

Mat-2.4177 Operaatiotutkimuksen  
projektityöseminaari

**Projektisuunnitelma:  
Jokisysteemin  
vesivoimatuotannon simulointi**

*Projektipäällikkö:*

*Vili Ojala*

*Ryhmän jäsenet:*

*Viivi Halla-aho*

*Sampo Kaukonen*

*Jukka Koskenranta*

*Yhteyshenkilö:*

*Anssi Käki (UPM)*

3.3.2014

## Sisällysluettelo

1. Tausta.....	2
2. Tavoitteet .....	2
3. Toimenpiteet .....	3
4. Aikataulu .....	5
5. Resurssit .....	5
6. Riskit .....	6

# 1. Tausta

Vesivoiman tuotantoon liittyy vesimassojen hallintaa. Ei ole yhdentekevää, milloin ja missä vettä päästetään kulkemaan joessa eteenpäin. Vesistöjen pintojen taso on tarkkaan säännöteltävä: vedenpinta ei saa nousta tai laskea liikaa, sillä siitä voi aiheutua haittaa niin luonnolle kuin ihmisille. Vesistön eliöt vaativat tietynlaiset elinolosuhteet, joita veden määrän vaihtelu saattaa järkyttää. Paikallisia ihmisiä ei saa häiritä liikaa esimerkiksi aiheuttamalla tulvia. Vedenpinnan korkeuden vaihtelulla voi olla epäsuotuisia seurauksia, joten vesivoimaloille on tehty tarkat säännökset rajoittamaan juoksutuksia.

Vesivoiman tuotannossa voidaan sähkön tuotantoa säädellä tarkasti päästämällä haluttu määrä vettä voimalan läpi. Tämä mahdollistaa sähköntuotannon juuri suurimman kysynnän hetkellä ja näin saadaan parhaat tuotot. Lisähaastetta tuo useampien peräkkäisten voimaloiden sähköntuotannon optimointi, jossa alajuoksulla olevan voimalan käytettävissä oleva vesi riippuu yläjuoksulla olevan voimalan juoksutuksesta. Jokisysteemissä peräkkäisten voimaloiden välinen yhteys on erityisen merkittävä. Joissa ei ole mahdollisuutta turvautua säännöstelyaltaisiin veden varastoimiseksi, mikä taas on yksi keino optimaalisen sähköntuotannon mahdollistamiseksi. Jotta tällaista optimointia voidaan harjoittaa, täytyy veden liikkeitä ymmärtää. Optimoinnin lisäksi ymmärrys helpottaa juoksutuksia koskevien rajoitusten noudattamista. Näiden seikkojen vuoksi vesimassojen dynamiikan ymmärtäminen on tärkeää UPM:n kaltaisille vesivoiman tuottajille.

# 2. Tavoitteet

Projektin tavoitteena on mallintaa vesimassojen dynamiikkaa eräässä UPM:lle tärkeässä jokisysteemissä. UPM haluaa Simulink-mallin, joka ennustaa jokaiselle laitokselle tulevan veden määrän hyödyntämällä vedenkorkeus- ja juoksutustietoja. On siis luonnollista jakaa joki osiin, siten että kahden peräkkäisen laitoksen välille luodaan oma mallinsa. UPM toivoo, että nämä olisivat yksinkertaisia lineaarisia malleja. Laitokselle saapuvan veden määrän oletetaan riippuvan lineaarisesti kyseisen laitoksen juoksutuksesta ja vedenkorkeudesta, sekä edellisen laitoksen juoksutuksesta. Laitosten välillä on merkittäviä etäisyyksiä, joten veden virtauksessa on viivettä. Meidän täytyy selvittää kuinka suuria nämä viiveet kullakin välillä ovat.

Lähdemme liikkeelle ulkoisen ohjauksen aikasarjamalleista kuten ARIMAX. Kun ollaan saatu jokaiselle välille oma mallinsa, kootaan ne lopulta yhdeksi Simulink-malliksi. Kun osataan mallintaa voimalaitosten juoksutusten vaikutusta vesimassoihin, voidaan pohtia miten tätä tietoa voidaan käyttää juoksutusten optimointiin. UPM:llä on olemassa oma optimointimallinsa, johon emme ole vielä tutustuneet. Tavoitteena ei ole varsinaisesti optimoida voimaloiden juoksutusta, vaan varmistaa meidän ja UPM:n mallin yhteensopivuus.

Mallin laskentanopeudelle ja ennusteiden tarkkuudelle ei ole asetettu tavoitteita, joten mallimme käyttökelpoisuuden arviointiin tarvitaan vielä lisätietoja UPM:ltä. Laskentateho tuskin tulee ongelmaksi, sillä pyrimme yksinkertaiseen lineaariseen malliin. Mallimme ei ota huomioon erityisolosuhteita, kuten jääpatoja, tulvia, tai poikkeuksellisen kuivia aikoja. Mallin muodostamiseen ja validointiin käytetään dataa aikaväliltä, jolloin ei tapahdu mitään normaalista poikkeavaa.

Projekti voidaan jakaa neljään välitavoitteeseen:

### **1) Kirjallisuuskatsaus**

Tarkastelemalla kirjallisuutta saadaan yleiskuva jokisysteemien dynamiikasta ja mahdollisista lähestymistavoista ongelmaan. Valitaan sopiva määrä malleja, jotka voisivat olla käyttökelpoisia ja perehdytään niiden toimintaan.

### **2) Simulink-mallin muodostus**

Muodostetaan Simulink-malli, joka ennustaa vesimassojen liikkeitä koko joen matkalta. Malli käyttää apunaan historiatietoja juoksutuksista ja vedenpinnan korkeuksista sekä juoksutus suunnitelmia. Sivujokien virtaamat on myös mahdollista lisätä malliin.

### **3) Mallin hyödyntäminen optimoinnissa**

Mietitään miten UPM:n optimointimalli voisi hyödyntää Simulink-malliamme.

### **4) Työn raportointi**

Raporttiin sisällytetään tärkeimmät tulokset, arvioidaan aikaansaadun mallin hyvyttä ja annetaan suositukset jatkotoimenpiteistä.

## **3. Toimenpiteet**

### **3.1 Kirjallisuuskatsaus**

Aluksi tutustumme vesistöjen ja vesivoiman mallintamiseen liittyvään kirjallisuuteen. Kirjallisuuskatsauksessa keskitytään tutkimuksiin, joissa on käsitelty jokien virtaamien ennustamista.

### **3.2 Tarkasteltavan jokisysteemin ominaispiirteiden tunnistaminen**

Joki on jaettu osiin, siten että kahden peräkkäisen laitoksen välille muodostetaan oma malli. Jokaisen välin ominaisuuksiin pitää siis tutustua erikseen. Vesistön mallinnukseen tarvittavat mallit voivat olla hyvin erilaisia riippuen vesistön tyypistä. Tarkasteltava systeemi ei sisällä suuria vesivarastoja voimalaitosten välillä. Siksi onkin erityisen tärkeää pystyä ennustamaan tarkasti, miten nopeasti yläjuoksun voimalan läpi päästetty vesi kulkeutuu alajuoksun voimalalle. Vesistöön laskee myös joitakin sivujokia, joiden virtaamia ei tunneta tarkasti. Tämä on syytä huomioida lopullisessa mallissa.

### **3.3 Käytettävissä olevaan dataan tutustuminen**

Estimoitavan mallin suurin mahdollinen tarkkuus riippuu voimakkaasti käytettävissä olevan datan määrästä, luotettavuudesta sekä luonteesta. Projektin alkuvaiheessa tutustutaan erityisen tarkasti käytettävissä olevaan dataan, ja arvioidaan soveltuuko se tavoitteena olevan mallin estimointiin. Ongelmia voivat periaatteessa tuottaa esimerkiksi vääristyneet mittaustulokset tai liian pieni datajoukko.

### **3.4 Työkalujen valinta ennustemallin estimointiin**

UPM toivoi lopullisen mallin olevan Matlabin Simulink malli. Projektin aikana voimme kuitenkin käyttää hyvin monenlaisia ohjelmistoja. Näitä voivat Matlabin lisäksi olla Excel, NCSS tai sitten jokin tyypillinen ohjelmointikieli kuten C. Nämä vaihtoehdot eroavat toisistaan helppokäyttöisyyden ja laskentanopeuden suhteen. Pääasiassa käytämme kuitenkin Matlabia, sillä se on meille kaikille tuttu työkalu. Aikasarjamallien estimoinnissa aiotaan hyödyntää erityisesti Matlabin System Identification toolboxia.

### **3.5 Erilaisten mallien kokeilua ja hyvyyden arviointia**

Kirjallisuuskatsauksen, dataan ja vesistöön tutustumisen sekä työkalujen valinnan jälkeen kokeilemme potentiaalisia malleja virtauksen ennustamiseksi. Sama malli ei välttämättä pysty kuvaamaan joen virtaamaa jokaisessa tilanteessa. Eri väleille ja eri virtaamille saatetaan tarvita siis eri mallit. Mallien puutteita ja hyviä puolia tutkimalla pyritään luomaan entistä parempia malleja, joista lopulta valitaan paras.

### **3.6 Simulink-mallin toteutus**

Parhaaksi todettujen mallien pohjalta rakennetaan Simulink-malli, joka simuloi laitosten virtaamat juoksutus päätösten perusteella.

### **3.7 Juoksutusten optimointi**

Pohditaan miten Simulink-mallia voitaisiin käyttää juoksutuksen optimointiin ja annetaan ehdotus jatkotoimenpiteille.

### **3.8 Loppuraportin kirjoittaminen**

Esitellään projektin lopputulokset.

## 4. Aikataulu

17.1. Aiheiden esittely	vk3
28.2 Projektisuunnitelmien esittely	vk9
4.4 Väliraportit	vk14
9.5 Loppuraportit	vk19

Taulukko 1: Aikataulu

Viikko	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Kirjallisuuskatsaus ja aineistoon tutustuminen																	
Mallinvalinta																	
Mallin tarkennus ja toteutus Simulinkissä																	
Tulosten analysointi ja raportointi																	

## 5. Resurssit

UPM tarjoaa meille ainakin kahdenlaista aineistoa mallinnettavasta joesta: pinnan korkeuksia ja virtaamia. Lisäksi saamme tietoa juoksutusta koskevista rajoituksista. Myöhemmässä vaiheessa saamme mahdollisesti energian tuotantomääriä. Tuotettu energia ei ole suoraan verrannollinen virtaamaan laitoksen läpi, vaan siinä pitää huomioida myös pinnan korkeus ja se, miten monella turbiinilla energia on tuotettu.

Virtaamat joella eivät ole riippumattomia, koska jokainen laitos säättää virtaamaa. Tämä tarkoittaa että aineistomme ei riitä riippumattomaan joen mallintamiseen, vaan aina täytyy huomioida laitosten toiminta osana joen mallinnusta. Osa laitoksista on myös sellaisia, missä virtaamaa ei säädetä merkittävästi. Näissä mallinnuksen pitäisi olla helpompaa. Osa virtauksista on ohivirtausta, mutta saamassamme aineistossa nämä eri virtaustyytit pitäisi olla summattuna yhteen.

Tällä hetkellä aineistomme resoluutio on tunti ja sitä on noin vuoden ajalta. Tunnin resoluutio on mahdollisesti riittävän tarkka joen virtaaman mallinnukseen, mutta sähkön tuotannossa pienemmästä resoluutiosta voi olla hyötyä. Tarvittaessa saamme aineistoa myös pidemmältä aikaväliltä. Alussa riittää että löydämme häiriöttömiä kohtia aineistosta. Tällaisia häiriöitä voi aiheuttaa esimerkiksi tulvat, jäät, sateet tai suuret virtaukset tuntemattomista lähteistä.

Ryhmämme projektipäällikön odotetaan käyttävän projektiin noin 187 työtuntia ja kolmen muun ryhmäläisen noin 133 työtuntia. Lisäksi UPM:n edustaja Anssi Käki tuo projektiin oman sopivaksi katsomansa työpanoksen.

Lisäksi resursseina voi pitää aineistoa mitä löydämme kirjallisuudesta ja aikaisemmista tutkimuksista. Pääasiallisena työkaluna on Matlab. Matlab:ssa on valmiina monenlaisia mallinnukseen liittyviä työkaluja, esimerkiksi "System identification toolbox" mallin estimointiin ja "Simulink" mallin simulointiin. Lopullinen malli tullaan UPM:n toivomuksesta tekemään Simulinkillä, joten Matlab on siitäkin syystä luonnollinen valinta.

Uskomme, että työ on mahdollista saada valmiiksi käytettävissä olevilla resursseilla. Tähän asti ongelmat joihin olemme törmänneet tuntuvat olevan ratkaistavissa systeemi- ja operaatiotutkimuksen opeilla.

## 6. Riskit

Tarvittava data ja työkalut mallin luomiseen on jo saatavilla. Tarkempaa dataa on mahdollista saada ja se saattaa parantaa mallin toimintaa, mutta se ei ole välttämätöntä projektin onnistumisen kannalta. Aineiston keräämiseen ja toimittamiseen ei siis liity riskejä. Sen sijaan oleelliset riskit liittyvät lähinnä ryhmän toimintaan ja kommunikaation toimeksiantajan kanssa. Ryhmätyöskentelyyn liittyy aina riskejä ja ne korostuvat nyt, koska ryhmämme jäsenillä ei ole kattavaa kokemusta ryhmätyöskentelystä ja projektijohtajalla ei ole lainkaan kokemusta projektien johtamisesta. Taulukossa 2 on esitetty merkittävimmät riskit.

Taulukko 2: Riskitaulukko

<b>Riski</b>	<b>Todennäköisyys</b>	<b>Vaikutus</b>	<b>Toimenpiteet</b>
Projektin ylimitoitus	Korkea	Aika ei riitä projektin viimeistelyyn.	Huolellinen tavoitteen rajaus ja toteutuksen suunnittelu.
Väärinkäsitykset toimeksiantajan kanssa	Matala	Projektin lopputulos ei vastaa toimeksiantajan toiveita.	Tiivis yhteydenpito toimeksiantajan kanssa projektin edetessä.
Projektin teossa käytettyjen työkalujen opetteluun haasteet	Kohtalainen	Opettelu vie aikaa projektin muilta osialueilta.	Varataan reilusti aikaa työkalujen käytön opetteluun ja pyydetään neuvoa esimerkiksi kurssiassistentilta.
Valitaan huono tapa mallintaa annettua aihetta	Kohtalainen	Projektin lopputulos ei ole toivotun kaltainen.	Pohditaan projektin vaiheita yhdessä toimeksiantajan kanssa.
Tarvittavaa dataa ei ole saatavissa mallin muodostamiseksi ja validoimiseksi	Korkea	Mallin teko ja validointi vaikeutuvat ja mallista tulee epätarkempi. Mallin hyvyyttä ei pystytä arvioimaan.	Valitaan malli saatavilla olevan datan mukaan.
Projektin johtaminen epäonnistuu	Kohtalainen	Projektin valmistuminen viivästyy, henkilökohtainen työmäärä kasvaa suureksi ja/tai työtaakka jakaantuu epätasaisesti.	Projektinjohtaja pitää langat käsissään esimerkiksi laatimalla muiden kanssa yhdessä työnjaon. Ryhmän jäsenet noudattavat sovittua työnjakoa ja aikataulua.
Ryhmän jäsenten esteet projektin tekoon, esimerkiksi sairastuminen.	Kohtalainen	Projektin valmistuminen viivästyy.	Ryhmän jäsenet varaavat tarpeeksi aikaa projektin tekoon varten ja kommunikoivat keskenään.