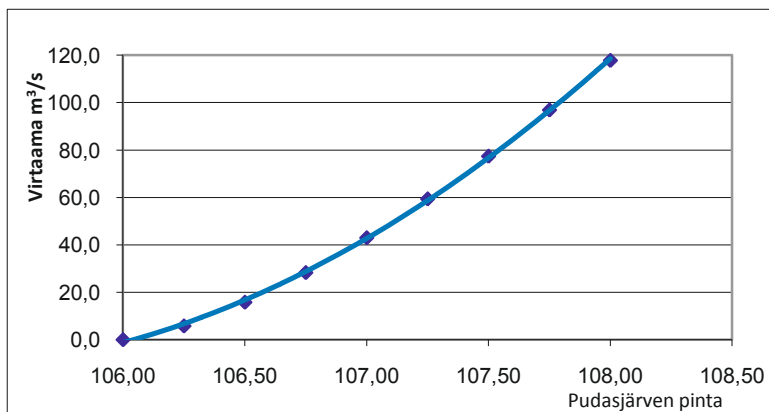
- Pudasjärven tulvahuipun korkeus tavoittelee luontaista, jota seurataan palautuslaskelmalla. Pudasjärven maksimikorkeus rajoitetaan tasolle +110,30 m, vaikka luontainen tulvahuippu olisi tätä korkeampi
- Tekojärven vedenkorkeus lasketaan tulvan laskiessa tasolle +108 m niin nopeasti kuin se on mahdollista ilman ohijuoksutuksia.
- Pudasjärven vedenpinta seuraa tekojärven laskua tasolle +108,2 m. Tämä taso on saavutettava viimeistään 30. kesäkuuta tai luontaisessa ajassa, jos se palautuslaskelman mukaan on tätä myöhempi.

Kesä

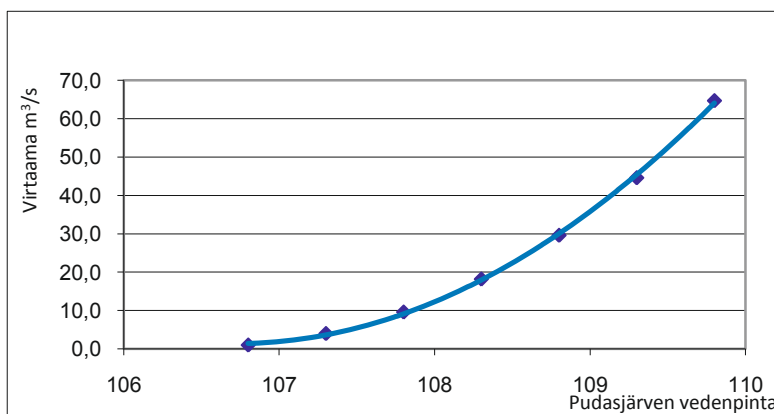
Tekojärven vedenpinta on noin tasolla +108 m tai hieman sen alle koko avovesikauden. Vedenpinta vaihtelee säätötarpeen mukaan noin 0,5 metriä. Aittojärvi on kesällä noin tasolla + 108 m tai hieman sen alle. Livojoki virtaa koko ajan Aittojärven kautta tekojärveen lukuun ottamatta kalatien virtausta Livojoensuun pohjapadon yli. Pudasjärven pinnan taso ja juoksutus toisaalta tekojärveen ja toisaalta luonnonnuomaan määräytyvät tulvan jälkeen seuraavasti:

- Pudasjärvi on vähintään tasolla +108 m, jos tulovirtaama lijoesta Pudasjärveen on vähintään 100 m³/s. Tällöin luonnonnuomaan juoksutetaan 50 m³/s ja sen ylittävä osa tekojärveen
- jos tulovirtaama lijoesta Pudasjärveen on alle 100 m³/s, Pudasjärven vesi purkautuu vapaasti tulvapadon ja Siikahaaran kynnysten yli luonnonnuomaan, ja vedenkorkeus vaihtelee tulovirtaaman mukaan (Kuvat 5 ja 6). Äkillisiä juoksutusmuutoksia luonnonnuomaan vältetään.

Kuva 5. Lijoen tulvapadon pinta-aukkojen purkautuminen noudattaa kuvan mukaista vuorosuhdetta, kun pinta-aukot ovat täysin avoinna. Vapaasti purkautuvien aukkojen kynnyskorkeus on + 105,80 m.



Kuva 6. Tulvapadon lisäksi vettä purkautuu Pudasjärvestä luonnonnuomaan myös Siikahaaran pohjakynnyksen kautta. Kynnyksen purkautuminen noudattaa kuvan mukaista vuorosuhdetta.



Syksy

15. syyskuuta alkaen juoksutusta luonnonuomaan ja Pudasjärven pintaa säädetään seuraavasti:

- 15. syyskuuta juoksutus luonnonuomaan on $50 \text{ m}^3/\text{s}$ tai koko tulovirtaama lijoesta Pudasjärveen, jos se on tätä pienempi. Juoksutus luonnonuomaan vähenee tasaisesti niin, että 15. marraskuuta juoksutus on $15 \text{ m}^3/\text{s}$
- 25. syyskuuta alkaen Pudasjärven vedenpinta on vähintään tasolla +108 mutta ei ylitä tasoa + 109 m. Luonnonuoman juoksutukset ylittävä osa tulovirtaamasta ohjataan tekojärveen.

Talvi

Juoksutus luonnonuomaan on koko talven seuraavaan kevättulvaan saakka $15 \text{ m}^3/\text{s}$, ellei poikkeuksellinen talvitulva tai muu poikkeuksellinen syy pakota ohijuoksutukseen. Pudasjärven pinta alenee joulukuun ja helmikuun lopun välisenä aikana suunnilleen tasolle + 107,5 m ja pysyy siinä tulvan alkamiseen asti. Aittojärven pinta on vähän tätä alempana.

Kuva 7. Lijoen tulvapato säättää Pudasjärven pintaa ja luonnonuoman virtausta. Kesällä osa padosta on kokonaan auki. Havainnekuva. PVO-Vesivoima Oy



Kuva 8. Vettä virtaa aina Pudasjärvestä luonnonuomaan Siikahaaran kiinteän pohjakynnyksen yli. Virtausta säädetään lijoen tulvapidolla. Havainnekuva. PVO-Vesivoima Oy

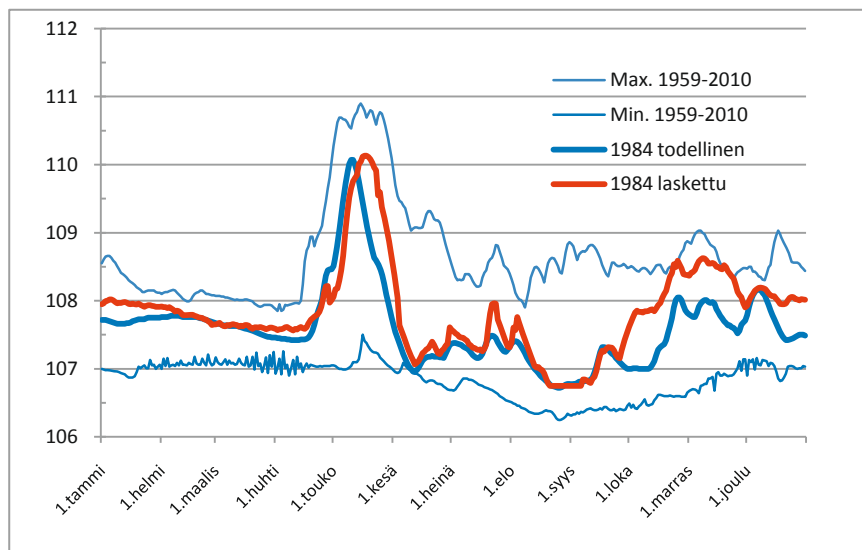


4.3. Säännöstelyn vaikutukset Pudasjärven vedenpintaan

Kollaja 2010 -suunnitelman mukainen Pudasjärven vaihtelu jäljittelee nykytilaa. Voimatalouskäytöstä johtuvia pysyviä muutoksia ovat kevättulvahuipun myöhentyminen muutamalla päivällä, kevättulvan laskun viivästyminen parilla viikolla sekä vedenpinnan nousu syksyllä kasvukauden päättyessä vuosittain nykyisen satunnaisvaihtelun sijaan. Lisäksi tavoitteena on parantaa Pudasjärven ja sen rantojen käyttöä leikkaamalla korkeimmat tulvahuiput enintään tasolle +110,3 m ja nostamalla kesäajan alimpia vesipintoja. Suunnitelman vaikutukset on laskettu vertailulaskelmana vuosijaksolta 1975 - 2010.

Pudasjärven pintaa säädetään Pudasjärven alapäähän, Natura-alueen ulkopuolelle, tehtävillä rakenteilla. Näiden ansiosta vedenpinta voidaan säätää mille tasolle tahansa.

Kuva 9. Pudasjärven todellinen vedenpinta vuonna 1984 ja laskettu vedenpinta, jos Kollaja 2010 -suunnitelma olisi ollut käytössä. Vuosi 1984 edustaa kokonaisuutena suunnilleen keskimääräistä vuotta, joskin alkukesä on epätavallisen vähävetinen ja loppuvuosi runsasvetinen.

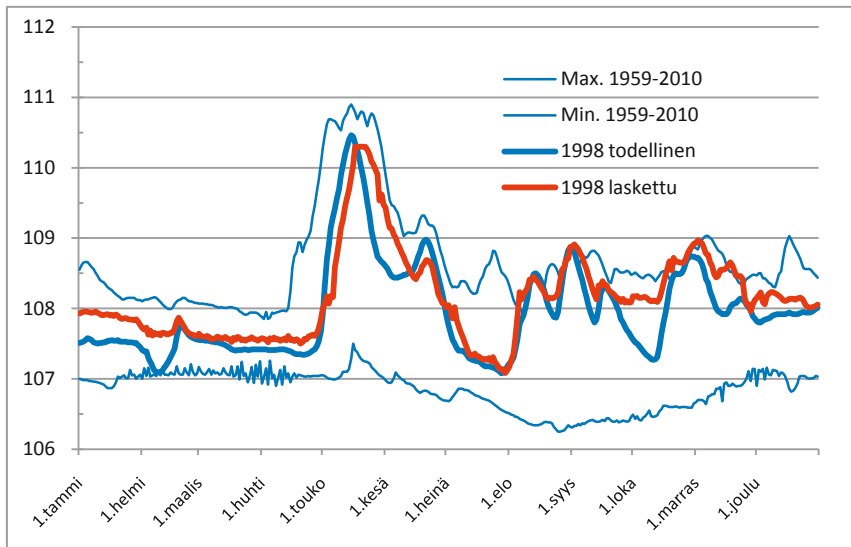


Pudasjärven keskimääräinen tulvahuippu säilyisi Kollajan käytössä ollessa ennallaan (+109,83 m). Korkein tulvahuippu rajattaisiin tasolle +110,3 m. Tulvan kesto pitenee hieman nykyisestä. Tarkastellulla vuosijaksolla 1975 - 2010 tulva on ollut tasolla +110,0 m tai ylempänä keskimäärin 4 päivää ja Kollajan jälkeen keskimäärin 8 päivää. Tulvan jälkeen Pudasjärvi laskee tasolle +108,2 m nykyisin keskimäärin 4. kesäkuuta ja Kollajan jälkeen keskimäärin 16. kesäkuuta. Nykytilassa vedenpinnan lasku on vuosijaksolla 1961 -2010 ollut tätä (16.6.) myöhäisempi kymmenenä vuotena.

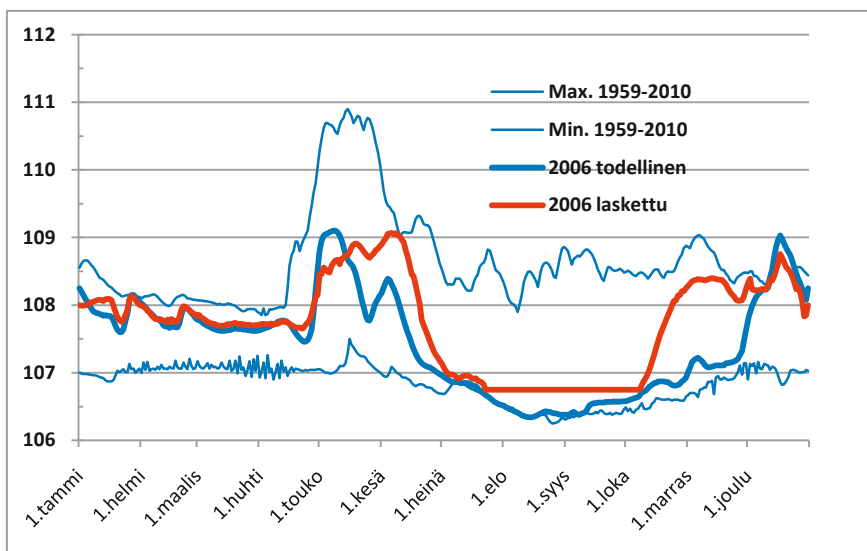
Tulvan päätyttyä Pudasjärvi laskee edelleen. Normaalissa kesätilanteessa vesi virtaa Pudasjärvestä lijoen luonnonuomaan tulvapadon ja Siikahaaran pohjakynnyksen kautta vapaasti. Pudasjärven vedenpinta vaihtelee tällöin tulovirtaamasta riippuen nykyiseen tapaan. Veden aleneminen tulvaniittyjen alarajalle vaihtelee vesitilanteesta riippuen kesäkuun lopun ja elokuun jälkipuoliskon välillä nykyiseen tapaan. Vedenpinnan lasku rajoitetaan tasolle +106,75 m säätämällä tulvapadon purkautumista. Alimmillaan vesi on käynyt tasolla +106,25 vuonna 1980. Runsasvetisinä jaksoina Pudasjärven pinta nousee kesälläkin tasolle +108 m tai hieman sen yli.

Tavallisessa kesätilanteessa Pudasjärven vedenkorkeudet vastaavat melko tarkoin nykyisiä. Kesäajan keskimääräinen vedenkorkeus nousee kuitenkin hieman. Alkukesällä nousu johtuu tulvan viivästyisestä ja keski- ja loppukesällä pääasiassa siitä, että alimmat vedenkorkeudet on rajoitettu tasolle + 106,75 m. Kesäkuun 15. ja syyskuun 15. välisen ajan keskimääräinen vedenkorkeus olisi ollut Kollajan käytössä ollessa +107,42 m (MWlask.,kesä₁₉₇₅₋₂₀₁₀), kun se todellisuudessa on vastaavalla vuosijaksolla ollut +107,22 m (MW kesä₁₉₇₅₋₂₀₁₀) ja vuosijaksolla 1959-2010 +107,26 m (MW, kesä₁₉₅₉₋₂₀₁₀).

Kuva 10. Pudasjärven todellinen vedenpinta vuonna 1998 ja laskettu vedenpinta, jos Kollaja 2010 - suunnitelma olisi ollut käytössä. Vuosi 1998 edustaa runsasvetistä vuotta.



Kuva 11. Pudasjärven todellinen vedenpinta vuonna 2006 ja laskettu vedenpinta, jos Kollaja 2010 - suunnitelma olisi ollut käytössä. Vuosi 2006 edustaa kuivaa vuotta, joskin vuoden loppu on ollut erittäin runsasvetinen. Alin vedenkorkeus on säädetty tasolle +106,75 m.



4.4. Muutokset vuoden 2008 suunnitelmaan verrattuna

Vuoden 2008 säännöstelysuunnitelmaa on tarkistettu seuraavasti:

- Pudasjärven säännöstelyssä hyödynnetään suurten virtaamien aikana palautuslaskelmaa, josta käy ilmi, millainen vedenkorkeus Pudasjärvestä olisi kulloinkin ilman säännöstelyä
- Tulvahuipun sallitaan nousta enintään tasolle +110,3 m, jos tulva palautuslaskelman mukaan ilman säännöstelyä kävisi tätä korkeammalla. Vuoden 2008 suunnitelmassa tulvahuipun enimmäiskorkeus oli + 110,0 m.
- Iijoen tulvapato Pudasjärven ja Livojoen yhtymäkohdassa on siirretty Iijoen uomaan, kun se aikaisemmin oli uoman sivuun kaivetussa kanavassa, ja Iijoen uomassa oli kiinteä pato. Osa tulvapadon aukoista on kesällä kokonaan auki, jolloin vesi virtaa Pudasjärvestä Iijoen luonnonuomaan padon aukkojen kautta vapaasti. Tällöin Pudasjärven vedenkorkeus vaihtelee tulovirtaaman mukaan hyvin lähellä luontaista. Avoinna olevien padon aukkojen kynnyskorkeus on

+105,8 m. Vuoden 2008 suunnitelmassa vedenpinta laskettiin mahdollisimman nopeasti tasolle +107,2 m ja pidettiin sillä tasolla läpi kesän lukuun ottamatta kesätulvia, jolloin vedenpinta olisi nostettu tasolle +108,2 m. Juoksutus luonnonuomaan oli suunniteltu vedenalaisista luukuista.

- Pudasjärven alin vedenkorkeus rajoitetaan tasolle +106,75 m, kun aikaisemmin alaraja oli +107,2 m. Tässä tilanteessa padon yksi pinta-aukko on täysin avoinna, ja tarvittava säätö toteutetaan vedenalaisella luukulla.

- Kasvukauden jälkeen Pudasjärven vesi on noin tasolla +108 m tai suurten virtaamien aikana sen yläpuolella, kuitenkin enintään tasolla + 109 m. Vuoden 2008 suunnitelmassa ei luontaista vaihtelua otettu huomioon.

- joulukuun alun ja helmikuun lopun välisenä aikana Pudasjärven vedenpinta laskee noin tasolle +107,5 m. Vuoden 2008 suunnitelmassa vedenpinta oli tasolla +108,2 m helmikuun loppuun ja aleni siitä maaliskuun loppuun mennessä tasolle +107,50 m.

5. Natura 2000 -alueen suojeluperusteet – Pudasjärven luontotyytit

Pudasjärven Natura 2000 -alue (FI1103819) on otettu Natura -verkostoon sekä luonto- että lintudirektiivin perusteella (Kuva 12). Suojeluperusteena on neljä luontotyyppiä (tulvaniitty, vaihettumissuot, puustoiset suot ja tulvametsät) sekä 14 lintulajia.

Alue on ainutlaatuinen järvi- ja virtavesivesikasvillisuuden, erilaisten tulvaniittyjen, tulvametsien ja -pensaikoiden sekä luhtaisten soiden kokonaisuus. Kasvillisuus on kehittynyt sedimenttimaannokselle (Kuva 25) ja sen vyöhykkeisyys ja mosaiikkimaisuus perustuvat voimakkaaseen kevättulvaan sekä kesän aikaiseen matalaan vedenpinnan tasoon ja vastaavaan maaperän kuivumiseen. Poikkeuksena tästä ovat ympäri vuoden märkinä pysyvät suoalueet, joiden kasvillisuutta kuitenkin leimaa kevättulvan tuoma luhtaisuus. Alueen merkitys on luontotyyppien moninaisuudessa ja edustavuudessa sekä myös erikoisessa geomorfologiassa: hyvin kehittyneet järvideltat ovat harvinaisia.

Kuva 12. Pudasjärven Natura 2000 -alue lijoen suistossa. © Blom Kartta Oy



5.1. Hydrogeomorfologia

Ijoki ja Pudasjärvi ovat tyypillisiä pohjoissuomalaisia vesistöjä, joita luonnehtii korkea tulvahuippu keväällä, vedenpinnan nopea lasku matalammalle kesäiselle tasolle, vedenpinnan nousu syksyllä ja vähittäinen lasku talven kuluessa (Korhonen, J. & Kuusisto, E. 2010). Pudasjärvellä esiintyy myös vaihtelevia hieman korkeamman veden jaksoja, ns. kesä- ja syystulvia. Koska itse Pudasjärvi on matala ja tilavuudeltaan suhteellisen pieni, ovat sen vedenkorkeuden vaihtelut tavanomaista suurempia ja välittömässä suhteessa lijoen virtaamaan. Keskimääräisellä ja sitä suuremmalla tulvalla suurin osa Natura-alueesta jää lijoen tulvan alle.

Vesiala: 435 ha, Tilavuus: 7,1 milj. m³, keskisyyvyys: 1,63 m, suurin syvyys: 5,35 m (Suomen ympäristökeskus; korkeustaso N60+107,80).

Pudasjärven vedenkorkeudet vaihtelevat suuresti eri vuosina: on märkiä ja kuivia vuosia. Vaihteluväli vuotuisissa ja erityisesti kasvukauden aikaisissa keskimääräisissä vedenkorkeuksissa on suuri. Samoin vaihtelevat erot eri vuodenaikojen välillä: koko vuosi voi olla sateinen tai vähäsateinen, tai suurta kevättulvaa voi seurata kuiva kesä. Tämä näkyy esimerkiksi vuotuisen tai kasvukauden aikaisen keskimääräisen vedenkorkeuden suuressa hajonnassa (Kuva 9-11). Vuosien erilaisuus näkyy myös tarkasteltaessa kasvillisuuden kannalta tärkeitä veden peittoprosentteja. Keskimääräisissä vedenkorkeuksissa ja peittoprosenteissa on havaittavissa laskeva trendi (Kuva 28).

Kevättulvan huippu ajoittuu yleensä joitakin päiviä kasvukauden alkua myöhäisemmäksi, mutta tulvahuipun ajankohdassa on useiden viikkojen vaihtelu. Huipun ajankohdassa on aikaistuva trendi, mikä vastaa kasvukauden aikaistumista. Kasvukausi on myös pidentynyt (Kuva 32).

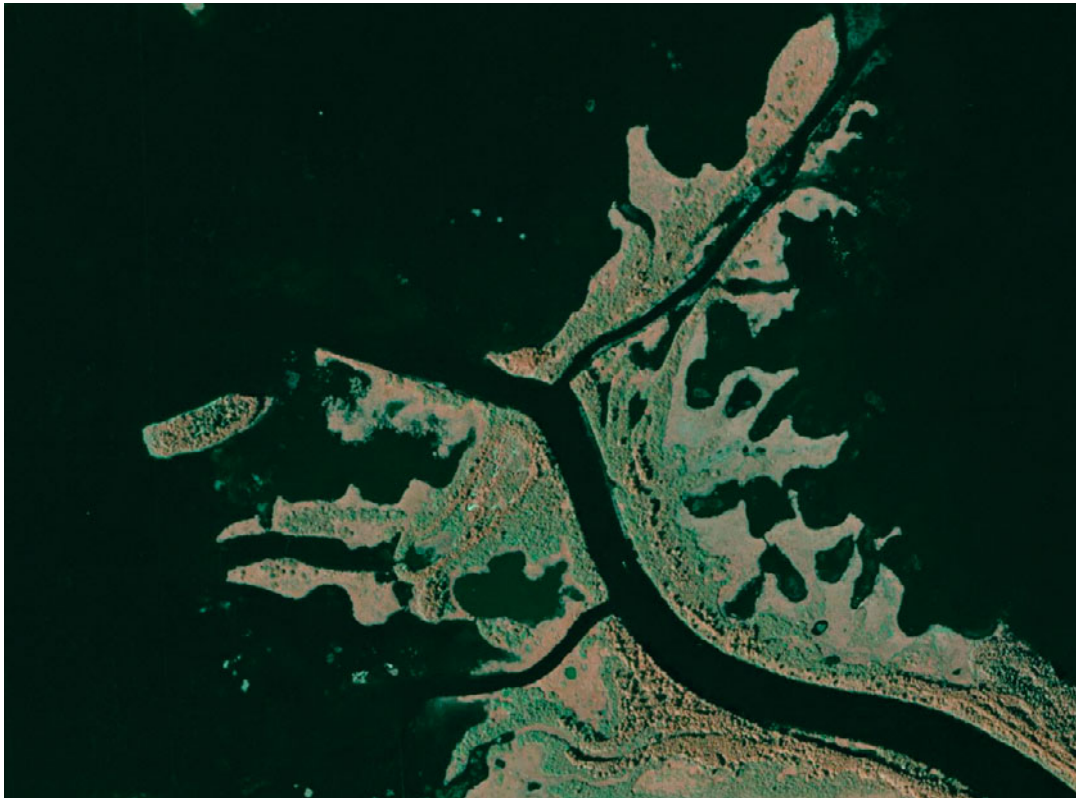
Natura-alue käsittää lijoen suiston, deltan. Sillä on kaikki tyypillisen järvideltan ominaispiirteet. Deltan uloimmissa osissa ja myös kaikkialla jokivarsissa maaperä on sedimenttiä. Kasvava delta on myös tavoittanut ja osittain peittänyt vanhempia, muuta aluetta hieman korkeampia moreenisaaria. Nämä erottuvat muusta alueesta kasvillisuudeltaankin: maaperän takia ja koska tulvavaikutus jää pieneksi niiden korkeuden takia.

Kuva 13. Pudasjärvi ja lijoen suistoalue. © Maanmittauslaitos, lupa nro 205/MML/11

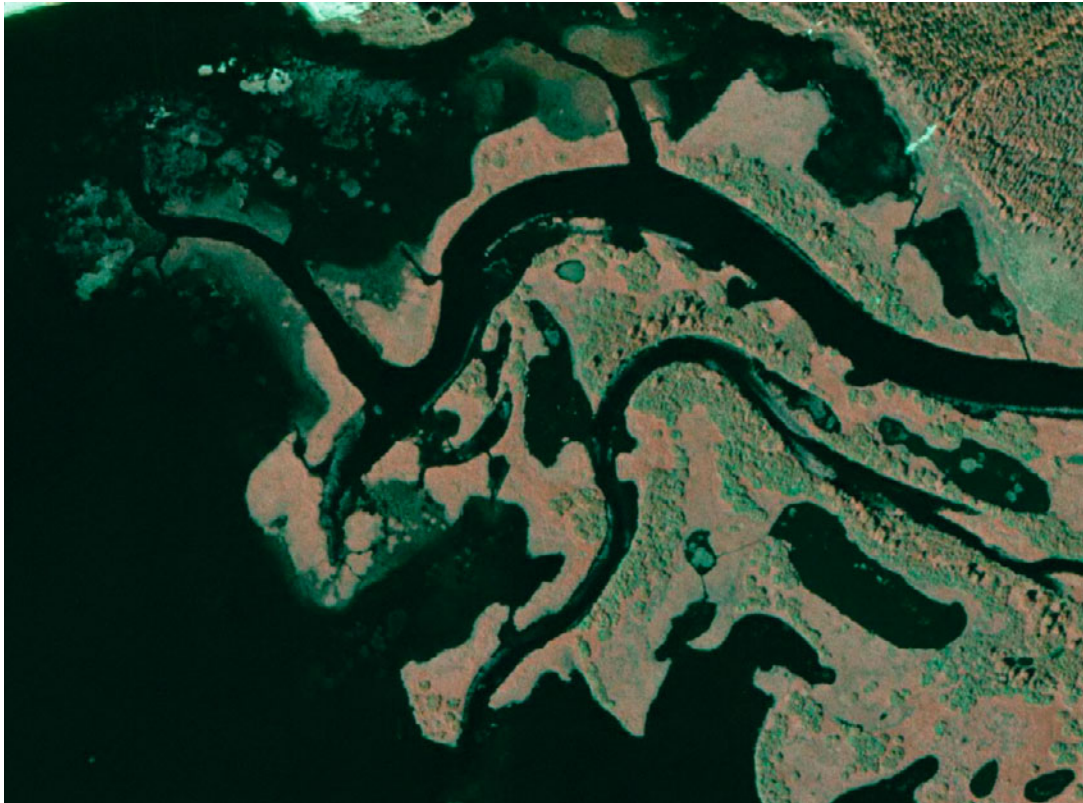


Suistoalue jakaantuu selvästi kahteen osaan, läntiseen, varsinaiseen lijoen-Kirkkojoen deltaan (Kuva 13, 14) ja itäiseen, lijoen-Hietajoen deltaan (Kuva 13, 15, 24). Suurin osa virtaamasta keskittyy ensin mainittuun. Se edustaa muodoltaan tyypillistä ns. linnunjalkadeltaa (birds foot delta), missä selvä pääuoma jatkuu haaroittumatta pitkälle järvelle ennen jakautumistaan erillisiksi uomiksi. Erityisesti alueen geomorfologisesti vanhemmassa eteläosassa on lukuisia, erikokoisia saaria ja särkkiä rajaavia sivu-uomia, ja lijoen-Hietajoen suulla muutamia suuhaaroja, joissa ei kesäaikaan ole juurikaan virtausta. Ne ovat kuitenkin avoimia tai vesikasvillisuuden vallassa ja niiden varrella on selvät tulvapenkat. Alueen nuoremmassa, järven puoleisissa osissa on lukuisia lampareita, joista osaa yhdistää vielä kapea lahdeke ja osa on kuroutunut eroon virtaavista uomista ja järviolueesta. Kasvillisuuden ja ilmakuvatarkastelun perusteella voidaan nauhamaisilla vanhoilla tulvapenkoilla kasvavista koivikoista havaita lukuisia jo täysin umpeenkasvaneita uomia. Kaikki edellä mainitut muodostumat jäävät tulva-aikaan veden alle (Kuva 27).

Kuva 14. Lijoen läntisen haaran, Kirkkojoen deltan suupuoli. Alimmat niittyvyöhykkeet ovat veden alla, heinikko näkyy kuvassa tasaisen kellanruskeana, pajukko vihreinä täplinä, koivikko keltaisina täplinä varjoineen. Kuvan alareunassa näkyy vanha umpeutunut uoma, lounaisen uoman reunoilla ei näy tulvametsää. © Blom Kartta Oy



Kuva 15. Lijoen itäinen, Hietajoen deltan suupuoli. Osa matalanveden kortteikoista ja saraikoista näkyy tummanvihreinä. Virtaus tapahtuu vain luoteisen aukon kautta. © Blom Kartta Oy



Tämän selvityksen yhteydessä ei tehty mittauksia sedimentaatiosta. Alueen hydrologian, geomorfologian ja kasvillisuuden perustella voi kuitenkin tehdä joitain päätelmiä. Voimakkaasti virtaavien pääuomien ja joidenkin sivu-uomien ja jo kuivuneiden uomien reunoilla on tulvapenkat, jotka ovat selvästi ympäröiviä alueita korkeampia ja joiden uoman puoleiset rinteet ovat takarinteitä jyrkempiä. Niiden synty perustuu tulvan aikaiseen sedimentaatioon (ks. alla). Kasvillisuutta tutkittaessa karikkeen pinnalla ei juurikaan havaittu sedimenttipeitteitä. Toisaalta vähäinen (0,1-0,5 mm), hienojakoinen sedimentaatio on voinut jäädä huomaamatta.

Lijoen läntisen haaran kolmen virtaavan suuhaaran ja Lijoen-Hietajoen luoteisen suuhaaran päässä delta selvästi kasvaa. Niissä virtaus oli matalimmankin vedenkorkeuden aikana selvästi havaittavissa, Hietajoella jopa hyvin nopeaa. Jokivarren saarekkeet vaikuttavat kasvavan ja uomien edustalla on tyypilliset sedimentaatiosta syntyvät särkät. Lisäksi esimerkiksi järvikaislakasvustoja esiintyy usein tällaisissa virtaavissa olosuhteissa. Sama ilmiö kaislan esiintymisessä havaittiin myös ylempänä Iijokivarressa Sotkajärven Pöllänjokisuistossa. Lijoen-Kirkkojoen lounainen haara, 'Kaivos', on todennäköisesti melko nuori: sen reunoille ei ole vielä kehittynyt tulvapenkkoja ja sen rannat ovat jyrkkiä ja erodoituneita.

Järvalueella sedimentin kertyminen vesialueella, kesävedenpinnantason alapuolelle näyttää keskittyvän kummankin suistohaaran läheisyyteen ja perimmäisiin lahdekkeisiin (Ruunaperä). Näillä alueilla on lieterantoja ja tiheää ja korkeaa ilmaversoiskasvillisuutta, korteikkoja ja saraikkoja. Ahven- ja Kainuanlahden ja Kiviniemen ja Säkkinsensaaren rannat ovat hiekkaisempia ja kasvillisuus niukempaa. Ero voi johtua myös resuspendiosta (ks. alla) ja osin moreenimaaperästä. Tulvan aikainen sedimentaatio rantaniityille järvalueella voi olla vähäistä. Kummankin deltan uloimpien saarekkeiden niittyjen kasvillisuus on tiheää ja korkeaa (Kuva 19) verrattuna esimerkiksi Ahvenlahden niittyyhin (Kuva 18). Tämä viittaisi siihen, että niillä sedimentaatio on voimakkaampaa.

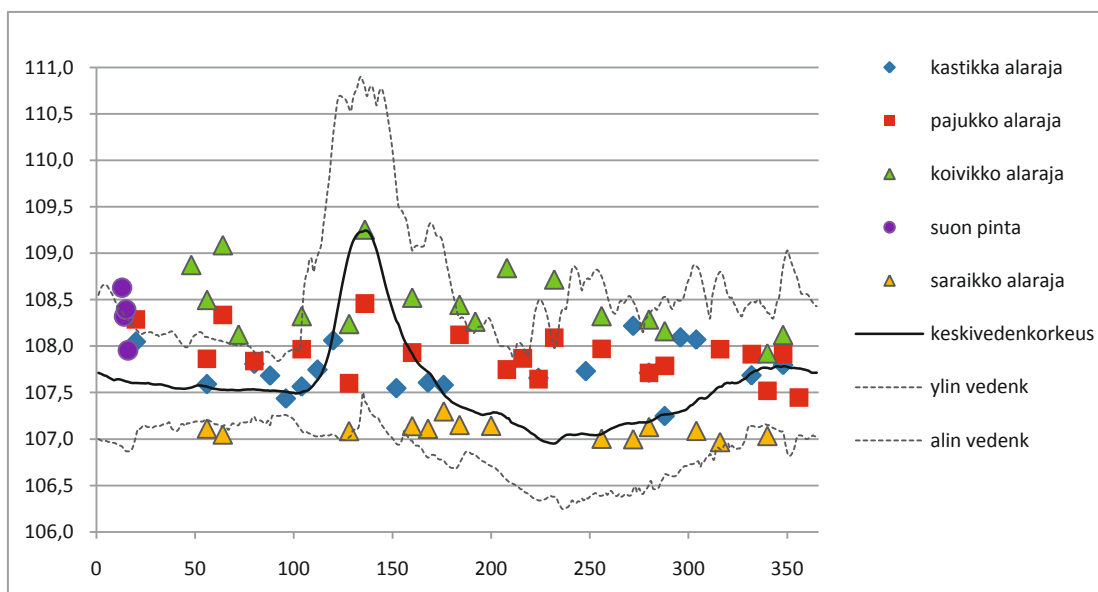
Paikoin jokivarsissa havaittiin jyrkkiä, kasvittomia eroosiopintoja voimakkaasti virtaavien jokihaarojen suupuolella ja jyrkissä meandereissa (Kuva 23).

5.2. Luontotyytit

Luontotyyppijä voidaan luokitella eri järjestelmien mukaan: Uhanalaiset luontotyytit (Raunio, A. Schulman, A. & Kontula, T. (eds) 2008), Suo- ja metsätyypit (Eurola, S., Huttunen, A. & Kukko-oja, K. 1995, Laine, J. & Vasander, H. 2008), Niityt ja perinnemaisemat (Vainio, M. et al. 2001), Natura 2000 luontotyytit (Airaksinen, O. & Karttunen, K. 2001). Eri tyypittelyt eivät aina ole rinnasteisia ja joskus sama kasvusto voidaan sijoittaa eri tyyppihin riippuen tarkastelun näkökulmasta.

Eri kasvillisuustyyppien sijoittumisessa suhteessa vedenkorkeuteen on suurta vaihtelua. Vyöhykkeiden leveydet vaihtelevat ja niiden väliset rajat voivat vaihdella eri tutkimuslinjoilla jopa metrin (Kuva 16). Lähempään tarkasteluun on otettu keskiarvojen sijaan alimpien kasvustojen alarajat.

Kuva 16. Eri kasvillisuusvyöhykkeiden esiintyminen tutkimuslinjoilla ja vedenkorkeuden vaihtelu (linjojen sijoittelu kaavioon on satunnaista)



5.2.1. Vesikasvillisuus

lijoessa ja sen virtaavissa haaroissa on paikoin runsas vesikasvillisuus (vita- ja palpakkolajeja). Pudasjärvessä esiintyy vaihtelevasti kellus- ja uposlehtisiä vesikasveja (vitalajeja, vesitatar, kelluskeiholehti), ilmaversoisia (järvikaisla) ja vesisammalia (kuiri- ja sirppisammalia). Suistoalueella on lukuisia erikokoisia lampareita, jotka ovat monesti vesikasvien vallassa (vesirutto, sammaleet, ratamosarpi, yms.). Vesikasvillisuus ei ole Pudasjärven Natura-alueen suojeluperuste.

5.2.2. Tulvaniityt

Tulvaniityt ovat ruoho- ja heinävaltaisia, tulvavaikutteisia, puuttomia ja pensaattomia, mineraalimaan, ei turvemaan, kasvillisuutta. Sekä Natura 2000 (Airaksinen, O. & Karttunen, K. 2001) että Suomen uhanalaisten (Raunio, A. Schulman, A. & Kontula, T. (eds) 2008) luontotyyppien kuvauksissa korostetaan ihmistoiminnan, niiton ja laidunnuksen, merkitystä niittyjen synnylle ja säilymiselle avoimina. Tulvaniittyjen erottaminen muista niittytyypeistä ja rantakasvillisuudesta on usein hankalaa; määrittäminen perustuu tulvaan, tulvamaannokseen ja selvään vyöhykkeisyyteen. Samalta kohteelta on yleensä löydettävissä useita kasvillisuudeltaan erilaisia niittyjä, jotka sijaitsevat eri korkeusvyöhykkeillä suhteessa vedenpinnan ja tulvavesien tasoon. Tulvaniityt voidaan ryhmitellä suhteessa kosteuteen ja vedenkorkeuteen: matalanveden niityt (korte ja sara), kosteat, tuoreet ja kuivat tulvaniityt. Joskus käytetty jaottelu syys- ja kevättulvan mukaan ei kuvasta kasvillisuuden ekologiaa.

Pudasjärvellä esiintyy seuraavia niittytyyppejä:

1. Korteniityt (järvikorteyhdyskunnat, rantaluikkayhdyskunnat). Laajimmat kasvustot ovat suojaisilla ja loivilla järven ja lammikoiden rannoilla, ne ovat yleensä tiheitä ja korkeita; avoimilla ja hiekkaisilla rannoilla ja jokiuomien varsilla on monesti kapeana vyönä harvempaa kortteikkoa. Järvikortekasvustot sijaitsevat kesäveden tasosta noin metrin syvyyteen, myös saraikoissa on usein harvakseltaan järvikortetta. Kortteikot ovat vähälajisia, mutta niissä voi kasvaa vesikasveja ja suursaroja; ne rajoittuvat avoveteen tai vesikasvillisuuteen ja saraikoihin (Kuva 17). Rantaluikkayhdyskuntia esiintyy paikoitellen laikkuina kortteikon maanpuoleisella reunalla, rantaluikan ja järvikortteen lisäksi niissä esiintyy vaihtelevasti vesi- ja rantakasveja. Vesisammaleet (*Calliergon*, *Warnstorfia*, *Drepanocladus* ja *Scorpidium* lajeja) ovat monesti hyvin runsaita suojaisissa kortteikoissa vedessä.

Kuva 17. Kortteikon ja saraikon raja.



2. Suursaraniityt (vesi- ja viiltosarayhdyskunnat). Laajoja, yhtenäisiä ja korkeita sekä usein lähes yksilajisia vesisarakasvustoja esiintyy suojaisilla, loivilla rannoilla kortteikon yläpuolella. Viiltosara esiintyy usein keskimäärin korkeammalla ja usein sekakasvustoina vesisaran, korpikastikan ja kurjenjalan kanssa. Lähes kaikilla tutkituilla rannoilla tavattiin vähintäänkin kapea vesi- tai viiltosaravyöhyke vesirajan molemmin puolin. Niin kortteikot kuin saraikot voitaisiin luokitella avoluhdiksi tai järven rantojen makrofyttikasvillisuudeksi; osana laajempaa niittykokonaisuutta ne käsitetään tulvaniittyvyöhykkeiksi (Kuva 17, 18).

Tyypillisten suursaraniittyjen alaraja vaihtelee 106,8-107,3 metriä ja paikoin saraikkoja esiintyy vielä korkeudella 108,3 metriä. Saraikkojen esiintymisen alaraja vastaa kortteikkojen ylärajaa. Tarkasteluissa on käytetty alarajaa 107,1 metriä

Kuva 18. Vesisaraikkoa ja taustalla kortteikkoa.



3. Kosteat tulvaniityt (vihviläyhdyskunnat; korpikastikka-suursarayhdyskunnat; korpikastikkayhdyskunnat). Vihviläkasvustoja esiintyy kapeana, 1-3 metriä leveänä vyöhykkeenä avoimilla rannoilla rantapenkereellä viiltosaraikon tai kastikkakasvustojen alapuolella. Jouhivihvilän seassa kasvaa harvakseltaan ruohoja, mm. rentukka ja suohorsma kukkimattomina, ja monia pieniä sammalia (mm. Drepanocladus, Campylium, Pohlia, Bryum ja Pellia lajeja); muilla niittytyypeillä ei sammalia juurikaan esiinny (Kuva 26).

Korpikastikka ja viiltosara kasvavat monesti sekaisin vaihtelevin runsaussuhtein joukossa erilaisia ruohoja (kurjenjalka, terttualpi, rantamatara, rantavihvilä, yms.). Useimmiten kastikka- ja saraniityt kuitenkin erottuvat eri vyöhykkeinä: niiden runsaussuhteet muuttuvat, seuralaislajistossa voi olla eroa tai kasvit ovat eri kokoisia. Joillakin rannoilla suistonalueen ulommilla saarekkeilla, mahdollisesti paikoilla mihin on kertynyt runsaasti sedimenttiä, korpikastikka ja viiltosara esiintyvät sekaisin tai mosaiikkimaisesti laikkuina ja hyvin korkeina, 100-150 cm, ja tiheinä kasvustoina (Kuva 19, 23). Toisilla rannoilla korpikastikkakasvustot voivat olla suhteellisen matalia, monesti alle 50 cm.

Korpikastikkaniityt alkavat korkeuksilta 107,5-108,2 metriä ja ne ulottuvat jopa korkeudelle 108,5 metriä. Ne rajoittuvat yleensä pajukoihin.



Kuva 19. Korkeaa ja tiheää korpikastikkaniittyä tutkimuslinjalla.

4. Tuoreet suurruohoniityt, kukkivien ruohojen (ranta-alpi, ängelmä, mesiangervo, rantatädyke, virmajuuri, yms.) luonnehtimia niittyaiikkuja tulvaniittyjen ylimmässä vyöhykkeessä tulvametsien ja -pensaikoiden aukoissa (Kuva 30).

Tulvaniittyjä on Suomessa tutkittu Tornio- ja Kemijoki varressa (Cajander, A.K. 1909), Siika- ja Temmesjoella (Huumonen, M.E. 1913), Ounasjoen alueella (Auer, V. 1921, Heikkinen, P. 1978), Kemijärvellä (Tomanterä, E.A. 1943), Kitisen ja Luiron varrelta (Eurola 1967) ja Oulangan kansallispuistossa (Hanhela, P. 1994), sekä Pudasjärvellä (Aaltonen, S. 1955). Lisäksi tulvaniittyjä on kuvattu joissain yleisselvityksissä (Schulman, A. et al. 2008, Vainio, M. & Kekäläinen, H. 1997, Vainio, M. et al. 2001).

Tässä selvityksessä tutkitut korte- ja vesisaraniityt vastaavat hyvin aikaisemmin kuvattuja Equisetum sekä Carex aquatilis niittytyyppejä (mm. Eurola, S. 1967, Schulman, A. 2008); rantaluikkayhdyskunnat Scirpus paluster –kasvustoja ja Heleochariteta palustris assosiaatiota; viihviläyhdyskunnat Juncus filiformis –kasvustoja ja Junceta filiformis assosiaatiota (Tomanterä, E.A. 1943, Cajander, A.K. 1909). Tutkitut kastikka- ja saravaltaiset kosteat tulvaniityt muistuttavat aikaisemmin kuvattuja Calamagrostideta phragmitoidis assosiaatiota ja Calamagrostis purpurea niittyvarianttia (Cajander 1909, Eurola 1969). Vastaavat niittytyypit löytyvät myös Oulankajoelta (Hanhela 1994). Tutkitut tuoreet tulvaniityt eivät täsmälleen vastaa kirjallisuudessa kuvattuja suurruohoniittyjä.

Verrattuna Pudasjärvellä 1953-1955 tehtyyn niitykartoitukseen (Aaltonen, S. 1955) ovat sekä niittytyypit että alueen lajisto merkittävästi köyhtyneet. Aaltonenkin kuvaa märkien ja kosteiden niittyjen, eli matalanveden ja kevät- ja syystulvaniityt (Aaltonen, S. 1955), korte-, luikka-, -viihvilä- ja korpikastikkakasvustoja, mutta 2010 ei voinut erottaa erillisiä jouhisara- juurtosara-, luhtasara-, viitakastikka- tai rönsyleinikkityyppejä. Lajistosta puuttuvat kokonaan, tai jäivät löytymättä, mm. kaarlenvaltikka, rantanätkelmä, pohjannurmikka, myrkkyykeiso ja juolukkapaju; tai löydettiin 2010 vain soilta, mm. luhtakuusio, raate, suoputki ja tupasvilla; tai vain yksittäin hyvin niukkoina, mm. vuohennokka, siniheinä, luhtakastikka ja pohjantähkiö. Ylipäätään suokasvit vaikuttavat olleen kosteilla niityillä nykyistä runsaampia. Tuoreista niityistä, varsinaiset kevättulvaniityt (Aaltonen, S. 1955), on Pudasjärvellä jäljellä enää rippeitä, jotka eivät vastaa Aaltosen kuvaamia tyyppiejä. Heinät, mm. tuoksusimake, jäkki, röllit, nurmikot ja nadat, sekä matalat ruohot, mm. kissankäpälä, pikkulaukku ja pohjansilmäruoho ovat niukkoja tai hävinneet. Aaltonen löysi Pudasjärveltä jopa kolme noidanlukkolajia.

Aaltosen selvityksestä on vaikea täsmälleen arvioida eri niittytyyppien korkeusvyöhykkeitä. Näyttää kuitenkin ilmeiseltä, että ylimmät niityt ovat metsittyneet. Rönsyleinikki ja niittylauhatyytit ovat nyt pajukoita ja ylimmät niittyvyöhykkeet, kielo- ja lampaannatatyypit koivikoita. Tähän viittaa kenttäkerroksen lajiston osittainen samankaltaisuus Lajiston köyhtyminen ja metsittyminen verrattaessa 1950 luvun tilanteeseen tai muihin tulvaniittytutkimuksiin mitä ilmeisimmin johtuvat niiton päättymisestä. Toisaalta nyt tutkitut avoimet niityt, suurruohoniittyjä lukuun ottamatta, vaikuttavat vakiintuneilta: kasvittomia laikkuja tai pajujen tai koivun taimia tai nuoria yksilöitä ei niityiltä juurikaan tavattu.

1960-luvun puolivälissä toteutettu säännöstely on hieman pienentänyt kevättulvia ja lisännyt merkittävästi talvivirtaamia. Uiton päättymiseen saakka (1988) alkukesän vedenkorkeudet ovat olleet hieman suuremmat kuin uiton päätyttyä (Kuva 4). Kasvukauden aikaisiin olosuhteisiin säännöstely ei kuitenkaan ole kovin paljon vaikuttanut.

Pudasjärvellä ei ole ruokohelpi- tai viitakastikkavaltaisia kosteita tulvaniittyjä, nurmilauha-, niittynurmikka- tai röllivaltaisia tuoreita heinätulvaniittyjä eikä lampaannadan, kultapiiskun tai ahomataran luonnehtimia kuivia pienruohotulvaniittyjä (cf. Schulman, A. et al. 2008). Tulvaniityt on luokiteltu koko maassa ja Etelä-Suomessa erittäin uhanalaisiksi; kuitenkin Pudasjärvellä tavatut korte- ja suursaratulvaniityt silmälläpidettäviksi ja kosteat heinätulvaniityt, kuten korpikastikkaniityt, vaarantuneiksi. Perinnemaisemien inventoinnissa Pudasjärven niittyalueet on luokiteltu paikallisesti arvokkaiksi. Monien tulvaniittyvyöhykkeiden puuttuminen ja vähälajisuus heikentävät luontotyyppin edustavuutta alueella, mutta toisaalta niityt ovat laaja-alaisia ja esiintyminen järven rannalla on poikkeuksellista (Airkaisen, O. Karttunen, K. 2001). Edustavuus voidaan arvioida hyväksi.

5.2.3. Tulvametsät

1. Tulvapajukot: mineraalimaalla kasvavia tiheitä ja korkeita (3-5 m) kiiltolehtipajun ja muiden pensaiden, mm. pohjanpaju ja paatsama, vallitsevia 'metsiä'. Ne ovat tiheitä ja 2-5 metriä korkeita. Ne muodostavat yhtenäisiä, useimmiten selvärajaisia tiheikköjä matalammilla alueilla avoimien tulvaniittyjen ja koivumetsien välissä. Ne ja ovat ilmeisen vakiintuneita ja iäkkäitä: pajut ovat tyveltä halkaisijaltaan noin 10 cm. Muutamilla niittyalueilla kasvaa yksittäisiä pajuja tai pajuryhmiä. Kenttäkerros pajukoissa on niukka, korpikastikkaa, suursaroja, kurjenjalkaa ja tyyppillisesti rönsyleinikkiä (Kuva 20).

Kuva 20. Pajuviitaa avoimen niityn ja koivikon välissä.



Tyyppiä ei ole huomioitu juuri missään luontotyyppiluokittelussa, mutta luontevimmin ne ovat käsiteltävissä osana tulvametsiä. Ne eroavat selvästi Pudasjärvelläkin esiintyvistä turvemaiden pajuluhdista ja Pohjois-Suomen pajuviitaluhdist (Kaakinen, E. et al. 2008).

Pajukoitumista on yleensä pidetty aitojen tulvaniittyjen suurimpana uhkana niiton päättymisen jälkeen. Kuitenkin myös tulva rajoittaa pajujen esiintymistä. Pudasjärvellä pajukkojen alaraja suhteessa vedenpintaan vaihtelee suuresti, 107,4-108,2 metriä, ja niitä esiintyy aina korkeudelle 108,8 metriä. Pajukkojen alarajana, ja vastaavasti avoimen niityn ylärajana, on tarkasteltu korkeutta 107,6 metriä.

2. Tulvakoivikot: hieskoivuvaltaisia, paikoitellen tiheä ja monilajinen pensaskerros, mm. pajut, paatsama, pihlaja ja tuomi; kenttäkerros on monilajinen ja vaihteleva, usein vallitsevana kielo; muutamat metsälajit ovat yleisiä, mm. puolukka, metsätähti, orvanmarja ja nuokkotalvikki; monesti myös niittylajit ovat runsaita, mm. niittylauha, kissankello ja rantatädyke; pohjakerros, sammaleet ja jäkälät, puuttuu. Esiintyvät korkeammilla jokipenkoilla joen ja niittyjen tai soiden välissä (Kuva 27, 29, 37).

Lehdot: korkeammilla paikoilla ja vanhoilla moreenisaarilla, tulvametsät vaihtuvat, joskus jyrkkäräjäisestikin, kangasmetsiin ja lehtoihin. Osa aikaisemmissa selvityksissä lehtoina pidetyistä metisistä voidaan katsoa edustavuudeltaan kehnoiksi tulvametsiksi.

Merkille pantavia ovat tulvametsien runsaat epifyttisammaleet. Varttuneiden pajujen ja koivujen rungoilla kasvaa tietyillä korkeusvyöhykkeillä runsaasti tulvasammalta (*Myrinia pulvinata*), viitasammalta (*Leskea polycarpa*) ja koskikoukkusammalta (*Dichelyma falcata*). Viita- ja koukkusammal yleensä puiden tyvillä ja tulvasammal niiden yläpuolella 50-100 cm korkeudella tiheinä mattoina ja runsaasti itöpesäkkeitä muodostaen. Nämä lajit poikkeuksellisesti sietävät sekä veden alle jäämistä että kuivumista, ja kahta ensin mainittua tavataan vain tulva-alueilla (Ulvinen, T. 1993; Ulvinen, T., Syrjänen, K. & Anttila, S. 2002). Muita tavanomaisia epifyttisammalia näissä metsissä kasvaa vain niukasti, ja epifyyttijäkälät esiintyvät ainoastaan tulvan yläpuolella (Kuva 21).

Kuva 21. Viitasammalta ja tulvasammalta pajuviidassa.



Tulvametsiä ja pensaikkoita on tutkittu Suomessa vain vähän (Cajander, A.K. 1909, Hanhela, P. 1994, Tonteri, T. et al. 2008), joissain selvityksissä on arvioitu tulvan vaikutuksia puuston kasvuun (Tuononen, E., Vähäsöyrinki, E. & Österlund, P. 1981, Riihimäki, J., Savolainen, M. & Hellsten, S. 1998).

Sisämaan tulvametsät on luokiteltu koko maassa erittäin uhanalaisiksi ja Etelä-Suomessa äärimmäisen uhanalaisiksi. Pudasjärven tulvametsät ovat luonnontilaisen kaltaisia, kehittyneet ilmeisesti vasta niiton päätyttyä 1960-luvulla, kasvillisuudeltaan monipuolisia ja tyyppille ominaiset tulvasammaleet ovat niissä erityisen runsaita. Ne voidaan arvioida edustavuudeltaan erinomaisiksi.

5.2.4. Suot

Pajuluhtia (Kuva 36) ja luhtanevoja (Kuva 22) (Kaakinen, E. et al. 2008) tavataan erityisesti saarissa jokipenkkojen välisillä alueilla tai rajoittuen moreenimaiden kangasmetsiin. Pajut (pohjanpaju ja kiiltolehtipaju) ovat lähes poikkeuksetta runsaita: pajuluhdissa soiden reunoilla tiheitä ja korkeita (1,5-2 m), nevoilla harvakseltaan ja matalia (20-50 cm). Pohjakerros on rahkasammalvaltainen (*Sphgnum squarrosum*, *S. obtusum*, *S. angustifolium*, *S. centrale*, *S. subsecundum*) ja kenttäkerroksessa on nevalajeja, kuten suokukka, raate, juurtosara, karpalo sekä runsaasti luhtalajeja kuten kurjenjalka, pullosara, järvikorte, luhtakuusio, korpikastikka ja rantamatara. Soiden pinnan tasoksi mitattiin 107,95-108,6 metriä. Natura 2000 -luokituksessa nämä ovat tyyppiä vaihettumissuot. Paikoitellen esiintyy hieskoivuvaltaisia puustoisia soita. Niiden erottaminen puuston harventuessa kenttä- ja pohjakerrokseltaan samanlaisista luhtanevoista on hankalaa (Kuva 22, 37).



Kuva 22. Avointa luhtanevaa, koivun rungot kiiltävät jäkälistä paljaina tulvan korkeudelle asti.

Luhtanevat on luokiteltu koko maassa säilyviksi ja Etelä-Suomessa silmälläpidettäväksi ja pajuluhdat koko maassa ja Etelä-Suomessa silmälläpidettäväksi. Pudasjärven luhtaiset vaihettumissuot voidaan arvioida edustavuudeltaan erinomaisiksi.

6. Luontotyyppien esiintymiseen ja toimintaan vaikuttavat ympäristötekijät

Joki- ja suistoalueella kasvillisuus ja hydromorfologia ovat jatkuvassa vuorovaikutuksessa. Kasvillisuus leviää kasaantuvalla jokisedimentillä ja toisaalta myös vaikuttaa sedimentin kertymiseen ja eroosioon. Suistoalueiden kasvillisuus on jatkuvassa hitaassa muutoksessa: vaihettuminen uloimpien, nuorimpien, särkkien avoimilta niityiltä soihin ja metsiin kuvastaa osin suiston kehityshistoriaa. Kirjallisuudessa on viime vuosina korostettu tätä kasvillisuuden ja 'jokivoimien' välistä dynaamista suhdetta (Hughes, F. 1997, Bornette, G. et al. 1998, Tabacchi, E. et al. 1998, Tabacchi, E. et al. 2000, Gurnell, A.M., Hupp, C.R. & Gregory, S.V. 2000, Bendix, J. & Hupp, C. R. 2000, Francis, R. 2006, Corenblit, D. et al. 2007, Nikora, A. 2010), kasvillisuuden luontaista sukkessiota (Walker, L., Zasada, J., Chapin, F.S. III 1986, Kalliola, R. & Puhakka, M. 1988, Pearce, C.M., McLennan, D. & Cordes, L.D. 1988, Corenblit, D. et al. 2007) sekä ihmistoiminnan historiallista merkitystä tulva-alueilla (Penka, M. et al. 1991, Brown, A.G., Harper, D. & Peterken, G.F. 1997, Van Diggelen, R. et al. 2006).

Tulva-alueitten hydromorfologian ja erityisesti kasvillisuuden tutkimus on keskittynyt toisaalta jokivarsiin, joiden olosuhteet voivat poiketa varsinaisista deltatoista, ja toisaalta eteläisille alueille, missä esimerkiksi jäätymisellä ei ole merkitystä. Deltoja on tutkittu lähinnä merenrannikoilla ja eteläisillä alueilla. Muutamissa tutkimuksissa on selvitetty pohjoisten sisämaadeltojen kehitystä ja todettu niiden kasvillisuuden olevan jatkuvassa muutoksessa eri aikajaksoilla luontaisesti (Dahlskog, T. 1966, Dahlskog, T. et al. 1972, Pearce, C.M., McLennan, D. & Cordes, L.D. 1988, Timoney, K. 2006, 2008, Sokal, M.A., Hall, R.I. & Wolfe, B.B. 2010) tai ihmistoiminnan vaikutuksesta (English, M. et al. 1997, Shay, J., de Geus, P. & Kapinga, M. 1999).



Kuva 23. Pystysuora eroosiopinta ja korkea kastikkaniittyä jokivarressa.

6.1. Hydromorfologia (suiston ja jokiuoman kehitys):

Jokisuisto, delta, kasvaa hitaasti. Joen tuoma sedimentti laskeutuu pohjaan jokihaarojen suulla ja joki uurttaa uomaansa siihen. Päävirtaama jakautuu vaihtelevasti eri uomiin: osa umpeutuu ja kuivuu kosteikoiksi, osassa on virtausta vain tulva-aikaan ja paikoin syntyy uusia uomia. Virtauseroosio kuluttaa penkkoja ja syventää uomaa, paikoin tavataan kasvittomia, jyrkkiä eroosiopintoja; uomien ja penkkojen väliin jäävät alueet voivat myös soistua. Koutaniemen (1984) mukaan talvisilla olosuhteilla eivät merkittävästi vaikuta eroosioon tai sedimentaatioon.

Suistoalueiden maaperä on muodostunut sedimentistä. Se on lajittumatonta hiesua – hietaa – hiekkaa, mikä luo kasveille erilaiset olosuhteet kuin moreenimaa tai glasifluvialiset maa-ainekset, sora, hiekka ja savi. Suiston leviäminen sedimentaation kautta luo myös loivia rantaprofiileja, mikä mahdollistaa esimerkiksi laajojen rantaniittyjen esiintymisen.

6.1.1. Deltojen kehitys

Deltojen kehitystä on tutkittu sekä mallintamalla (Seybold, H., Andrade, J. & Herrmann, H. 2007.), kokeellisesti (Hoyal, D.C.J.D. & Sheets, B.A. 2009) että havainnoimalla (Olariu, C & Bhattacharya, J. 2006, Bogen, J. & Boensnes, T. 2002, Dahlskog, S. et al. 1972;). Suomessa deltoja on tutkittu vain vähän merialueella (Säntti, A. 1954a, 1954b, Heikkilä, R. 1999, Sankari, T. 2001). Deltojen kehittyminen perustuu sedimenttien kasaantumiseen jokisuistoon, mihin erityisesti karkeampi joen kuljettama aines pysähtyy. Voimakkaasti virtaavien suuhaarojen edustalla särkät ja saarekkeet voivat kehittyä nopeasti riippuen joen kuljettaman sedimentin määrästä. Jokivirtauksen ja sedimenttikuoorman lisäksi asiaan vaikuttaa purkautumisaltaan rakenne; sen syvyys, avoimuus, aallokko ja virtaukset eroosion, sedimentaation ja resuspendaation kautta. Myös uusien purkausuomien (avulsion) avautuminen ja vanhojen umpeutuminen liittyvät keskeisesti deltojen kehitykseen (Allen, J.R.L. 1965, Huggenberger, P. et al. 1998, Piégay, H. et al. 2000, Morozova, G. & Smith, N. 2003).

Tärkeimpiä mm. sedimentin leviämiseen vaikuttavia yksittäisiä deltojen ja jokialueitten maaston piirteitä ovat tulvapenkat (levee). Nämä penkat rajaavat jokiuomaa matalan tulvankin aikana ja ovat myös tulvatasannetta korkeampia. Niiden synty perustuu tulva-aikaisen sedimentaation keskittymiseen aivan virtaavan, varsinaisen jokiuoman rajalle. Pääuomassa on voimakas, usein pyörteinen virtaus, missä ei sedimentaatiota tapahdu. Suuri osa kiintoaineksesta laskeutuu heti tämän virtauksen reunoilla tulva-alueen rajalle kasvavan penkan päälle. Prosessi voi kulkea kahdella tavalla. Jos jokipenkan takaisella alueella vesi on tulvan aikaan pääuomaa matalammalla, syntyy uomaan nähden poikittainen virtaus, missä kiintoaineksen sedimentaatio tapahtuu suhteellisen tasaisesti koon mukaan lajittuen. Jos taas penkan takaisella alueella tulvavesi on suunnilleen samalla korkeudella kuin uomassa, kuten Pudasjärvellä, niin pääuoman voimakkaasti virtaavan ja tulva-alueen suhteellisen vakaan veden väliin syntyy vain pyörteistä virtausta ja sedimentaatio tapahtuu aineksen lajittumatta kapealla vyöhykkeellä penkan harjalla (Brierley, G.J., Ferguson, R.J., Woolfe, K.J. 1997, Adams, P., Slingerland, R. & Smith, N. 2004, Filgueira-Rivera, M., Smith, N. & Slingerland, R. 2007, Smith, N. et al. 2009).

6.1.2. Sedimentin kulkeutuminen

Joki kuljettaa mukanaan runsaasti kiintoainesta, erikokoisia kappaleita ja hiukkasia, hiekkaa, savea, humusaineita, yms. Aineen kuljetus voidaan karkeasti jakaa kahteen osaan: pohjan tuntumassa liikkuva raskaampi aines (bottom load) ja koko vesipatsaaseen suspendoitunut kevyempi aines. Molempien kulkeutuminen riippuu virran voimakkuudesta ja myös kevyempi aines laskeutuu tietyissä olosuhteissa pohjaan sedimenttinä.

Kuva 24. Ijoen suiston itäisen haaran purku-uoma, taustalla näkyy umpeutuvia uomia, etualalla kasvavia särkkiä. Vedenkorkeus 106,86 NE₄₃, 7.7.2009.



Suspendoituneen aineksen määrää voidaan arvioida veden kiintoainespitoisuuden perusteella, vaikka mittaukset eivät kerrokaan aineksen kokojakautumaa ja sitä kautta sen kulkeutumis- ja laskeutumisominaisuuksia. Kiintoainespitoisuus on pohjoisissa joissa suurin tulva-aikaan, usein moninkertainen verrattuna kesä- tai talviajan pitoisuuksiin (Middelkoop H. & Asselman, N. 1998;). Tulva-aikana myös virtaama, joen vesimäärä on suurimmillaan, mikä vielä korostaa sedimentin kulkeutumisen keskittymistä tiettyyn ajankohtaan. Pohjakulkeutumisen ajoittumisesta on vähemmän tietoa, mutta senkin voi arvella tapahtuvan pääosin tulva-aikaan. Kulkeutuvan sedimentin määrä ja laatu riippuvat valuma-alueen maaperästä ja maankäytöstä, siitä miten eroosioherkkiä alueita joessa ja joen lähialueilla tavataan. Erityisen paljon kiintoainesta irtoaa pelloilta, mutta myös lyhytaikaiset luonnontapahtumat, kuten maanvyöryt tai kulot, tai ihmistoiminta, kuten metsäojitukset, maanrakennus tai hakkuut, voivat hetkellisesti tai pitempiaikaisesti nostaa kiintoainespitoisuuksia merkittävästi. Pohjoisissa joissa, joiden valuma-alueella on vain vähän peltomaata, sedimentin määrä on yleensä pieni (Hanski, M. 2000)

Virtaavassa vedessä kulkeutuva aines laskeutuu pohjaan, sedimentoituu, tietyissä olosuhteissa, kuten suvantopaikoissa, joen mutkien, meandereitten 'suojanpuolella' ja erityisesti vesialtaissa, järvissä. Sedimentaation voimakkuus riippuu aineksen raekoosta ja virtausolosuhteista. Järvet, ja tekoaltaat, toimivat tehokkaina kiintoaineksen 'laskeutusaltaina': vesistöalueen järvisyys vaikuttaa alentavasti joissa kulkeutuvan kiintoaineksen määrään. Kertaalleen pohjaan laskeutunut aines voi lähteä uudelleen liikkeelle, tapahtuu resuspendoitumista. Joen pohjalla liikkuva karkeampi aines kulkeutuu vain lyhyitä matkoja ja sedimentoituu erilaisiksi särkiksi ja saariksi jokiuomaan ja erityisesti jokisuistoon, missä virtausolosuhteet äkisti muuttuvat. Vastaavasti jokiuomassa on alueita missä tapahtuu eroosiota. Karkean aineksen kulkeutuminen riippuu paitsi virtaamasta ja virtausnopeuksista myös jokipohjan muodosta ja kaltevuudesta, kulkeutuminen tapahtuu yleensä tulva-aikana ja erityisesti pääuomassa (Martin, Y. & Church, M. 2000, Pelpola, C. & Hickin, E. 2004, Boyer, C., Roy, A. & Best, J. 2006).

Resuspendoituminen on yleistä myös järvissä, missä niissäkin voidaan erottaa sedimentin kertymis- ja eroosioalueita (Bloesch, J. 1995, Valpola, S. & Ojala, A. 2006, Niemistö, J. 2008). Sedimenttejä kertyy erityisesti syvänteisiin ja suojaisiin lahtiin. Kevein osa kiintoaineksesta liikkuu ja sekoittuu

jossain määrin normaalin veden vuodenaikaisen kierron mukana, tulvien johdosta ja erityisesti tuulen ja aallokon aiheuttamien virtausten seurauksena. Tämä sekoittuminen ja resuspendaatio johtaa myös sedimentin lajittumiseen. Hienojakoinen aines kulkeutuu pois tietyiltä alueilta, jolloin vain karkeampi aines jää jäljelle; hiekka- ja lieterantojen esiintyminen riippuu tuuli- ja virtausolosuhteista. Myös rantojen kasvillisuus vaikuttaa veden virtauksiin, sedimentaatioon, eroosioon ja resuspendaatioon (Nikora, V. 2010).

Sedimentin kertyminen, ja eroosio, vaihtelevat uoman ja rannan eri osissa riippuen virtausolosuhteista ja maaston muodoista. Sedimentoituminen tulva-alueelle korreloi vahvasti toisaalta etäisyyteen jokiuomaan ja toisaalta maastonmuotoihin. Kauas varsinaisesta jokiuomasta leviää usein vain vähän ja vain hienojakoisinta sedimenttiä. Sedimentoituminen tulva-alueille riippuu myös tulvan korkeudesta ja virtausolosuhteista tulva-alueella. (Middelkoop, H. & Asselman, N. 1998, Steiger, J. & Gurnell, A. 2003, Hobo, N., et al. 2010). Sedimentin kertymistä on kuitenkin vaikeaa ennustaa (Steiger, J., Gurnell, A. & Goodson, J. M. 2003) ja se voi vaihdella vuosittain niin että merkittävä osa sedimentoitumisesta tapahtuu joinakin poikkeuksellisina vuosina (Geerling, G., et al. 2008). Sedimentin kertyminen tulva-alueilla riippuu myös kasvillisuudesta: erityisesti hienojakoinen aines kiinnittyy kasvien lehtiin ja mitä runsaampi kasvillisuus, tiheä niitty tai metsän pohjakerros, sitä enemmän sedimenttiä paikalle kertyy (Brown, A. G. & Brookes, A. 1997, Francis, R. 2006, Corenblit, D. et al. 2009).

Monissa tutkimuksissa on mitattu useiden senttimetrien paksuisia vuotuisia sedimenttikerroksia tulvasanteilla, mutta pohjoisilla ja metsäisillä alueilla tulvan tuoma sedimentaatio voi rajoittua hyvin pienille alueille tulvapenkoille ja joen särkille (Dahlskog, T. 1966, Dahlskog, T. et al. 1972).

6.1.3. Sedimentoitumisen vaikutus kasvillisuuteen

Sedimentaatio vaikuttaa selvästi kasvillisuuden rakenteeseen, lajikoostumukseen, ja lajirikkauteen (Werner, K. & Zedler, J. 2002, Jolley, R., Lockaby, B. G. & Cavalcanti, G. 2010). Voimakas sedimentaatio voi estää siementen itämisen ja vaikuttaa siementaimien kasvuun. Sedimentaation merkitys erityisesti puuvartisten kasvien lisääntymiselle lienee suurempi kuin pelkän tulvan alaisen vettymisen. Myös niin puuvartisten lajien taimien kuin ruohovartisten lajien kasvun on todettu heikentyvän nimenomaan sedimentaation vaikutuksesta (Walker, L., Zasada, J., F. Stuart Chapin, F.J. III 1986, Jurik, T., Wang, S. & van der Valk, A. 1994, Ewing, K. 1996, Levine, C.M. & Stromberg, J.C. 2001, Mahaney, W.M., Wardrop, D.H. & Brooks, R.P. 2005, Walls, R., Wardrop, D. H. & Brooks, R. 2005, Lowe, B. J., Watts, R. J., Roberts, J. & Robertson, A. 2010).



Kuva 25. Sedimenttimaannos tulvametsässä Pudasjärvellä.

Tulvan tuoma sedimentti myös kuljettaa ravinteita (Pinay, G., Ruffinoni, C. & Fabre, A. 1995) sekä vaikuttaa karikkeen hajoamiseen (Ellis, L. M., Molles, M. C. & Crawford, C. S. 1999). Niittyjen lajikoostumus riippuu osaltaan kasvupaikan ravinteisuudesta, mihin sedimentaatio vaikuttaa merkittävästi (Olde Venterink, H., van der Vliet, R.E. & Wassen, M. 2001, Olde Venterink, H. et al. 2006, Wassen, M. & Olde Venterink, H. 2006). Ravinnetilanne, erityisesti kasveille käyttökelpoisen typen saatavuus, riippuu osaltaan kosteusolosuhteista ja tulvasta. Vettyneessä, hapettomassa maaperässä typpeä poistuu denitrifikaation kautta ja typpiyhdisteiden mineralisaatio hidastuu (Olde Venterink, H. et al. 2002, Olde Venterink, H. et al. 2009).

Sedimentin rehevöittävää vaikutusta on pidetty tärkeänä myös tulvametsien lehtomaiselle lajistolle ja luhtalajien esiintymiselle suoalueilla. Toisaalta on arveltu, että sammalten niukkuus tulvametsissä, ja esimerkiksi tammetuilla soilla, voisi johtua tulvan tuoman lietteen tukahduttavasta vaikutuksesta.

On vaikea erottaa toisistaan pelkän vesipeitteen ja liettymisen vaikutuksia tulva-alueilla. Lietteen kertyminen korreloi tulvan korkeuden ja keston kanssa: mitä pidempään ja mitä paksumpi vesipeitto tietyllä paikalla on, sitä suurempi sedimentin kertymä. Lisäksi maan vettyminen vaikuttaa ravinteiden saatavuuteen ja kiertoon.

6.1.4. Rantavoimat

Rantojen sijainti suhteessa järveen, niiden avoimuus, vaikuttaa merkittävästi kasvillisuuden luonteeseen. Ulapalle avoimet rannat ovat alttiina aaltojen ja jäiden aiheuttamalle eroosiolle. Erityisen avoimilla rannoilla rantapenkan alapuolella voi olla lähes paljasta hiekkarantaa. Avoimuus aalloille ja kasvittomuus vaikuttavat myös rannan pohjan laatuun: hienojakoisemmat sedimentit huuhtoutuvat pois. Avoimille rannoille muodostuu usein selvä, jyrkkä, vaikka matala (20-50 cm), rantapenkka (Kuva 26). Tuuli ja aallokko, rantojen avoimuus, vaikuttavat myös suoraan kasveihin. (Coops, H., Geilen, N. & van der Velde, G. 1994, Coops, H. & Van der Velde, G. 1996, Hellsten, S. & Juntura, E. 2000, Andersson, B. 2001).

Kuva 26. Pudasjärven hiekkarantaa ja rantapenkka, missä vihviläniittyä ja rantakukkaa.



6.2. Vedenkorkeuden vaihtelu

Eri kasvillisuustyyppien esiintyminen ja vyöhykkeisyys tulva-alueilla on seurausta vedenkorkeuden vaihteluista: kasvukauden ja talven aikaisesta vedenkorkeudesta ja tulvista. Tärkeitä tekijöitä voivat olla tulvan ajoittuminen vuoden aikana, sen kesto ja korkeus sekä vaihtelu eri vuosien välillä. Sedimentaatio voi myös vaikuttaa.

Erilaiset ympäristötekijät vaikuttavat monin tavoin eri kasvilajeihin ja niiden väliseen kilpailuun. Lisäksi ympäristötekijät ovat yhteydessä toisiinsa. Käytännössä voi olla vaikeaa erottaa kasvukauden aikaisen vedenkorkeuden ja tulvan vaikutusta toisistaan: ylempät rantavyöhykkeet ovat sekä pidempään tulvan alla että korkeammalla veden/pohjaveden pinnasta.

6.2.1. Kesä

Alin vedenkorkeus, kesäaikana, luonnollisesti vaikuttaa vesikasvillisuuden esiintymiseen. Kasvukauden aikaisen vedenkorkeuden pysyvä muuttuminen siirtäisi ranta- ja vesikasvillisuuden (liukuvaa) rajaa. Kyse on kuitenkin enemmän lajien välisestä kilpailusta elintilasta ja ravinteista kuin varsinaisesta kuivumisen tai vettymisen sietämisestä. Esimerkiksi järvikorte ja vesi- ja viiltosara kasvavat niin vedessä (1 m) kuin kesällä kuivilla olevilla alueilla. Ilmaversoiset kasvit voivat kärsiä kesän aikaisista tulvista tai poikkeuksellisen matalasta vedestä. Ylemmän rantavyöhykkeen heinät ja ruohot puolestaan eivät menesty pysyvästi vettyneessä maaperässä. (Van den Brink, et al. 1995, lampolahti, J. 1999, Magee, T.K. & Kentula, M.E. 2005, Geest, G.J. van, et al. 2005, Partanen, S. & Hellsten, S. 2005, Leira, M. & Cantonati, M. 2008).

Maaperän kosteus ja tulvan jälkeinen kuivuminen, keskimääräinen vedenpinnan taso kasvukaudella, vaikuttaa merkittävästi niittyjen vyöhykkeisyyteen ja lajikoostumukseen. Monien lajien siementen itävyys ja siementaimien menestyminen kärsii maanpinnan kuivuessa. Osa niittyjen lajeista ei menesty, mikäli maaperä on jatkuvasti vettynyt, toisaalta jotkin lajit kärsivät, mikäli vesipinnan taso maaperässä on alhaalla (Grevilliot, F., Krebs, L. & Muller, S. 1998, Castelli, R., Chambers, J. & Tausch, R. 2000, Martin, D. & Chambers, J. 2001, Kennedy, M.P., Milne, J.M. & Murphy, K.J. 2003, Dwire, K. et al. 2004, Toogood, S.E. & Joyce, C.B. 2010).

Puuvartisten kasvien siementen itäminen ja taimien kasvu edellyttää maaperän riittävää kosteutta: tiettyä pohjaveden tasoa, joka ranta-alueilla riippuu osin vesistön vedenpinnan tasosta. Joissakin tutkimuksissa on havaittu siementen itävyyden ja taimien voivan kärsiä paitsi maaperän vettymisestä myös kuivuudesta (Hughes, F. et al. 1997, Woods, S. & Cooper, D.. 2005). Varttuneet puut eivät yleensä ranta-alueilla kärsi kuivuudesta syvälle yltävän juuriston ansiosta (Karrenberg, S., Edwards, P. & Kollmann, J. 2002)

6.2.2. Talvi

Vesi- ja rantakasvillisuuden ekologiaa on tutkittu vain vähän talviaikana (Nilsson 1992, Jansson et al. 2000, Beltaos, S. 2000, Hellsten 2001, Prowse 2001, Luke, S., et al. 2007, Rood, S. et al. 2007). Pohjoisten alueiden kasvit ovat sopeutuneet kylmyyteen ja jäätymiseen. Kasvukauden ulkopuolisen syksyn ja talven aikainen vedenkorkeus vaikuttaa kasvillisuuteen lähinnä epäsuorasti jäätymisen kautta.

Koska kasvien elintoiminnot ovat talvella pysähtyneet tai hyvin vähäisiä, ei mahdollinen vettyneen maaperän vähähappisuus, lumi- tai jääkuoren allakaan, aiheuta vaurioita. Joidenkin kasvien hiilihydraattiaineenvaihdunta on myös sopeutunut talviaikaiseen hapettomuuteen tai hapettomuus sinällään johtaa elintoimintojen väliaikaiseen hidastumiseen. Puuvartistet kasvit kestävät hyvin talviaikaisen tulvan mikäli niiden juuristo on routaantuneessa maaperässä (Crawford, R. 2003, Hanhijärvi & Fagerstedt 1994). Monet vesikasvit voivat jatkaa yhteyttämistä ja kasvua myös jään alla (Boylan, C. & Sheldon, R. 1976).

Eräät vesikasvit eivät kestä jäätymistä: vesipinnan lasku talvella ja sitä seuraava pohjan jäätyminen voi suoraan tappaa pohjalehtisiä vesikasveja (Renman, G. 1989, Hellsten, S. 2001). Ylempien rantavyöhykkeiden ilmaversoiset (e.g. järvikorte, sarat) ja niittyjen lajit ovat sopeutuneet jäätymiseen tai maan routaantumiseen. Vedenpinnan taso vesistöjen jäätyessä ei suoraan vaikuta ylempään rantakasvillisuuteen: talviaikainen vedenpinnan lasku johtaa jäiden painumiseen maata vasten ja siten myös maan routaantumiseen (Renman, G. 1993, Prowse, T. 2001). Puiden siementaimien on todettu olevan erityisen herkkiä jäiden vaikutuksille (Dixon, M. & Turner, M. 2006)

Kuva 27. Kevättulvan peittämää koivikkoa toukokuussa, pajukot ovat kokonaan veden alla. Vedenkorkeus $N_{43} +110,10$ m, 8.5.2008.



Jäät ja erityisesti jäiden lähtö voivat mekaanisesti vaurioittaa kasveja. Tämä voi johtaa kasvillisuuden laikuttaisuuteen ja avoimia, kilpailusta vapaita kasvupaikkoja tarvitsevien lajien esiintymiseen (Hicks, F. 2009, Prowse, T. 2001). On viitattu myös ns. 'kalla' ilmiöön: korkean syysveden aikaan muodostuva jää painuu talvella veden laskeessa alas maata vasten ja sulaa keväällä hitaasti tulvan alla tukahduttaen pajuja ja sammalia, tai pajukkoon kiinnittyvä jää repii ne keväällä veden noustessa (Aaltonen, S. 1955, Ruokolainen, T. 1981).

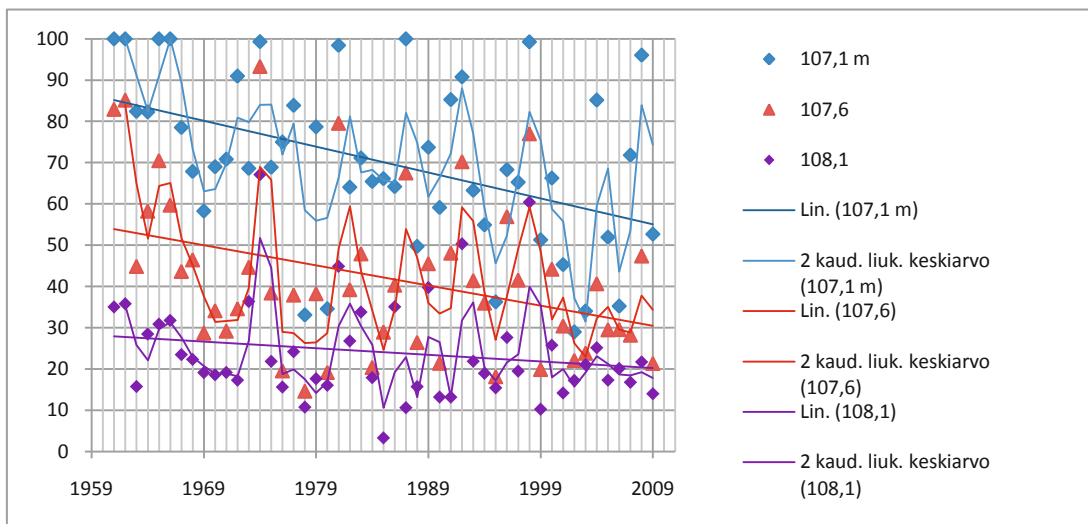
6.2.3. Kevättulva

Tulvan pääasiallinen vaikutusmekanismi liittyy maaperän vettymiseen ja sitä seuraavaan vähähappisuuteen. Se aiheuttaa kasveille 'stressiä', heikentää niiden kasvua (Pezeshki, S.R. 2001, Crawford, R. 2003, Sairam, R. et al. 2008). Mitä pidempään se jatkuu sitä voimakkaampi vaikutus. Kasvit voivat toipua stressistä, mutta sen vaikutukset ovat kumuloituvia: saman kasvukauden aikana sekä vuodesta toiseen toistuessaan. Yksittäinen tulva, poikkeuksellisen korkea tulva, tai tulvan mataluus ei suoraan vaikuta useimpien kasvien esiintymiseen. Kevättulvan jälkeisen tulvan vaikutus riippuu sen ajoittumisesta: mitä lyhempi aika kasveilla on toipua sitä suurempi vaikutus. Toisaalta korkeammalla sijaitsevilla kasvillisuusvyöhykkeillä matalanveden aikainen kuivuminen vaikuttaa osaltaan kasvien menestymiseen. Kasvien tulvan eri muotojen ja kuivuuden sieto ja niihin sopeutuminen vaihtelevat lajista toiseen (Blom, C. & Voisenek, L. 1996, Kozlowski, T. 2002)

Metsät ja pensaikot

Tutkijoiden keskuudessa vallitsee melko laaja yksimielisyys siitä, että tärkein tulva-alueitten metsäkasvillisuuteen vaikuttava tekijä on kasvukauden aikaisen tulvan kesto (Bledsoe, B. P. & Shear, T. H. 2000, Toner, M. & Keddy, P. 1997, Glenz, C. et al. 2006). Hyvin harvat puulajit vaativat tulvaa menestyäkseen, sen sijaan eri lajien ja lajiryhmien tulvansieto vaihtelee (Predick, K., Gergel, S. & Turner, M. 2009). Puiden ja pensaiden tulvan kestävyys kasvaa seuraavassa järjestyksessä: kuusi – rauduskoivu – hieskoivu – pajut (Glenz, C., et al. 2006). Kirjallisuudessa on esitetty noin 40% kasvukauden aikaista vesipeittävyttä, vedenkorkeuden pysyvyyttä, kaikkien puuvartisten kasvien sietorajaksi (Gill, C.J. 1970, Toner, M. & Keddy, P. 1997).

Kuva 28. Veden pysyvyys, vesipeitto, prosenttiosuus siitä ajasta, jolloin vedenpinta saavuttaa tietyn korkeuden, eri vedenkorkeuksilla kasvukauden aikana Pudasjärvellä eri vuosina. 100%, vesi ei ole laskenut tämän korkeuden alapuolelle, 0%, korkeustaso on ollut koko ajan kuivilla. Veden peittämä aika on viidenkymmenen vuoden aikana pienentynyt noin 10-25 prosenttia korkeusvyöhykkeestä riippuen.



Suomalaisessa kirjallisuudessa (Tuononen, E., Vähäsöyrinki, E. & Österlund, P. 1981, Riihimäki, J., Savolainen, M. & Hellsten, S. 1998.) ilmoitetut vesipeittävyys sietorajat ovat hankalia tulkita: tulokset ovat erilaisia riippuen valuma-alueen pinta-alasta tai ne on laskettu vain koko vuodelle. Eri puulajien erot ovat kuitenkin selviä: Keskisuurella järvellä kasvujakson (16.5.-15.8.) alarajaksi erikokoisille puille on ilmoitettu seuraavia vesipeittävyksiä: kuusi 1,3 (d> 20 cm) - 4,1% (d< 10 cm), hieskoivu 1,5 (d>20 cm) - 30,2% (d<10 cm) (Tuononen, E., Vähäsöyrinki, E. & Österlund, P. 1981)

Keiteleen ja Pohjois-Päijänteen rantakasvillisuudessa pensaikojen esiintymisen alaraja vastaa noin 40% kasvukauden aikaista pysyvyyttä, Etelä-Päijänteellä 50% (Suoraniemi, M. et al. 2000).

Tulvan keston ja ajoittumisen lisäksi tulvan korkeus voi vaikuttaa (Glenz, C. et al. 2008). Monet kasvit kestävät maaperän vettymistäkin huomattavasti enemmän kokonaan veden alle jäämistä. Yksittäinenkin tulva, joka peittää puut kokonaan, tai poikkeuksellisen pitkä tulvajakso, voi olla tuhoisa (Yin, Y. 1998, Friedman, J.M. & Auble, G.T. 1999, Acker, S. et al. 2002).

Tulva vaikuttaa erityisesti kasvien uudistumiseen ja leviämiseen, ei niinkään varttuneisiin puihin. Siementen itävyys voi kärsiä tulvan johdosta, ja siementaimet voivat olla erityisen herkkiä sekä fysiologisesti että koska ne luonnollisesti peittyvät kokonaan jo matalan tulvan alle (Siebel, H., Van Wijk, M. & Blom, C. 1998, Dixon, M. & Turner, M. 2006).

Pudasjärven tulvametsien puulajeista hieskoivu lisääntyy pääasiassa siemenistä, vaikka vioittuneet puut voivat kasvattaa myös kantovesoja. Sen siementuotto on runsas, mutta siementen itäminen vaatii runsaasti valoa ja kilpailutonta ympäristöä, paljasta maata. Siementaimien kuolleisuus on myös usein korkea. Tulvamailla hieskoivun esiintymistä ilmeisesti rajoittaa, paitsi puiden tulvakestävyys, myös siemenellisen uudistumisen hitaus tiheässä pajukossa tai heinikossa (Kinnaird, J. 1973, Atkinson, M. 1992). Kilpailu valosta ja ravinteista erityisesti taimivaiheessa vaikuttaa eri puulajien suksessioon tulvamailla (Walker, L. & Chapin, F.S. 1986).

Kuva 29. Tulvametsää, jonka pohjakerroksessa kielo vallitsee.



Pajut voivat lisääntyä ja leviä niin kasvullisesti vesomalla kuin siemenellisesti. Pajulajien välillä on kuitenkin merkittäviä eroja. Joidenkin tiedetään leviävän tehokkaasti pitkistä juurista tai maavarsista, mutta monilla kasvullinen lisääntyminen rajoittuu kantovesoihin tai maahan juurtuviin, alas taipuneisiin varsiin (Peterson, C. & Jones, R. 1997). Pohjanpajun tiedetään leviävän pääasiassa vain siemenellisesti (Stamati, K., Hollingsworth, P.M. & Russell, J. 2007); kiiltopajua ei liene erityisesti tutkittu, mutta sen esiintyminen ja kasvutapa tulvamailla ovat hyvin samankaltaiset. Pajujen siementen on todettu itävän erityisesti tulvan jälkeen märällä maalla (Niiyama, K. 1990), ja että taimien kuolleisuus johtuu erityisesti kuivuudesta sekä jossain määrin tulvan ja jäiden vaikutuksista. Varttuneet pajut kestävät hyvin kuivuutta syvälle ulottuvan juuristonsa avulla ja uudistuvat tehokkaasti vesomalla esimerkiksi jäävaurioiden tai hakkaamisen jälkeen. Tulvamaiden varttuneet pajukot ilmeisesti uudistuvat sekä siemenistä että juurtuvista vesoista, mutta pajukon leviäminen uusille paikoille riippuu siementen itämiselle ja siementaimille sopivista, tulvavirtauksen säätelemistä olosuhteista (Karrenberg, S., Edwards, P. & Kollmann, J. 2002, Woods, S. & Cooper, D.. 2005, Rood, S. et al. 2011).

Tulva vaikuttaa metsäkasvillisuuden muihinkin kerroksiin kuin puihin. Tulvametsissä on niukasti tai ei lainkaan sammalia ja jäkäliä pohjakerroksessa, ja kenttäkerroksesta vallitsevat ruhot ja heinät varpujen puuttuessa. Tämä johtuu toisaalta kasvien kyvystä sietää vesipeittoa tai sedimentin kerrostumista ja toisaalta mahdollisesti sedimentin rehevöittävästä vaikutuksesta. Tulva voi vaikuttaa myös karikkeen hajoamiseen (Ellis, L. M., Molles, M. C. & Crawford, C. S. 1999).

Niityt

Niittykasvillisuuden lajisto ja vyöhykkeisyys riippuvat lajien vettymisen ja kuivumisen sietokyvystä. Kasvukauden aikaisen märkyyden ja kuivuuden lisäksi voi tulva vaikuttaa niittyjen lajikoostumukseen ja vyöhykkeisyyteen. Monissa tutkimuksissa on todettu vettymisen tai vesipeiton vaikuttavan lajien esiintymiseen (Castelli, R., Chambers, J. & Tausch, R. 2000, Lenssen, J., Menting, F., Van der Putten, W. 2003, Van Eck, W et al. 2004, 2006, Jung, V., Hoffmann, L. & Muller, S. 2009, Mony, C., Mercier, E., Bonis, A. & Bouzillé, J.B. 2010). Näissä selvityksissä on kuitenkin tarkasteltu lähinnä lähellä vesirajaa olevia niittytyyppejä. Tutkitun kirjallisuuden perusteella niittyjen lajisto ja vyöhykkeisyys ei riipu niinkään tulvasta kuin koko kasvukauden aikaisista kosteusolosuhteista.

Niittykasvillisuustutkimukset keskittyvät kuitenkin temperaattisille alueille, missä kasvukausi voi jatkua koko vuoden ja toisaalta tulva voi peittää niityt nimenomaan talvella ja missä ei esiinny boreaalisille alueille tyypillistä korkeaa mutta suhteellisen lyhytaikaista tulvaa. Boraalisen alueen niittyjä koskevassa tutkimuksessa ei yleensä ole pyrittykään erottamaan kevättulvan ja kesän, kasvukauden, aikaisen vedenpinnan tason tai maaperän kosteuden vaikutusta toisistaan

Paitsi suoranaista märkyyden ja kuivuuden siedosta tai siihen sopeutumisesta niittyjen lajisto riippuu erityisesti lajien välisestä kilpailusta (Jung, V. et al. 2009). Kilpailu voi liittyä siementen itävyyteen ja monivuotisten kasvien varjostukseen (Kotowski, W. et al. 2010), ravinteisiin (Kotowski, W. et al. 2006) ja eri tekijöiden yhteisvaikutukseen (Lenssen, J. et al 1999, Lenssen, J., Menting, F., Van der Putten, W. 2003). Niittyjen alemmissa, märemmissä vyöhykkeissä lajien esiintyminen riippuu selvemmin tulvan ja märkyyden sietokyvystä kuin ylempänä, kuivemmissä vyöhykkeissä, missä kilpailun merkitys korostuu (Lenssen, J. et al 1999, Jung, V., Hoffmann, L. & Muller, S. 2009, Toogood, S.E., Joyce, C.B. & Waite, S. 2008).

Keiteleen ja Päijänteen rantakasvillisuudessa (Suoraniemi, M. et al. 2000) kortteikon ylärajan on havaittu vastaavan 75% pysyvyyttä; saraikon esiintyminen sen sijaan vaikutti riippuvan myös tulvan ajankohdasta.

Kuva 30. Todennäköisesti umpeen kasvavaa suurruohoniittyä pajuviidan aukossa, virtamajuuri, rantalpi ja rantatädyke vallitsevat.



Suot

Soistuminen ja soiden kehitys, turpeen muodostuminen, liittyy toisaalta pinta- ja pohjavesien hydrologiaan. Toisaalta soilla on oma itsenäinen hydrologiansa, turvekerros pidättää vettä. Keskeistä suoden syntymiselle ja säilymiselle on jatkuva märkyys: hapeton, vettynyt turvekerros. Siinä hajoamista tapahtuu vain hyvin hitaasti mikä johtaa turpeen kertymiseen. Pintavesien, tulvan, vaikutus näkyy suokasvillisuudessa ns. luhtaisuutena, mistä kertoo monien rantakasvien esiintyminen ja joidenkin tyypillisten suokasvien niukkuus. Tämä liittyy sekä vesipeittoon että tulvan tuoman lietteen rehevöittävään vaikutukseen. (Eurola, S. 1969, Wassen, M. et al. 1990, Eurola, S., Huttunen, A. & Kukko-oja, K. 1995, De Mars, H., Wassen, M. & Olde Venterink, H. 1997, Wassen, M., Peeters, W. & Olde Venterink, H. 2002, Schipper, A. et al. 2007).

6.3. Häiriödynamiikka

Poikkeukselliset luonnontapahtumat, esimerkiksi erityisen korkeat tulvat tai alhaiset vedenkorkeudet, saattavat lisätä jonkin alueen luonnon monimuotoisuutta. Voi syntyä väliaikaisesti kasvittomia laikkuja, joihin tietyt lajit pystyvät leviämään. Varttuneiden puiden kuolema lisää luonnollisesti alueen lahoppuun määrää, mistä jotkin eliöt hyötyvät. Tulva-alueitakin käsittelevässä kirjallisuudessa on viitattu myös ns. 'kohtuullisen häiriön' (intermediate disturbance) diversiteettiä lisäävään vaikutukseen (Wilcox, D. & Meeker, J. 1990, Decocq, G. 2002, Rood, S. et al. 2007).

6.4. Perinteinen maankäyttö

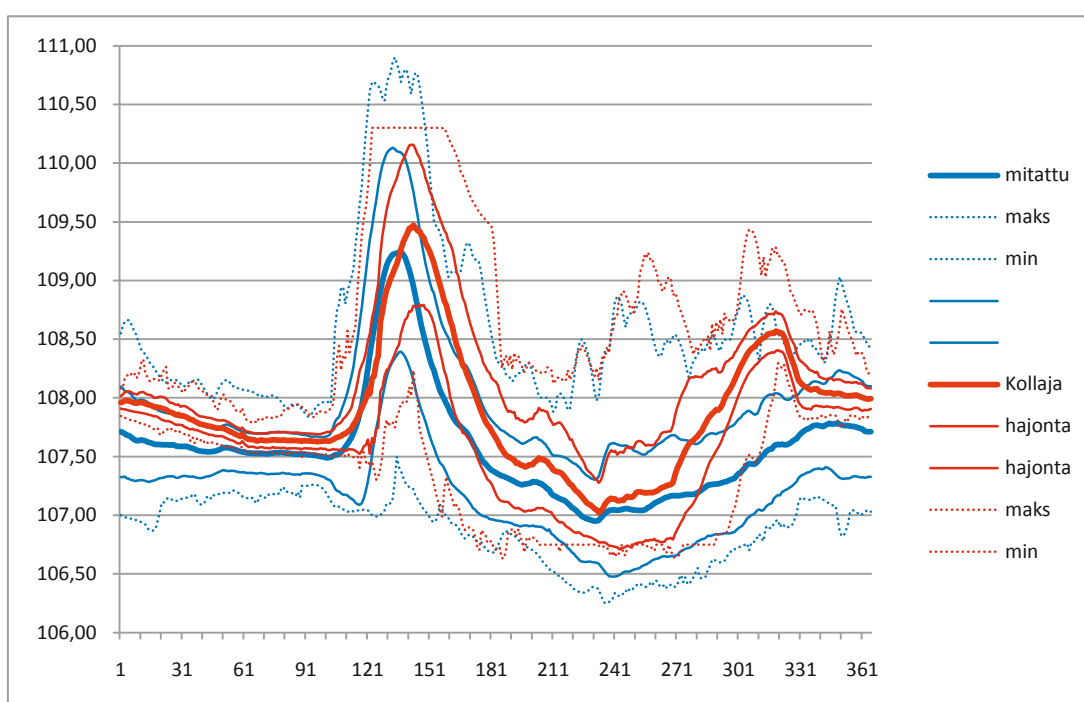
Tulvaniityt on luontotyyppikirjallisuudessa määritelty syntyneen suurelta osin ihmistoiminnan seurauksena. Niitä on laajalti laidunnettu ja niitetty. Niitto poistaa alueilta ravinteita (Olde Venterink, H. et al. 2009) ja vaikuttaa lajikoostumukseen. Pensaiden kasvu luonnollisesti ei ole mahdollista. Erityisesti niittyjen ylemmät, kuivemmat osat umpeutuvat, metsittyvät niiton päätyttyä. Niitto ja laidunnus vaikuttavat myös niittyjen lajikoostumukseen: niittytyyppien ja -lajien monimuotoisuus ja runsaus vähenee toiminnan päätyttyä (Heikkinen, P. 1978, Huhta, A-P. & Rautio, P. 2005, Kotowski, W. et al. 2010).

7. Hankkeen vaikutukset luontotyyppeihin

7.1. Hydrologia

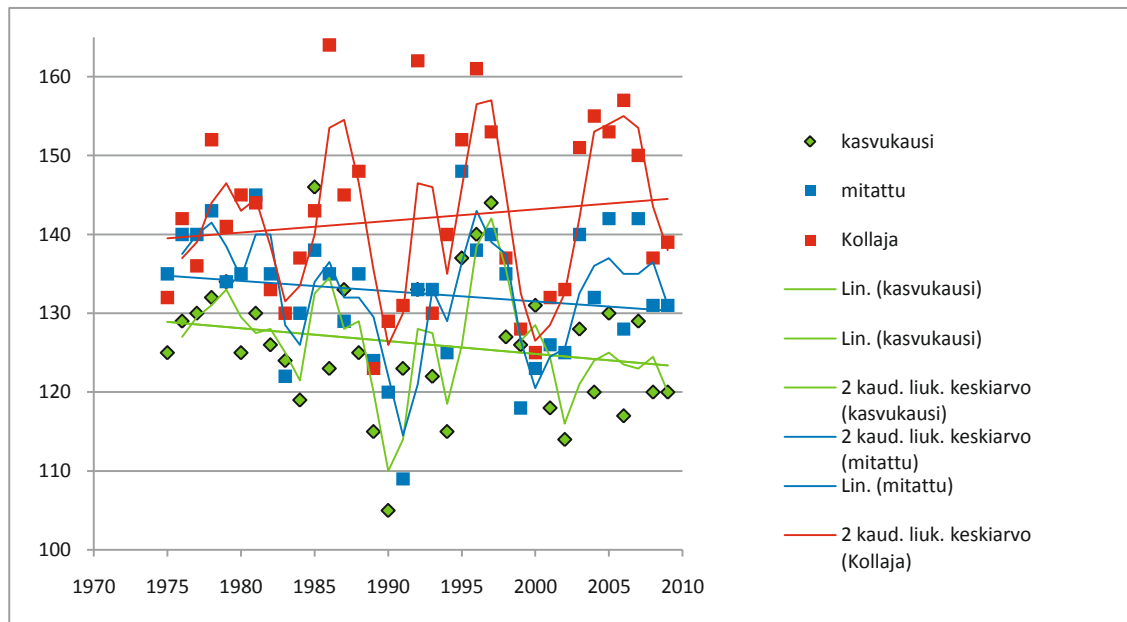
Säännöstelysuunnitelman mukaisesti vedenkorkeudet olisivat tarkastelujaksolla 1975-2010 keskimäärin hieman korkeammat melkein kaikkina vuoden päivinä. Tällaista 'keskimääräistä' vuotta ei kuitenkaan ole olemassa. Mallinnettu keskimääräinen vedenkorkeus jää, alkusyksyä lukuun ottamatta, mitatun keskimääräisen vedenkorkeuden hajonnan sisään. Myös ylimmät ja alimmat vedenkorkeudet, äärimmäisiä tulvahuippuja ja kuivimpia kesiä sekä kuivia talvia lukuun ottamatta, ovat samankaltaisia (Kuva 31). Verrattaessa kasvukauden aikaisia keskimääräisiä vedenkorkeuksia, voidaan mitatuissa arvoissa nähdä laskeva trendi ja suuri vuosien välinen hajonta. Säännöstelyn myötä nämä keskimääräiset vedenkorkeudet nousisivat hieman (noin 25 cm).

Kuva 31. Mitattu ja mallinnettu (Kollaja) päivittäisen vedenkorkeuden vaihtelu vuosina 1975-2009, 365 päiväinen vuosi. Ajallisen vaihtelun vuoksi keskiarvo ei kuvaa keskimääräistä tulvahuippua, joka vuosijaksolla 1975 - 2010 on ollut + 109,84 m. Tulvanhuipun korkeus säilyy keskimäärin ennallaan.



Kevättulvan huippu ajoittuu yleensä joitakin päiviä kasvukauden alkua aikaisemmaksi, mutta tulvahuipun ajankohdassa on useiden viikkojen vaihtelu. Huipun ajankohdassa on ollut aikaistuva trendi, mikä vastaa kasvukauden aikaistumista. Kasvukausi on myös pidentynyt. Säännöstelysuunnitelman mukaisesti tulvien keskimääräinen huippu pysyy samalla tasolla mutta siirtyy noin 10 päivää myöhemmäksi suhteessa kasvukauden alkamiseen; vastaavasti tulvavedet laskevat pari viikkoa keskimääräistä havaittua myöhemmin. Tämä näkyy myös kasvukauden aikaisesen veden peittoprosentin kasvussa korkeudella 108,1 metriä (Kuva 35). Tulvien ei anneta nousta yli 110,3 metrin.

Kuva 32. Tulvahuipun ja kasvukauden ajoittuminen eri vuosina ja alkamispäivien erotus, 365 päiväinen vuosi. Kasvukausi on alkanut keskimäärin noin 5 päivää ennen tulvahuippua. Molemmat ovat 1970 -luvulta alkaen aikaistuneet suunnilleen saman verran. Kollaja siirtäisi tulvahuippua myöhemmäksi noin kymmenellä päivällä, suurella tulvalla vähemmän kuin pienellä.



Tulvien jälkeiset kesäajan vedenkorkeudet eivät säännöstelyn myötä juurikaan muutu, kuten voidaan havaita veden peittoprosentista korkeudella 107,1 metriä (Kuva 33). Vedenpinta pyritään kuitenkin pitämään vähintään tasolla 106,75 metriä.

Alkusyksyllä vedenpinta nousisi säännösteltynä mitattuja tasoja korkeammalla noin kahdeksan viikon ajan enimmillään metrin ja laskisi taas talvikaudeksi lähelle niitä. Silloin keskimääräinen ero olisi 10-20 cm, mutta toisaalta on huomattava, että talvikauden aikainen vedenkorkeuden vaihtelu, keskimääräisen vedenkorkeuden hajonta, supistuisi merkittävästi.

Alla tarkastellaan suunnitellusta säännöstelystä aiheutuvia muutoksia alueen hydrologiassa: (1) korkeimpien tulvahuippujen leikkaaminen, (2) kevättulvan ajankohdan siirtyminen ja keston pidentyminen, (3) vedenpinnan laskun pysäyttäminen kesällä tasolle 106,75, (4) syksyisen vedenkorkeuden muutos. Tässä otetaan erityisesti huomioon ne ympäristötekijät, joiden tiedetään vaikuttavan tulvakasvillisuuteen: (1) tulva ja kasvukauden aikainen vesipeitto, (2) maaperän kosteus ja kesäaikainen vedenkorkeus, (3) sedimentaatio sekä (4) lajien välinen kilpailu.

7.2. Kasvillisuuden vyöhykkeisyys

Pudasjärven ranta- ja tulva-alueiden kasvillisuus on selvästi jakautunut erilaisiin vyöhykkeisiin. Niiden muodostuminen riippuu voimakkaimmin vedenkorkeuden vaihteluista: vesipeitosta eri vuodenaikoina ja maaperän kosteudesta. Alueelle tyypilliset voimakkaat kevättulvat altistavat kasvit sekä vesipeitolle erityisesti keväällä tulva-aikaan että kuivumiselle kesällä matalimman veden aikaan.

Kasvillisuusvyöhykkeet ovat yleensä hyvin selvärajaisia, joskin vyöhykkeiden lajisto vaihtelee jonkin verran eri kohteissa. Alueella voidaan yleensä erottaa seuraavat vyöhykkeet: vesikasvillisuus, märät niityt (kortteikot, saraikot), kosteat niityt (vihvilävyöhyke, kastikkaniityt), pajuviidat ja tulvakoivikot. Vyöhykkeisen tulvaniittykasvillisuuden ulkopuolella esiintyy pajuluhtia, tulvanevoja ja puustoisia soita.

Kasvillisuustyyppien sijoittumisessa eri korkeusvyöhykkeille on suurta hajontaa. Tämä selittyy osittain rantojen sijoittumisella: ulapalle avoimet järven rannat, suojaiset rannat ja joenvarren rannat. Myös rantaprofiilien jyrkkyys ja mahdolliset erot maaperässä ja sedimentaatiossa vaikuttavat vyöhykkeisyyteen.

Märkien niittyjen saraikoiden alaraja ja kortteikon yläraja sijaitsee suunnilleen korkeudella 107,1; kosteiden kastikkavaltaisten niittyjen alaraja korkeudella 107,5; pajuviitojen alaraja ja kosteiden kastikkaniittyjen yläraja korkeudella 107,6 ja koivuvaltaisten tulvametsien alaraja korkeudella 108,1 (Kuva 35). Saraikon ja kortteikon raja vastaa suunnilleen 70% kasvukauden aikaista vesipeittoa; pajukon ja niityn raja 40% vesipeittoa ja koivikon 20% vesipeittoa. Vesipeitossa on huomattavaa vuotuista vaihtelua (Kuva 28, 33, 34, 35).

7.2.1. Kevättulva

Yksittäinen korkea tulva, joka peittää puut kokonaan, saattaisi johtaa niiden kuolemaan. Poikkeuksellisen korkeiden tulvien huippujen leikkaaminen tasoon 110,3 ei kuitenkaan vaikuta tukittuun kasvillisuuteen: korkeimmat tutkitut alueet sijaitsevat tason 110 alapuolella ja vain 8 kertaa tulva on noussut yli 110,5 tason.

Vesikasvillisuus

Varsinaiseen vesikasvillisuuteen (pohja-, upos- ja kelluslehtiset) kevättulvan voimistuminen vaikutta lyhentämällä hieman kasvukautta. Pudasjärven kohtuullisen sameassa vedessä valon läpäisy vedessä ei ole kovin suuri ja vastaavasti paksun vesipeiton läpi pohjalehtisten valonsaanti vähenee. Pohjalehtiset ovat kuitenkin sopeutuneet kasvamaan eri syvyyksillä; niiden varsinainen kasvukausi ajoittuu keski- ja loppukesään; ne ovat Pudasjärvellä sopeutuneet vedenkorkeuksien suureen vuosittaiseen vaihteluun. Tässä selvityksessä ei ole tarkemmin havainnoitu varsinaisten vesikasvien nykyistä esiintymistä.

Upos- ja kelluslehtiset vesikasvit kasvavat pintaan tai pinnan läheisiin vesikerroksiin kasvukauden alussa, ja mitä paksumpi vesipeitto on, sitä enemmän ne joutuvat kuluttamaan varastoravintojaan ennen kuin ne saavuttavat syvyyden, missä ne pystyvät yhteyttämään. Paksu vesipeitto saattaa vaikuttaa niiden menestymiseen. Natura 2000 alueen vesialueet ovat kuitenkin niin matalia, että vedenpinnan korkeudella ei liene suurta merkitystä useimpien vesikasvien esiintymiselle.

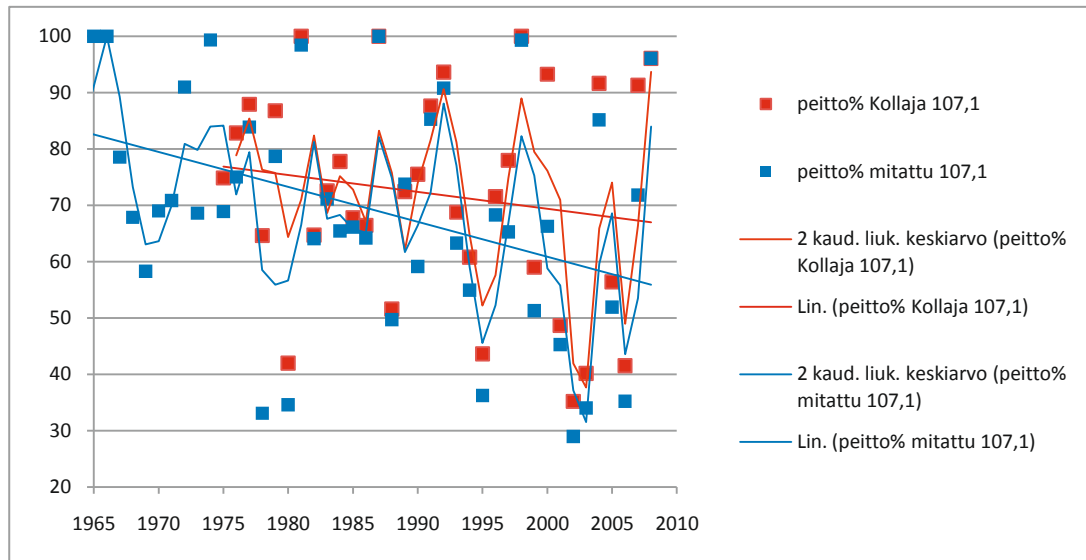
Tulvan kasvukauden aikainen pidentyminen saattaa rajoittaa joidenkin vesikasvilajien esiintymistä syvimmissä kasvuvyöhykkeissä. Lajistossa ei kuitenkaan todennäköisesti tapahdu muutoksia.

Märät niityt

Alimman rantaniittyvyöhykkeen (korte-, luikka-, ja sara kasvustot) ilmaversoiset kasvit kasvavat vyöhykkeen alimmissa osissa alkukesästä vesipeiton läpi pintaan varastoravinnon turvin. Tulvan pitkittyminen saattaa heikentää niiden kasvua syvimmissä vyöhykkeissä. Kortteikkojen mitatut alarajat ovat korkeuksilla 106,6-106,8. Selvityksessä ei alarajaa tarkemmin tutkittu, syvimmällä kasvavat kortteikot ovat vesikasvillisuutta, mutta yksittäisten havaintojen perusteella laji esiintyy paikoin syvemmälläkin. Tiheät korkeat kortteikot suojaisilla rannoilla esiintyvät mitatuista alarajoista korkeuteen 107,3.

Puhtaat saraikot esiintyvät alkaen korkeudelta 107,0-107,3 korkeuteen 108,2. Suojaisilla rannoilla saraikot ovat yleensä tiheitä ja korkeita vesisaravaltaisia. Kortteikot esiintyvät alueella selvästi alempana märemmissä olosuhteissa, mutaa toisaalta myös sarat (*Carex aquatilis*) ovat märkyyttä ja vesipeittoa suhteellisen hyvin sietäviä lajeja. Saraikkojen ja niitä alempana rajoittavien kortteikkojen rajalla kasvukauden aikainen vesipeitto ei juuri muutu (kuva 33).

Kuva 33. Kasvukauden aikainen veden peittoprosentti korkeudella 107,1. Veden peittämä aika on 1960-luvulta alkaen pienentynyt yli 20 prosenttia. Kollaja lisäisi vesipeittoa noin puolet tästä.



Kosteet niityt

Jouhivihvilävaltaiset niityt esiintyvät kapeana, 1-2 metriä leveänä vyöhykkeenä avoimilla rannoilla matalan rantapenkan päällä ja rajoittuvat kastikkavaltaisiin niittyihin. Kevättulvalla ei ole vaikutusta niihin.

Kastikkaniittyjen esiintymiseen vaikuttaa toisaalta maaperän riittävä kuivuus kasvukauden aikana kesällä ja toisaalta säännöllinen tulvapeitto. Alarajaan 107,5 kevättulvilla ei ole vaikutusta. Korkeus on kesäisen vesirajan yläpuolella, mikä tekee olosuhteet liian kuiviksi yhtenäisille kortteikoille tai saraikoille.

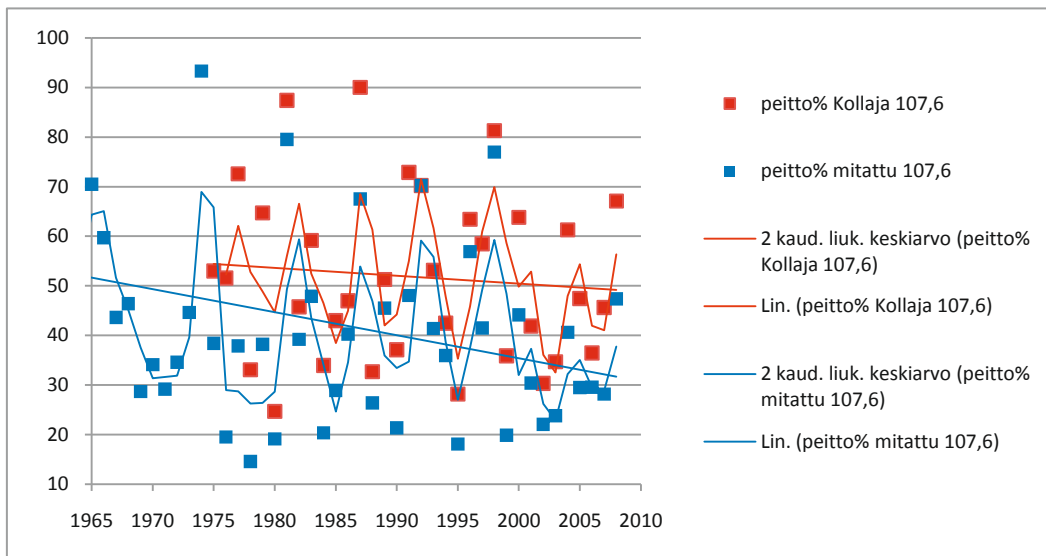
Paikoin avoimilla jokipenkoilla saraikoita esiintyy suhteellisen korkeallakin ja monesti sekakasvustoina tai laikkuina yhdessä kastikoiden kanssa. Näillä paikoilla lajien esiintymisen dynamiikkaa ja mahdollista kilpailua ei ole pystytty arvioimaan. Riippumatta valtalajista, korpikastikka / viiltosara, nämä niityt kuuluvat samaan Natura luontotyyppiin yhtä edustavina.

Kastikkaniittyjen yläraja, niiden pysyminen avoimina ja puuttomina, riippuu pajujen lisääntymisestä. Kevättulvan voimistuminen, siirtyminen selvemmin kasvukaudelle, heikentää entisestään pajujen mahdollisuutta levitä avoimille niityille. Nykyisissä olosuhteissa ei niityillä havaittu pajujen siementaimia ja hyvin niukasti nuoria pajuja. ja Pajukoiden esiintymisen alaraja, 107,6, vastaa noin 40% kasvukauden aikaista vesipeittoa (Kuva 34), mikä on kirjallisuudessa esitetty puuvartisten lajien esiintymisen rajaksi. Pajukoiden alarajalla, 107,6, kasvukauden aikainen vesipeitto kasvaa noin 10 prosenttiyksikköä. On kuitenkin huomattava, että monilla tutkimuslinjoilla kastikkaniityt ulottuvat korkeammalle aina tasoon 108,1 asti (Kuva 16).

Pajuviidat

Pajuviidat ovat hyvin harvinainen luontainen ja vakaa luontotyyppi, jota ei ole juurikaan tutkittu. Pudasjärvellä ne vaikuttavat suhteellisen pysyviltä: ne muodostavat selvän vyöhykkeen niittyjen ja varsinaisten koivuvaltaisten tulvametsien väliin, ne ovat melko vanhoja (tyven läpimitta jopa 10-15 cm) eikä niistä juurikaan löydy koivun taimia. Pajuviidat rajoittuvat yläosasta varsinaisiin tulvametsiin. Niiden esiintyminen riippuu kasvukauden aikaisen tulvan kestosta.

Kuva 34. Kasvukauden aikainen veden peittoprosentti korkeudella 107,6. Veden peittävä aika on 1960 –luvulta alkaen pienentynyt lähes 20 prosenttia. Kollaja lisäisi vesipeittoa suunnilleen 1960 –luvun tasolle.



Varttuneet tulvapajukot kestävät hyvin tulvaa ja ne voivat myös uudistua kasvullisesti, lisäksi pajukoissa on niittyihin verrattuna enemmän avointa maanpintaa, mikä saattaa mahdollistaa niiden siemenellisenkin lisääntymisen. Pajukot ovat kestäneet säännöllisesti aikaisemmin alueella esiintyneet tavanomaista märemmät vuodet, jolloin esimerkiksi vuotuinen kasvukauden aikainen vesipeitto on ylittänyt 50% tai 60%. Toisaalta pajukot eivät ole levinneet alemmaksi 2000 luvun kuivien vuosien aikana, jolloin vesipeitto on ollut alle 30%.

On mahdollista, että koivun leviämiseen pajukoihin vaikuttaa myös kilpailu: koivun taimet eivät menesty tiheän pajukon varjostuksessa. Vastaavasti pajujen leviämistä niityille saattaa estää kilpailu heinien ja sarojen kanssa. Niiden siemenet itävät yleensä parhaiten paljaalla maalla ja taimet eivät ehkä kestä voimakasta kilpailua valosta ja ravinteista. Myös sedimentaation saattaa rajoittaa pajujen lisääntymistä.

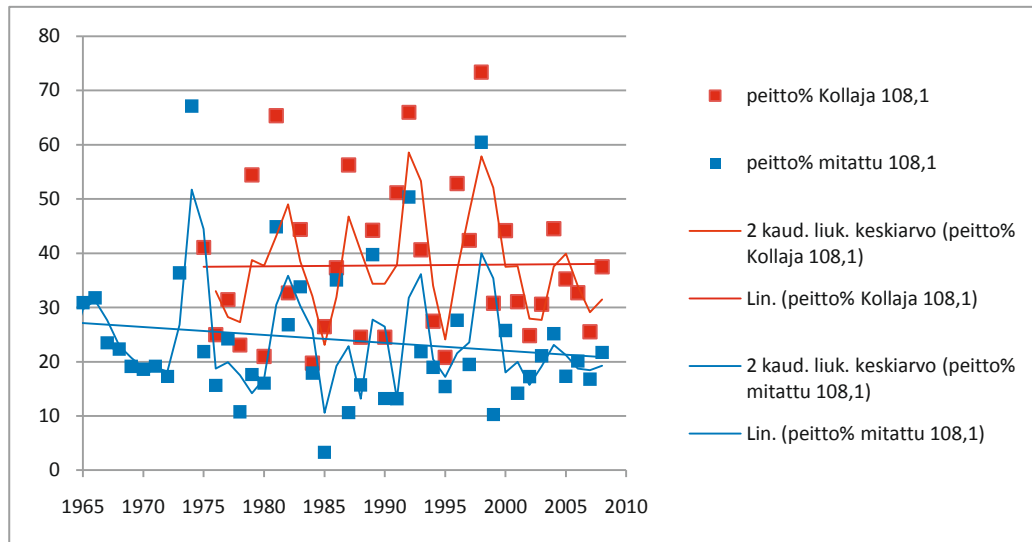
Voimistuva tulva estää entistä tehokkaammin koivun leviämisen pajukoihin, toisaalta pajuja, ja muitakin pajukossa esiintyviä puuvartisia pensaita, kasvaa alikasvustona myös koivikoissa korkeammilla alueilla.

Tulvakoivikot

Tulvakoivikoiden alaraja 108,1 metriä vastaa noin 25% keskimääräistä kasvukauden aikaista vesipeittoa; säännöstelyn myötä peittoprosentti kasvaisi vajaaseen 40%:iin (Kuva 35). Alaraja kuitenkin vaihtelee, alimmat esiintymät tavataan moreenimaannoksella, myös vesipeitto vaihtelee vuosittain. Koivun taimet, ja aikuiset puut, sietävät tulvaa pajuja heikommin. Voimistuva tulva saattaa hidastaa koivikoiden uudistumista ja leviämistä uusille alueille. Varttuneet puut eivät sen sijaan kärsi merkittävästi siitä. Mahdolliset poikkeuksellisia vuosina tapahtuvat koivujen kuolemiset toisaalta lisäävät lahoppuun määrää alueella ja toisaalta luovat tulvametsiin aukkoja, missä suurruohonniityt voivat menestyä.

Metsäsammalien, metsävarpujen ja kuusen leviämistä tulva vaikeuttaa entisestään, mikä mahdollisesti lisää tulvametsien omaleimaisuutta ja edustavuutta, erityisesti korkeammalla sijaitsevilla tulvakoivikoissa.

Kuva 35. Kasvukauden aikainen veden peittoprosentti korkeudella 108,1. Kollaja lisäksi keskimääräistä veden peittämää aikaa nykyisestä noin 25 prosentista lähelle 40 prosenttia.



Tuoreet niityt

Alueella tavatut tuoreet, suurruohovaltaiset tulvaniityt sijaitsevat kastikkavyöhykkeen yläpuolella alkaen yli 108 metrin korkeudesta tulvametsien aukkopaikoissa. Tässä selvityksessä ei ole pystytty arvioimaan luetettavasti näiden niittyjen esiintymisen ehtoja. Niiden lajisto on selvästi kosteiden niittyjen lajistoa kilpailukykyisempi korkeammilla alueilla eikä siedä tulvaa, vesipeittoa yhtä hyvin. Niittylaikut voivat edustaa jäännettä niittotalouden ajoilta: puuvartiset kasvit eivät vielä ole pystyneet leviämään näille paikoille. Toisaalta aukkoisuus on ehkä luontaista alati muuttuville delta-alueen tulvametsille.

Kevättulvan voimistuminen saattaa vaikuttaa tuoreiden niittyjen lajikoostumukseen. Kosteiden niittyjen lajit, erityisesti kastikka, saattavat jossain määrin levitä korkeammalle näille niityille. Kuitenkin niittyjen lajikoostumus riippuu suurelta osin kesäisestä maaperän kosteudesta ja pohjaveden tasosta. Toisaalta muutokset kevättulvassa heikentävät puuvartisten kasvien mahdollisuutta levitä näille niityille.

Epifyyttisammaleet

Puunrunkojen sammalkasvillisuus tarvitsee menestyäkseen sekä vuosittaista tulvaa että kuivaa kesäjaksoa. Sammaleet eivät ole yhtä voimakkaasti sidottuja kasvukauteen kuin muut kasvit ja suunnitellut muutokset kevättulvassa eivät vaikuta niihin.

Suot

Pitkittyvä kevättulva saattaa lisätä alueen soiden luhtaisuutta: joidenkin kasvilajien runsaussuhteet saattavat ehkä muuttua. Soiden ominaispiirteet ja kasvilajien esiintyminen perustuvat kuitenkin koko kasvukauden jatkuvaan kosteuteen. Tämä taas riippuu turvekerroksen vedenpidätyskyvystä, ja mahdollisesti pohjaveden tasosta, mitkä eivät tule muuttumaan. Ravinnekuormitus soilla tuskin tulee lisääntymään, koska sedimentaation tulvapenkköjen takaisilla suoalueilla on vähäistä.

7.2.2. Kesä

Suunniteltu säännöstely ei juuri muuta kevättulvan jälkeisiä kesän ajan vedenkorkeuksia. Vesi laskisi korkeudelle 107 keskimäärin hieman myöhemmin, mutta hajonta on suurta. Vesipeiton vaihtelu kasvukauden aikana korkeudella 107,1 ei juuri muutu, vyöhyke jää joskus koko vuodeksi veden alle ja on joskus pitkään kuivilla, peitossa vain 30% kasvukaudesta.

Vesikasvillisuus

Vedenpinnan pitäminen tietyn minimitason yläpuolella saattaisi vaikuttaa vesikasvillisuuteen ja mörimpiin niittyihin ja niiden lajistoon. Poikkeuksellisen kuivina kesinä märkyyttä tai vesipeittoa vaativat lajit ovat voineet taantua, mikä on saattanut luoda kasvillisuuteen aukkoja joissa jotkin kilpailua karttavat lajit menestyvät. Tällaista lajistoa alueella ei kuitenkaan juuri tavattu ja jo vedenpinnan taso 106,75 paljastaa avoimilla rannoilla hiekka- tai mutapohjat. Varsinaisten vesikasvien maanalaiset osat kestävät hyvin lyhyitä, poikkeuksellisia kuivia jaksoja ja monet vesikasvit pystyvät leviämään nopeasti takaisin paikoille missä ne ovat taantuneet.

Niityt

Märkien tulvaniittyjen, kortteikkojen ja saraikkojen ulkoraja, alaraja, määräytynee kasvukauden, kesän, vedenkorkeuden mukaan: kasvustot kuitenkin toisaalta pystyvät levittäytymään tehokkaasti, mikäli vedenkorkeudessa tapahtuu muutoksia.

Kosteiden niittyjen vihvilähdyskunnat esiintyvät usein (kesä)vesirajalla avoimilla rannoilla rantapenkan päällä. Tämä penkka saattaa luoda kasvillisuuden kannalta erityiset olosuhteet ja sen muodostuminen saattaa olla yhteydessä aallokkoon ja kesän aikaiseen vedenpinnan tasoon tai jääpeitteeseen. Näissä ei kuitenkaan tapahdu merkittäviä muutoksia.

Märkien ja kosteille niittyjen, saraikon ja heinikon, välinen raja todennäköisesti riippuu maaperän koko kasvukauden aikaisesta kosteudesta. Vesipeitto pysyy suunnilleen ennallaan tällä 107,1 korkeudella ja ajoittaiset kuivat jaksot, tasoon 106,75, eivät muutu. Kosteillekin niityille ominainen tietty maaperän kuivuus, pohjaveden taso, todennäköisesti estää kortteikon ja yhtenäisen saraikon leviämisen ylemmäksi niityillä.

Tulvametsät

Pajuvuittojen ja tulvakoivikoiden kannalta kesän aikaisella säännöstelyllä ei ole merkitystä.

Kuva 36. Pajuluhtaa nevan ja jokipenkalla kasvavan koivikon välissä.



Suot

Alueen suot sijaitsevat tason 108,0 yläpuolella ja korkeampien jokipenkkojen tai moreenimaakynnysten takana, joten vedenpinnataso kesällä ei vaikuta niihin. Kuivina kesinä pohjaveden taso on mahdollisesti laskenut suoalueilla, mikä on saattanut edistää puuston kehitystä alueilla. Soiden pohjaveden taso on kuitenkin enemmän riippuvainen lijoen kuin Pudasjärven vedenpinnan tasosta, eikä mahdollinen säännöstely vaikuta siihen mitenkään.

7.2.3. Syksy ja talvi

Säännöstelysuunnitelman mukainen vedenpinnan nosto pidentää hieman keskimääräistä kasvukauden aikaista vesipeittoa. Suurimmat muutokset osuvat kuivien vuosien syksyyn. Vaikutukset ajoittuvat kuitenkin suurelta osin aivan kasvukauden lopulle tai sen jälkeen, jolloin vaikutukset kasvillisuuteen eivät ole merkittäviä.

Säännöstely vaikuttaa jossain määrin jääpeitteen muodostumiseen: Kuivina vuosina vedenpinnan taso on voinut olla marraskuun alussa vesistön jäätyessä jopa yli metrin suunniteltua tasoa alempana, mutta toisaalta märkinä vuosina eroa ei ole juuri lainkaan. Myös jääpeitteen muodostumisen ajankohdassa on suurta vaihtelua (Korhonen, J. 2006). Keski- ja kevättalvella vedenpinta lasketaan aina tasolle 107,5, mikä vastaa nykyistä keskiarvoa. Tämä tasoittaa jään ja roudan vaikutukset kaikille kasvillisuusvyöhykkeille.

Talviaikainen vedenpinnan lasku johtaa jäiden painumiseen maata vasten ja siten ylempien niittyvyöhykkeiden routaantumiseen. Talviaikaiset ongelmat monissa säännöstellyissä järvissä johtuvat yleensä vedenpinnan laskusta talven kuluessa kasvukauden aikaista tasoa alemmaksi ja sitä seuraavaa järven rantavyöhykkeen sedimenttien jäätymistä.

Jään muodostuminen tasolla 108,5 osuisi tulvametsiin. Talvella myöhemmin tapahtuva veden- ja jääpinnan lasku saattaa mekaanisesti vaurioittaa puustoa. Tällaisia jäätilanteita on kuitenkin aina esiintynyt. Puuston mahdolliset vauriot eivät myöskään vaikuta kasvillisuuden vyöhykkeisyyteen tai luontotyyppien ominaisuuksiin. Nämä häiriöt ehkä jopa saattaisivat lisätä paikallisesti monimuotoisuutta lisäämällä lahoppuun määrää alueella ja luomalla kilpailusta väliaikaisesti vapaita laikkuja esimerkiksi suurruohoniityille.

7.2.4. Sedimentaatio

Tulvan vaikutus kasvillisuuteen selittyy osin sen mukanaan kuljettaman sedimentin tukahduttavaan ja lannoittavaan vaikutukseen. Sedimentoitumista on kuitenkin vaikea mitata ja se korreloi aina tulvan ja vesipeiton paksuuden ja pysyvyyden kanssa. Lijoen veden kiintoainespitoisuudet ja vastaavasti sedimentaatio ovat erittäin pienet verrattuna useimpiin sedimentin vaikutusta käsitteleviin tutkimuksiin, kevättulvan aikaan kuitenkin moninkertaiset verrattuna muihin vuodenaikoihin. Pienellä sedimentaatiolla todennäköisesti ei ole suurta tukahduttavaa vaikutusta, paitsi mahdollisesti metsän pohjan sammalten osalta, mutta ehkä merkitystä ravinnelisinä.

Pudasjärven yläpuolisen lijoen virtausoloissa tai sedimenttikuormassa ei tapahdu muutoksia eikä tulvan ajankohdalla suhteessa kasvukauteen ole suurta vaikutusta sedimentaatioon. Kollajan aiheuttamat muutokset sedimentaation osalta saattaisivat liittyä ainoastaan sen jakautumiseen eri korkeusvyöhykkeille, niin että ylimmät vyöhykkeet saisivat pienen ravinnelisinä.

7.2.5. Perinteinen maankäyttö ja muut vaikutukset

Pudasjärven Natura-alueeseen ei kohdistu sellaisia muita hankkeita tai suunnitelmia, joita tulisi tarkastella yhdessä Kollaja-hankkeen kanssa. Kuitenkin on ehkä perusteltua arvioida, mitkä muut tekijät saattavat heikentää alueen luontotyyppien suojelun tasoa. Nämä eivät suoraan vaikuta lupaharkintaan, vaan liittyvät ennemminkin Luontodirektiivin kansalliseen toimeenpanoon (Suvantola, L. & Similä, J. 2011)

Niiton päätyminen 1960-1970-luvulla näkyy selvästi Pudasjärven alueella. Tulvakoivikot ja -pajuvuodot ovat pääosin kehittyneet sen jälkeen, kuivat niityt ovat hävinneet, tuoreet niityt taantuneet voimakkaasti ja kosteiden niittyjen lajisto on köyhtynyt. Vaikka niittyjen metsittymisen voisi olettaa jo saavuttaneen rajansa 40 vuodessa, suurruohoniittyalaikkut pajukon aukoissa, niittylajiston esiintyminen paikoin koivikoissa ja pajuviitojen alarajan suuri korkeusvaihtelu viittaavat mahdollisesti umpeenkasvun vielä jatkuvan. Tulvavaikutuksen voimistuminen saattaa hidastaa tätä kehitystä. Kuitenkin vain ennallistaminen, perinteisten maankäyttömuotojen aloittaminen uudelleen takaisi kaikkien niittytyyppien säilymisen.

Tulvan tuomaan ravinnelissään vaikuttaa lijoen typpi- ja fosforikuormitus. Vaikka lijoen vedenlaatu Pudasjärvellä on suhteellisen hyvä, saattaa maankäytön tehostumisen myötä kasvanut ravinnekuormitus, yhdessä ravinteita poistavan niiton puuttumisen kanssa, osaltaan vaikuttaa tulvaniittyjen ekologiaan.

Kasvukauden aikaisissa vesipeittävyyksissä havaittu laskeva trendi (Kuva 28) saattaa osin liittyä ilmastonmuutokseen. Kollaja -hankkeen myötä tapahtuva tulvavaikutuksen voimistuminen saattaisi osaltaan kompensoida tätä vaikutusta.

7.3. Linnusto

Kollaja-hankkeen vaikutuksia alueen linnustoon on arvioitu aikaisemmin (Ojala, S. 2009,). Kevättulvan laskeminen nykyistä myöhemmin tulvaniityiltä voi vaikuttaa joidenkin lintulajien pesintään. Toisaalta tulvan ajankohdassa on suurta luontaista vaihtelua, mikä saattaa vaikuttaa alueen pesimälinnustoon. Luontotyytit eivät tämän arvioinnin mukaan tule suuresti alueella muuttamaan, eivät myöskään lintujen ympäristönä.

7.4. Epävarmuustekijät arvioinnissa ja vaikutusten todennäköisyys

Säännöstelystä johtuvat vedenkorkeuden muutokset Pudasjärvessä on selvitetty mallintamalla. Malli on varsin yksityiskohtainen ja ottaa huomioon mm. virtaushäviöt, veden varastoitumisen vesisysteemin eri osiin sekä eri osavalmu-alueilta tulevien virtaamien ajalliset erot. Suunnitellun säännöstelyn vaikutukset on selvitetty vertaamalla todellisten ja mallilla laskettujen vedenkorkeuksien eroja 36 vuoden ajalta. Näin pitkään ajanjaksoon osuu hyvin erilaisia vesitilanteita. Kaikki mallilla saadut tulokset ovat loogisia ja kuvaavat uutta tilannetta erilaisissa hydrologisissa oloissa hyvin. Nopeissa muutostilanteissa lasketuissa vedenpinnoissa esiintyy värähtelyä. Tämä johtuu siitä, että laskentajakso on vuorokausi eikä esim. tunti. Värähtely ei kuitenkaan vaikuta tuloksista saatavaan kokonaiskäsitukseen.

Pudasjärven kesäaikainen vedenpinta määräytyy vapaasti purkautuvien padon aukkojen perusteella tulovirtaaman mukaan, eikä siihen sisälly merkittävää epävarmuutta. Vedenpintaa voidaan lisäksi tarvittaessa säätää vedenalaisilla luukuilla.

Mitatuissa kasvillisuusvyöhykkeiden korkeusrajoissa on suurta hajontaa (Kuva 16). Osittain se selittyy mm. rantatyyppien eroilla: loiva ja avoin järvenranta tai jyrkkä jokipenkki. Vastaavasti veden korkeudet ja vesipeitto eri vuosina ja vuodenaikoina vaihtelevat suuresti (Kuva 28, 31). Tämä vaikeuttaa ehdottomien vedenkorkeusrajojen antamista eri kasvillisuusvyöhykkeiden säilymiselle. Vedenkorkeuksissa erityisesti kasvukauden aikana on myös havaittavissa tietty laskeva trendi, minkä voivat selittää valuma-alueen maankäytön muutokset ja mahdollisesti ilmaston muutos. Pudasjärvessä suunniteltu säännöstely kompensoisi tätä trendiä.

Eri ympäristötekijöiden vaikutusta kasvillisuuteen on monesti vaikea vai erottaa toisistaan. Usein korostettu sedimentaation rehevöittävä tai tukahduttava vaikutus voi selittyä myös maaperätekijöillä tai pelkän vesipeiton vaikutuksella. Puuvartisten ja muidenkin kasvien esiintymiseen voivat vaikuttaa niiden suoranainen tulvan tai kuivuuden sietokyky, mutta esiintymistä voi selittää osin myös leviäminen, siementen ja siementaimien menestyminen vallitsevissa olosuhteissa, joko suoraan suhteessa tulvaan tai lajien välisen kilpailun kautta umpeutuneessa kasvillisuudessa. Erityisesti suomalaisessa kirjallisuudessa on niittyjen

vyöhykkeisyyttä selitetty kevät- ja syystulvan esiintymisellä, mutta sama ilmiö voi selittyä myös maaperän kosteuden ja kasvukauden aikaisen vedenpinnan tason kautta. Tulvaniittyjen on usein oletettu pensoittuvan märimpiä osia lukuun ottamatta niiton päätyttyä, mutta tutkitulla alueella avoimet niityt vaikuttavat suhteellisen vakiintuneilta.

Kirjallisuuden perusteella tehty arvio eri ympäristötekijöiden vaikutuksista luontotyypeihin ei ole yksiselitteinen: kasvilajisto on kaikissa tutkimuksissa hieman toinen kuin Pudasjärvellä. Tiedämme esimerkiksi, että eri pajulajit lisääntyvät ja leviävät eri tavoin ja niiden tulvansieto vaihtelee eikä Pudasjärvellä vallitsevasta kiiltolehtipajusta ole käytettävissä erityisiä selvityksiä. Suomalaisessa tulvaniitty- ja metsäkirjallisuudessa kuvataan kasvillisuuden vyöhykkeisyys, mutta ei niiden tarkempaa suhdetta vedenkorkeuteen.

Pudasjärven suunniteltu säännöstely siirtää kevättulvan ajankohtaa nykyistä myöhäisemmäksi ja syksyisin vedenpinta nousee keskimäärin nykyistä korkeammalle. Tämä pidentää kasvukauden aikaista vesipeittoa, mikä saattaa siirtää eri tulvaniittytyyppien välisiä rajoja ylemmäksi, märkyyttä hyvin sietävät lajit runsastuvat nykyistä ylempänä niityllä. Kuitenkin kesän matalan veden kuiva ajanjakso erityisesti ylemmissä vyöhykkeissä rajoittaa monien lajien leviämistä. Tulvan jälkeinen vedenpinnan lasku takaa tulvaniittyjen säilymiselle tärkeän kuivumisen.

Kasvillisuuden vyöhykkeisyys alueella todennäköisesti voimistuu ja kaikki niittytyypit säilyvät. Kevättulvan voimistuminen kasvukauden aikana estää entistä tehokkaammin avointen niittyjen metsittymisen; toisaalta pajuviitojen arvioidaan säilyvän nykyisellään. Myös tulvakoivikoiden kuusettuminen, mitä mahdollisesti tapahtuisi osana alueen vesipinnan havaitun pitkäaikaisen keskimääräisen laskemisen ja edelleen jatkuvan niiton päättymisestä johtuvan luontaisen kehityksen seurauksena, on entistä epätodennäköisempää..

Loppusyksyksi suunniteltu vedenpinnan nosto ei vaikuta alueen tulvakasvillisuuteen; vedenpinnan keskitalvella tapahtuvan laskemisen myötä myöskään jääolosuhteissa ei tapahdu kasvillisuuden kannalta merkittäviä muutoksia.

Epävarmuustekijät arvioitaessa mahdollisen säännöstelyn vaikutuksia Natura-alueen luontoon eivät kuitenkaan ole suuria. Riippumatta tehdyistä oletuksista on todennäköistä, että muutokset alueen luontotyypeissä ovat vähäisiä.

7.5. Vaikutusten merkitys

Pudasjärven Natura 2000 alueen suojeluperusteena olevista luontotyypeistä tulvametsät ja puustoiset suot on luokiteltu erityisesti suojeltaviksi. Puustoisia soita esiintyy alueella kuitenkin vain niukasti eivätkä ne ole erityisen edustavia. Vaihettumissuot ovat hyvin monimuotoinen ja yleinen luontotyyppi. Suomen raportissa EU:n komissiolle luontodirektiivin toimeenpanosta sekä tulvametsien että tulvaniittyjen suojelutaso arvioitiin epäsuotuisaksi, huonoksi, heikkeneväksi. Suomen luontotyyppien uhanalaisuuden arvioinnissa molemmat katsottiin erittäin uhanalaisiksi. Pudasjärvellä luontotyytit ovat osa laajempaa kokonaisuutta ja edustavuudeltaan erinomaisia tai hyviä. Pudasjärven alueen voidaan kokonaisuutena katsoa olevan Natura 2000 verkoston kannalta merkittävä.

Tässä arvioidun hankkeen vaikutukset alueen suojeluperusteisiin ovat vähäisiä. Luontotyyppien luonnontila, rakenne ja toiminta, säilyvät nykyisen kaltaisina; edustavuus ei heikkene; luontotyyppien suhteelliset pinta-alat voivat muuttua, mutta kokonaispinta-ala säilynee entisellään eikä lajistossa ole odotettavissa merkittäviä muutoksia.

Kuva 37. Tulvametsää jokipenkoilla, luhtaista nevaa ja puustoista suota. Edessä Natura-alueen ulkopuolelle rajattu Vääräsaari. Vedenkorkeus $N_{43} +108,23$ m, 1.6.2007.



8. Luontovaikutusten seuranta

Mahdollisia muutoksia kasvillisuuden vyöhykkeisyydessä ja eri luontotyyppien lajistossa tulisi seurata. Erityistä huomiota tulisi kiinnittää pajukoiden leviämiseen avoimille niityille. Muuttuvatko pajuviitojen ja kastikkaniittyjen väliset rajat ja toisaalta umpeutuvatko vielä säilyneet suurruohoniittyjen laikut. Mikäli alueella ryhdytään ennallistamistoimenpiteisiin, niiden vaikutuksia tulee seurata ja verrata vedenkorkeuden muutoksien mahdollisiin vaikutuksiin. Tarkemmat tiedot sedimentaatiosta delta-alueen eri osissa olisivat luonnontutkimuksen kannalta mielenkiintoisia, erityisesti erilaisten niittyjen ravinnekuormituksen ja pensoittumisen kannalta.

9. Vaikutusten lieventäminen

Säännöstelysuunnitelmaa on kehitetty rinnan luontovaikutusten arvioinnin kanssa niin, että vaikutukset jäisivät mahdollisimman vähäisiksi ottaen huomioon myös vesistön muut käyttötarpeet ja -tavoitteet. Suunnitellut rakenteet antavat mahdollisuuden tarkistaa säännöstelyä edelleen, jos luontovaikutusten seuranta tai muut syyt antavat siihen aihetta.

10. Yhteenveto

Voimataloussäännöstelyä varten suunnitellun Kollajan tekojärven vaikutus ulottuu sen yläpuolella sijaitsevaan Pudasjärveen, sillä suunniteltu Kollajan tekojärvi ja Pudasjärvi ovat avovesikautena likipitäen samassa korkeustasossa. Perinteistä vuosisäännöstelyä Pudasjärvessä ei toteutettaisi. Iijoki laskee Pudasjärveen suistomaisen muodostuman läpi. Suurten vedenkorkeuden vaihtelujen seurauksena suistoalueelle on kehittynyt tulvasta riippuvaisia luontotyyppejä, jotka on sisällytetty Natura -verkostoon (FI1103891). Pudasjärveen on etsitty sellaista säännöstelysuunnitelmaa, josta ei seuraisi merkittäviä haitallisia vaikutuksia Pudasjärven Natura -suojelukohteeseen.

Vaikutusten arvioinnin peruslähtökohta on luotettava tieto hankkeen vaikutuksista Pudasjärven vedenkorkeuksiin. Tätä varten on laadittu hydrologinen ja hydraulinen malli, jolla vedenkorkeuksia on laskettu päivittäin taannehtivasti vuodesta 1975 alkaen olettaen, että Kollaja olisi ollut käytössä. Suunnitelman ja laskennan mukaan keskimääräinen tulvahuippu säilyisi ennallaan, mutta tulvan kesto piteneisi ja lasku hidastuisi parilla viikolla. Korkeimmat esiintyneet tulvahuiput leikkautuisivat runsaalla puolella metrillä. Keski- ja loppukesällä vedenpinta säilyisi hyvin lähellä nykytilaa, mutta kaikkein matalimmat vedet nousisivat noin puolella metrillä. Syksyllä vesi olisi nykyistä korkeammalla ja talvella suunnilleen nykyisellään. Vedenkorkeuden vaihtelun hajonta on suuri niin nykytilassa kuin myös Kollajan toteuduttua.

Natura 2000 -alueen suojelun perustana ovat luontotyypit: tulvaniitty, tulvametsät, vaihettumissuot ja puustoiset suot sekä linnusto. Alueen arvoa korostaa luontotyyppien muodostama kokonaisuus ja poikkeuksellinen geomorfologia, hyvin kehittynyt järvidelta. Luontotyyppien esiintyminen, niiden lajisto ja vyöhykkeisyys alueella suhteessa vedenkorkeuden vaihteluihin selvitettiin 22 tutkimuslinjalla. Laajassa kirjallisuuskatsauksessa on arvioitu eri ympäristötekijöiden mahdollista merkitystä tulva-alueiden ekologisissa vuorovaikutussuhteissa. Luontotyyppien kasvilajisto, ominaispiirteet ja esiintyminen vyöhykkeinä perustuu vedenkorkeuden vaihteluihin: korkealle ulottuvaan keväiseen tulvaan ja vedenpinnan laskuun kesän aikana ja tulvamaille ominaiseen sedimenttimaannokseen ja edelleen jatkuvaan sedimentaatioon. Luontotyypit ovat alueella edustavuudeltaan ja luonnontilaltaan pääosin erinomaisia.

Pudasjärven suunniteltu säännöstely siirtää kevättulvan ajankohtaa nykyistä myöhäisemmäksi, ja syksyisin vedenpinta nousee keskimäärin nykyistä korkeammalle. Tämä pidentää kasvukauden aikaista vesipeittoa, mikä saattaa siirtää eri tulvaniitty- ja tulvametsätyyppien välisiä rajoja ylemmäksi. Samalla kuitenkin vyöhykkeisyys todennäköisesti voimistuu ja kaikki niittytyypit säilyvät. Kevättulvan voimistuminen kasvukauden aikana estää entistä tehokkaammin avointen niittyjen metsittymisen; toisaalta pajuviitojen arvioidaan säilyvän nykyisellään. Myös tulvakoivikoiden kuusettumisen todennäköisyys laskee. Tulvan jälkeinen vedenpinnan lasku takaa tuoreiden tulvaniittyjen säilymiselle tärkeän kuivumisen. Loppusyksyksi suunniteltu vedenpinnan nosto ei vaikuta alueen tulvakasvillisuuteen. Vedenpinta laskettaisiin keskitalvella luontaiselle tasolle, eikä jääolosuhteissa tapahdu kasvillisuuden kannalta merkittäviä muutoksia.

Pudasjärven suunnitellun säännöstelyn vaikutukset alueen luontotyypeihin on arvioitu todennäköisesti vähäisiksi. Luontotyyppien ominaispiirteet, lajisto ja vyöhykkeisyys säilyisivät, eikä hanke heikennä merkittävästi niitä luonnonarvoja, joiden suojelemiseksi Pudasjärven alue on sisällytetty Natura 2000 -verkostoon.

11. Kirjallisuus

- Aaltonen, S. 1955. Ilojen keskijuoksun (Pudasjärven) tulvaniittyjen kasvillisuudesta. – Helsingin yliopisto, kasvitieteen laitos. Pro gradu. 62 s.
- Acker, S., Gregory, S., Lienkaemper, G., McKee, W., Swanson, F. & Miller, S. 2003. Composition, complexity, and tree mortality in riparian forests in the central Western Cascades of Oregon. – *Forest Ecology and Management* 173:293-308.
- Adams, P., Slingerland, R. & Smith, N. 2004. Variations in natural levee morphology in anastomosed channel flood plain complexes. – *Geomorphology* 61:127-142.
- Airaksinen, O. & Karttunen, K. 2001. Natura 2000 -luontotyyppiopas. 2. korjattu painos. – Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas 46. 193 s.
- Allen, J.R.L. 1965. A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. – *Sedimentology* 5:89-191.
- Andersson, B. 2001. Macrophyte development and habitat characteristics in Sweden's large lakes. – *Ambio* 30:503-513.
- Atkinson, M.D. 1992. *Betula pendula* Roth (*B. verrucosa* Ehrh.) and *B. pubescens* Ehrh. – *Journal of Ecology* 80:837-870.
- Auer, V. 1921. Tutkimuksia Lapin tulvamailta. – *Communicationes Instituto Quaestionum Forestalium Finlandiae* 4: 1-72.
- Beltaos, S. 2000. Advances in river ice hydrology. – *Hydrological processes* 14:1613 -1625.
- Bendix, J. & Hupp, C. R. 2000. Hydrological and geomorphological impacts on riparian plant communities. – *Hydrological Processes* 14: 2977-2990.
- Bledsoe, B. P. & Shear, T. H. 2000. Vegetation along hydrologic and edaphic gradients in a North Carolina coastal plain creek bottom and implications for restoration. – *Wetlands* 20:126-147.
- Bloesch, J. 1995. Mechanisms, measurement and importance of sediment resuspension in lakes. – *Marine and Freshwater Research* 46:295-304.
- Blom, C. & Voeselek, L. 1996. Flooding: the survival strategies of plants. – *Trends in Ecology & Evolution* 11:290-295.
- Bogen, J. & Boensnes, T. 2002. The impact of reservoir regulation on the processes of erosion and sedimentation of the delta in Lake Oeyeren, Norway. – *The Structure, Function and Management Implications of Fluvial Sedimentary Systems*. International Association of Hydrological Sciences, Publication [IAHS Publ.]. 276:103-112.
- Bornette, G., Amoros, C., Peigay, H., Tachet, J. & Hein, T. 1998. Ecological complexity of wetlands within a river landscape. – *Biological Conservation* 85:35-45.
- Boyer, C., Roy, A. & Best, J. 2006. Dynamics of a river channel confluence with discordant beds: Flow turbulence, bed load sediment transport, and bed morphology. – *Journal of Geophysical Research* 111, pp 22, F04007, doi:10.1029/2005JF000458.
- Boylan, C. & Sheldon, R. 1976. Submerged macrophytes: growth under winter ice cover. – *Science* 194:841-842.
- Brierley, G.J., Ferguson, R.J., Woolfe, K.J. 1997. What is a fluvial levee? – *Sedimentary Geology*, 114:1-9.
- Brown, A. G. & Brookes, A. 1997. Floodplain vegetation and sedimentation/erosion. Investigations into hydrological influences on the establishment of riparian tree species. – *British Hydrological Society Occasional Paper* 8:30-39.
- Brown, A.G., Harper, D. & Peterken, G.F. 1997. European floodplain forests, functioning and management. – *Global Ecology and Biogeography Letters* 6:169-178.
- Cajander, A.K. 1909. Beiträge zur Kenntniss der Vegetation der Alluvionen des nördlichen Eurasiens. III Die alluvionen der Tornio- und Kemi-Thäler. – *Acta Societatis Scientiarum Fennicae* 37:1-223.
- Castelli, R., Chambers, J. & Tausch, R. 2000. Soil-plant relations along a soil-water gradient in Great Basin riparian meadows. – *Wetlands* 20:251-266.
- Coops, H., Geilen, N. & van der Velde, G. 1994. Distribution and growth of the helophyte species *Phragmites australis* and *Scirpus lacustris* in water depth gradient in relation to wave exposure. – *Aquatic Botany* 48:273-284.
- Coops, H., Van den Brink, F. & Van der Velde, G. 1996. Growth and morphological responses of four helophyte species in an experimental water-depth gradient. – *Aquatic Botany* 54:11-24.
- Coops, H. & Van der Velde, G. 1996. Effects of waves on helophyte stands: Mechanical characteristics of stems of *Phragmites australis* and *Scirpus lacustris*. – *Aquatic Botany* 53:175-185.

- Corenblit, D., Steiger, J., Gurnell, A., Tabacchi, E. & Roques, L. 2009. Control of sediment dynamics by vegetation as a key function driving biogeomorphic succession within fluvial corridors. – *Earth Surface Processes and Landforms* 34:1790-1810.
- Corenblit, D., Tabacchi, E., Steiger, J. & Gurnell, M. 2007. Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors; a review of complementary approaches. – *Earth-Science Reviews* 84:56-86.
- Crawford, R.M.M. 2003. Seasonal differences in plant responses to flooding and anoxia. – *Canadian Journal of Botany*, 81:1224-1246.
- Dahlskog, S. 1966. Sedimentation and vegetation in a Lapland mountain delta. – *Geografiska Annaler* 48 A:86-101.
- Dahlskog, S., Damberg, A., Hården, P.-O. & Liljelund, L.-E. 1972. The Kvikkjokk delta. – UNGI [Uppsala Universitetet Naturgeografiska Institutionen] Rapport 13:1-78.
- Decocq, G. 2002. Patterns of plant species and community diversity at different organization levels in a forested riparian landscape. – *Journal of Vegetation Science* 13:91-106.
- De Mars, H., Wassen, M. & Olde Venterink, H. 1997. Flooding and Groundwater Dynamics in Fens in Eastern Poland. – *Journal of Vegetation Science* 8:319-328.
- Dixon, M. & Turner, M. 2006. Simulated recruitment of riparian trees and shrubs under natural and regulated flow regimes on the Wisconsin River, USA. – *River Research and Applications* 22:1057-1083
- Dwire, K., Kauffman, B., Brookshire, J. & Baham, J. 2004. Plant biomass and species composition along an environmental gradient in montane riparian meadows. – *Oecologia* 139:309-317.
- Ellis, L. M., Molles, M. C. & Crawford, C. S. 1999. Influence of experimental flooding on litter dynamics in a Rio Grande riparian forest, New Mexico. – *Restoration Ecology* 7:193-204.
- English, M., Hill, R.B., Stone, M. & Ormson, R. 1997. Geomorphological and botanical change on the Outer Slave River Delta, NWT, before and after impoundment of the Peace River. – *Hydrological processes* 11:1707-1724.
- Eurola, S. 1967. Über die Vegetation der Alluvialwiesen im Gebiet der geplanten Stauseen von Lokka und Porttipahta im Finnischen Lappland. – *Aquilo, ser. Botanica* 5:1-119.
- Eurola, S. 1969. Suomen luhtasoista ja niiden lajistosta. – *Suo* 20:97-104.
- Eurola, S., Huttunen, A. & Kukko-oja, K. 1995. Suokasvillisuusopas. – *Oulanka Reports* 14:1-85.
- Ewing, K. 1996. Tolerance of four wetland plant species to flooding and sediment deposition. – *Environmental and Experimental Botany* 36:131-146.
- Filgueira-Rivera, M., Smith, N. & Slingerland, R. 2007. Controls on natural levee development in the Columbia River, British Columbia, Canada. – *Sedimentology* 54:905-919.
- Francis, R. 2006. Allogenic and autogenic influences upon riparian vegetation dynamics. – *Area* 38:453-464
- Friedman, J.M. & Auble, G.T. 1999. Mortality of riparian box elder from sediment mobilization and extended inundation. – *Regulated Rivers Research & Management* 15:463-476.
- Geerling, G. W., Kater, E., van den Brink, C., Baptist, M. J., Ragas, A. M. J. & Smits, A. J. M. 2008. Nature rehabilitation by floodplain excavation: The hydraulic effect of 16 years of sedimentation and vegetation succession along the Waal River, NL. – *Geomorphology* 99:317-328.
- Geest, G.J. van; Wolters, H., Roozen, F.C.J.M., Coops, H., Roijackers, R.M.M., Buijse, A.D. & Scheffer, M. 2005. Water-level fluctuations affect macrophyte richness in floodplain lakes. – *Hydrobiologia* 539: 239-248.
- Gill, C.J. 1970. The flooding tolerance of woody species – a review. – *Forestry Abstracts* 31:671-688.
- Glenz, C., Iorgulescu, I., Kienast, F. & Schlaepfer, R. 2008. Modelling the impact of flooding stress on the growth performance of woody species using fuzzy logic. – *Ecological Modelling*, 218:18-28.
- Glenz, C., Schlaepfer, R., Iorgulescu, I. & Kienast, F., 2006. Flooding tolerance of Central European tree and shrub species. – *Forest Ecology and Management* 235:1-13.
- Grevilliot, F., Krebs, L. & Muller, S. 1998. Comparative importance and interference of hydrological conditions and soil nutrient gradients in floristic biodiversity in flood meadows. – *Biodiversity and Conservation* 7:1495-1520.
- Gurnell, A.M., Hupp, C.R. & Gregory, S.V. 2000. Linking hydrology and ecology. – *Hydrological processes* 14:2813-2815.
- Hanhela, P. 1994. Oulangan kansallispuiston tulvaniityt. Metsähallitus. – *Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisu*, Sarja A 24., 43 s.

- Hanhijarvi, A. & Fagerstedt, K. 1994. Comparison of the effect of natural and experimental anoxia on carbohydrate and energy metabolism in *Iris pseudacorus* rhizomes. – *Physiologia Plantarum*, 90:437-444.
- Hanski, M. 2000. Jokien rakenteellisen tilan arviointi. – *Suomen ympäristö* 379: 1- 96.
- Heikkilä, R. 1999. Human influence on the sedimentation in the delta of the river Kyrönjoki, western Finland. – *Monographs of the Boreal Environment Research* 15:1-64.
- Heikkinen, P. 1978. Ounasjoen tulvaniittyjen kasvillisuudesta. Ounasjokitutkimuksia VI. – Helsingin yliopisto. 66 s.
- Hellsten, S. 2001. Effects of lake water level regulation on aquatic macrophyte stands in northern Finland and options to predict these impacts under varying conditions. – *Acta Botanica Fennica* 171:1-47.
- Hellsten, S. & Juntura, E. 2000. Effects of the wave-induced shoreline erosion on the littoral zone: case studies in Northern Europe. – *Hydrologic and Environmental Modelling in the Mekong Basin*. 11-12 September 2000, Phnom Penh. In: Al-Soufi, Riyadh W. (ed.). *Proceedings of the workshop on Hydrologic and Environmental Modelling in the Mekong Basin*. 11-12 September 2000, Phnom Penh. Phnom Penh, Mekong River Commission. . 302-312. 2000
- Hicks, F. 2009. An overview of river ice problems: CRIPE=/ guest editorial. – *Cold regions Science and Technology* 55:175-185.
- Hobo, N., Makaske, B., Middelkoop, H. & Wallinga, J. 2010. Reconstruction of floodplain sedimentation rates: a combination of methods to optimize estimates. – *Earth Surface Processes and Landforms* 35:1499-1515.
- Hoyal, D.C.J.D. & Sheets, B.A. 2009. Morphodynamic evolution of experimental cohesive deltas. – *Journal of Geophysical Research* 114, 1-18, F02009, doi:10.1029/2007JF000882.
- Huggenberger, P., Hoehn, E., Beschta, R. & Woessner, W. 1998. Abiotic aspects of channels and floodplains in riparian ecology. – *Freshwater Biology* 40:407-425.
- Hughes, F. 1997. Floodplain geomorphology. – *Progress in Physical Geography* 21: 501-529.
- Hughes, F. M. R., Richards, K. S., El-Hames, A. S., Harris, T., Peiry, J. L., Pautou, G. & Girel, J. 1997. Investigations into hydrological influences on the establishment of riparian tree species. – *British Hydrological Society Occasional Paper* 8:17-29.
- Huhta, A.-P. & Rautio, P. 2005. The condition of semi-natural meadows in Northern Finland today – do the classical vegetation types still exist? – *Annales Botanici Fennici* 42: 81–93.
- Huomonen, M.E. 1913. Muistiinpanoja Siikajoki- ja Temmesjokivarren tulvaniittykasvillisuudesta. – *Meddelanden Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 39: 165–175.
- Jolley, R., Lockaby, B. G. & Cavalcanti, G. 2010. Changes in riparian forest composition along a sedimentation rate gradient. – *Plant ecology* 210 [Online First, published 23 March 2010]
- Jansson, R., Nilsson, C., Dynesius, M. & Andersson, E. 2000. Effects of river regulation on river-margin vegetation: a comparison of eight boreal rivers. – *Ecological applications* 10:203-244.
- Jung, V., Hoffmann, L. & Muller, S. 2009. Ecophysiological responses of nine floodplain meadow species to changing hydrological conditions. – *Plant Ecology* 201:589-598.
- Jung, V., Mony, C., Hoffmann, L. & Muller, S. 2009. Impact of competition on plant performances along a flooding gradient: a multi-species experiment. – *Journal of Vegetation Science* 20:433-441.
- Jurik, T., Wang, S. & van der Valk, A. 1994. Effects of sediment load on seedling emergence from wetland seed banks. – *Wetlands* 14:159–165.
- Kalliola, R. & Puhakka, M. 1988. River dynamics and vegetation mosaicism: a case study of the river Kamajohka, Northernmost Finland. – *Journal of Biogeography* 15:703-719.
- Karrenberg, S., Edwards, P. & Kollmann, J. 2002. The life history of Salicaceae living in the active zone of floodplains. – *Freshwater Biology* 47:733-748.
- Kennedy, M.P., Milne, J.M. & Murphy, K.J. 2003. Experimental growth responses to groundwater level variation and competition in five British wetland plant species. – *Wetlands Ecology and Management* 11:383-396.
- Kinnaird, J.W. 1974. Effect of site conditions on the regeneration of birch (*Betula pendula* Roth. and *Betula pubescens* Ehrh.). – *Journal of Ecology* 62:467–473.
- Kaakinen, E. et al. 2008. Suot. – In: *Suomen luontotyyppien uhanalaisuus – Osa 2*, Raunio, A., Shulman, A. & Kontula, T. (eds), *Suomen Ympäristö* 8:143-256.
- Korhonen, J. 2006. Long-term changes in lake ice cover in Finland. – *Nordic Hydrology* 37:347-363.

- Korhonen, J. & Kuusisto, E. 2010. Long-term changes in the discharge regime in Finland. – *Hydrology Research* 2010:253-268.
- Kotowski, W., Beauchard, O., Opdekamp, W., Meire, P. & van Diggelen, R. 2010. Waterlogging and canopy interact to control species recruitment in floodplains. – *Functional Ecology* 24:918-926.
- Kotowski, W., Thörig, W., van Diggelen, R. & Wassen, M. 2006. Competition as a factor structuring species zonation in riparian fens - a transplantation experiment. – *Applied Vegetation Science* 9:231-240.
- Koutaniemi, L. 1984. The role of ground frost, snow cover, ice break-up and flooding in the fluvial processes of the Oulanka river, NE Finland. – *Fennia* 162:127-161.
- Kozłowski, T. 2002. Physiological_ecological impacts of flooding on riparian forest ecosystems. – *Wetlands* 22:550-561.
- Laine, J. & Vasander, H. 2008. Suotyypit ja niiden tunnistaminen. – Hämeenlinna, Metsäkustannus Oy, 110 s.
- Lampolahti, J. 1999. Kevättulvan vaikutus vesikasvillisuuteen. – *Luonnon Tutkija* 103:138-145.
- Leira, M. & Cantonati, M. 2008. Effects of water-level fluctuations on lakes: an annotated bibliography. – *Hydrobiologia* 613:171-184.
- Lenssen, J., Menting, F., Van der Putten, W. & Blom, K. 1999. Control of plant species richness and zonation of functional groups along a freshwater flooding gradient. – *Oikos* 86: 523-534.
- Lenssen, J., Menting, F., Van der Putten, W. 2003. Plant responses to simultaneous stress of waterlogging and shade: amplified or hierarchical effects? – *New Phytologist* 157:281-290.
- Levine, C.M. & Stromberg, J.C. 2001. Effects of flooding on native and exotic plant seedlings: Implications for restoring south-western riparian forests by manipulating water and sediment flows. – *Journal of Arid Environments*, 49:111-131.
- Lowe, B. J., Watts, R. J., Roberts, J. & Robertson, A. 2010. The effect of experimental inundation and sediment deposition on the survival and growth of two herbaceous riverbank plant species. – *Plant Ecology* 209:57-69.
- Luke, S., Luckai, N., Burke, J. & Prepas, E. 2007. Riparian areas in the Canadian boreal forest and linkages with water quality in streams. – *Environmental Reviews* 15:79-97.
- Magee, T.K. & Kentula, M.E. 2005. Response of wetland plant species to hydrologic conditions. – *Wetlands Ecology and Management* 13:163-181
- Mahaney, W.M., Wardrop, D.H. & Brooks, R.P. 2005. Impacts of sedimentation and nitrogen enrichment on wetland plant community development. – *Plant Ecology* 175:227-243.
- Martin, D. & Chambers, J. 2001. Effects of water table, clipping, and species interactions on *Carex nebrascensis* and *Poa pratensis* in riparian meadows. – *Wetlands* 21:422-430.
- Martin, Y. & Church, M. 2000. Re-examination of Bagnold's empirical bed load formulae. – *Earth Surface Processes and Landforms* 25:1011-1024.
- Middelkoop, H. & Asselman, N. 1998. Spatial variability of floodplain sedimentation at the event scale in the Rhine-Meuse delta, the Netherlands. – *Earth Surface Processes and Landforms* 23:561-573.
- Mony, C., Mercier, E., Bonis, A. & Bouzillé, J.B. 2010. Reproductive strategies may explain plant tolerance to inundation: A mesocosm experiment using six marsh species. – *Aquatic Botany* 92:99-104.
- Morozova, G. & Smith, N. 2003. Organic matter deposition in the Saskatchewan River floodplain (Cumberland Marshes, Canada): effects of progradational avulsions. – *Sedimentary Geology* 157:15-29.
- Nikora, V. 2010. Hydrodynamics of aquatic ecosystems: an interface between ecology, biomechanics and environmental fluid mechanics. – *River Research and Applications* 26: 367-384.
- Niemistö, J. 2008. Sediment resuspension as a water quality regulator in lakes. – 47 p., Yliopistopaino, Helsinki, <http://ethesis.helsinki.fi>
- Niiyama, K. 1990. The role of seed dispersal and seedling traits in colonization and coexistence of *Salix* species in a seasonally flooded habitat. – *Ecological Research* 5:317-331. 1990.
- Nilsson, C. 1992. Conservation and management of riparian communities. – In: Hansson, L. (ed.). *Ecological principles of nature conservation, applications in temperate and boreal environments*. pp. 352- 372. Elsevier. London.
- Ojala, T. 2009. Arviointi Kollaja-hankkeen vaikutuksista Pudasjärven Natura-alueen luontoarvoihin. – PVO-Vesivoima, Helsinki. 60 s.
http://www.kollaja.fi/YVA/Pudasjarvi_Natura_arviointi.pdf

- Olariu, C. & Bhattacharya, J. 2006. Terminal Distributary Channels and Delta Front Architecture of River-Dominated Delta Systems. – *Journal of Sedimentary Research* 76:212-233.
- Olde Venterink, H., Davidsson, T.E., Kiehl, K. & Leonardson, L. 2002. Impact of drying and re-wetting on N, P and K dynamics in a wetland soil. – *Plant and Soil* 243:119-130.
- Olde Venterink, H., Kardel, I., Kotowski, W., Peeters, W. & Wassen, M. 2009. Long-term effects of drainage and hay-removal on nutrient dynamics and limitation in the Biebrza mires, Poland. – *Biogeochemistry* 93:235-252.
- Olde Venterink, H., van der Vliet, R.E. & Wassen, M. 2001. Nutrient limitation along a productivity gradient in wet meadows. – *Plant and Soil* 234:171-179.
- Olde Venterink, H., Vermaat, J., Pronk, M., Wiegman, F., van der Lee, G., van den Hoorn, M., Higler, L. & Verhoeven, J. 2006. Importance of sediment deposition and denitrification for nutrient retention in floodplain wetlands. – *Applied Vegetation Science* 9:163-174).
- Partanen, S. & Hellsten, S. 2005. Changes of emergent aquatic macrophyte cover in seven large boreal lakes in Finland with specific reference to water level regulation. – *Fennia* 183: 57-79. 2005
- Partanen, S., Keto, A., Visuri, M., Tarvainen, A., Riihimäki, J. & Hellsten, S. 2006. The relationship between water level fluctuation and distribution of emergent aquatic macrophytes in large, mildly regulated lakes in the Finnish Lake District. – *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 29:1160-1166.
- Pearce, C.M., McLennan, D. & Cordes, L.D. 1988. The evolution and maintenance of white spruce woodlands on the Mackenzie Delta, N.W.T., Canada. – *Holarctic. Ecology* 11:248-258.
- Pelpola, C. & Hickin, E. 2004. Long-term bed load transport rate based on aerial-photo and ground penetrating radar surveys of fan-delta growth, Coast Mountains, British Columbia. – *Geomorphology* 57:169-181.
- Penka, M. et al. 1991. Floodplain forest ecosystem. – 629 s. Elsevier. Amsterdam.
- Peterson, C. & Jones, R. 1997. Clonality in woody plants: a review and comparison with clonal herbs. – In: Kroon, H. de & Groenendal, J. van, *The ecology and evolution of clonal plants*, ss. 263-289, backhuys Publishers, Leiden.
- Pezeshki, S.R. 2001. Wetland plant responses to soil flooding. – *Environmental and experimental botany* 46:299-312.
- Piégay, H. et al. 2000. Channel instability as a control on silting dynamics and vegetation patterns within perfluvial aquatic zones. – *Hydrological Processes* 14: 3011-3029.
- Pinay, G., Ruffinoni, C. & Fabre, A. 1995. Nitrogen cycling in two riparian forest soils under different geomorphic conditions. – *Biogeochemistry* 30:9-29.
- Predick, K., Gergel, S. & Turner, M. 2009. Effect of flood regime on tree growth in the floodplain and surrounding uplands of the Wisconsin River. – *River Research and Applications* 25:283-296.
- Prowse, T. 2001. River-ice ecology. II: Biological aspects. – *Journal of Cold regions Engineering* 15:17-33.
- Raunio, A. Schulman, A. & Kontula, T. (eds) 2008. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus, 2. – *Suomen Ympäristö* 8: 1-572.
- Renman, G. 1993. Frost formation in the ecotonal zone and its role for release of nutrients. – *Hydrobiologia* 251:65-72.
- Riihimäki, J., Savolainen, M. & Hellsten, S. 1998. Reis- ja Vuohotjärven säännöstelyn vaikutukset rantametsien puustoon. – *VTT Tutkimusraportti* 430:1-16.
- Rood, S., Goater, L., Gill, K. & Braatne, J. 2011. Sand and sandbar willow: a feedback loop amplifies environmental sensitivity at the riparian interface. – *Oecologia* 165:31-40.
- Rood, S., Goater, L., Mahoney, J., Pearce, C. & Smith, D. 2007. Floods, fire, and ice: disturbance ecology of riparian cottonwoods. – *Canadian Journal of Botany* 85:1019-1032.
- Ruokolainen, T. 1981. Koitajoen tulvaniittyjen kasvillisuudesta. – Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos. Pro gradu. 76 s.
- Sairam, R. K., Kumutha, D., Ezhilmathi, K., Deshmukh, P. S. & Srivastava, G. C. 2008. Physiology and biochemistry of waterlogging tolerance in plants. – *Biologia Plantarum* 52:401-412.
- Sankari, T. 2001. Siiponjoen synty ja kehitys. – *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 244:1-50.
- Schipper, A., Zeefat, R., Tanneberger, F., van Zuidam, J., Hahne, W., Schep, S., Loos, S., Bleuten, W., Joosten, H., Lapshina, E. & Wassen, M. 2007. Vegetation characteristics and eco-hydrological processes in a pristine mire in the Ob River valley (Western Siberia). – *Plant Ecology*, 193:131-145.

- Schulman, A. et al. 2008. Perinnebiotoopit. – In: Raunio, A., Shulman, A. & Kontula, T. (eds), Suomen luontotyyppien uhanalaisuus, osa 2, luontotyyppien kuvaukset, Suomen Ympäristö 8: 399-465.
- Seybold, H., Andrade, J. & Herrmann, H. 2007. Modeling river delta formation. – Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 104:16804-16809.
- Shay, J, de Geus, P., & Kapinga, M. 1999. Changes in shoreline vegetation over a 50-year period in the Delta Marsh, Manitoba in response to water levels. – Wetlands 19:413–425.
- Siebel, H., Van Wijk, M. & Blom, C. 1998. Can tree seedlings survive increased flood levels of rivers? – Acta Botanica Neerlandica, 47:219-230.
- Smith, N., Pérez-Arlucea, M., Edmonds, D. & Slingerland, R. 2009. Elevation adjustments of paired natural levees during flooding of the Saskatchewan River. – Earth Surface Processes and Landforms 34:1060-1068.
- Sokal, M.A, Hall, R.I. & Wolfe, B.B. 2010. The role of flooding on inter-annual and seasonal variability of lake water chemistry, phytoplankton diatom communities and macrophyte biomass in the Slave River Delta (Northwest Territories, Canada). – Ecohydrology 3:41-54.
- Stamati, K., Hollingsworth, P.M. & Russell, J. 2007. Patterns of clonal diversity in three species of sub-arctic willow (*Salix lanata*, *Salix lapponum* and *Salix herbacea*). – Plant Systematics and Evolution, 269:75-88.
- Steiger, J. & Gurnell, A. 2003. Spatial hydrogeomorphological influences on sediment and nutrient deposition in riparian zones; observations from the Garonne River, France. – Geomorphology 49:1-23.
- Steiger, J., Gurnell, A. & Goodson, J. M. 2003. Quantifying and characterizing contemporary riparian sedimentation. – River Research and Applications 19:335-352.
- Suoraniemi, M., Hellsten, S., Huovinen, J., Palomäki, R., Keto, A., Aronen, J., Viikilä, K., Saarnio, R., Keto, S. 2000. Rantavyöhykkeen tila. – In: Hellsten, S. (ed). Päijänteen säännöstelyn kehittäminen. Rantavyöhykkeen tila ja siihen vaikuttavat tekijät, s. 50-76. Suomen ympäristö 394.
- Suvantola, L. & Similä, J. 2011. Luonnonsuojelualue. – Edita, Helsinki, 386 s.
- Säntti, A. 1954 a. Die rezente Entwicklung des Kokemäenjoki-Deltas. – Turun yliopiston maantieteellisen laitoksen julkaisuja 29:1-61.
- Säntti, A. 1954 b. Die vegetation des kokemäenjoki-Deltas in Lichte von <bodentopographie und Deltaentwicklung. – Turun yliopiston maantieteellisen laitoksen julkaisuja 32:359-378.
- Tabacchi, E., Correll, D., Hauer, R., Pinay, G., Planty-Tabacchi, A-M. & Wissmar, R. 1998. Development, maintenance and role of riparian vegetation in the river landscape. – Freshwater Biology 40:497-516.
- Tabacchi, E., Lambs, L., Guilloy, H., Planty-Tabacchi, A-M., Muller, E. & Decamps, H. 2000. Impacts of riparian vegetation on hydrological processes. – Hydrological Processes 14:2959-2976.
- Teräsvuori, K. 1926. Wiesenuntersuchungen I–II. – Annales Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae Vanamo 5(1): 1–162, 7(3): 310–392.
- Timoney, K. 2006. Landscape cover change in the Peace-Athabasca Delta, 1927–2001. Wetlands 26:765–778.
- Timoney, K. 2008. Rates of vegetation change in the Peace-Athabasca delta. – Wetlands 28:513-520.
- Tomanterä, E.A. 1943. Kemijärven tulvaniittyjen kasvillisuudesta. – Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae Vanamo 18: 32–51.
- Toner, M. & Keddy, P. 1997. River hydrology and riparian wetlands: A predictive model for ecological assembly. – Ecological Applications 7:236-246.
- Tonteri, T. et al. 2008. Metsät. – In: Suomen luontotyyppien uhanalaisuus – Osa 2, Raunio, A., Shulman, A. & Kontula, T. (eds), Suomen Ympäristö 8:259-334.
- Toogood, S.E. & Joyce, C.B. 2010. Effects of raised water levels on wet grassland plant communities. – Applied Vegetation Science 12:283-294.
- Toogood, S.E., Joyce, C.B. & Waite, S. 2008. Response of floodplain grassland plant communities to altered water regimes. – Plant Ecology 197:285-298
- Tuononen, E., Vähäsöyrinki, E. & Österlund, P. 1981. Vedenkorkeusvaihtelujen vaikutus rantamaiden viljelyyn ja puustoon. – Vesihallituksen tiedotus 206. Helsinki. 124 s. ISBN 951- 46-5073-5, ISSN 0355-0745.
- Ulvinen, T. 1993. Tulvasammal ja viitasammal, kaksi tulvarantojen sammalta. – Lutukka 9:7-23.

- Ulvinen, T., Syrjänen, K. & Anttila, S. 2002. Suomen sammalet – levinneisyys, ekologia, uhanalaisuus. – Suomen Ympäristö 560:1-354.
- Vainio, M. & Kekäläinen, H (toim.). 1997. Pohjois-Pohjanmaan perinnemaisemat. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Oulu. – Alueelliset ympäristöjulkaisut 44. 245 s.
- Vainio, M., Kekäläinen, H., Alanen, A. & Pykälä, J. 2001. Suomen perinnebiotoopit. Perinnemaisemaprojektin valtakunnallinen loppuraportti. – Suomen ympäristö 527:1-163.
- Valpola, S. E. & Ojala, A. E. K. 2006: Post-glacial sedimentation rate and patterns in six lakes of the Kokemäenjoki upper watercourse, Finland. *Boreal Env. Res.* 11: 195–211.
- Van den Brink, F., van der Velde, G., Bosman, W. & Coops, H. 1995. Effects of substrate parameters on growth responses of eight helophyte species in relation to flooding. – *Aquatic Botany* 50:79-97.
- Van Diggelen, R., Middleton, B., Bakker, J., Grootjans, A. & Wassen, M. 2006. Fens and floodplains of the temperate zone: Present status, threats, conservation and restoration. – *Applied Vegetation Science* 9:157-162.
- Van Eck, W., van de Steeg, H., Blom, C. & De Kroon, H. 2004. Is tolerance to summer flooding correlated with distribution patterns in river floodplains? A comparative study of 20 terrestrial grassland species. – *Oikos* 107:393–405.
- Van Eck, W., Lenssen, J., Van de Steeg, H., Blom, C. & De Kroon, H. 2006. Seasonal dependent effects of flooding on plant species survival and zonation: a comparative study of 10 terrestrial grassland species. – *Hydrobiologia* 565:59–69.
- Viramo, J., Arola, H., Autio, J., Eurola, S., Rönkkömäki, M., Ulvinen, T., Vähäsöyrinki, E., Åman, P., Karhu, I. & Hanhela, P. 1983. Iijoki-selvitys, kasvillisuusvaikutukset, kasvillisuus. – Pohjois-Pohjanmaan Seutukaavaliitto, Seutukaavaliiton julkaisusarja A 63: 1-60.
- Walker, L. & Chapin, F.J. III 1986. Physiological controls over seedling growth in primary succession on an Alaskan floodplain. – *Ecology* 67:1508-1523.
- Walker, L., Zasada, J., Chapin, F.S. III 1986. The role of life history processes in primary succession on an Alaskan floodplain. *Ecology* 67:1243-1253.
- Walls, R., Wardrop, D. H. & Brooks, R. 2005. The impact of experimental sedimentation and flooding on the growth and germination of floodplain trees. *Plant Ecology* 176:203-213.
- Wassen, M., J., Barendregt, A., Palczynski, A., de Smidt, J. & de Mars, H. 1990. The relationship between fen vegetation gradients, groundwater flow and flooding in an undrained valley mire at Bierbza, Poland. – *Journal of Ecology* 78: 1106-1122.
- Wassen, M. & Olde Venterink, H. 2006. Comparison of nitrogen and phosphorus fluxes in some European fens and floodplains. – *Applied Vegetation Science* 9:213-222.
- Wassen, M., Peeters, W. & Olde Venterink, H. 2002. Patterns in vegetation, hydrology, and nutrient availability in an undisturbed river floodplain in Poland. – *Plant Ecology* 165:27-43.
- Werner, K. & Zedler, J. 2002. How sedge meadow soils, microtopography, and vegetation respond to sedimentation. – *Wetlands* 22: 451-466.
- Wilcox, D. & Meeker, J. 1990. Disturbance effects on aquatic vegetation in regulated and unregulated lakes in northern Minnesota. – *Canadian Journal of Botany* 69:1542-1551.
- Woods, S. & Cooper, D.. 2005. Hydrologic factors affecting initial willow seedling establishment along a subalpine stream, Colorado, U.S.A. – *Arctic Antarctic and Alpine Research* 37:636-643.
- Yin, Y. 1998. Flooding and forest succession in a modified stretch along the upper Mississippi river. – *Regulated rivers, research and management* 14:217-225.

