

Haapaveden Haapajärven säännöstelyn kehittäminen - hydrologiset laskelmat

Kalle Sippel
Suomen ympäristökeskus
20.4.2021



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Taustaa

- Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE) tehtiin Haapaveden Haapajärven (Kirkkojärven) säännöstelyn alustava tarkastelu v. 2017 Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen tilauksesta
- Taustalla Pyhäjoen kunnan alueen jääpatojen aiheuttamat tulvat v. 2013
- Haapajärven säännöstelypadon luukut jouduttiin avaamaan 19.4.2013 Haapajärven tulovirtaaman kasvaessa siten, että lähtövirtaama kasvoi klo 13 arvosta 83 m³/s keskiyöhön mennessä 154 m³/s:iin
- Virtaaman kasvu oli todennäköisesti osatekijänä, kun massiivinen jääpato lähti liikkeelle joen alaosassa

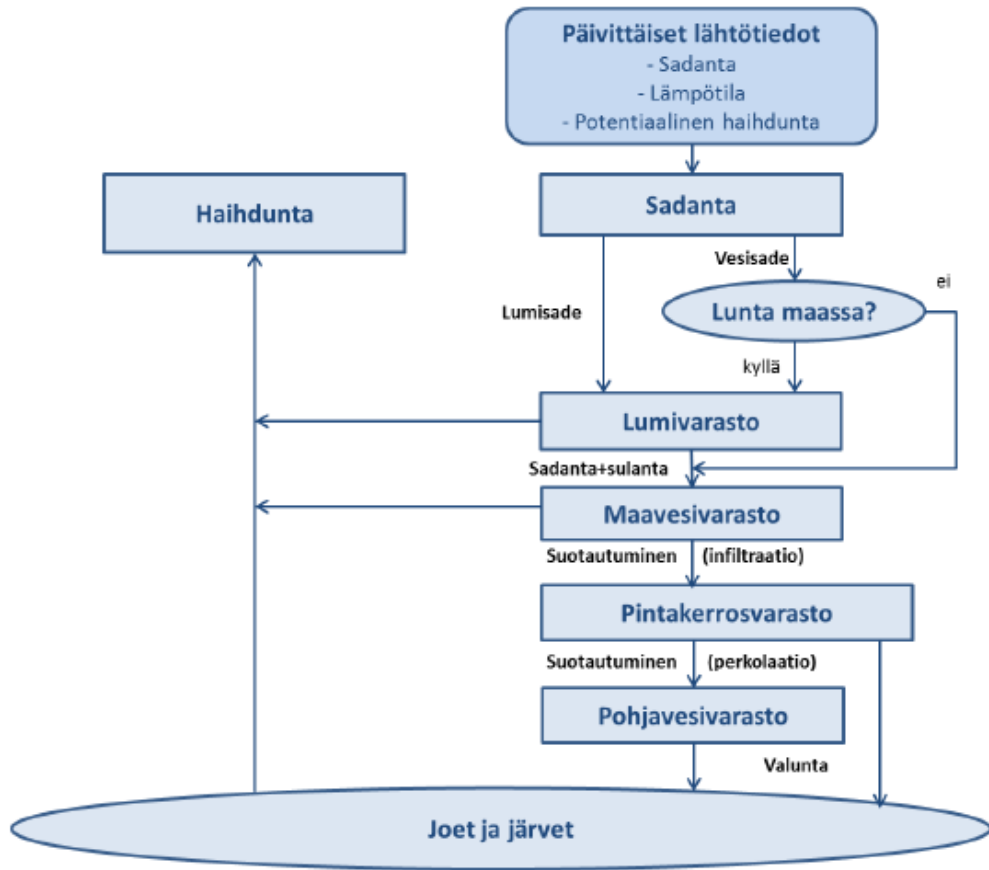
Tarkastelun keskeiset kysymykset

- Olisiko nopeaa virtaaman nousua mahdollista pienentää nykyisten luparajojen puitteissa?
- Onko tarvetta muuttaa säännöstelylupaa nykykäytännöstä?
- Onko mahdollista toteuttaa hallittu luukkujen avaus esim. jääpatotilanteessa (vrt. kevät 2013)?



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Vesistömallijärjestelmän toimintaperiaate

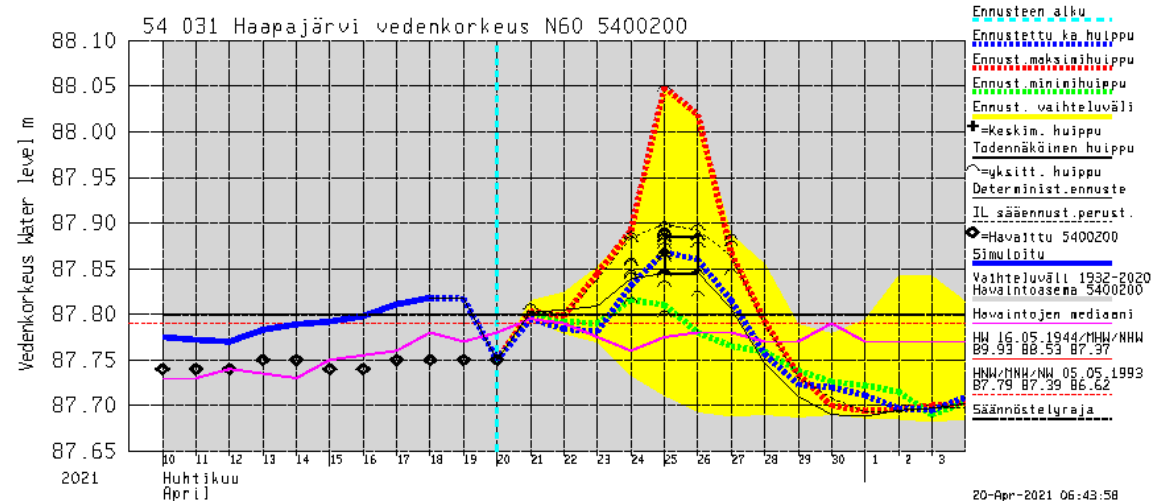
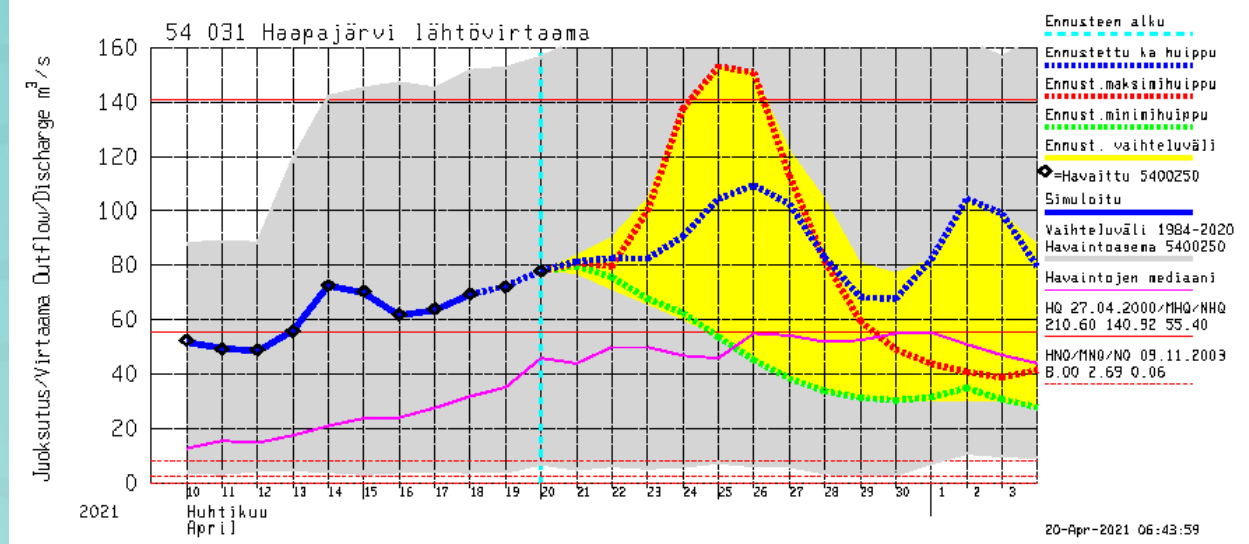
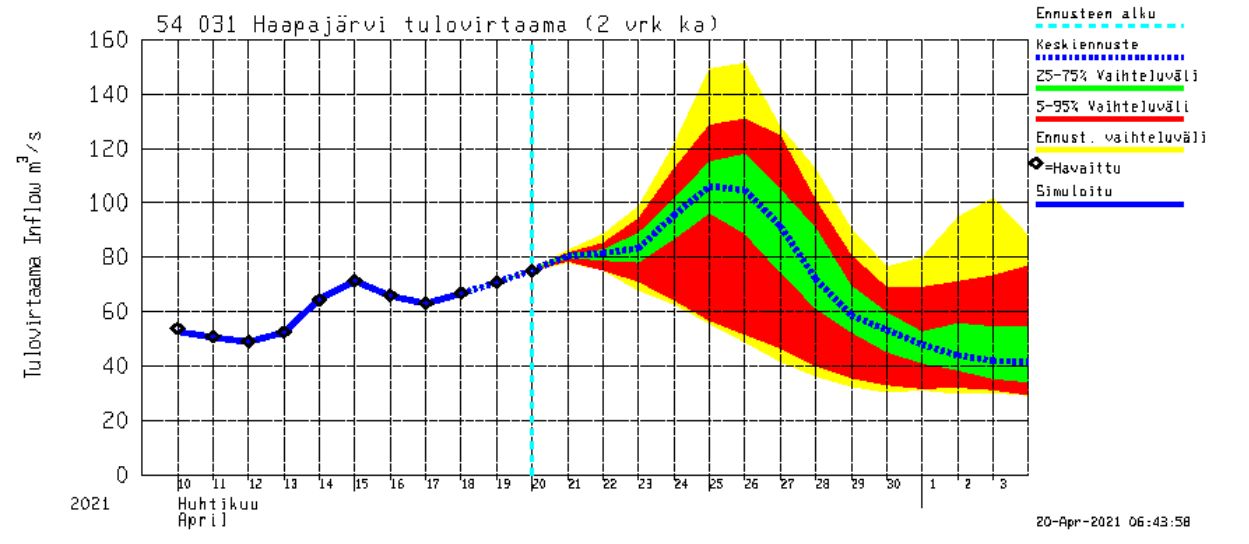


- Suomen ympäristökeskuksessa kehitetty veden kiertokulkua mallintava valtakunnallinen järjestelmä
- Sovelletaan sekä operatiivisessa ennustekäytössä että tutkimustarkoituksiin
- Malli voidaan kalibroida olemassa olevien havaintojen pohjalta ja siihen syötettävät lähtötiedot (lämpötila, sadanta, potentiaalinen haihdunta) yhdessä valuma-alueen ominaisuuksien kanssa antavat tietoa mm. lumen vesiarvon kehittymisestä, pohjavesistä sekä veden virtauksesta kohti valuma-alueen purkupistettä
- Mallin tuloksista voidaan eritellä esim. jokien virtaamat ja järvien tulovirtaamat
- Vesistömallijärjestelmään on mahdollista ohjelmoida säännöstelyohjeita ja siten tehokkaasti laskea pitkiäkin ajanjaksoja



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Haapajärven ennusteet (20.4.2021)



- Pyhäjoen vesistöalueella käytössä toistaiseksi vain vuorokausimalli
- Tuntimalli kehitteillä (esim. Kalajoella jo toiminnassa)

Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Säännöstelyvaihtoehdot

- Raportissa ”Haapajärven säännöstelyn alustava tarkastelu” (2017) käsiteltiin Haapajärven lähtövirtaaman rajoittamista kahdella vaihtoehtoisella tavalla:
 - A) nykyisen säännöstelyluvan mukaisesti siten, että padon luukkuja avataan, kun säännöstelyn yläraja ($N60 + 87,8 \text{ m}$) on ylittymässä
 - B) nykyisen ylärajan ollessa ylittymässä ei noudateta luvan mukaista ehtoa padon luukkujen avaamisesta
- Kumpaankin vaihtoehtoon oli neljä lisäehtoa kevätkuopan tekemistä koskien
- Raportin perusteella valittiin jatkotarkasteluita varten neljä eri säännöstelyvaihtoehtoa (B1, B2, B3, B4)
- Niistä jokaisessa järven vedenkorkeus saa tarvittaessa nousta selvästi nykyisen säännöstelyn ylärajan $N60 + 87,8 \text{ m}$ yli, jos siten voidaan estää mahdolliset tulvavahingot esimerkiksi jääpatotilanteessa alapuolisessa vesistössä
- Simuloinneissa säännöstelyn yläraja on porrastettu siten, että ehdoton raja on $N60 + 88,35 \text{ m}$.
- Vedenkorkeuden nousua kuitenkin rajoitetaan jo tason $N60 + 88,15 \text{ m}$ ylittyessä
- Tulva-ajan on simuloinneissa oletettu kestävän 3-4 vuorokautta, minkä jälkeen vedenkorkeus lasketaan takaisin nykyisen säännöstelyn ylärajan alapuolelle

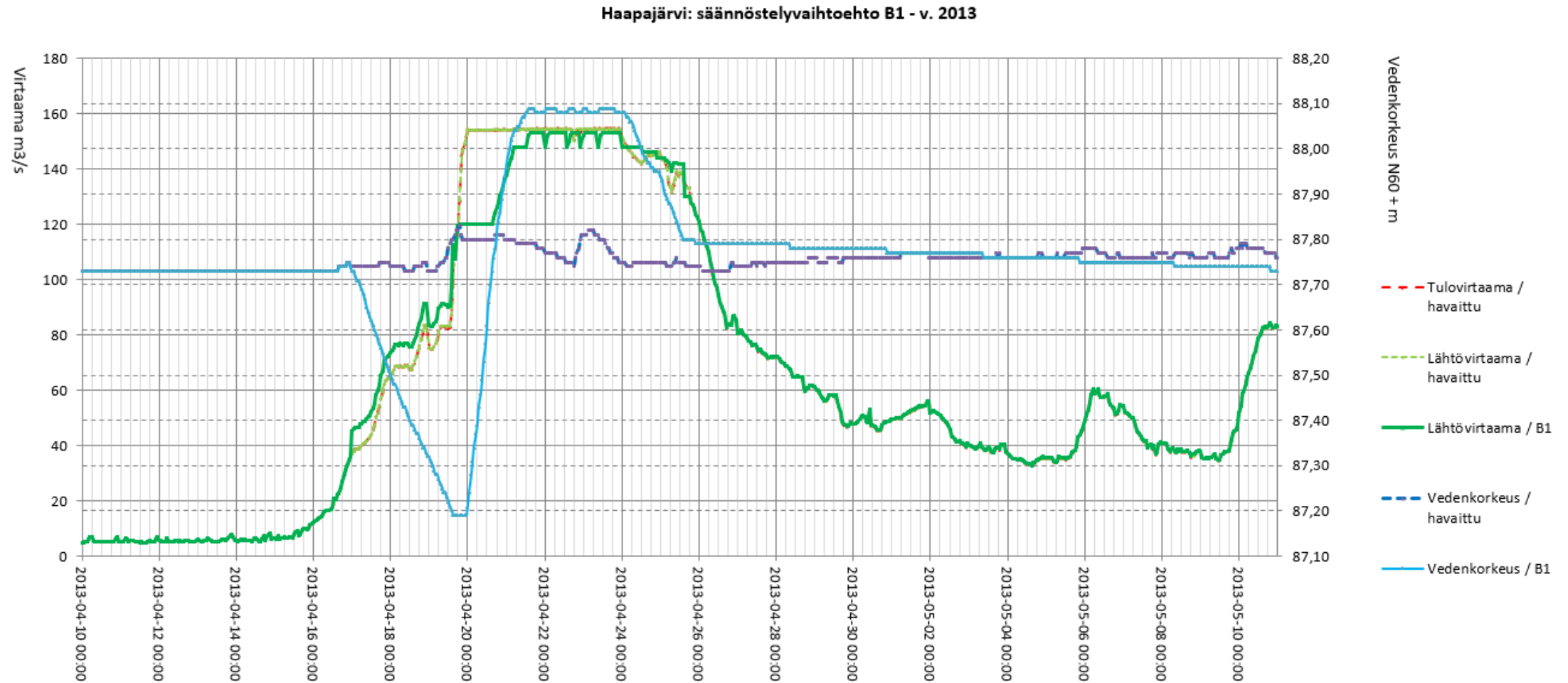
Säännöstelyvaihtoehto B1

- Tehdään kuoppa tasolle N60 + 87,2 m
- Kuopan teko aloitetaan 4-5 päivää ennen ennustettua tulvahuippua (tulovirtaaman maksimiarvoa)
- Kun tulovirtaaman voimakkaampi kasvu alkaa, lisätään juoksutusta tasaisesti 2 m³/s tunnissa ja annetaan vedenkorkeuden tarvittaessa nousta uuden säännöstelyn ylärajan tasolle N60 + 88,35 m



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Säännöstelyvaihtoehto B1



Tulvahuipun pvm 20130422 / kuoppa välille 20130417 - 20130420 / tasoon 87.2 m

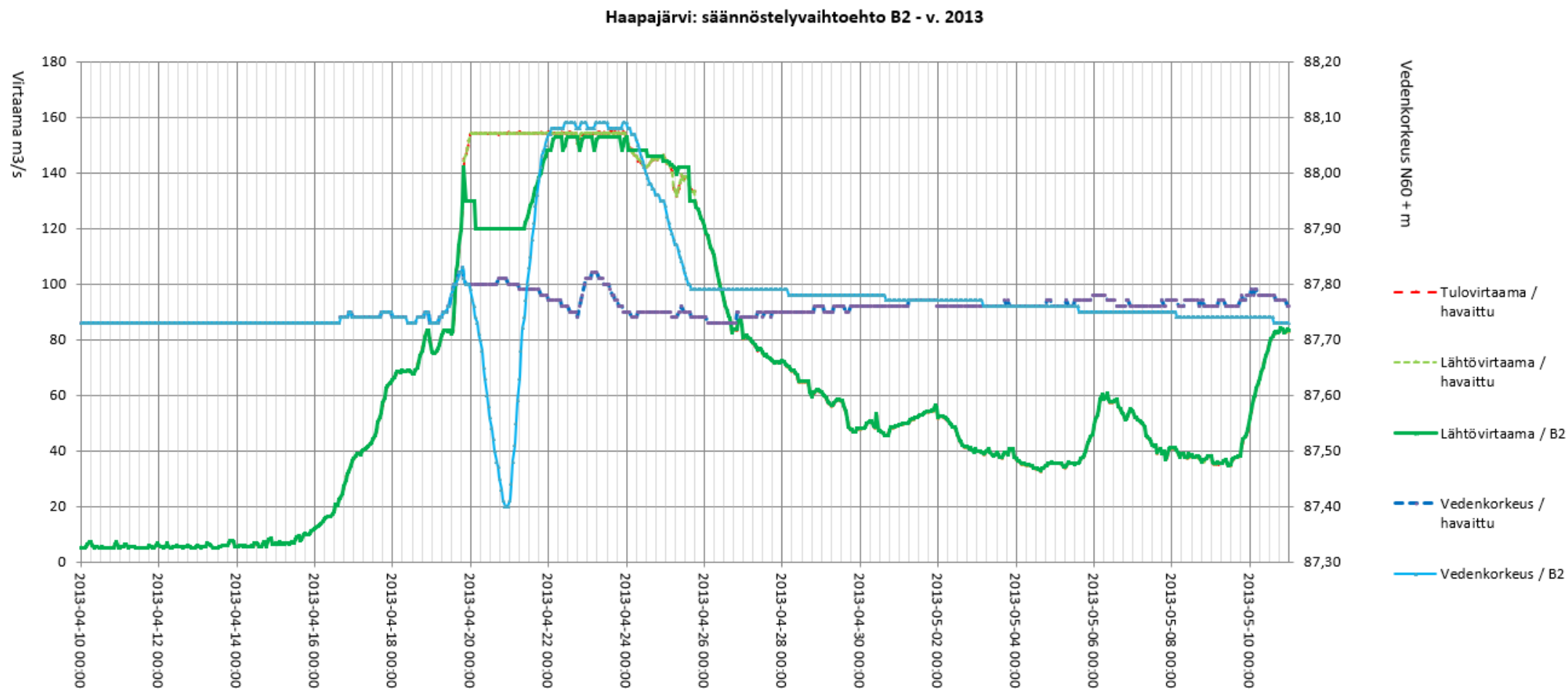
Säännöstelyvaihtoehto B2

- Tehdään kuoppa nykyisen säännöstelyn alarajan mukaisesti tasolle N60 + 87,4 m
- Kuopan teko aloitetaan sen mahdollisimman myöhään, 1-2 vuorokautta ennen ennustettua tulvahuippua
- Kasvatetaan lähtövirtaamaa 2 m³/s tunnissa siitä alkaen, kun voimakkaampi tulovirtaaman kasvu alkaa



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Säännöstelyvaihtoehto B2



Tulvahuipun pvm 20130422 / kuoppa välille 20130420 - 20130421 / tasoon 87.4 m

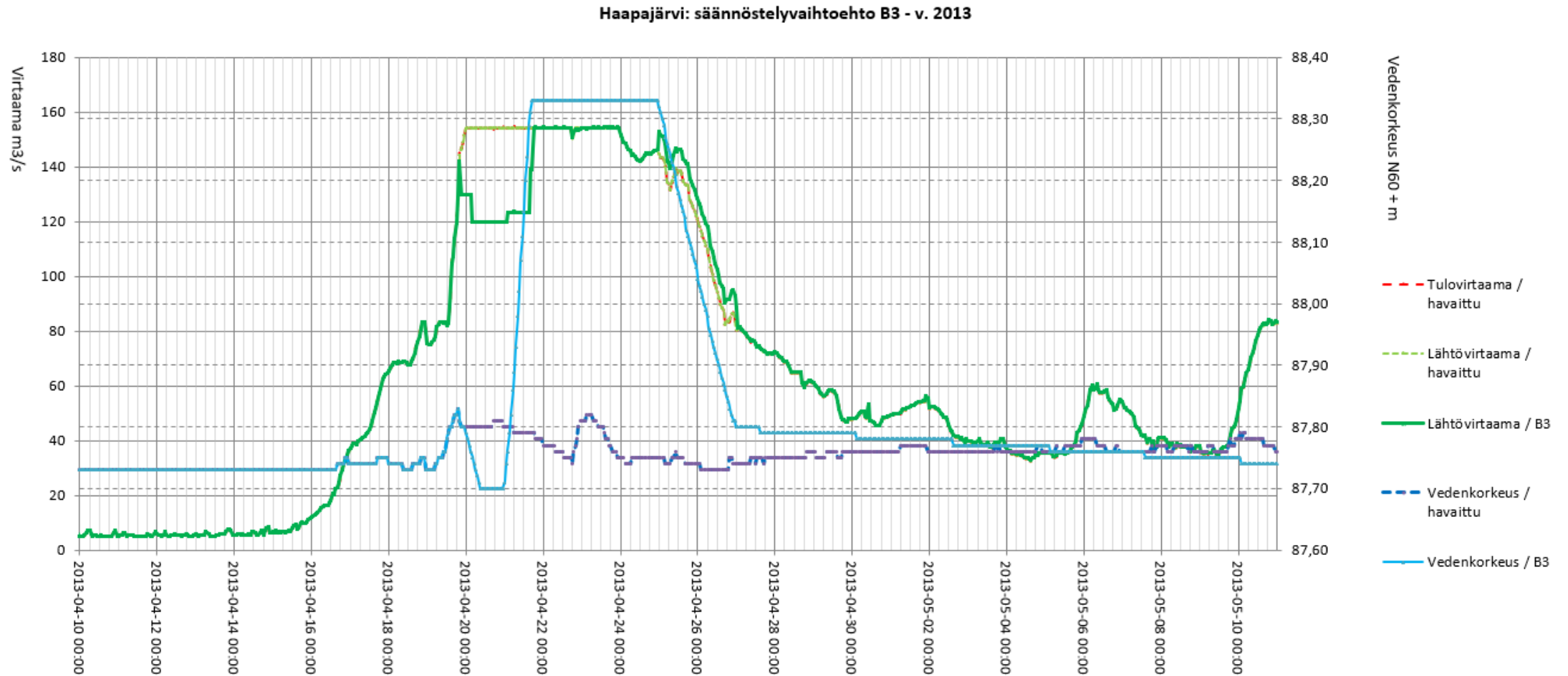
Säännöstelyvaihtoehto B3

- Tehdään 10 cm kuoppa, tasolle N60 + 87,7 m
- Rajoitetaan voimakkaan nousun aikana lähtövirtaamaa mahdollisimman pitkään siten, että se on 80-99 % tulovirtaamasta



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Säännöstelyvaihtoehto B3



Tulvahuipun pvm 20130422 / kuoppa välille 20130420 - 20130421 / tasoon 87,7 m

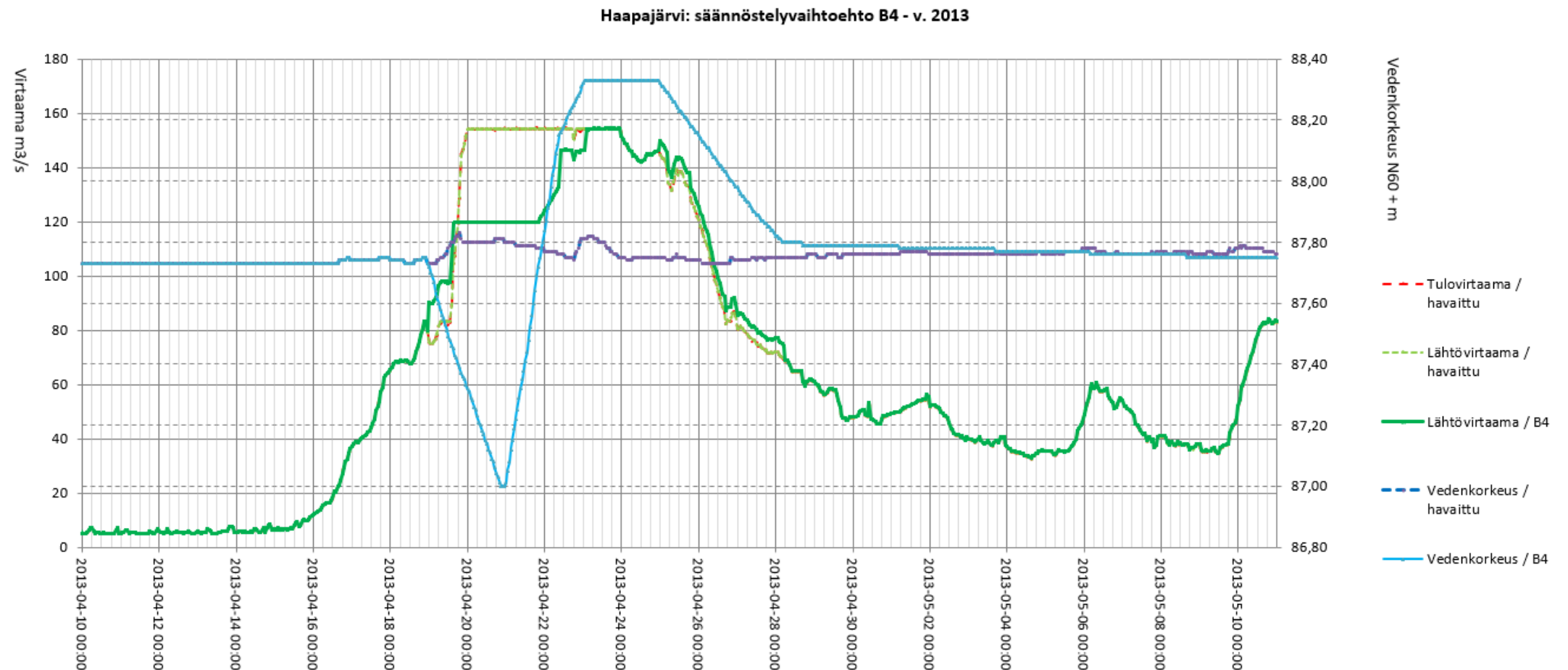
Säännöstelyvaihtoehto B4

- Tehdään kuoppa vanhan säännöstelyn alarajan tasolle N60 + 87,0 m
- Kasvatetaan lähtövirtaamaa loivemmin, 1 m³/s tunnissa



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

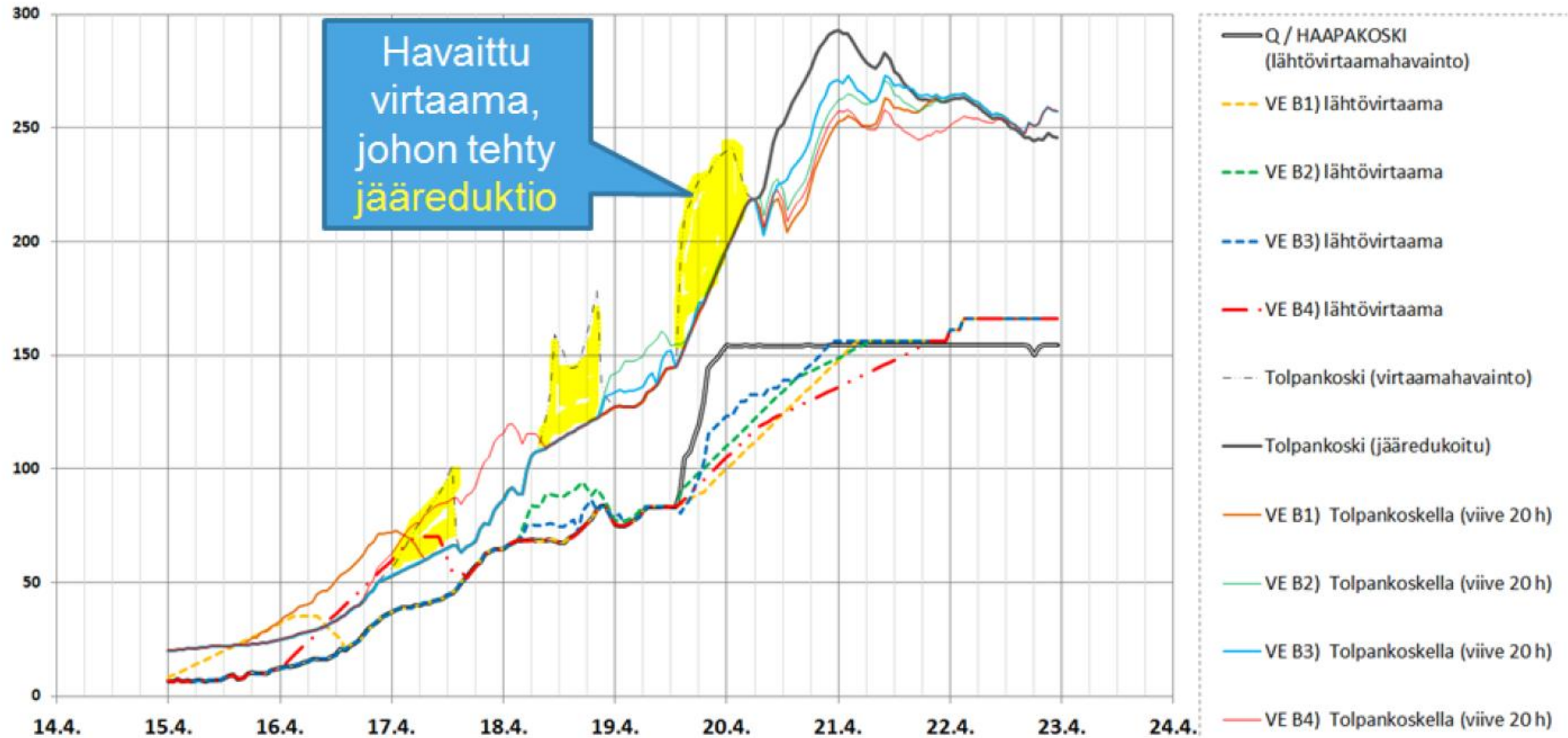
Säännöstelyvaihtoehto B4



Tulvahuipun pvm 20130422 / kuoppa välille 20130420 - 20130421 / tasoon 87,7 m

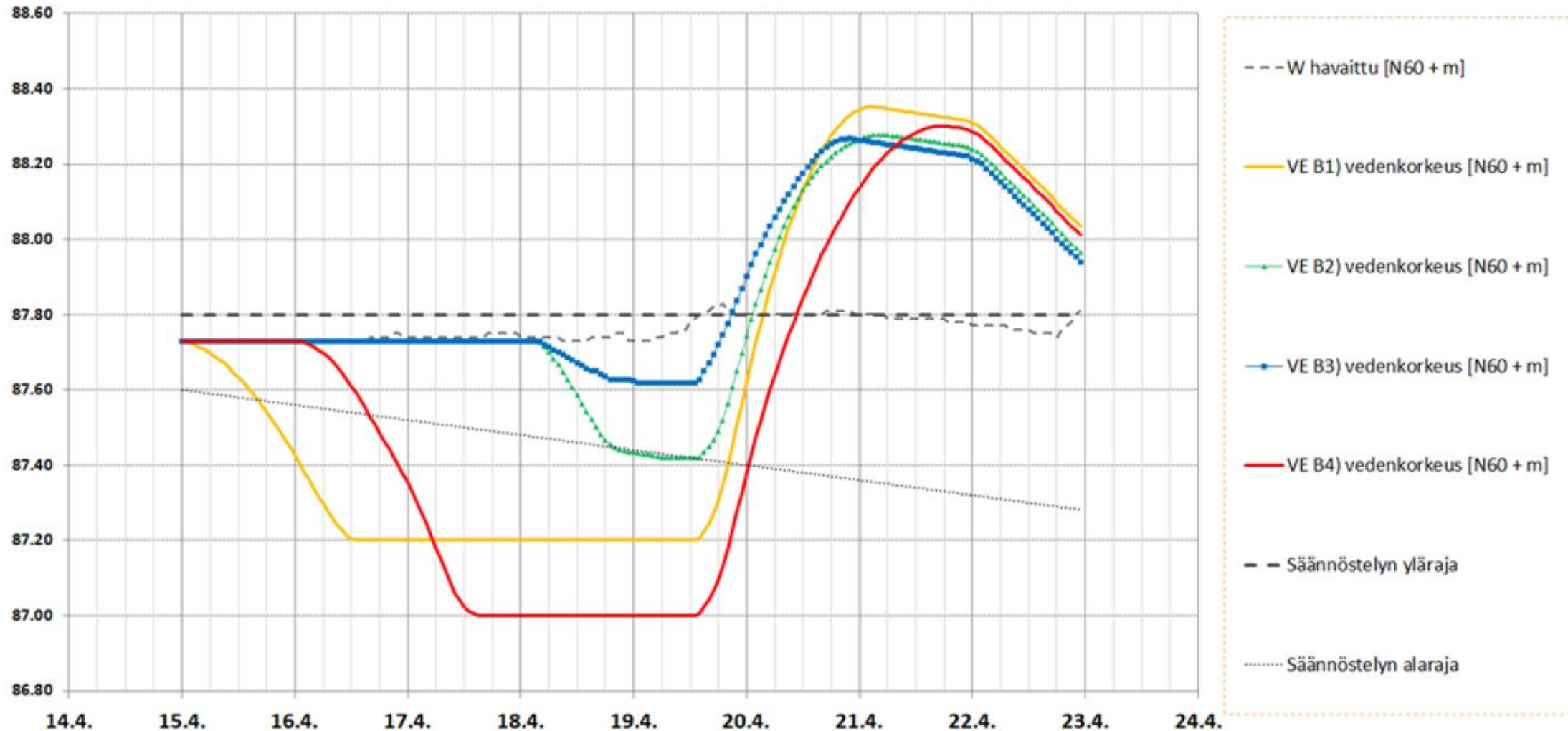
Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Vaikutus Tolpankosken virtaamaan



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Haapajärven vedenkorkeus eri vaihtoehdoissa



Ilmastonmuutoslaskennat

Käytetyt skenaariot:

1	332	IPka45 (keski)
2	300	IPC300 (lämmin ja märkä)
3	314	IPC314 (kylmä ja märkä)
4	277	IPC277 (lämmin ja kuiva)

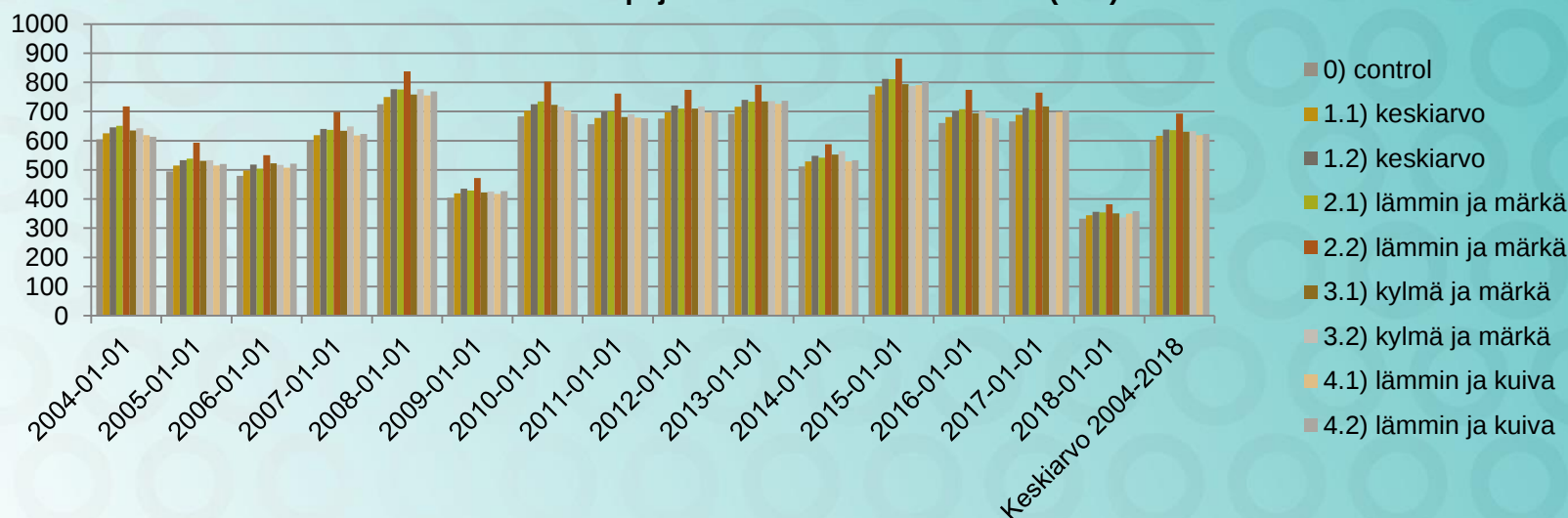
- Tarkasteluun valittiin ilmastoskenaario RCP 4,5, joka sisältää keskimääräiset päästöt vuosisadan lopulle mennessä eli säteilypakotteen $4,5 \text{ W/m}^2$
- Tässä ilmastoskenaariossa tärkeimmän kasvihuonekaasun eli hiilidioksidin päästöt jatkavat kasvuaan tämän vuosisadan puoliväliin, ja alkavat sitten vähentyä vuosisadan loppua kohden
- Vuosisadan loppuun mennessä hiilidioksidipäästöt vakiintuisivat lukemiin, jotka ovat noin kaksi kertaa suurempia verrattuna aikaan ennen teollisuutta (Ruosteenoja ym. 2016)
- Lämpötilan muutosten osalta tarkastelussa on myös huomioitu muutokset lämpötilan jakaumassa
- Historiajaksona on käytetty 30 vuoden jaksoa 1981-2010 ja ilmastonmuutosjaksoina 2010-2039 ja 2040-2069
- Keskiarvoskenaarion lisäksi on tarkasteltu kolmea ääriskenaariota, jotta ilmastonmuutokseen liittyvä epävarmuus tulee huomioitua

Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Ilmastomuutoslaskennat: sadesumma

Haapajärven lähialue	nyky	201039_IPka45	204069_IPka45	201039_IPC300	204069_IPC300	201039_IPC314	204069_IPC314	201039_IPC277	204069_IPC277
Sadesumma (mm)	0) control	1.1) keskiarvo	1.2) keskiarvo	2.1) lämmin ja märkä	2.2) lämmin ja märkä	3.1) kylmä ja märkä	3.2) kylmä ja märkä	4.1) lämmin ja kuiva	4.2) lämmin ja kuiva
2004	605	626	646	651	718	635	643	619	614
2005	494	515	533	539	593	531	533	515	520
2006	479	498	519	504	550	523	517	508	522
2007	597	619	640	637	699	634	649	618	623
2008	725	750	777	776	838	759	777	755	769
2009	405	419	435	429	472	423	426	418	427
2010	683	703	725	735	803	722	717	703	693
2011	657	678	700	700	761	681	691	678	677
2012	676	697	721	710	774	710	718	696	699
2013	692	716	740	734	792	735	735	726	737
2014	512	529	548	542	588	552	565	529	533
2015	759	787	812	811	882	794	788	790	801
2016	661	682	702	708	774	694	703	678	677
2017	666	689	713	705	765	718	697	698	703
2018	332	344	356	354	382	351	337	350	358
Keskiarvo 2004-2018	596	617	638	636	693	631	633	619	624
% referenssistä	100.0 %	103.4 %	107.0 %	106.6 %	116.2 %	105.8 %	106.2 %	103.8 %	104.6 %
Maksimi 2004-2018	759	787	812	811	882	794	788	790	801
% referenssistä	100.0 %	103.7 %	107.0 %	107.0 %	116.2 %	104.7 %	103.8 %	104.2 %	105.6 %
Mimimi 2004-2018	332	344	356	354	382	351	337	350	358
% referenssistä	100.0 %	103.7 %	107.2 %	106.5 %	114.9 %	105.5 %	101.6 %	105.3 %	107.8 %

Haapajärven lähialue: sadesumma (mm)

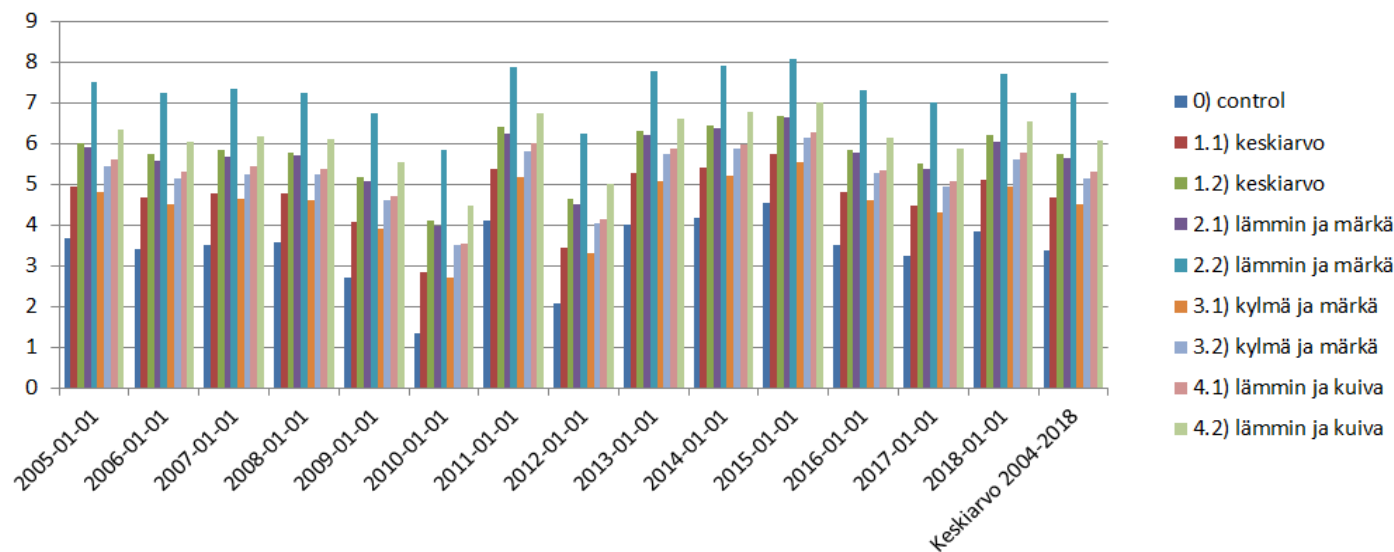


Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Ilmastomuutoslaskennat: keskilämpötila

Haapajärven lähialue	nyky	201039_IPka45	204069_IPka45	201039_IPC300	204069_IPC300	201039_IPC314	204069_IPC314	201039_IPC277	204069_IPC277	
Keskilämpötila	0) control	1.1) keskiarvo	1.2) keskiarvo	2.1) lämmin ja märkä	2.2) lämmin ja märkä	3.1) kylmä ja märkä	3.2) kylmä ja märkä	4.1) lämmin ja kuiva	4.2) lämmin ja kuiva	
2004		3.04	4.34	5.42	5.30	6.94	4.16	4.84	4.95	5.76
2005		3.68	4.94	6.00	5.90	7.50	4.79	5.43	5.60	6.34
2006		3.39	4.67	5.73	5.57	7.24	4.49	5.15	5.32	6.05
2007		3.50	4.79	5.83	5.68	7.34	4.62	5.25	5.43	6.18
2008		3.58	4.78	5.79	5.69	7.23	4.61	5.22	5.37	6.12
2009		2.71	4.06	5.19	5.09	6.74	3.90	4.60	4.72	5.54
2010		1.35	2.85	4.11	3.99	5.83	2.69	3.49	3.53	4.46
2011		4.09	5.36	6.40	6.25	7.88	5.18	5.80	6.00	6.72
2012		2.06	3.45	4.62	4.51	6.24	3.30	4.02	4.14	4.99
2013		4.02	5.26	6.30	6.19	7.77	5.08	5.73	5.86	6.61
2014		4.16	5.41	6.43	6.37	7.90	5.22	5.87	5.96	6.77
2015		4.53	5.72	6.68	6.62	8.06	5.54	6.12	6.27	7.01
2016		3.50	4.79	5.83	5.76	7.30	4.60	5.27	5.33	6.13
2017		3.22	4.46	5.50	5.39	7.00	4.29	4.92	5.08	5.86
2018		3.82	5.11	6.19	6.05	7.70	4.95	5.61	5.78	6.53
Keskiarvo 2004-2018		3.38	4.67	5.73	5.63	7.24	4.49	5.16	5.29	6.07
Ero referenssiin		0.00	1.29	2.36	2.25	3.87	1.12	1.78	1.91	2.70
Maksimi 2004-2018		4.53	5.72	6.68	6.62	8.06	5.54	6.12	6.27	7.01
% referenssistä		100.0 %	126.2 %	147.3 %	146.1 %	177.7 %	122.1 %	135.0 %	138.3 %	154.6 %
Mimimi 2004-2018		1.35	2.85	4.11	3.99	5.83	2.69	3.49	3.53	4.46
% referenssistä		100.0 %	210.7 %	304.7 %	295.3 %	431.7 %	199.0 %	258.5 %	261.4 %	330.5 %

Haapajärven lähialue: keskilämpötila

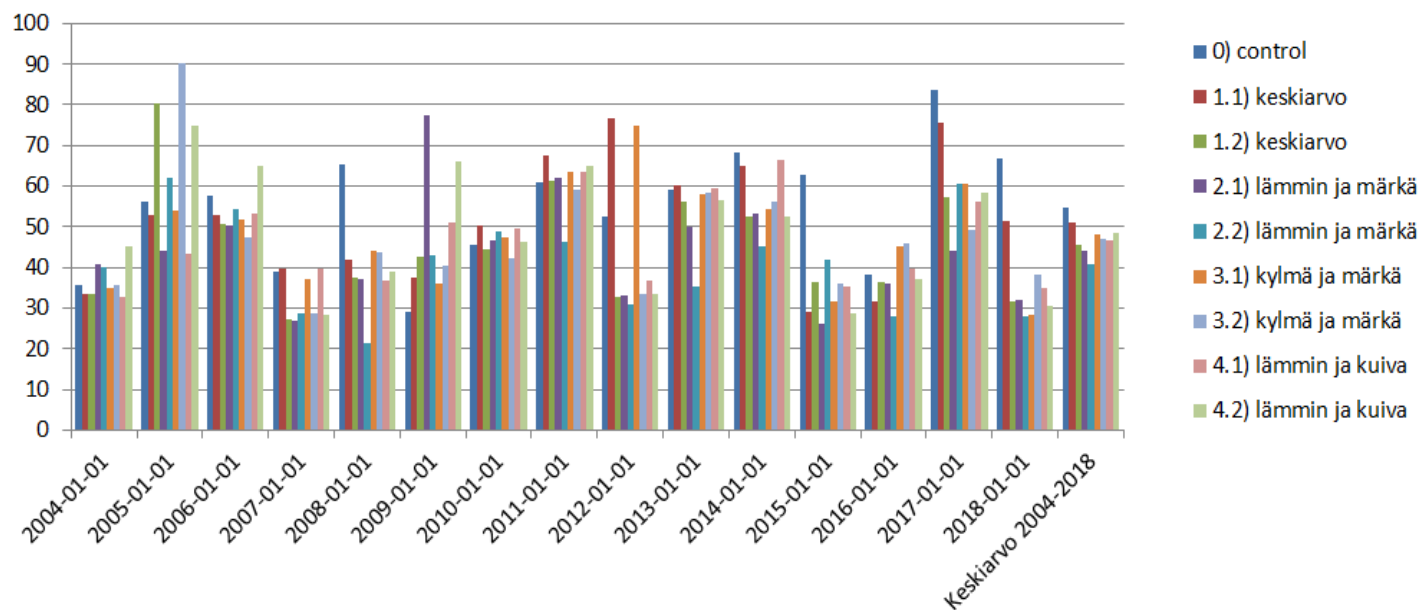


Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Ilmastonmuutoslaskennat: jäänpaksuus

Haapajärvi	nyky	201039_IPka45	204069_IPka45	201039_IPC300	204069_IPC300	201039_IPC314	204069_IPC314	201039_IPC277	204069_IPC277
Maksimi jäänpaksuus (cm)	0) control	1.1) keskiarvo	1.2) keskiarvo	2.1) lämmin ja märkä	2.2) lämmin ja märkä	3.1) kylmä ja märkä	3.2) kylmä ja märkä	4.1) lämmin ja kuiva	4.2) lämmin ja kuiva
2004	35.7	33.6	33.5	40.6	39.9	34.7	35.7	32.6	45.1
2005	56.1	52.9	80.3	44.1	61.9	54.1	90.1	43.5	75.0
2006	57.6	52.8	50.5	50.2	54.3	51.8	47.4	53.2	64.8
2007	38.8	39.7	27.2	26.8	28.8	37.0	28.6	39.7	28.2
2008	65.2	41.8	37.6	37.0	21.3	43.9	43.8	36.6	38.9
2009	29.2	37.4	42.8	77.3	43.0	36.2	40.5	50.9	65.9
2010	45.5	50.4	44.6	46.7	48.6	47.3	42.2	49.7	46.1
2011	61.0	67.4	61.3	61.9	46.2	63.6	58.9	63.5	65.0
2012	52.5	76.7	32.6	33.2	30.9	75.0	33.4	36.8	33.4
2013	58.9	60.3	56.3	49.8	35.2	58.1	58.4	59.5	56.7
2014	68.2	64.9	52.6	53.3	45.3	54.5	56.2	66.3	52.5
2015	62.6	28.9	36.3	26.0	41.8	31.7	36.0	35.2	28.7
2016	38.3	31.7	36.4	36.0	27.8	45.0	46.0	39.6	37.0
2017	83.6	75.7	57.2	43.9	60.6	60.4	49.3	56.3	58.2
2018	66.7	51.3	31.7	32.0	27.9	28.2	38.1	34.8	30.6
Keskiarvo 2004-2018	54.7	51.0	45.4	43.9	40.9	48.1	47.0	46.6	48.4
% referenssistä	100.0 %	93.4 %	83.0 %	80.4 %	74.9 %	88.0 %	86.0 %	85.2 %	88.6 %
Maksimi 2004-2018	83.6	76.7	80.3	77.3	61.9	75.0	90.1	66.3	75.0
% referenssistä	100.0 %	91.7 %	96.0 %	92.5 %	74.1 %	89.7 %	107.8 %	79.3 %	89.7 %
Minimi 2004-2018	29	29	27	26	21	28	29	33	28
% referenssistä	100.0 %	99.0 %	93.3 %	88.9 %	73.1 %	96.6 %	98.0 %	111.8 %	96.5 %

Haapajärven maksimijäänpaksuus (cm)

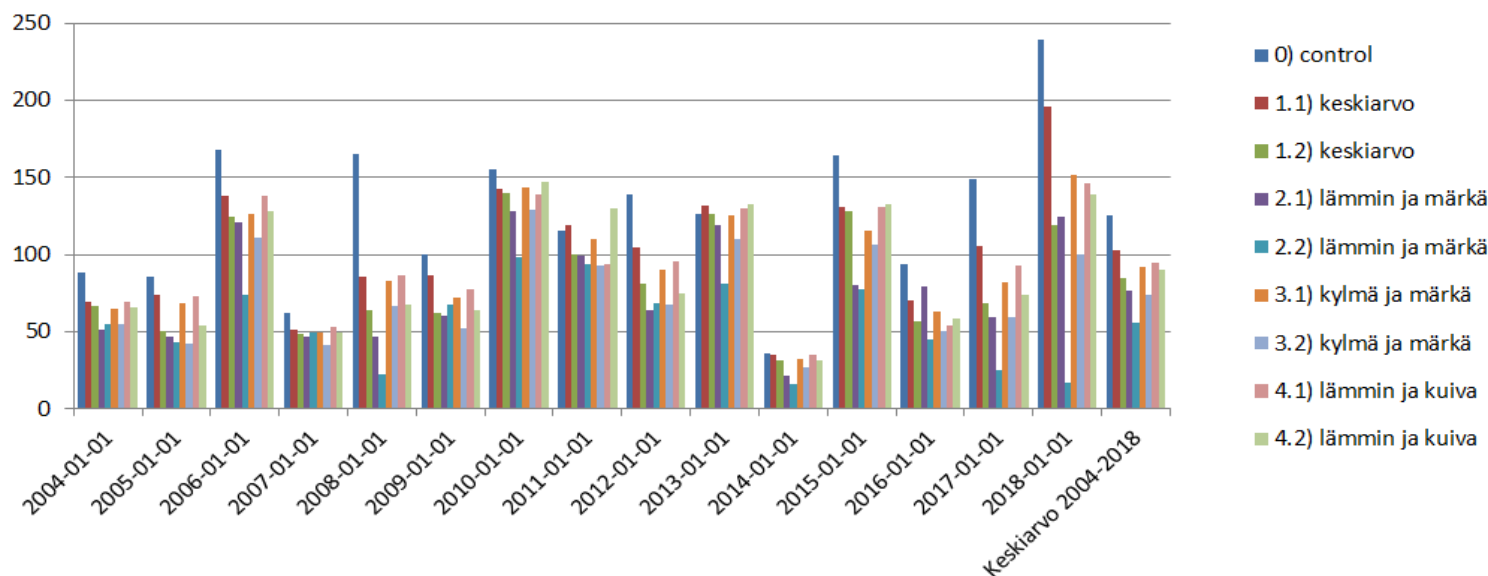


Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Ilmastonmuutoslaskennat: lumen vesi-arvo

Haapajärven lähialue	nyky	201039_IPka45	204069_IPka45	201039_IPC300	204069_IPC300	201039_IPC314	204069_IPC314	201039_IPC277	204069_IPC277
Maksimi lumen vesi-arvo (mm)	0) control	1.1) keskiarvo	1.2) keskiarvo	2.1) lämmin ja märkä	2.2) lämmin ja märkä	3.1) kylmä ja märkä	3.2) kylmä ja märkä	4.1) lämmin ja kuiva	4.2) lämmin ja kuiva
2004	88	69	66	51	55	65	55	69	66
2005	86	74	51	47	43	68	42	73	54
2006	168	138	124	121	74	127	111	138	128
2007	62	51	48	47	49	49	41	53	50
2008	165	86	64	47	23	83	67	87	68
2009	100	87	62	60	68	72	52	77	63
2010	155	143	140	129	98	143	129	139	147
2011	116	119	100	99	93	110	93	94	130
2012	139	104	81	64	68	90	67	95	75
2013	126	132	126	119	81	125	110	130	133
2014	36	35	31	21	16	33	26	35	32
2015	164	130	128	80	78	115	106	131	133
2016	93	70	57	80	45	63	51	54	59
2017	149	106	68	59	25	82	60	93	74
2018	239	196	119	124	17	151	100	146	139
Keskiarvo 2004-2018	126	103	84	77	56	92	74	94	90
% referenssistä	100.0 %	81.6 %	67.1 %	60.9 %	44.1 %	73.0 %	58.7 %	75.0 %	71.5 %
Maksimi 2004-2018	239	196	140	129	98	151	129	146	147
% referenssistä	100.0 %	81.9 %	58.4 %	53.7 %	41.1 %	63.2 %	53.9 %	61.2 %	61.5 %
Minimi 2004-2018	36	35	31	21	16	33	26	35	32
% referenssistä	100.0 %	96.8 %	87.3 %	59.1 %	45.4 %	91.1 %	73.8 %	98.6 %	88.5 %

Haapajärven lähialueen lumen vesi-arvon maksimi (mm)

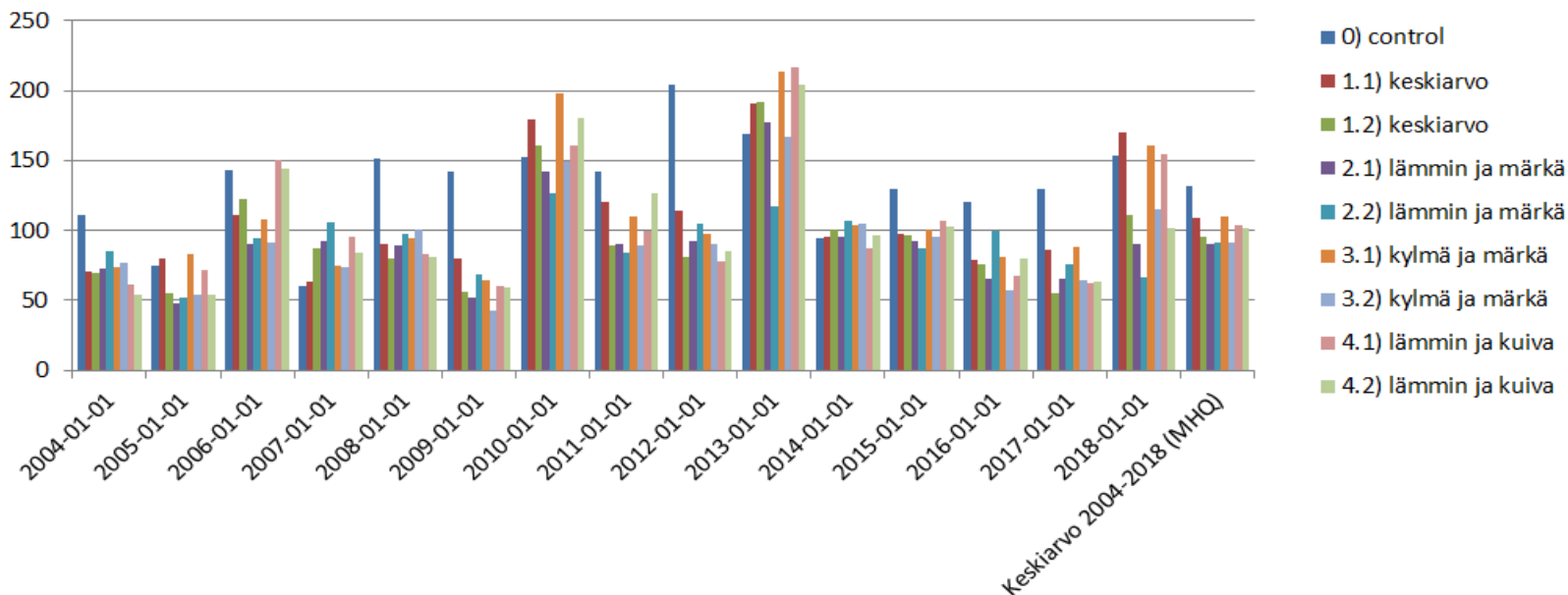


Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Ilmastonmuutoslaskennat: tulovirtaama

Haapajärvi	nyky	201039_IPka45	204069_IPka45	201039_IPC300	204069_IPC300	201039_IPC314	204069_IPC314	201039_IPC277	204069_IPC277
Tulovirtaamamaksimi (m3/s)	0) control	1.1) keskiarvo	1.2) keskiarvo	2.1) lämmin ja märkä	2.2) lämmin ja märkä	3.1) kylmä ja märkä	3.2) kylmä ja märkä	4.1) lämmin ja kuiva	4.2) lämmin ja kuiva
2004	111	70	69	72	85	74	76	61	54
2005	75	80	55	47	52	83	54	72	54
2006	143	111	122	90	94	108	92	150	144
2007	60	63	87	92	106	74	73	96	84
2008	151	90	80	89	97	94	101	83	81
2009	142	80	56	52	68	64	43	61	59
2010	153	180	160	142	127	198	150	161	180
2011	143	120	89	90	84	110	90	99	127
2012	204	114	81	92	105	97	90	78	85
2013	169	191	191	178	118	214	167	216	205
2014	94	96	101	96	107	104	105	87	97
2015	130	98	96	92	87	101	96	107	103
2016	121	79	75	65	100	81	57	68	80
2017	129	87	55	65	75	88	64	62	63
2018	154	170	111	90	67	161	115	154	102
Keskiarvo 2004-2018 (MHQ)	132	109	95	90	91	110	92	104	101
% referenssistä	100.0 %	82.3 %	72.3 %	68.4 %	69.3 %	83.5 %	69.4 %	78.6 %	76.7 %
Maksimi 2004-2018 (HQ)	204	191	191	178	127	214	167	216	205
% referenssistä	100.0 %	93.3 %	93.7 %	87.0 %	62.2 %	104.8 %	82.0 %	105.9 %	100.3 %
Mimimi 2004-2018 (NHQ)	60	63	55	47	52	64	43	61	54
% referenssistä	100.0 %	104.7 %	91.0 %	78.8 %	85.6 %	107.1 %	70.8 %	100.9 %	89.6 %

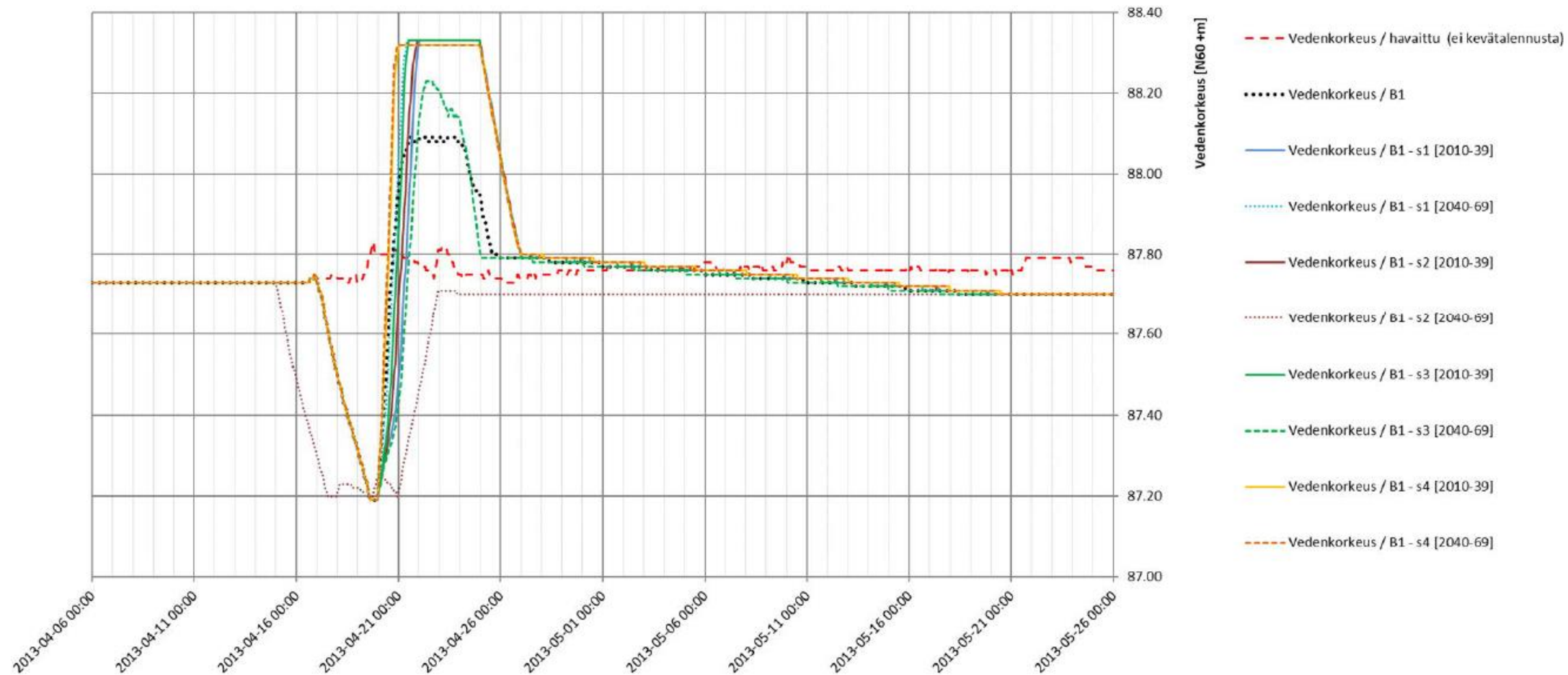
Haapajärven tulovirtaamamaksimi (m3/s)



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

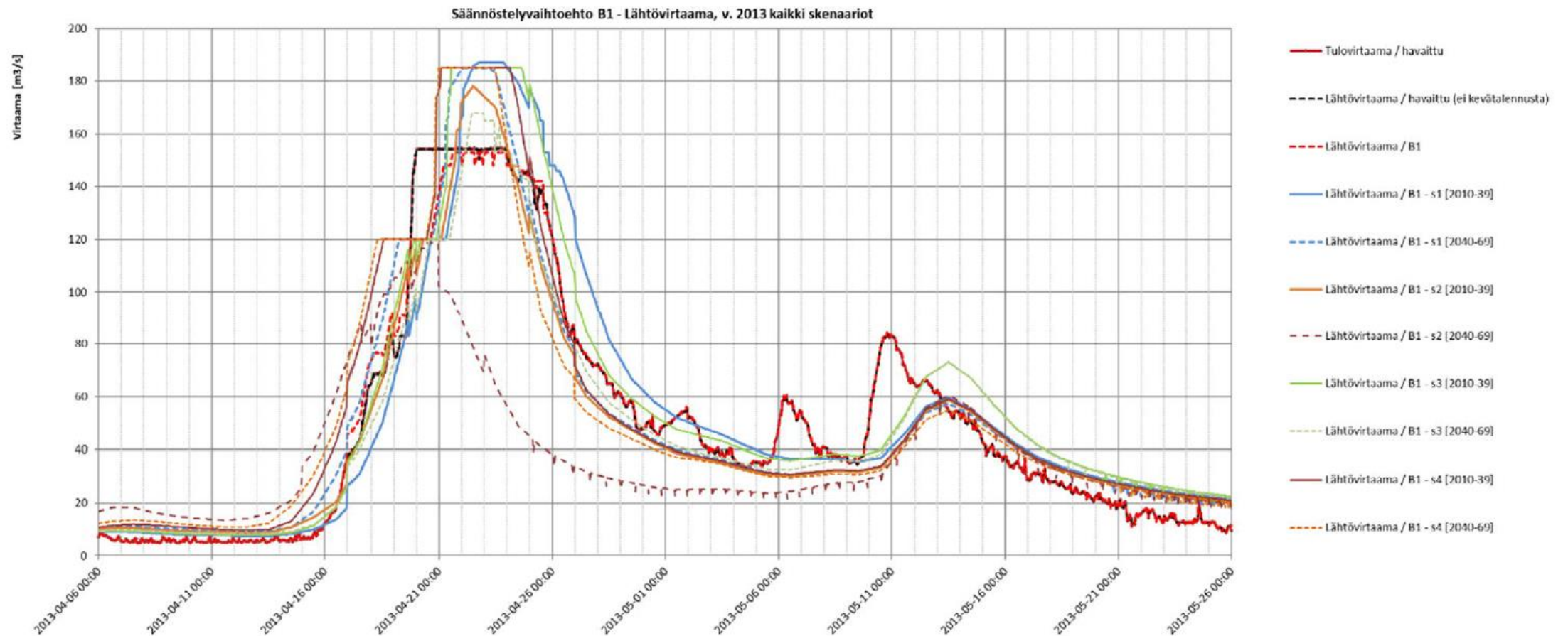
Ilmastomuutoslaskennat: vedenkorkeus (B1)

Säätöstelyvaihtoehto B1 - Vedenkorkeus, v. 2013 kaikki skenaariot



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

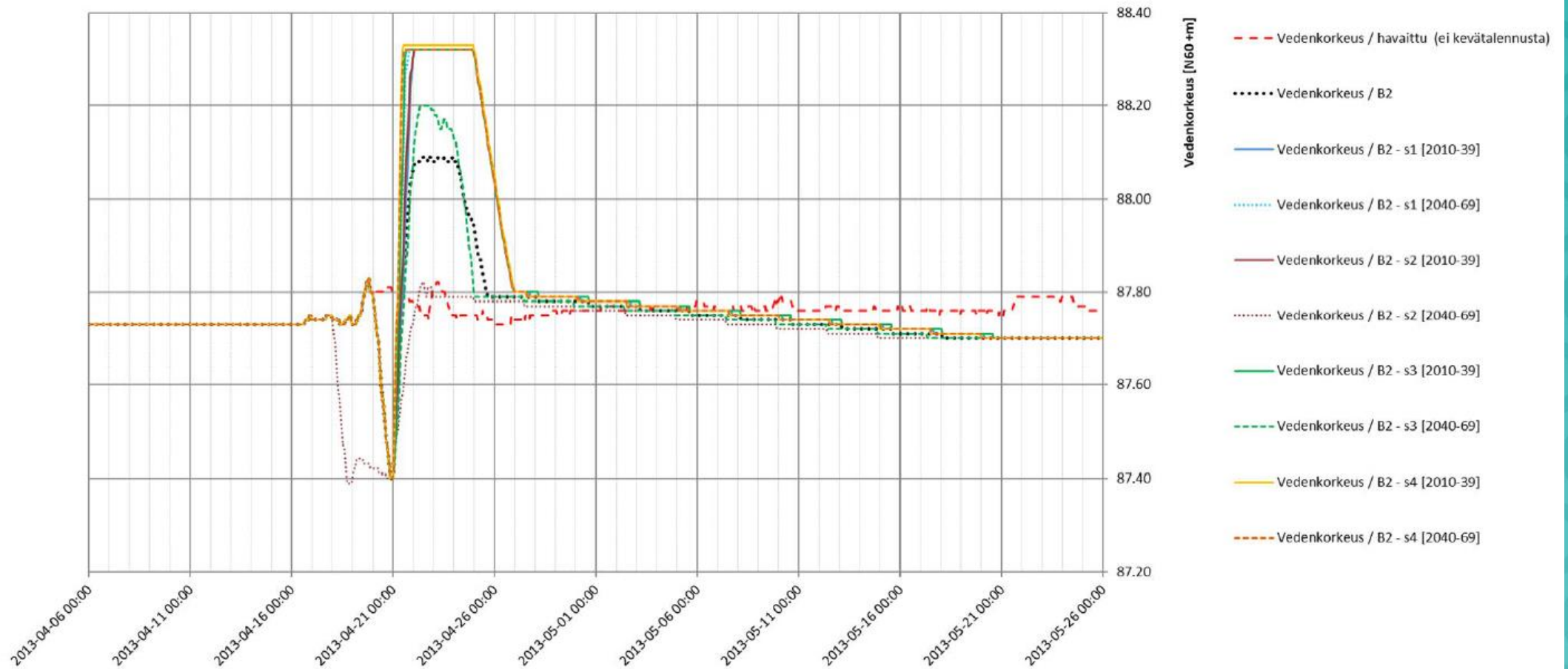
Ilmastonmuutoslaskennat: lähtövirtaama (B1)



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

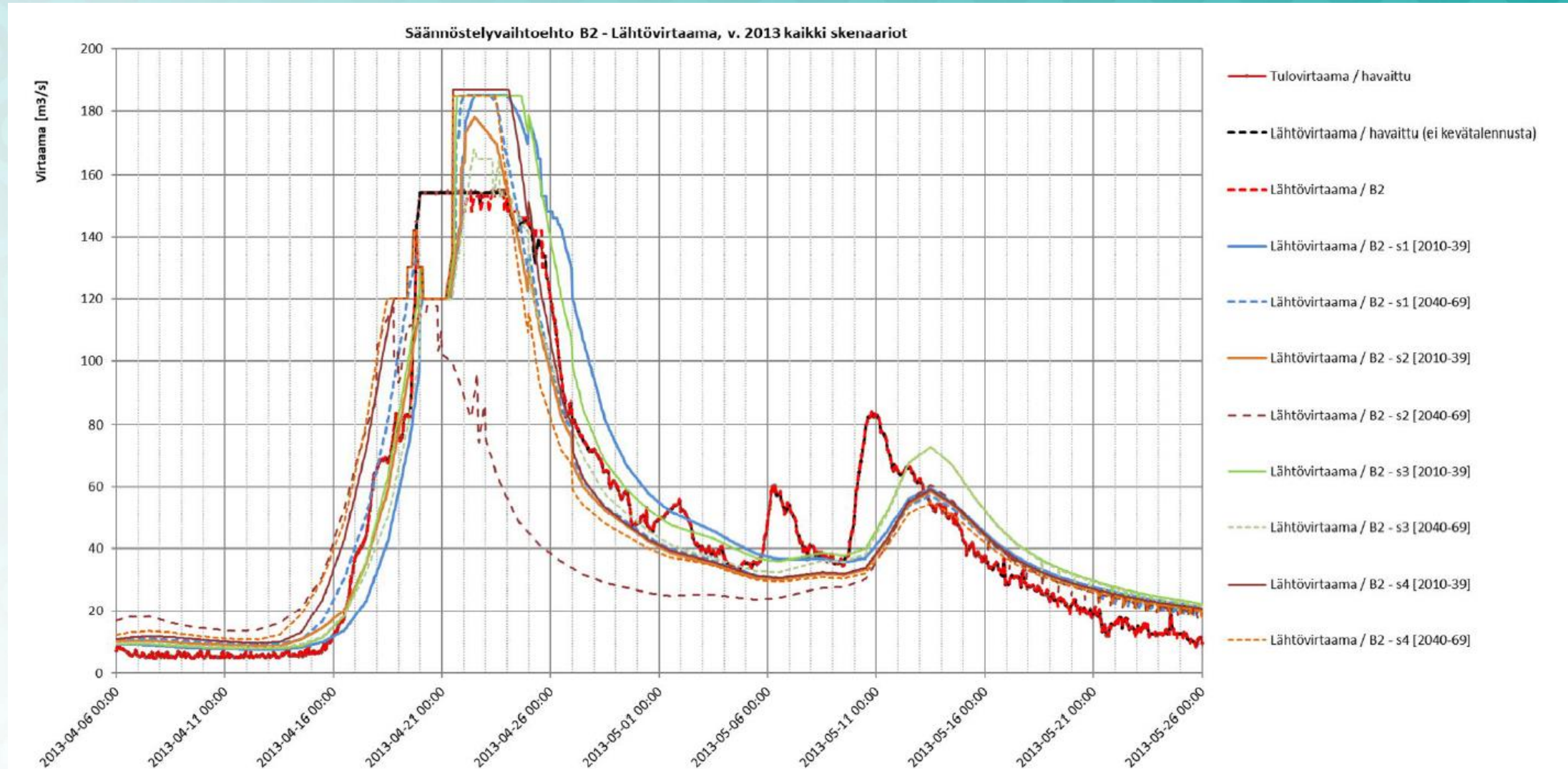
Ilmastonmuutoslaskennat: vedenkorkeus (B2)

Säätösvaihtoehto B2 - Vedenkorkeus, v. 2013 kaikki skenaariot



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

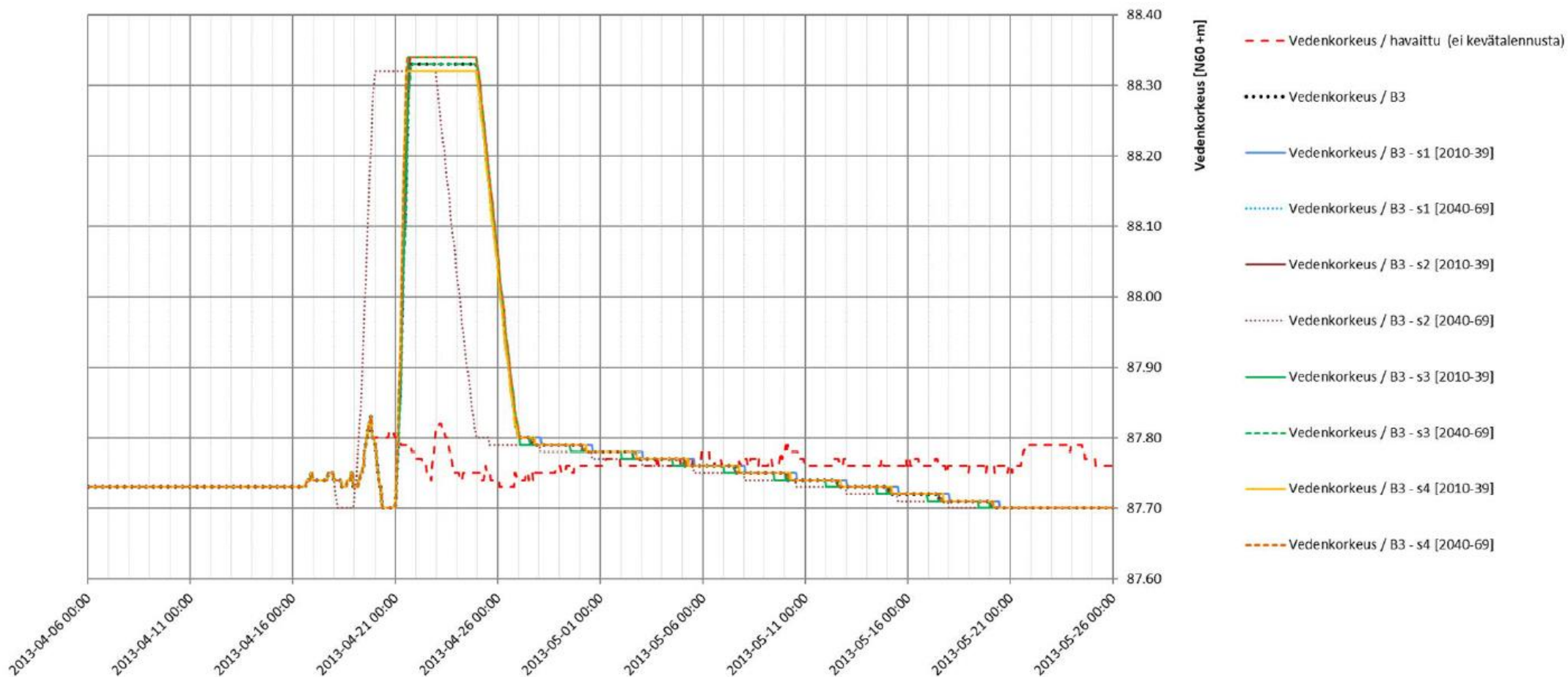
Ilmastonmuutoslaskennat: lähtövirtaama (B2)



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

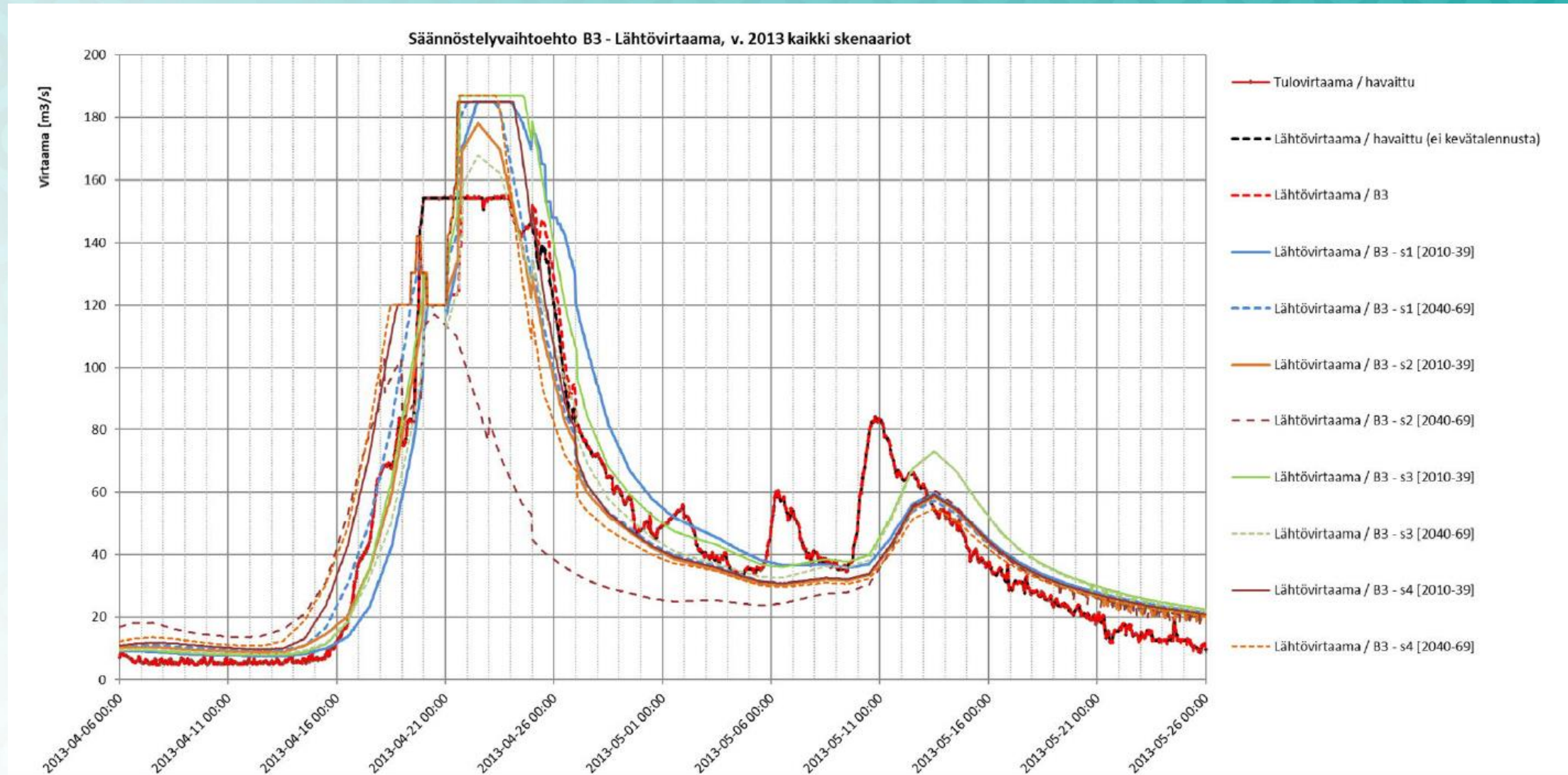
Ilmastomuutoslaskennat: vedenkorkeus (B3)

Säätöselälyvaihtoehdo B3 - Vedenkorkeus, v. 2013 kaikki skenaariot



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Ilmastonmuutoslaskennat: lähtövirtaama (B3)



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Ilmastonmuutoslaskennat: vedenkorkeus (B4)

Säännöstelyvaihtoehto B4 - Vedenkorkeus, v. 2013 kaikki skenaariot



Haapaveden Haapajärven padotus- ja juoksutusselvitys / hydrologiset laskelmat

Ilmastonmuutoslaskennat: lähtövirtaama (B4)

