Проект NarvaWatMan «Управление водными ресурсами р. Нарва: гармонизация и устойчивость

Приложение № 17
к протоколу XXIV заседания
Совместной Российско-
Эстонской комиссии по охране и
рациональному использованию
трансграничных вод

Eesti-Vene
piiriveekogude kaitse ja
kasutamise
ühiskomisjoni XXIV
istungi protokolli **lisa 17**

О РАЗРАБОТКЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ И СОСТОЯНИЯ РЕК - КОМПЛЕКСНЫЙ ИНДЕКС ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ РЕК В ТРАНСГРАНИЧНОМ БАССЕЙНЕ Р. НАРВА ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ (ПРОЕКТ NARVAWATMAN)

Задонская О., Потапова Т., ФГБУ «ГГИ», Россия
Лойгу Э., Роосалу К., Рейхан А., Таллиннский технологический университет, Эстония

20.07.2021, XXIV заседание совместной Российско-Эстонской комиссии по охране и рациональному использованию трансграничных вод

EST | RUS
Cross Border Cooperation Programme

Co-funded by the European Union, the Republic of Estonia and the Russian Federation

NARVA WATMAN

Выбранные параметры состояния рек и их предельные концентрации для бассейна р.Нарвы

№	Параметр	Воды с высоким содержанием гуминовых веществ, тип А	Воды с низким содержанием гуминовых веществ, тип А	Река Нарва
1	pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
2	Растворенный кислород, % Холодное время года (дек – апр) Теплое время года (май – ноя)	 60 70	 70 80	 70 80
3	Электропроводность, мкСм	620	420	350
4	$БПК_5$; мгO_2/дм^3	2,3	2,3	2,0
5	$ХПК_{Cr}$; мгО/дм^3 $ХПК_{Mn}$; мгО/дм^3	61 41	34 16	34 22
6	Азот валовый; мгN/дм^3	1,6	1,6	1,0
7	Азот аммонийный ($N\text{-}NH_4^+$); мгN/дм^3	0,2	0,2	0,1

№	Параметр	Воды с высоким содержанием гуминовых веществ, тип А	Воды с низким содержанием гуминовых веществ, тип А	Река Нарва
8	Азот нитратный ($N\text{-}NO_3^-$); мгN/дм^3	1,0	1,0	0,3
9	Фосфор валовый; мгP/дм^3	0,06	0,07	0,05
10	Фосфор фосфатов ($P\text{-}PO_4^{3-}$); мгP/дм^3	0,04	0,02	0,02
	Металлы			
11	$Fe_{общ}$; мг/дм^3	1,0	1,0	0,25
12	Mn; мг/дм^3	0,1	0,05	0,05
13	Cu; мг/дм^3	0,01	0,003	0,003
14	Zn; мг/дм^3	0,01	0,01	0,01

Тяжелые металлы: два варианта учета

1. Превышение или непревышение региональной ПДК (“да” / ”нет”)

2. Кратность превышения

Ri =Ci/Si,

Где Ri= кратность превышений *i* вещества,

Ci =концентрация вещества,

Si = региональная ПДК.

Ri больше или равно 1,0 - указывает на значимое загрязнение. Значения меньше 1,0 указывают на отсутствие загрязнения относительно установленной региональной ПДК

Индекс состояния вод (ИСВ)
Water Quality Index (WQI)

Параметры для ИСВ (WQI) (10):

- pH
- O_2, %
- Электропроводность
- $БПК_5$
- $ХПК_{Cr}$ (Россия) или $ХПК_{Mn}$ (Эстония)
- Nвал
- $N\text{-}NH_4$
- $N\text{-}NO_3$
- Pвал
- $P\text{-}PO_4$

Индекс состояния вод (ИСВ)
Water Quality Index (WQI)

За основу взят метода, разработанный в Министерстве окружающей среды, земель и парков Британской Колумбии (Канада) (Rocchini and Swain 1995) и усовершенствованный в 2017 г.
Индекс рассчитывается исходя из 3 параметров:

1. **Масштаб (Scope)** – процент показателей, превышающих (для O2 – не превышающих) предельные концентрации.

$$F_1 = \left(\frac{\text{Количество превышенных показателей}}{\text{Общее количество показателей}}\right) * 100$$

2. Частота (Frequency) – процент тестов с превышением.

$$F_2 = \left(\frac{\text{Количество разовых превышений}}{\text{Общее количество тестов}}\right) * 100$$

Индекс состояния вод (ИСВ)

3. Кратность превышения (Amplitude) – отражает степень загрязнения.

F_3 вычисляется следующим образом:

Превышение в пробе $=\left(\frac{\text{Концентрация в пробе с превышением}}{\text{Предельная концентрация}}\right)-1$

(в случае, когда концентрация вещества не должна превышать предельную концентрацию)

Превышение в пробе $=\left(\frac{\text{Предельная концентрация}}{\text{Концентрация в пробе с превышением}}\right)-1$

(в случае, когда концентрация вещества не должна быть меньше предельной концентрации)

Нормализованная сумма превышений (для всех тестов)

$$\text{nse}=\frac{\sum_{i=1}^{n}\text{превышение}_i}{\text{количество тестов}}$$

F_3 затем рассчитывается как асимптотическая функция, которая приводит нормализованную сумму превышений к интервалу от 0 до 100.

$$\boldsymbol{F_3}=\left(\frac{nse}{0{,}01*nse+0{,}01}\right)$$

Индекс состояния вод (ИСВ)

Итоговый индекс состояния вод рассчитывается по формуле:

$$WQI = 100 - \left\{ \frac{\sqrt{F_1^{\,2} + F_2^{\,2} + F_3^{\,2}}}{1{,}732} \right\}$$

Делитель 1,732 приводит окончательный результат в интервал от 0 до 100. При этом 100 характеризует наилучшее состояние вод, а 0 – наихудшее.

Итоговые результаты разбиваются на 5 классов: от очень плохого до очень хорошего

0-44	45-59	60-79	80-94	95-100
poor	marginal	fair	good	exellent
очень плохое	плохое	среднее	хорошее	очень хорошее

Индекс состояния вод (ИСВ)

Принятые изменения:

Зеркально перевернуты значения параметров F_1-F_3 от 0 до 100: 0 – наихудшее состояние, 100 – наилучшее состояние

1. **Масштаб (Scope)** – процент показателей, превышающих (для O2 – не превышающих) предельные концентрации.

Т.к. в индексе используется 10 параметров, то для каждого нового параметра показатель F_1 изменяется на 10%. Чтобы снизить влияние этого показателя был введен весовой коэффициент 0,5.

$$\mathbf{F_1} = 100 - \left(\frac{\text{Количество превышенных показателей}}{\text{Общее количество показателей}}\right) * 100 * 0{,}5$$

2. Частота (Frequency) – процент тестов с превышением.

$$\mathbf{F_2} = 100 - \left(\frac{\text{Количество разовых превышений}}{\text{Общее количество тестов}}\right) * 100$$

Water Quality Index (WQI)

4. Кратность превышения (Amplitude) – отражает степень загрязнения.

Нормализованная сумма превышений (для всех тестов)

$$nse=\frac{\sum_{i=1}^{n} \text{превышение}_i}{\text{количество тестов}}$$

F_3 затем рассчитывается как асимптотическая функция, которая приводит нормализованную сумму превышений к интервалу от 0 до 100.

$$\boldsymbol{F_3} = 100 - \left(\frac{nse}{0{,}01 * nse + 0{,}01}\right)$$

Итоговая формула

$$WQI = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{3}$$

<55 очень плохое poor	55-64 плохое marginal	65-80 удовлетворительное fair	80-89 хорошее good	90-100 очень хорошее excellent

Результаты расчета для рек бассейна Нарвы

Реки-Посты	Тип	Кол-во измерений в год	2017	2018	2019	2020
Черма_Чер_ПВХ	А	6	91,4	88,8	91,6	92,1
Гдовка_РГМ	А	4	70,7	52,9	65,5	70,5
Желча_РГМ	А	4	76,5	85,9	79,9	90,5
Желча_Низ_ПВХ	А	6	84,0	94,3	88,5	90,9
Великая_Вяз_ПВХ	В	6	87,7	89,4	81,0	89,7
Великая_Псков_ПВХ	А	6	83,7	76,3	72,7	76,7
Великая_Псков_РГМ	А	12	72,0	82,5	76,9	83,0
Синяя_Моз_ПВХ	А	6	80,5	89,4	70,7	88,4
Лжа_Ст_ПВХ	А	6	71,2	83,9	75,0	87,3
Утроя_Пот_ПВХ	А	6	67,1	83,9	69,2	81,6
Вяда_Руч_ПВХ	А	6	77,4	87,0	70,1	89,2
Пиуза_Печ_РГМ	В	4	77,9	82,8	73,6	94,6
Пиуза_Эст	В	12	72,5	78,9	77,6	77,1
Пиуза_Гор_ПВХ	В	6	90,1	80,7	68,6	73,1
Выханду	В	12	69,2	69,7	71,7	70,6
Эмайыги-Ран	В	12	74,9	83,2	68,3	71,7
Эмайыги-Тар	В	4	74,2	75,1	69,7	72,5
Эмайыги-Кав	В	12	67,9	70,4	66,7	62,5
Куллавере	В	12	64,9	74,3	69,7	61,4
Авийыги	А	12	71,7	64,3	68,1	68,6
Раннапунгерья	А	12	85,1	84,8	84,8	81,4
Алайыги	А	12	89,7	89,2	82,0	88,1

Реки-Посты	Тип	Кол-во измерений в год	2017	2018	2019	2020
Нарва-Васькнарва_Эст	Нарва	12	82,4	85,2	89,5	83,7
Нарва_исток_БВХ	Нарва	12	83,2	81,2	86,0	80,3
Нарва_Степ_РГМ	Нарва	12	79,7	77,8	83,2	79,6
Нарва_выше_Ив_РГМ	Нарва	12	83,2	75,1	84,3	80,0
Нарва_Ив_БВХ	Нарва	12	86,6	82,9	88,8	85,6
Нарва_Ив_РГМ	Нарва	12	85,1	80,6	84,1	76,3
Нарва_устье_БВХ	Нарва	12	86,8	80,9	85,5	81,8
Нарва-Нарва_Эст	Нарва	12	80,6	84,1	86,6	73,7
Плюсса_Сл_РГМ	А	12	85,3	89,7	90,6	100,0
Плюсса_Сл_БВХ	А	12	89,0	86,1	84,2	96,1

Zhelcha – Nizovitsy (Pskovvodhoz), 2018

	pH	O2, %	EC	BOD5	CODCr	Ntot	N-NH4+	N-NO3-	Ptot	P-PO43-				
	6,5	60	620	2,3	61	1,6	0,2	1	0,06	0,04				
	8,5	70												
2018														
06.02.2018	7,8	57	131	1,6	41,0	1,22	0,076	0,230	0,010	0,010				
10.04.2018	7,3	51	201	1,0	14,0	0,96	0,054	0,260	0,051	0,018				
13.06.2018	7,6	74	164	1,0	32,0	0,73	0,061	0,023	0,040	0,005				
07.08.2018	7,9	73	236	1,1	18,0	1,06	0,075	0,023	0,010	0,005				
02.10.2018	7,9	69	298	1,2	19,0	1,34	0,086	0,135	0,037	0,015				
06.11.2018	7,6	82	92	1,2	32,0	0,90	0,032	0,172	0,021	0,015				
F1											**95,0**	> limits	SUM	>param
F2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	**95,00**	3	60	1
F3		0,05												
		0,17												
		0,01												
												sum e	nse	
											92,96	0,23	0,0758	
WQI 2018	**94,3**	high									94,3			

Gdovka – Gdov (Roshydromet), 2018

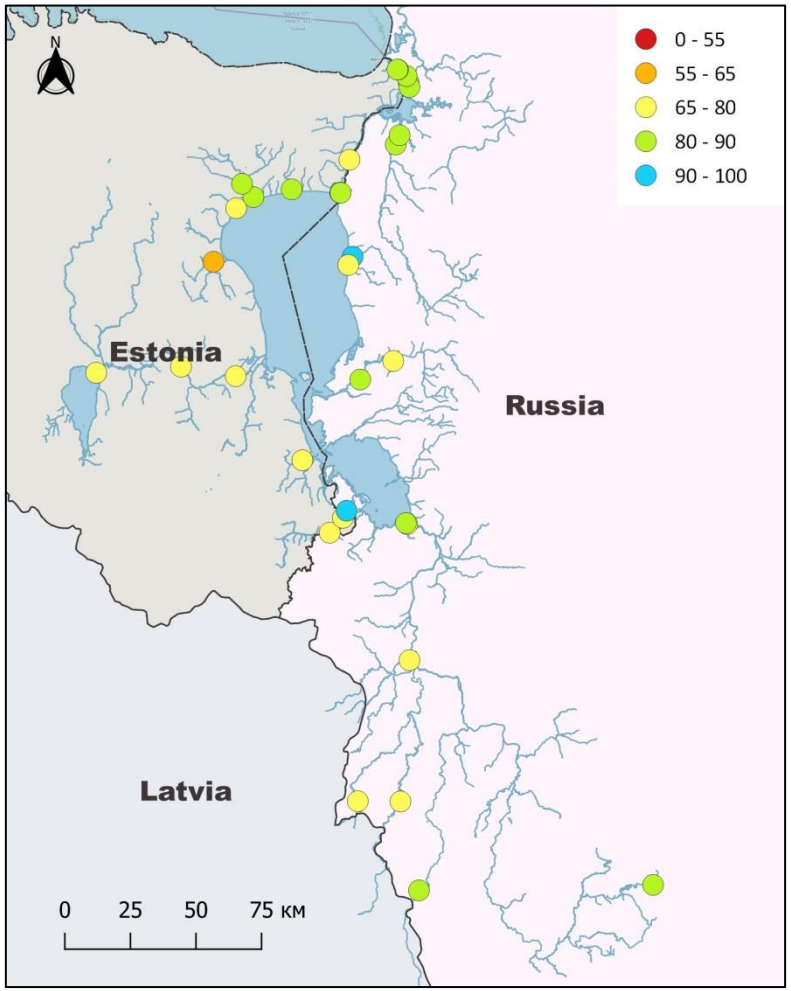
	pH	O2, %	EC	BOD5	CODCr	Ntot	N-NH4+	N-NO3-	Ptot	P-PO43-				
	6,5	60	620	2,3	61	1,6	0,2	1	0,06	0,04				
	8,5	70												
2018														
07.02.2018	7,2	62	300	2,3	48,0	1,57	0,020	0,140	0,076	0,011				
10.04.2018	7,4	88	100	3,0	32,0	0,89	0,060	0,170	0,088	0,024				
19.07.2018	7,6	2	500	5,3	16,0	1,70	0,070	0,010	0,452	0,114				
28.11.2018	7,5	98	300	4,9	71,0	2,54	0,070	0,500	0,152	0,048				
F1											**70,0**	> limits	SUM	>param
F2	0	1	0	3	1	2	0	0	4	2	**67,50**	13	40	6
F3									0,27					
				0,30					0,47					
		34,00		1,30		0,06			6,53	1,85				
				1,13	0,16	0,59			1,53	0,20				
												sum e	nse	
											21,17	48,41	3,7237	
WQI 2018	**52,9**	bad									52,9			

Narva – source (Baltvodhoz), 2014

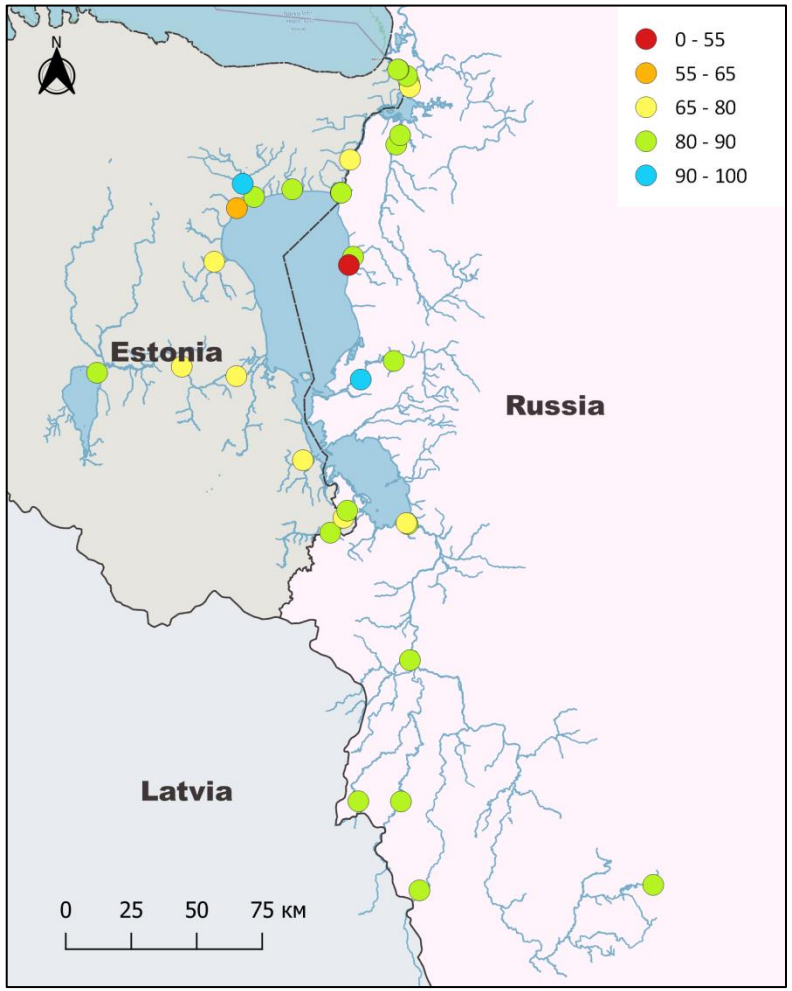
	pH	O2, %	EC	BOD5	CODCr	Ntot	N-NH4+	N-NO3-	Ptot	P-PO43-				
	6,5	70	320	2	35	1,6	0,1	0,3	0,05	0,02				
	8,5	80												
22.01.2014	8,1	95	301	0,5	35,0	0,81	0,010	0,230	0,014	0,005				
12.02.2014	8,0	79	305	0,7	25,0	0,73	0,010	0,210	0,018	0,005				
19.03.2014	8,1	92	293	1,5	35,0	0,72	0,010	0,161	0,017	0,005				
16.04.2014	8,1	101	283	1,2	24,0	0,70	0,010	0,166	0,018	0,005				
21.05.2014	8,2	102	286	1,5	27,0	0,78	0,010	0,113	0,027	0,005				
18.06.2014	8,2	93	288	1,6	23,0	0,70	0,010	0,061	0,029	0,005				
18.07.2014	8,5	105	284	1,2	33,0	0,70	0,010	0,010	0,029	0,005				
13.08.2014	8,3	108	286	1,1	21,0	0,61	0,010	0,010	0,025	0,005				
17.09.2014	7,9	88	280	0,9	20,0	0,53	0,020	0,179	0,032	0,013				
15.10.2014	8,2	91	299	2,3	32,0	0,61	0,010	0,010	0,054	0,005				
19.11.2014	8,1	87	300	1,2	26,0	0,71	0,042	0,093	0,038	0,005				
10.12.2014	8,1	86	301	0,7	25,0	0,72	0,035	0,130	0,026	0,005				
F1											**90,0**	> limits	SUM	>param
F2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	**98,33**	2	120	2
F3														
				0,15					0,08					
												sum e	nse	
											89,69	0,23	0,115	
WQI 2014	**92,7**	high									92,7			

Карты с Water Quality Index (WQI)

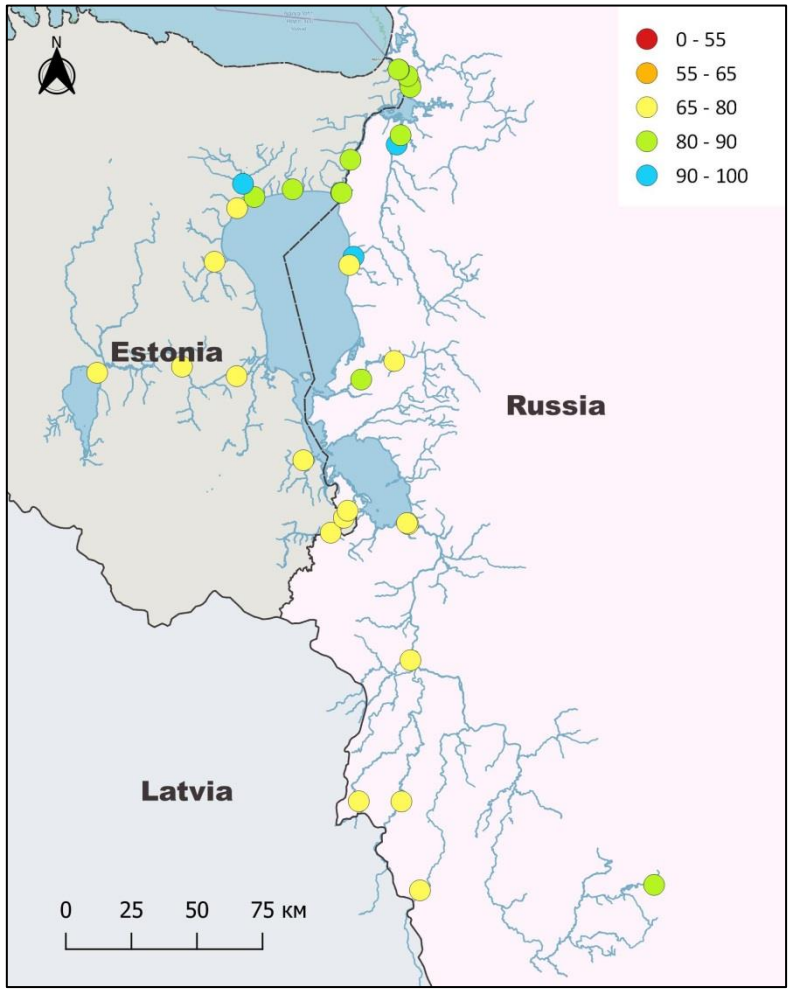
2017



2018



2019



Многолетние данные по рекам бассейна Чудско-Псковского озера

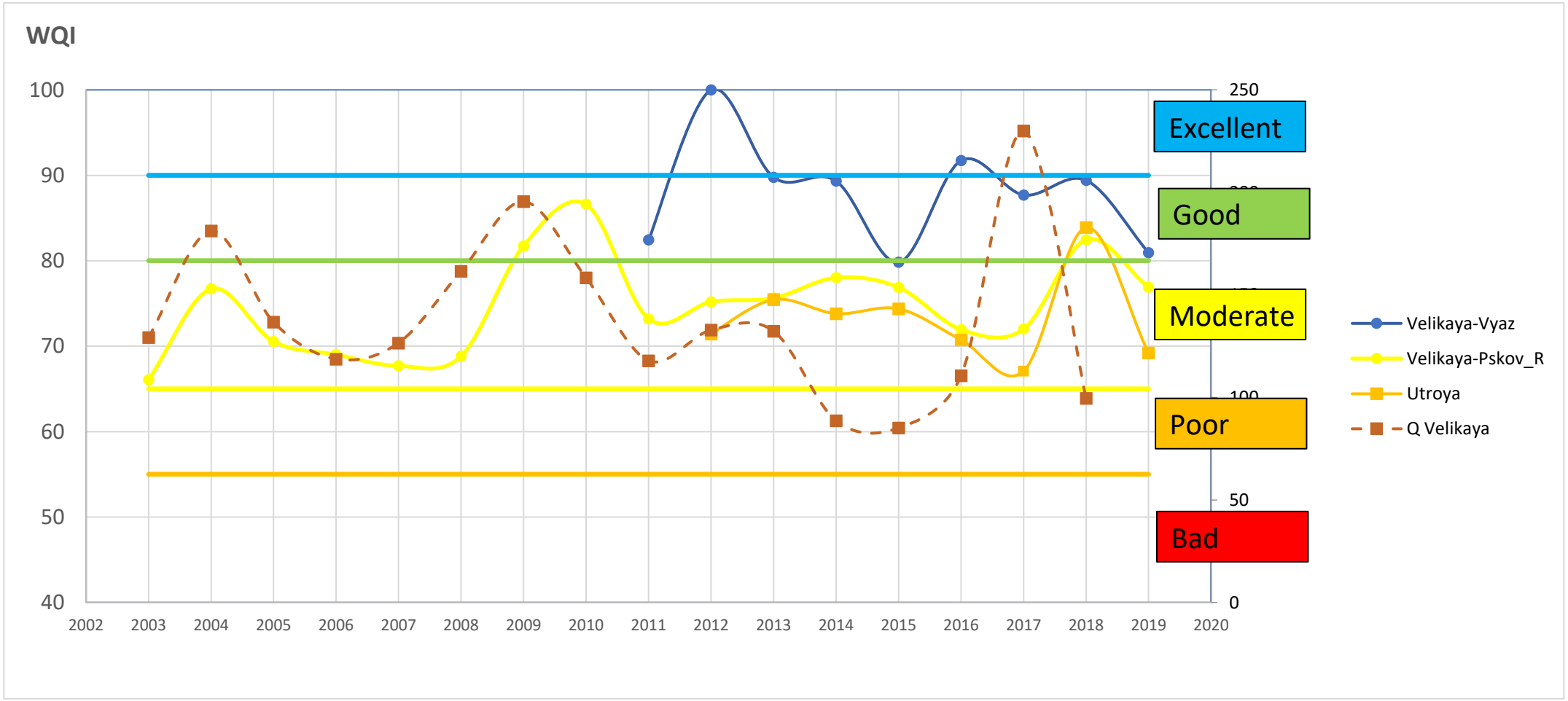
Реки	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Гдовка_РГМ	61,2	76,6	61,6	57,3	59,2	72,7	76,0	70,1	81,8	66,7	71,0	65,0	50,4	67,2	70,7	52,9	65,5	70,5
Желча_РГМ	87,7	100,0	93,7	95,4	97,0	87,8	85,6	73,8	93,0	90,1	93,4	94,5	86,0	89,8	76,5	85,9	79,9	90,5
Великая_Вяз_ПВХ									82,4	100,0	89,8	89,3	79,8	91,7	87,7	89,4	81,0	89,7
Великая_Псков_РГМ	66,1	76,7	70,6	69,0	67,7	68,8	81,7	86,6	73,2	75,2	75,6	78,0	76,9	72,0	72,0	82,5	76,9	83,0
Утроя_Пот_ПВХ										75,5	75,5	73,8	74,4	70,8	67,1	83,9	69,2	81,6
Эмайыги-Кав	54,4	61,8	65,5	62,6	63,0	62,5	63,6	62,9	67,1	59,6	67,4	66,9	64,2	59,4	67,9	70,4	66,7	62,5
Авийыги	64,1	72,3	71,4	64,6	75,4	68,6	66,7	72,0	67,0	67,5	70,0	67,0	68,2	64,0	71,7	64,3	68,1	68,6
Алайыги	78,1	77,1	88,1	74,8	82,5	73,4	82,8	85,4	77,8	83,9	90,4	88,2	87,8	77,6	89,7	89,2	82,0	88,1

Река Нарва (российские и эстонские данные) и ее приток

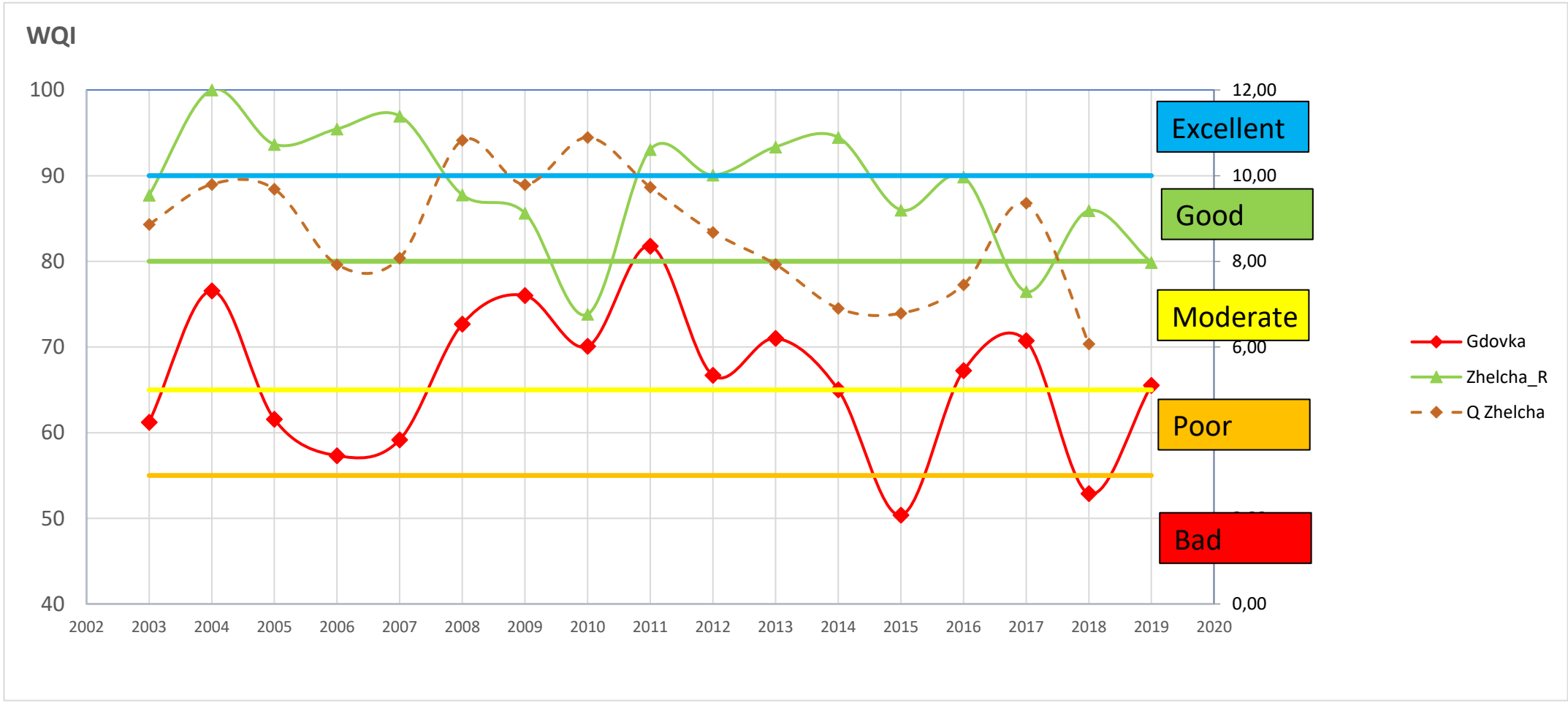
Реки	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Нарва-Васькнарва_Эст	80,1	83,1	73,8	83,4	74,7	70,7	72,1	81,4	78,6	81,3	90,3	83,8	93,4	88,0	82,4	85,2	89,5	83,7
Нарва_исток_БВХ									81,3	84,5	84,8	92,7	83,8	82,4	83,2	81,2	86,0	80,3
Нарва_Ив_РГМ				74,7	86,8	82,1	88,6	87,3	86,4	84,6	89,9	91,9	84,3	90,3	85,1	80,6	84,1	76,3
Нарва-Нарва_Эст	71,3	72,8	71,0	70,6	74,7	70,8	73,7	80,0	74,8	83,7	83,9	88,7	89,9	84,5	80,6	84,1	86,6	73,7
Плюсса_Сл_РГМ	80,7	83,0	88,8	81,6	85,6	74,7	86,6	90,2	86,2	90,7	86,1	92,9	100,0	85,5	85,3	89,7	90,6	100,0

<55	55-65	65-80	80-90	90-100

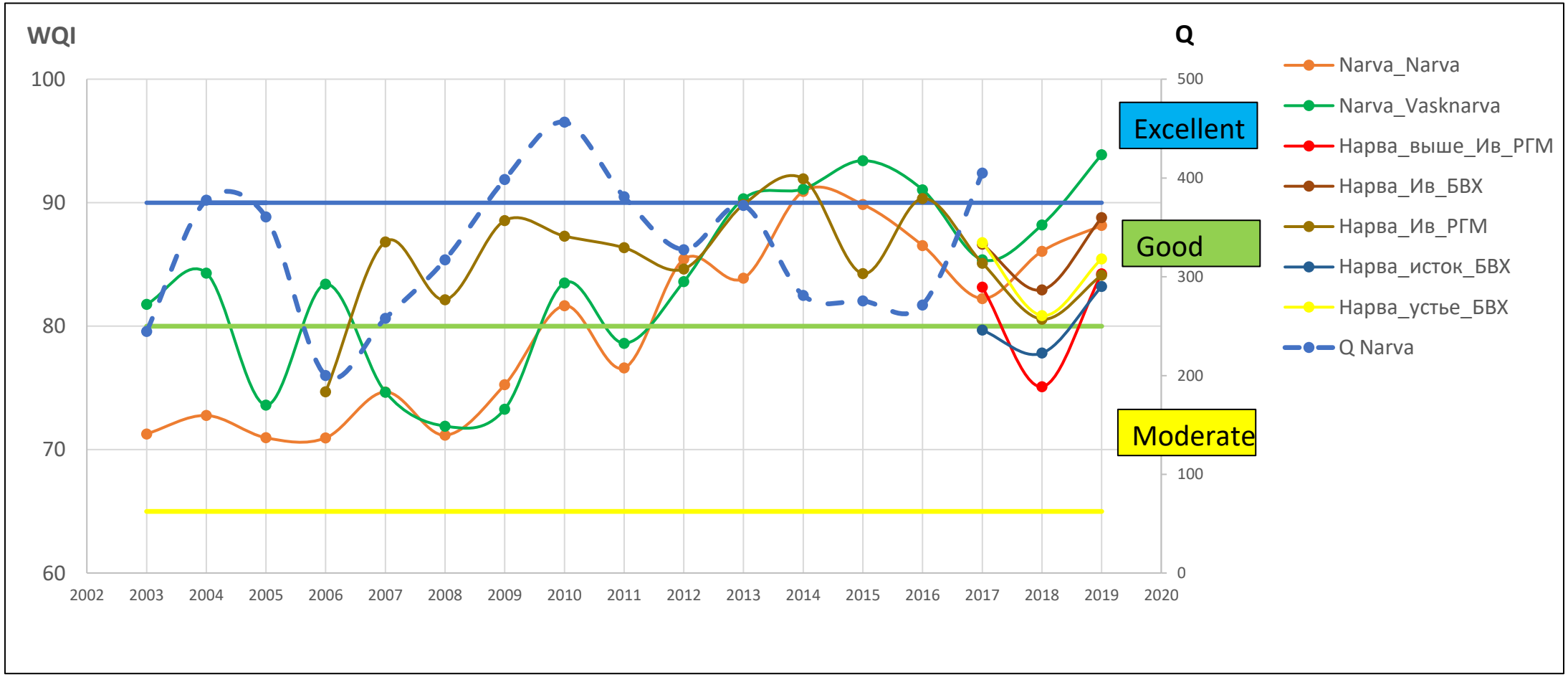
Река Великая и притоки



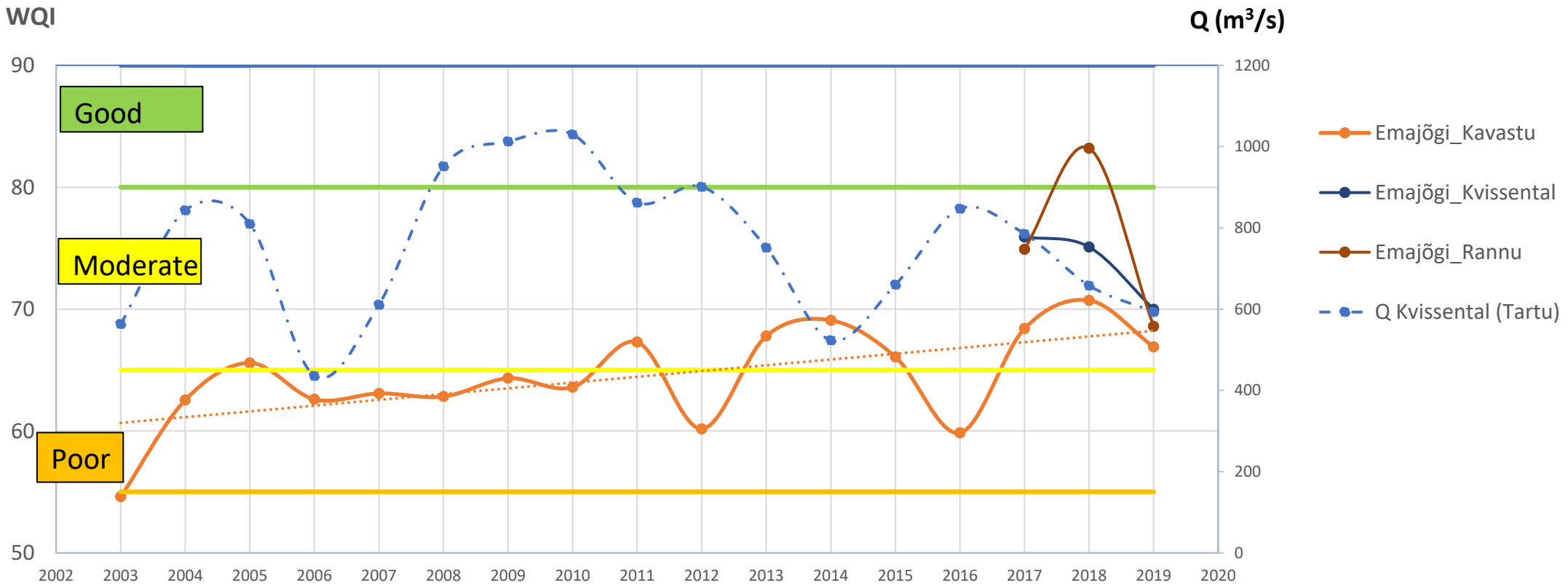
Малые притоки Чудско-Псковского озера



Река Нарва (российские и эстонские данные)



Emajõgi


WQI
Q (m³/s)
90
80
70
60
50
1200
1000
800
600
400
200
0
Good
Moderate
Poor
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
Emajõgi_Kavastu
Emajõgi_Kvissental
Emajõgi_Rannu
Q Kvissental (Tartu)

EST | RUS
Cross Border Cooperation Programme

Co-funded by the European Union, the Republic of Estonia and the Russian Federation

NARVA WATMAN

Thank you for attention!
Спасибо за внимание!
www.narvawatman.com