



***Hüdrometeoroloogilise
sooseire andmestiku
teadus-arenduslikud
rakendused***

Elve Lode

e-post: elve.lode@tlu.ee

***Tooma soojaam toimib siiani!
Suur tänu selle eest!***



Tooma soojaama programm rabas Esinduslikkust jätkub!

Meteoroloogilised mõõtmised:

õhutemperatuur, õhuniiskus, tuul, sademed,
Turbalasundi ja mulla temperatuur rabas:
temperatuur maa- ja soopinnal, turbalasundi ja
mulla temperatuur erinevatel sügavustel kuni 3,2
m sügavuseni

Põhjaveetasemed: 13 puurkaevu (max = 20 m,
min = 2 m)

Sooveetasemed: 11 kaevu, 5 laukavaia

Soovete taseme sõltuvus sademetest: peenar-
lauka ja peenar-älve mikromaastik

Hüdromeetrijaamade veetase ja äravool: 6
veetaseme jaama

Auramine: aurumismõõtel nelja lüsimeetriga,
aurumismõõtel laukas

**Pinnase külmumine, lume kõrgus, lume
veevaru:** külmumine 3-l mikromaastikul, lume
kõrgus 3-l mikromaastikul ja metsamaastikul

Soovee keemiline koostis: 4x aastas

**Linnusaare hüdromeetrijaama Linnusaare oja
vee pindmine kiht (0,10-0,20 m); analüüsid -
Keskkonnauuringute Keskuse labor**

In: Soo aastaraamat 2021, Soo aastaraamat 2020

<https://storymaps.arcgis.com/stories/e56d6982c84740dea5e7ff4f75d5bbca>

Tooma soojaama ilmavaatlusväljak mineraalmaal

WMO sajandi jaama tiitel, 2019

(WMO number: 0-233-0-26147)

Mõõdetavad ja vaadeldavad parameetrid:

Õhutemperatuur

Maapinnatemperatuur

Pinnasetemperatuur: 5, 10, 15, 20 cm sügavusel

Pinnasetemperatuur rohukatte all: 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2 m sügavusel

Õhuniiskus

Õhurõhk

Sademed

Tuul: suund, kiirus

Lumemõõdistamine metsas

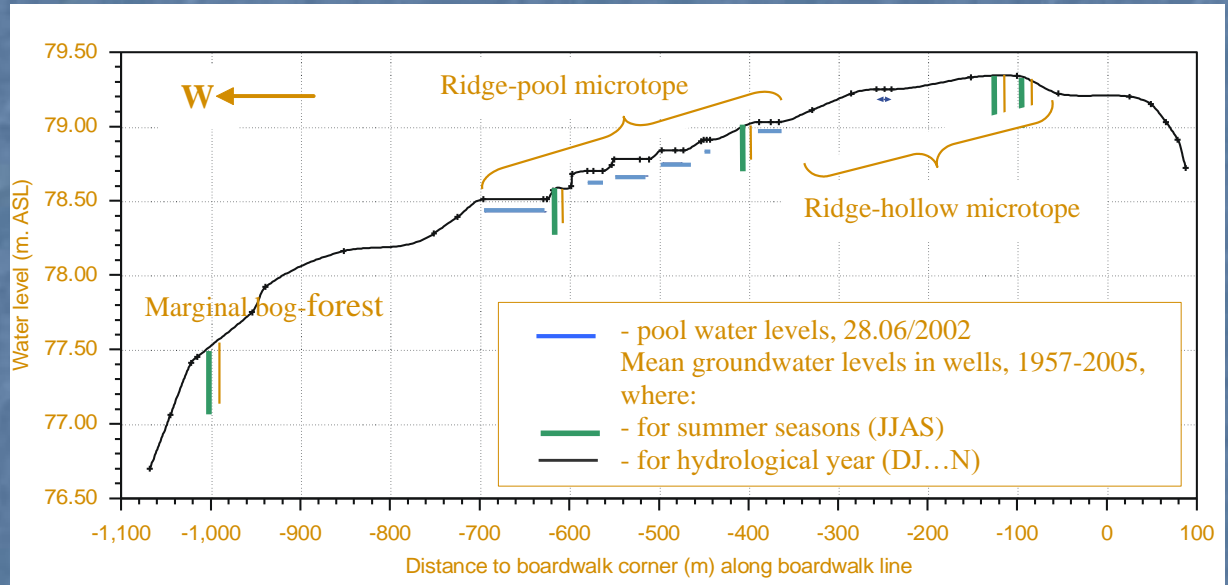
Tooma jaama eesmärk: **alguses - soode kuivendus, põllumajanduslik kasutus, hiljem - soometeoroloogia ja –hüdroloogia** (Järvet, A., 2019).

Viimastel aastakümnetel: **soode kaitse, märgalade talveökoloogia, kliimamuutuste mõju põhjavee tasemele kuivendatud soodes, inimtegevuse pikaajaline mõju märgaladele** (<https://www.ilmateenistus.ee/meist/vaatlusvork/tooma-soojaam>)

Pikaajaliselt saadud tulemused

I) Veetasemed peenar-laugas ökotoobi *laugastes* säilitasid suve perioodil (2002) soopinnale lähedased veetasemed

Järeldus: akrotelmi filtratsiooni parameetrid on ruumiliselt märksa keerukama muustriga, kui me teoreetiliselt seda oleme harjunud kujutama



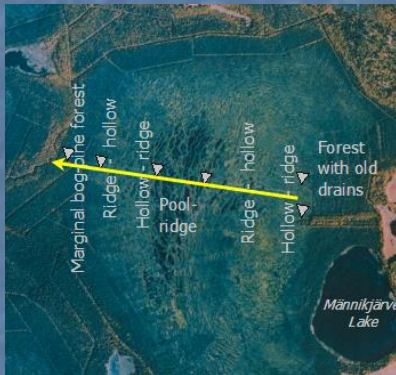
In: **Van der Schaaf, S., Kimmel, A., Lode, E. 2004.** Water levels and fluxes during a dry summer period in an Estonian raised bog with a pool-ridge zone

<https://www.flickr.com/photos/color/36820114783>

Pikaajaliselt saadud tulemused

II) Pikaajalised veetasemed peenar-laugas ökotoobi *peenardes* (Mä211, Mä213) on viimaste kümnendite jooksul soopinna suhtes tõusnud ca 10-20 cm (nt: Kont et. al., 2007)

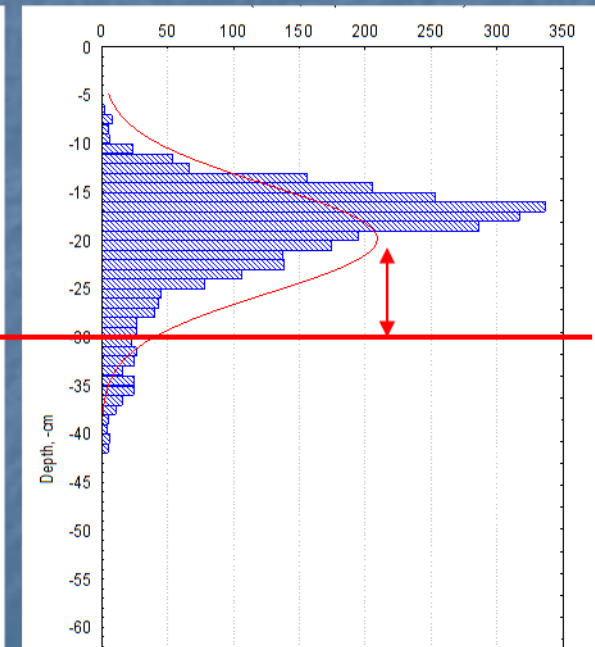
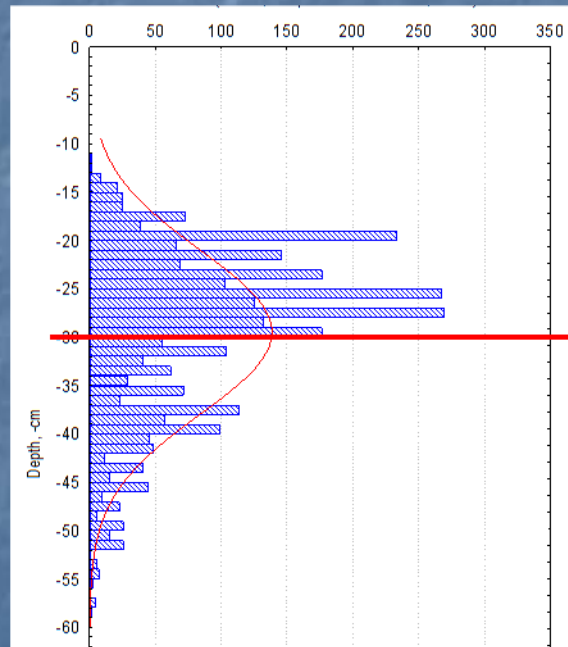
Järeldus: Võimalik, et raba pind on abs. kõrgustes langenud, st raba on "kokku vajunud"



Peenar-laugas ökotoop (Mä211)

HY1957-1963, 1970

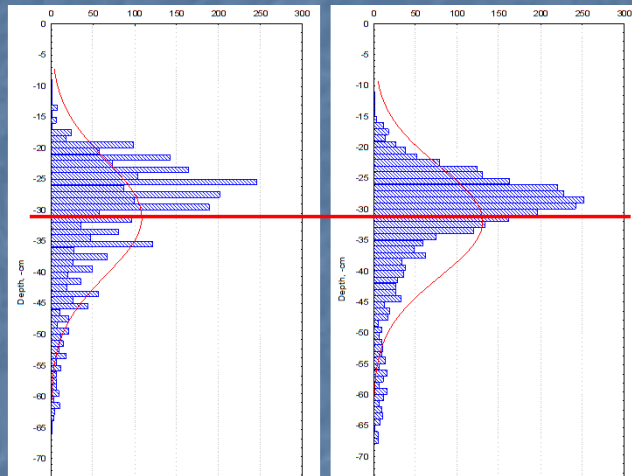
HY1998-2005



Pikaajaliselt saadud tulemused

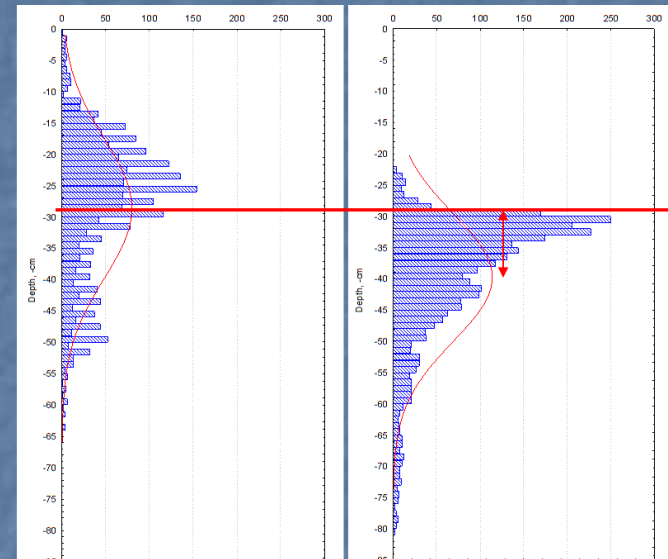
III) Pikaajalised veetasemed **rabarinnaku soometsas** (Mä217) on oma viimaste kümnendite jooksul soopinna suhtes langenud **ca 15 cm**. Linnusaare **peenar-laugas ökotoobis** (Li225) **olulisi muutusi ei ilmnenud** (nt. Lode et. al, 2017)

Järeldus: erinevate ökotoopide veetasemed omavad pikaajaliselt erinevat muutuste trendi



HY1957-1963, 1970

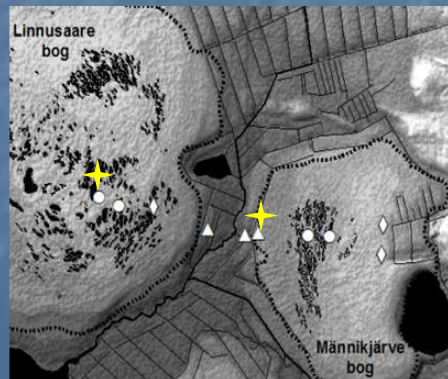
HY1998-2005



HY1957-1963, 1970

HY1998-2005

Peenar-laugas ökotoop (Li225)



Rabarinnaku soomets (Mä217)

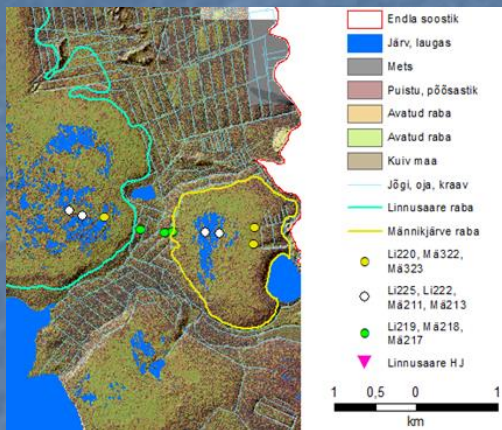


Pikaajaliselt saadud tulemused

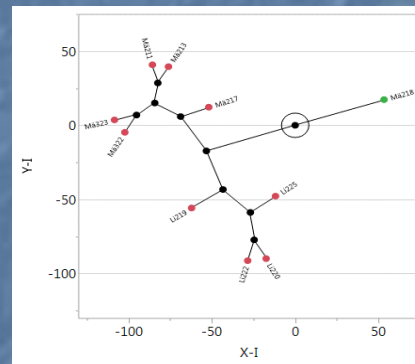
IV) Perioodide 1962–1988 ja 1989–2011 Linnusaare ja Männikjärve veetasemete seoste analüüs aga näitas, et kõrgemad korrelatsiooni seosed on pigem sama raba sama tüüpi ökotoopide vahel kui erinevate rabade sama tüüpi ökotoopide vahel.

II-sel perioodil toimus reeglina sooveetasemete alanemine kõikides ökotoopides va Männikjärve peenar-laugas ökotoobis

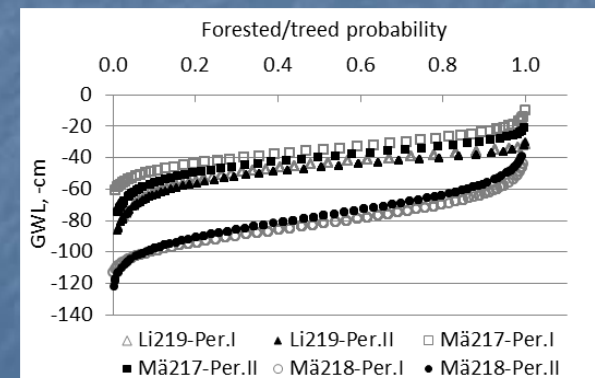
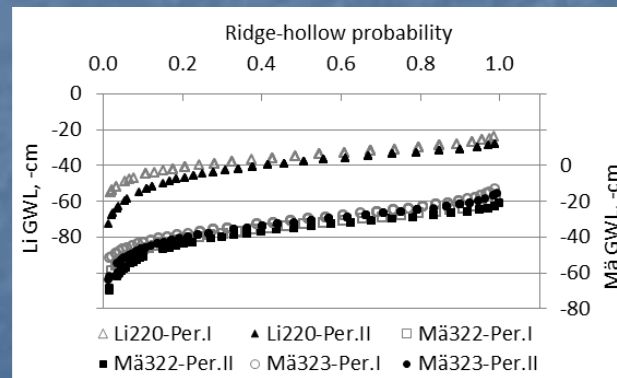
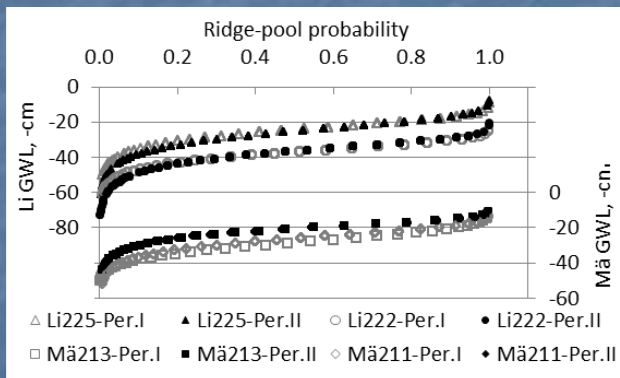
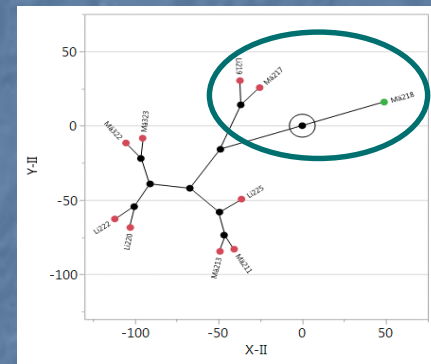
50 aasta kuukeskmiste soove tasemete muutused



I periood (1962–1988)



II periood (1989–2011)



In: Lode, E., M. Küttim, M., Kiivit, I.-K. 2017. Indicative effects of climate change on groundwater levels of Estonian raised bogs over the 50-years.

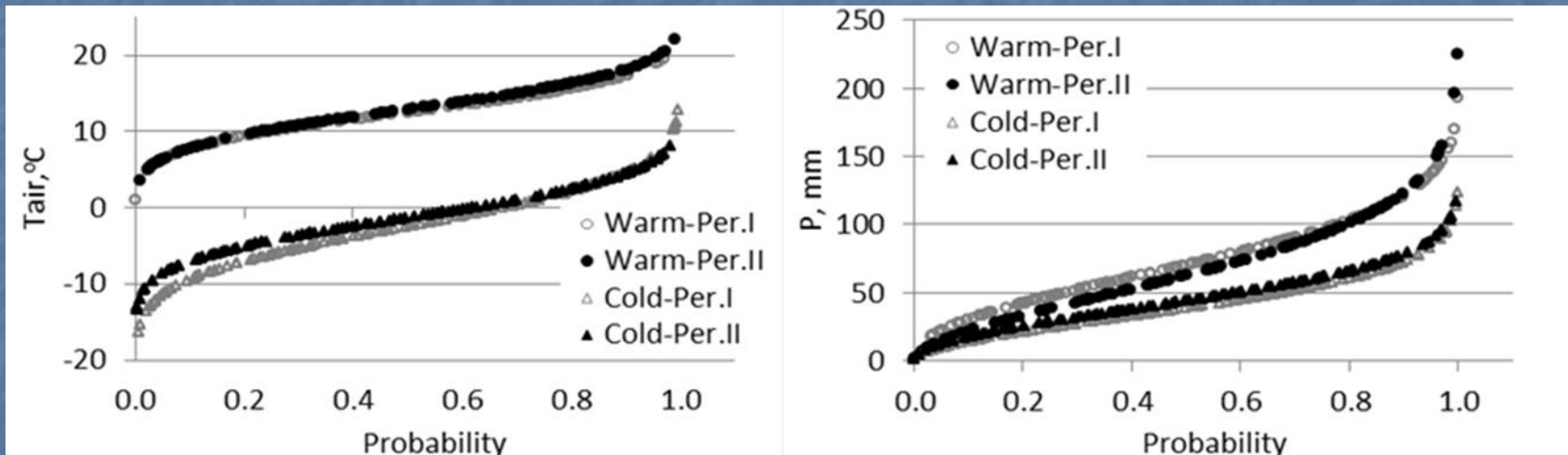
Pikaajaliselt saadud tulemused

V) Perioodide 1962–1988 & 1989–2011 ilmastiku andmete analüüs näitas II perioodi **talviste õhutemperatuuride tõusu 1.7°C** ja külmema kuu soojenemist 2.4°C. Suvistes temperatuurides erilisi muutusi näha ei olnud.

II perioodi talviste sademete kogused **suurenesid ühtlaselt kogu perioodi jooksul ca 10%**. Suviste perioodide **sademed suurenesid ca 5% ja seda rohkem ekstreemsete sademete suunas**

Talv (külm) – suve (soe) perioodideks jaotamise kriteeriumi aluseks oli vegetatsiooni perioodi kestvus, st õhutemperatuuri püsivalt $>+5^{\circ}\text{C}$ kevadel ning $<+5^{\circ}\text{C}$ sügisel

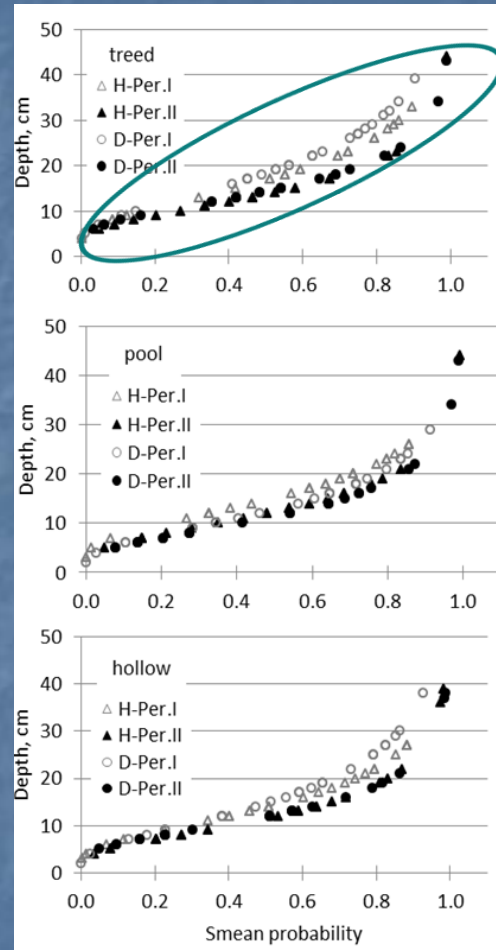
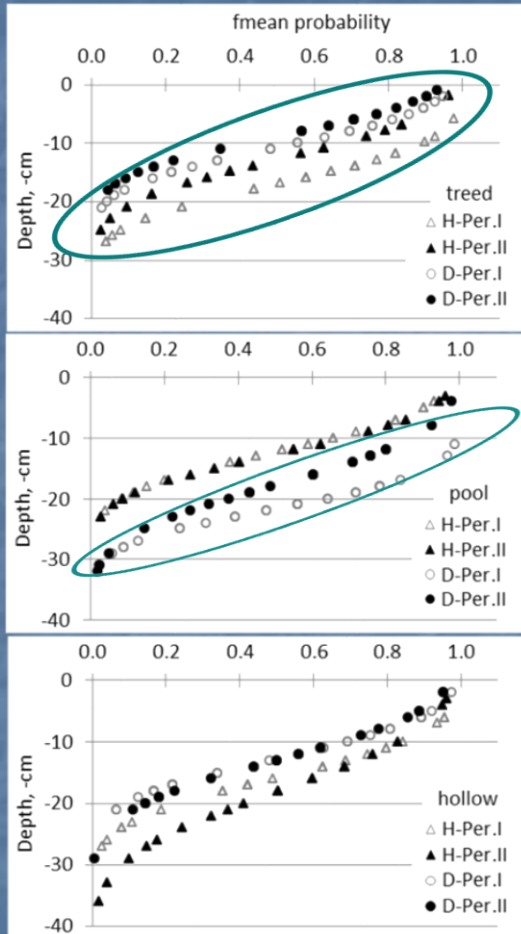
50 aasta kuukeskmiste õhutemperatuuride ja sademete muutused



In: Lode, E., M. Küttim, M., Kiivit, I.-K. 2017. Indicative effects of climate change on groundwater levels of Estonian raised bogs over the 50-years.

Pikaajaliselt saadud tulemused

50 aasta kuukeskmiste pinnase külmumisügavuste ja lumesügavuste muutused

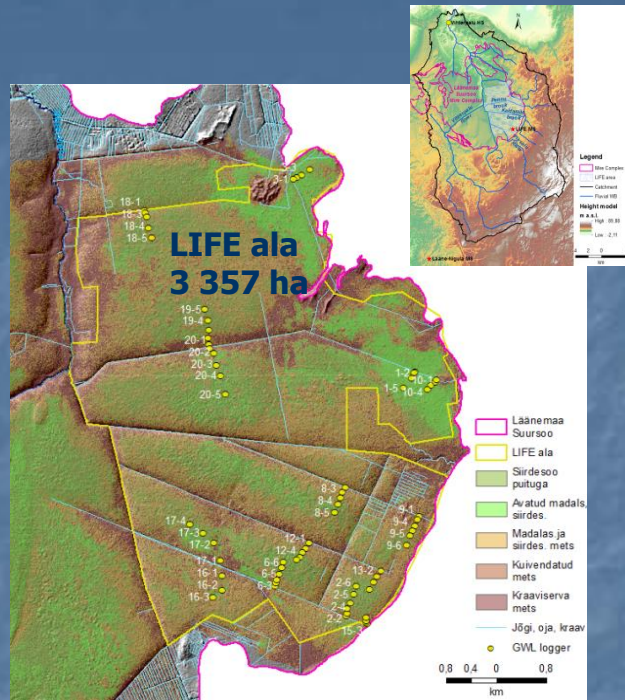


VI) Perioodide (1962–1988 & 1989–2011) pinnase külmumis- ja lumesügavuse andmestiku analüüs näitas, et:

- külmumise sügavused olid raba ökotoopides vähenenud ja eriti külmumiste maksimumsügavused. Suurimad muutused leidsid aset raba **peenar-laugas ökotoobi mätastevahelistes, märjemates piirkondades**. Tähelepanuväärselt oli pinnase külmumise vähenemine toimunud ka puistu kattega ökotoopides;
- lumesügavused olid tähelepanuväärselt vähenenud **puistu kattega ökotoopides** ja seda eriti suurimate lumikatte sügavuste osas

In: Lode, E., M. Küttim, M., Kiivit, I.-K. 2017. Indicative effects of climate change on groundwater levels of Estonian raised bogs over the 50-years.

Pikaajaliselt saadud tulemused



2020 aasta kevadel algas **LIFE Peat Restore (EU Life+ project LIFE15 CCM/DE/000138)** sooveetasemete (SVT) andmetöötlus

- *Selleks ajaks oli LIFE alale Läänemaa Suursoos rajatud 12 sooveetaseme (SVT) seiretransekti (edaspidi Tr), kokku 56 SVT andmesalvestiga (loggeriga)
- *Enamikul soosse paigaldatud andmesalvestite **salvestussagedus oli kaks tundi.**
- *Andmesalvestitega kogutud andmejadad teisendati **päeva e 24 tunni** keskmisteks
- *Andmesalvestitega soopaigad liigendati neljaks ökotoobiks
- *Kokku hallati >1,42 milj SVT numbrilise väärtuse
Reg. periood: 19.05.2018-22.05.2019, 04.07.2019-10.12.2019. Kontrollitud SVT andmemassiiv: 529 päeva

Soovee tasemete analüüsiks kasutatud maakatte liigendus



Avatud ökotoop



Põõsaste ja metsa noorendikuga ökotoop



Hõreda puistuga ökotoop



Kuivendatud soometsaga ökotoop

<https://life-peat-restore.eu/ee/>

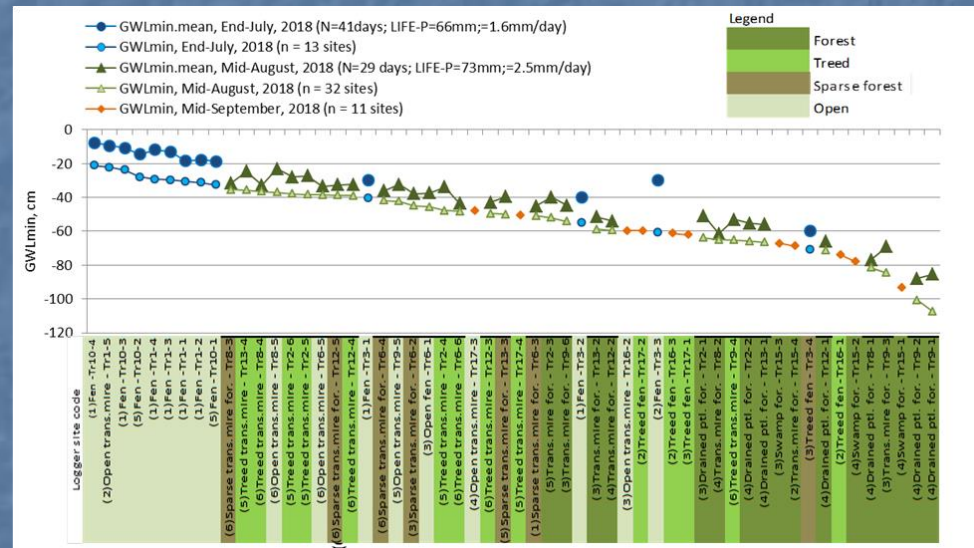
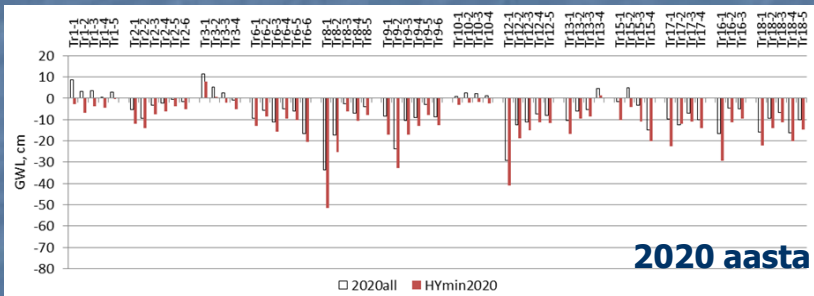
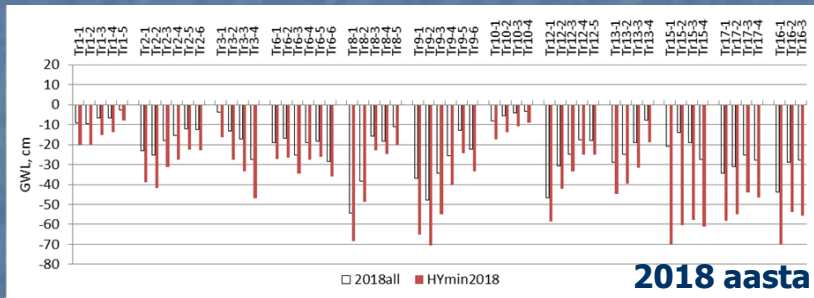
Pikaajaliselt saadud tulemused

VII) Erineva ajaaknaga SVT andmeanalüüs näitas:

- a) sooveetasemete muutlikkuse kõrget sõltuvust ilmastikust, eriti sademetest
- b) sama perioodi sooveetasemete erinevus sama tüüpi ökotoopides võib olla suhteliselt suur

LIFE ala erinevate ökotoopide keskmised soove tasemed ja vastavad hüdroloogilise miinimumperioodi keskmised

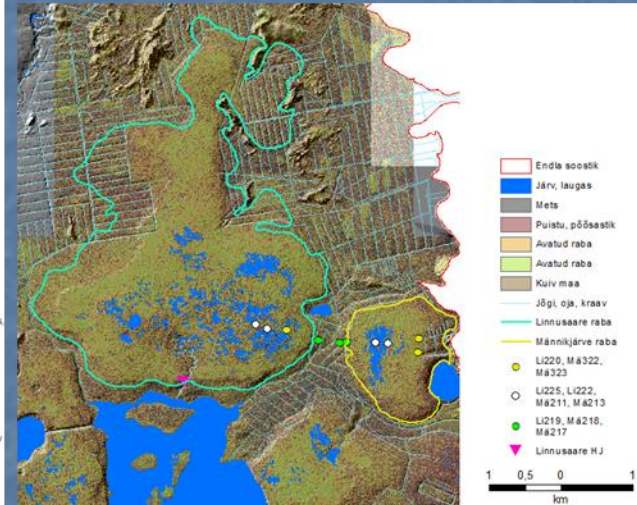
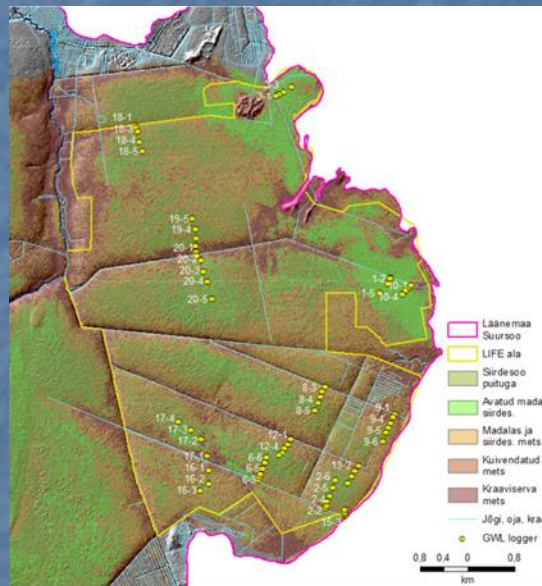
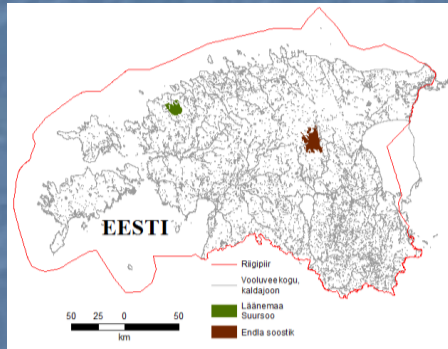
LIFE ala ökotoobid ja 2018 aasta soove tasemed



In: Lode, E. 2021. Guideline for determination of required eco-hydrological status for restoration of damaged peatland; summary of empirical groundwater data analysis collected from the Suursoo-Leidissoo LIFE Peat Restore project in 2018-2021. <https://life-peat-restore.eu/ee/>

Pikaajaliselt saadud tulemused

Eelnevat silmas pidades tekkis soov leida vastus küsimusele, et kas teatud soola erinevates ökotoopides mõõdetud sooveetasemeid (SVT) ja nende muutuste dünaamikat saab kasutada ökotoop-analoogidena teiste, nn uurimata soolade ökotoop-veetasemete muutuste hindamiseks?



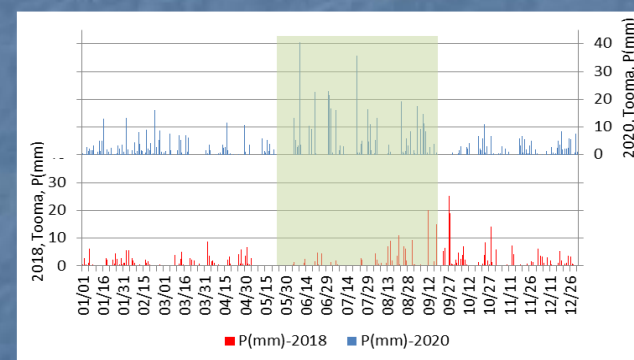
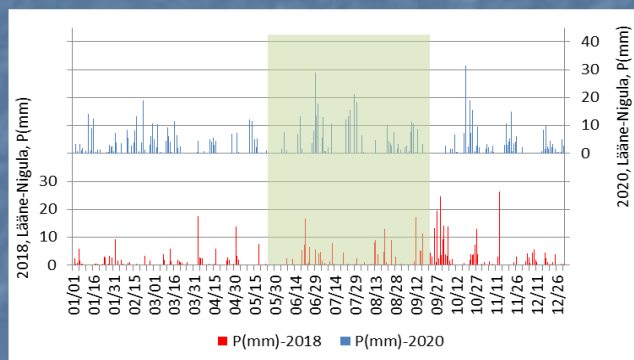
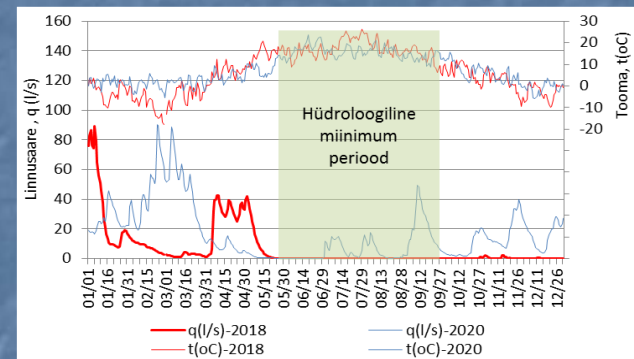
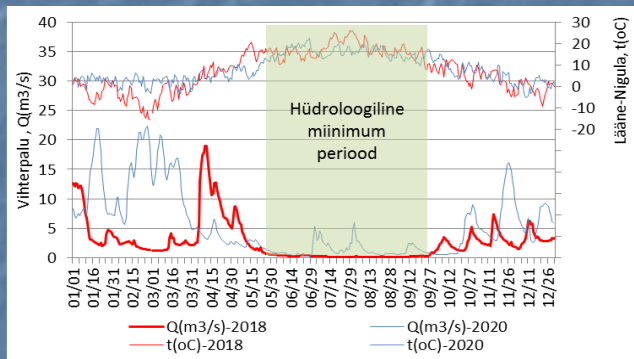
In: Lode, E., Ilomets, M., Küttim, M., Pajula, R., Truus, L. 2022. Sooveetasemete muutuste mustrid hüdrooloogilisel miinimumperioodil; kas ökotoopanalooigid on rakendatavad? (in print & posterettekanne NHC2022)

Pikaajaliselt saadud tulemused

Analüüsiks vajalike andmemaatriksite koostamise eeltingimuseks oli

- hüdroloogiliselt võimalikult homogeenne periood = st **hüdroloogiline miinimum periood (HüMinP)**,
- perioodide katvus andmetega oleks võimalikult suur ning andmete seiramise tehnika oleks sarnane st **andmesalvestid**

Sobivaks perioodiks sai 2018 ja 2020 aasta hüdroloogiline miinimum periood



In: Lode, E., Ilomets, M., Küttim, M., Pajula, R., Truus, L. 2022. Sooveetasemete muutuste mustrid hüdroloogilisel miinimumperioodil; kas ökotooanalooigid on rakendatavad? (in print & posterettekanne NHC2022)

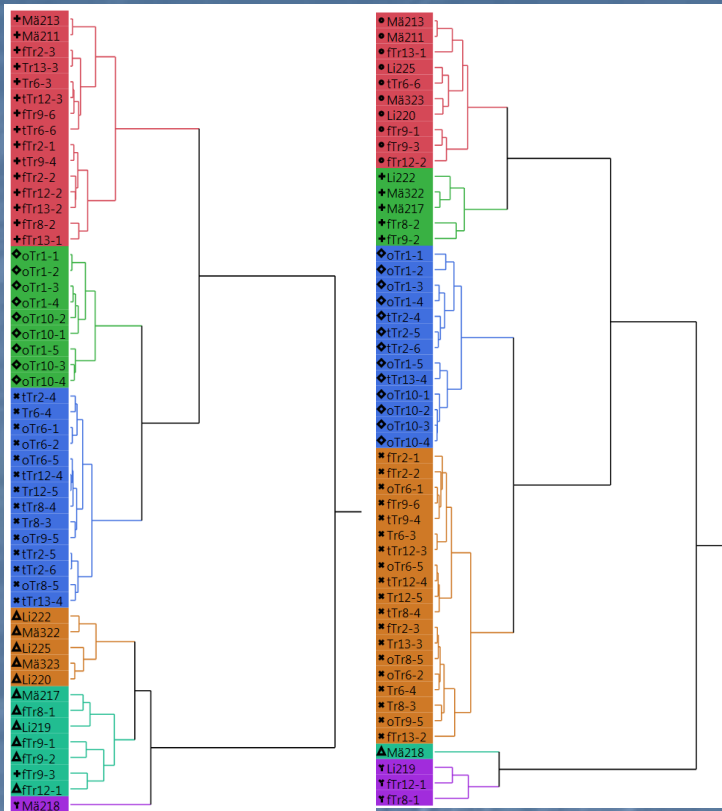
Pikaajaliselt saadud tulemused

VIII) Mõlema aasta SVT andmemaatriksid jagunesid kuueks klastriks

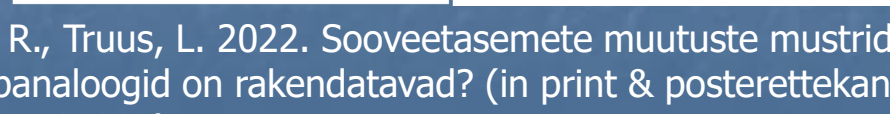
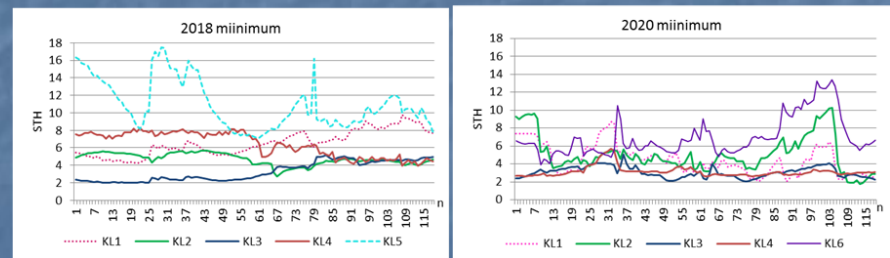
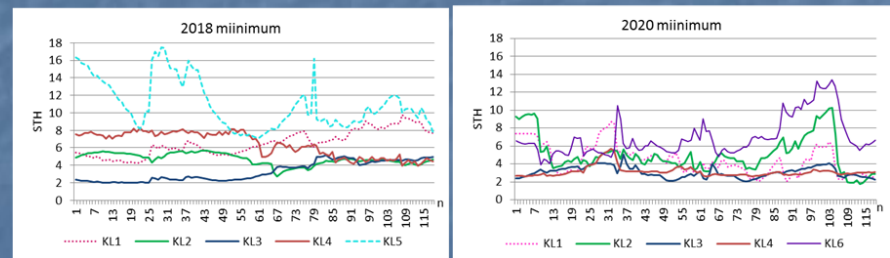
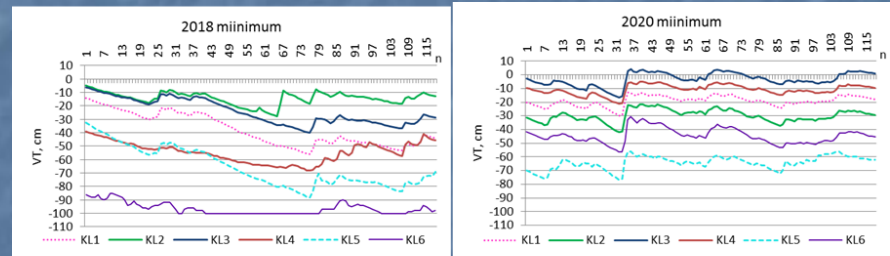
*Klastrite keskmised SVT-d olid 2020 aastal stabiilsemad võrreldes 2018 aastaga

*Keskmiselt kõrgeima ja suhteliselt stabiilse SVT-ga klastriks oli 2018 aastal Klaster2 ning 2020 aastal Klaster3; - **kõik on LIFE ala avatud madal-/siirdesoo ökotoobid.**

*Suurima variatiivsusega ja ka madalaimate SVT-ga klastriteks kujunesid soometsadega seotud klastrid



A) 2018 miinimum B) 2020 miinimum



In: Lode, E., Ilomets, M., Küttim, M., Pajula, R., Truus, L. 2022. Sooveetasemete muutuste mustrid hüdroloogilisel miinimumperioodil; kas ökotoopanalooigid on rakendatavad? (in print & posterettekanne NHC2022)

EESTI PÄEV, 15.08.2022

Pikaajaliselt saadud tulemused

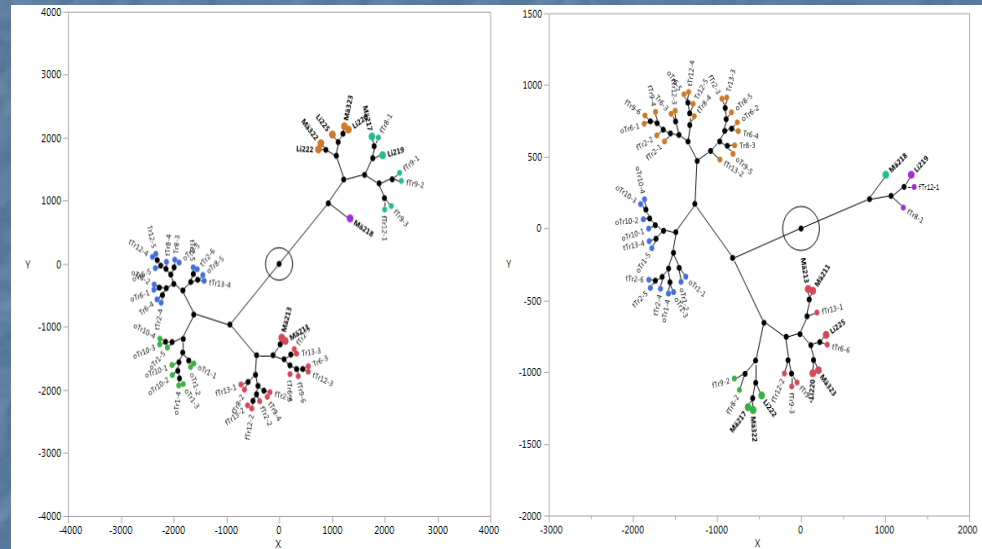
2018	2020
Mõ 213	Mõ 213
Mõ 211	Mõ 211
fTr2-3	fTr13-1
fTr13-3	L1225
Tr6-3	tTr6-6
tTr12-3	Mõ 323
fTr9-6	L1220
tTr6-6	fTr9-1
fTr2-1	fTr9-3
tTr9-4	fTr12-2
fTr2-2	L1222
fTr12-2	Mõ 322
fTr13-2	Mõ 217
fTr8-2	fTr8-2
fTr13-1	fTr9-2
oTr1-1	oTr1-1
oTr1-2	oTr1-2
oTr1-3	oTr1-3
oTr1-4	oTr1-4
oTr10-2	Tr2-4
oTr10-1	tTr2-5
oTr1-5	tTr2-6
oTr10-3	oTr1-5
oTr10-4	tTr13-4
Tr2-4	oTr10-1
Tr6-4	oTr10-2
oTr6-1	oTr10-3
oTr6-2	oTr10-4
oTr6-5	fTr2-1
tTr12-4	fTr2-2
Tr12-5	oTr6-1
tTr8-4	fTr9-6
Tr8-3	tTr9-4
oTr9-5	Tr6-3
tTr2-5	tTr12-3
tTr2-6	oTr6-5
oTr8-5	tTr12-4
tTr13-4	Tr12-5
L1222	tTr8-4
Mõ 322	fTr2-3
L1225	Tr13-3
Mõ 323	oTr8-5
L1220	oTr6-2
Mõ 217	Tr6-4
fTr8-1	Tr8-3
L1219	oTr9-5
fTr9-1	fTr13-2
fTr9-2	Mõ 218
fTr9-3	L1219
fTr12-1	fTr12-1
Mõ 218	fTr8-1

2018 a klaster jaotus	
	Kluster 1
	Kluster 2
	Kluster 3
	Kluster 4
	Kluster 5
	Kluster 6

IX) Nii klasterjaotuste dendrogramm kui ka tähtkuju graafik 2018 aasta kohta erines 2020 aasta tulemustest

Nimetagem seda klasterjaotuste volatiilsuseks

(teise kolonni värvid näitavad esimese kolonni ökotoopide paiknemist 2020 aasta jaotuse järgi)



In: Lode, E., Ilomets, M., Küttim, M., Pajula, R., Truus, L. 2022. Sooveetasemete muutuste mustrid hüdrooloogilisel miinimumperioodil; kas ökotoopanalooigid on rakendatavad? (in print & posterettekanne NHC2022)

Pikaajaliselt saadud tulemused

X) 2018 klasteritest ainult kahel klastril olid ökotoobid nii LIFE alalt kui ka Endla rabadelt

*Esimene neist (Klaster1) säilitas 2020 aastal seose 33 % ökotoopide ulatuses

*Parimad seosed säilisid LIFE ala avatud ökotoopidel (100%)

*Üllatus: Endla ökotoobid (Klaster4 2018 aastal) olid 2020 aastal kõik uutes klasterseostes

2018 a klasterseos			2020 a säilinud klasterseos			
N	Nj	paiknevus	Nj	%	paiknevus	Ökotoobid
1	15	Endla/LIFE	5	33	Endla/LIFE	Mä213, Mä211, fTr13-1, tTr6-6, fTr12-2
2	9	LIFE	9	100	LIFE	oTr1-1, oTr1-2, oTr1-3, oTr1-4, oTr10-2, oTr10-1, oTr1-5, oTr10-3, oTr10-4
3	14	LIFE	10	71	LLIFE	oTr6-1, oTr6-5, tTr12-4, Tr12-5, tTr8-4, oTr8-5, oTr6-2, Tr6-4, Tr8-3, oTr9-5
4	5	Endla	0	0	Endla	Kõik on uutes klasterseostes: Li222, Mä322, Li225, Mä323, Li220
5	7	Endla/LIFE	3	43	Endla/LIFE	Li219, fTr12-1, fTr8-1
6	1	Endla	1	100	Endla	Mä218

In: Lode, E., Ilomets, M., Küttim, M., Pajula, R., Truus, L. 2022. Sooveetasemete muutuste mustrid hüdrooloogilisel miinimumperioodil; kas ökotoopanalooigid on rakendatavad? (in print & posterettekanne NHC2022)

Pikaajaliselt saadud tulemused

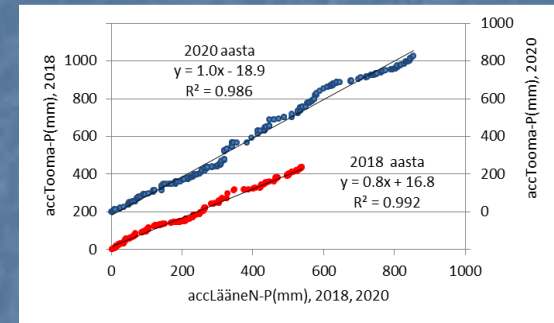
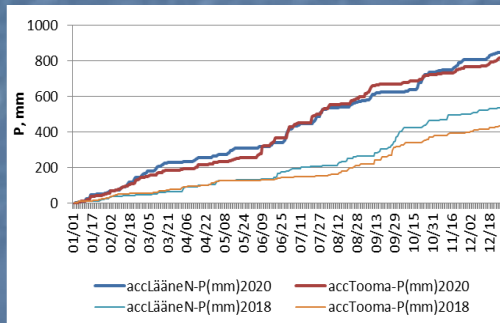
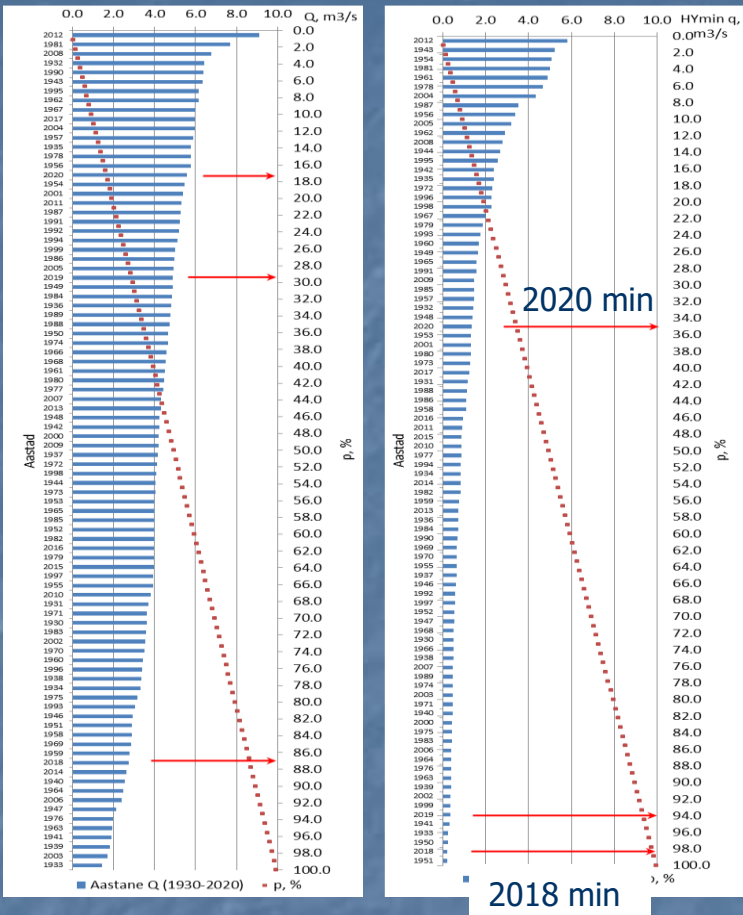
Vihterpalu jõe äravoolud aastased
suvine miinimum p.

XI) Pikaajalises andmeajas (1930-2019) oli 2018 aasta hüdroloogilise miinimum perioodi äravoolude tagatuseks $P = 88\%$. 2020 aastal oli perioodi tagatuseks $P = 18\%$

*Lääne-Nigula MJ-s ja Tooma MMV-I registreeritud 2018 ja 2020 aasta kumulatiivne päevasademete summad olid oma vahel võrreldavad ja nende korrelatsioon kõrge

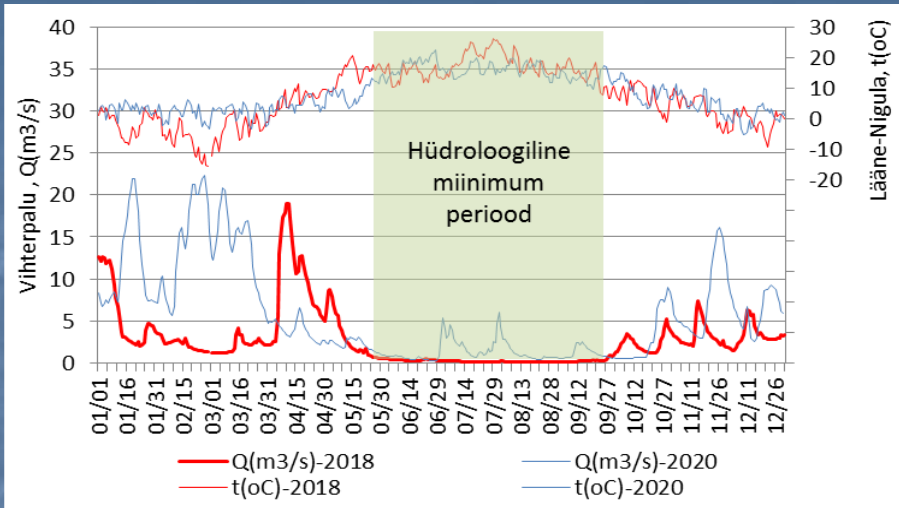
*Sama kehtib ka õhutemperatuuride kohta

Järeldus: meteoroloogilised tingimused Läänemaa-Suursoos ja Linnusaare ja Männikjärve raba piirkonna kohta olid võrreldavad



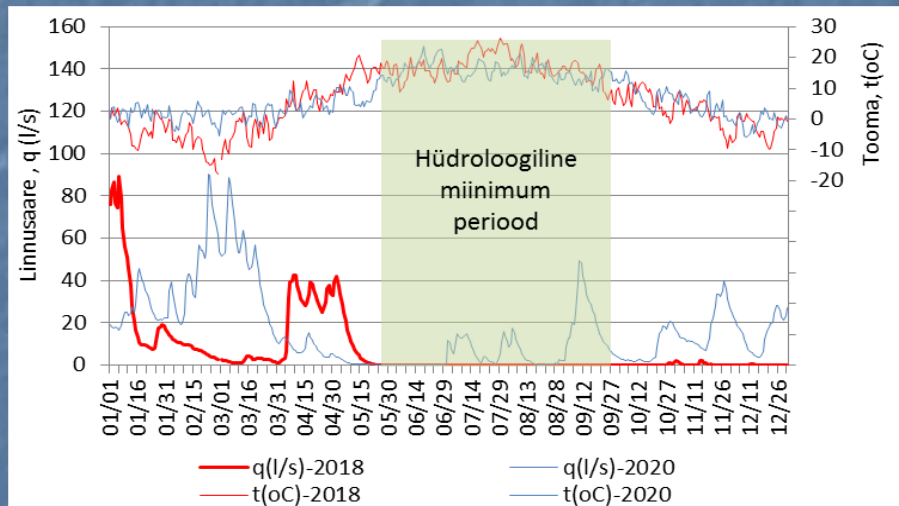
In: Lode, E., Ilomets, M., Küttim, M., Pajula, R., Truus, L. 2022. Sooveetasemete muutuste muustrid hüdroloogilisel miinimumperioodil; kas ökotopanoloogid on rakendatavad? (in print & posterettekanne NHC2022)

Pikaajaliselt saadud tulemused



XII) Hüdroloogiliste miinimumperioodide äravoolud sooladelt moodustasid 2018 aastal **vaid 2-0%** perioodi sademete summast (P=170-130 mm) ning 2020 aastal **vaid 7-8%** perioodi sademete summast (P=310-420 mm).

NB! Suvistel miinimumperioodidel soovee äravoolude osakaal eesvooludes oli äärmiselt madal ja seda isegi juhul, kui hüdroloogilise miinimumperioodi sademete summa moodustas peaaegu 50% aastast sademete summast!



In: Lode, E., Ilomets, M., Küttim, M., Pajula, R., Truus, L. 2022. Sooveetasemete muutuste mustrid hüdroloogilisel miinimumperioodil; kas ökotopanaloogid on rakendatavad? (in print & posterettekanne NHC2022)

Tooma soojaama programm rabas

Meteoroloogilised mõõtmised:

õhutemperatuur, õhuniiskus, tuul, sademed,

Turbalasundi ja mulla temperatuur rabas:

temperatuur maa- ja soopinnal, turbalasundi ja mulla temperatuur erinevatel sügavustel kuni 3,2 m sügavuseni

Põhjaveetasemed: 13 puurkaevu (max = 20 m, min = 2 m)

Sooveetasemed: 11 kaevu, 5 laukavaia

Soovete taseme sõltuvus sademetest: peenar-
lauka ja peenar-älve mikromaastik

Hüdromeetrijaamade veetase ja äravool: 6
veetaseme jaama

Auramine: aurumismõõtel nelja lüsimeetriga,
aurumismõõtel laukas

Pinnase külmumine, lume kõrgus, lume
veevaru: külmumine 3-l mikromaastikul, lume
kõrgus 3-l mikromaastikul ja metsamaastikul

Soovee keemiline koostis: 4x aastas

Linnusaare hüdromeetrijaama Linnusaare oja
vee pindmine kiht (0,10-0,20 m); analüüsid -
Keskkonnauuringute Keskuse labor



In: Soo aastaraamat 2021, Soo aastaraamat 2020

<https://storymaps.arcgis.com/stories/e56d6982c84740dea5e7ff4f75d5bbca>

TÄNAN TÄHELEPANU EEST!



Tänu!

- EL-i LIFE Peat Restore EU Life+ project LIFE15 CM/DE/000138
- LIFE Peat Restore Eesti poolne meeskond, vastutav täitja M. Ilomets
- Kaastöö autorid LTI Ökoloogia Keskusest, TLÜ
- Tooma soojaam ja KAUR-i hüdroloogia osakond

Elve Lode

e-post: elve.lode@tlu.ee