

BTO 2022.035 | Februari 2022

~

Well Field Scheduling Optimizer (WFSO)

v1.0

Handleiding

Bedrijfstakonderzoek

KWR

Bridging Science to Practice

Snel van start

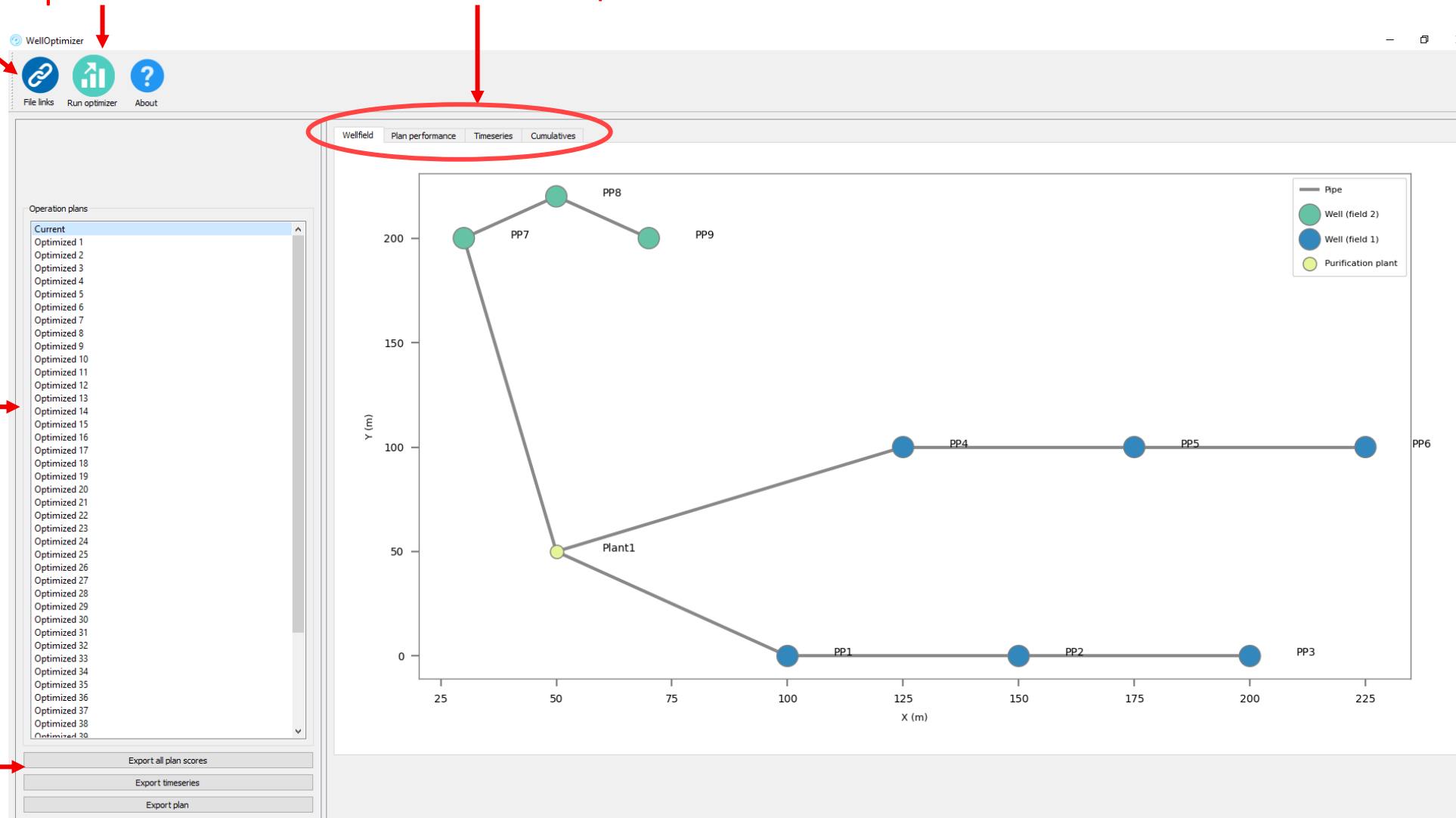
1. Laad Excelbestand in met gegevens puttenveld

2. Run de optimalisatie

3. Bekijk en vergelijk de uitkomsten van de optimalisatie

4. selecteer het optimale schakelschema

5. Exporteer het schakelschema





Inhoudsopgave

1. Inleiding
2. Installatie
3. Model invoer (Excel)
4. Inlezen model invoer
5. Optimalisatie schakelschema
6. Resultaten bekijken en exporteren
7. Definities
8. Licentie
9. Colofon (contactpersoon bij vragen)

Inleiding

Veel puttenvelden in Nederland zijn uitgerust met een carousel schakelschema. Een put die voorin het schema staat schakelt het eerst aan (bij lage watervraag) en degene die helemaal achter in het schema staat schakelt pas bij als de vraag heel hoog is. Een carousel bestaat uit meerdere schema's, die periodiek wisselen. De watervraag, in combinatie met de volgorde waarin putten in het schakelschema staan en de frequentie waarmee carrousels wisselen (Engels: RotationTime) bepalen dus hoe lang putten draaien en hoe vaak ze schakelen

Name	Rotation time	Well1	Well2	Well3	Well4	Well5	Well6
-	h	#	#	#	#	#	#
A	8	1	5	4	3	2	6
B	8	6	1	3	4	5	2
C	8	5	1	2	4	3	6
D	8	6	5	2	4	3	1



Inleiding

Doel van de WFSO

- Bepalen van optimale schakelschema's (carrousel) voor puttenvelden van drinkwaterbedrijven

Scope

- Puttenvelden met carrousel schakelschema >5 putten
- Geen frequentie gestuurde pompen
- Geen rekening met reistijd in ruwwaterleiding, berging in ruw- en reinwaterkelder

~ Inleiding Globale werking

Om de tool te draaien moet de gebruiker eerst randvoorwaarden invoeren voor de zuivering, aquifers, winputten en huidige schakelschema. De WFSO creëert hiermee een digitaal model van het puttenveld. Het model rekent vervolgens het huidige schakelschema door gebaseerd op de historische watervraag op uurbasis. Vervolgens worden 50 schakelschema's gegenereerd en geoptimaliseerd, rekening houdend met de volgende prestatie-indicatoren:

1. Constante ruwwaterkwaliteit (SD-WQI)
2. Voorkomen van over- en onderbelasten van putten i.v.m. putverstopping (SOLEX)
3. Energieverlies door onderlinge beïnvloeding. (EL)

De geoptimaliseerde schakelschema's presteren of heel goed voor één van deze indicatoren, of juist redelijk goed voor een combinatie van factoren. Het is vervolgens aan de gebruiker om één van deze schakelschema te selecteren, afhankelijk van welke indicator belangrijk is.



2. Installatie

Het programma is gedistribueerd als zipbestand en bevat een applicatie en bijbehorende dependencies.

1. Unzip het bestand naar C:\WellOptimizer
2. Open C:\WellOptimizer\wo_main.exe

Tip:

maak een shortcut naar wo_main.exe op je desktop of het windows startmenu.



3. Modelinvoer

De modelinvoer vindt plaats in een Excel bestand dat met het model is gedistribueerd.

C:\WellOptimizer\docs\Input_file.xlsx

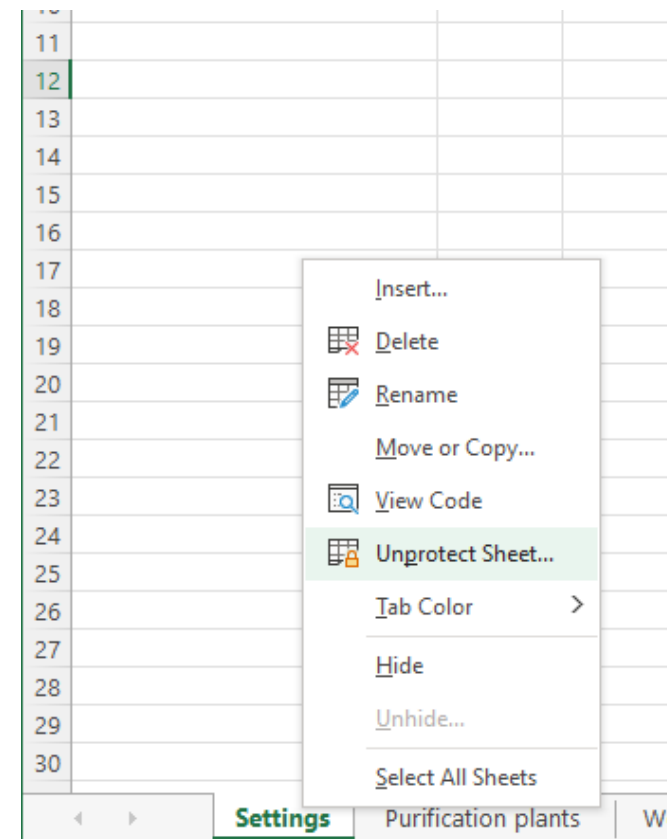
Open dit bestand, en sla het op onder een andere (logisch herkenbare) naam in een aparte folder.

3. Modelinvoer

Het Excelbestand is beveiligd om te voorkomen dat gegevens verkeerd worden ingelezen.

Je kunt alleen data invoeren op de gele vlakken

Tip: mocht je toch aanpassingen willen doen: rechter muisknop op tabblad -> unprotect sheet (geen wachtwoord nodig)



3. Modelinvoer

Doorloop alle 6 tabbladen van de Excel om gegevens in te voeren over het puttenveld:

1. Settings
2. Purification plan (waterzuivering)
3. Wellfields (puttenvelden)
4. Wells (putten)
5. Operation (huidige schakelschema)
6. Timeseries (tijdreeks historische watervraag)



3. Modelinvoer

B. Waterzuivering

Open het tabblad “Settings”.

Bepaal hoe zwaar je de Operation Period (=schakelfrequentie) wilt meewegen in de optimalisatie van SOLEX.

Tip:

Kies een waarde van 0.1 of lager indien je vooral op de Utilization Factor (gemiddelde draaiuren per dag) wilt optimaliseren.

Parameter	Unit	Value	Remark
Weight SOLEX-OP	-	1	Relative weight of SOLEX-OP (Operating Period) compared to SOLEX-UF (Utilization Factor).

A value of "1.0" means that both have equal

Settings | Purification plants | Wellfields | Wells | Operation | timeseries

3. Modelinvoer

B. Waterzuivering

Open het tabblad “Purification Plants”.

Vul in:

Rij 4 -> naam parameter

Rij 5 -> eenheden

Rij 6 -> geef aan dat de parameter “Active” is

Rij 7 -> Maximaal toelaatbare concentratie voor de zuivering

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L							
1	PURIFICATION PLANTS																		
2																			
3	Location			Maximum allowed concentration															
4	Name	X	Y	Cl				NO3				Fe				<<Parameter 4>>	<<Parameter 5>>	<<Parameter 6>>	<<Parameter 7>>
5	-	m	m	mg/l				mg/l				mg/l				<<Units>>	<<Units>>	<<Units>>	<<Units>>
6				Active				Active				Active				Inactive	Inactive	Inactive	Inactive
7	Plant1	50	50	200.00				50.00				5.00				0.00	0.00	0.00	0.00
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			



3. Modelinvoer

B. Waterzuivering

Tip:

- Vul alleen parameters in die kritisch zijn voor het zuiveringsproces.
- Hoe meer parameters, hoe groter de rekentijd.
- Doe een schatting als je de grenswaarden niet exact weet.
- De WFSO probeert tijdens de optimalisatie namelijk om de fluctuatie van de genormaliseerde concentraties te minimaliseren (SD-WQI) en toetst strikt genomen niet op overschrijding van de grenswaarden.

3. Modelinvoer

C. Puttenveld

- Geef per puttenveld de kD (transmissiviteit = dikte \times permeabiliteit) en c -waarde (weerstand scheidende lagen) op.
- De waarden worden gebruikt om te bepalen hoe de onttrekkingskegels van putten elkaar onderling beïnvloeding (er wordt dus alleen geoptimaliseerd om de extra stijghoogteverlaging door omliggende putten te minimaliseren).

Tip:

- Er is aangenomen dat er geen onderlinge beïnvloeding plaatsvindt tussen de puttenvelden. Definieer dus aparte puttenvelden wanneer putten in verschillende watervoerende pakketten liggen

	A	B	C	D	E	F
1	WELLFIELDS					
2						
3	Capacity	Hydrogeology				
4	Name	kD	c			
5	-	m ² /d	day			
6	Veld1	2000	1000			
7	Veld2	1000	2500			
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

3. Modelinvoer

D. Putten

Vul per pompput de volgende informatie:

1. Naam
2. Puttenveld waarbinnen de put ligt
3. Capaciteit
4. Pompefficiëntie -> gebruik altijd 100%
5. XY-coördinaten
6. Waterkwaliteit -> voor de parameters die zijn gedefinieerd bij “purification plants”
7. Safe operating limits (zie volgende sheet)
8. Benedenstroomse knooppunt -> exacte naam van andere put of Purification Plan

Well capacity						Water quality						Safe operating limits				Connections downstream to node					
Name	Wellfield	Pump capacity	Pump efficiency	X	Y	Cl	NO3	Fe	<<Parameter 4>>	<<Parameter 5>>	<<Parameter 6>>	<<Parameter 7>>	<<Parameter 8>>	<<Parameter 9>>	<<Parameter 10>>	Min operating period	Min utilization factor	Max operating period	Max utilization factor		
		m3/h	%	m	m	mg/l	mg/l	mg/l	<<Units>>	<<Units>>	<<Units>>	<<Units>>	<<Units>>	<<Units>>	<<Units>>	h	%	h	%		
PP1	Veid1	50	100	100	0	200	50	5	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	6	20	12	40	Plant1
PP2	Veid1	50	100	150	0	200	50	5	0	0	0	0	0	0.00	0.00	6	20	12	40	PP1	
PP3	Veid1	50	100	200	0	200	50	5	0	0	0	0	0	0.00	0.00	6	20	12	40	PP2	
PP4	Veid1	50	100	125	100	100	30	3	0	0	0	0	0	0.00	0.00	6	40	12	60	Plant1	
PP5	Veid1	50	100	175	100	132	28	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	6	40	12	60	PP4	
PP6	Veid1	50	100	225	100	140	30	3	0	0	0	0	0	0.00	0.00	6	40	12	60	PP5	
PP7	Veid2	50	100	30	200	220	60	6	0	0	0	0	0	0.00	0.00	6	40	12	60	Plant1	
PP8	Veid2	50	100	50	220	230	59	7	0	0	0	0	0	0.00	0.00	6	40	12	60	PP7	
PP9	Veid2	50	100	70	200	210	67	6.5	0	0	0	0	0	0.00	0.00	6	40	12	60	PP8	

3. Modelinvoer

D. Putten

Tip:

De Safe Operating Limits zijn de gewenste draaiuren van putten (i.v.m. verstopping, of aantrekken van verontreinigingen):

Minimum & Maximum operating period -> bepaalt hoeveel uur de put bij voorkeur non-stop draait voordat ze uitschakelt. Varieert van 6 uur (op snel verstoppende puttenvelden) tot enkele dagen. Kies hier een bandbreedte van 50% boven en onder.

Kies een grote bandbreedte (0 tot 999 uur) als je de operating period niet wilt laten meewegen

Minimum & Maximum Utilization Factor -> Gewenste percentage van de tijd dat een pomp aanstaat. De totale draaiuren dus, uitgedrukt als percentage.

Check of je putten bij de gegeven Utilization Factor aan de watervraag kunnen voldoen

Safe operating limits			
Min operating period	Min utilization factor	Max operating period	Max utilization factor
h	%	h	%
6	20	12	40
6	20	12	40
6	20	12	40
6	40	12	60
6	40	12	60
6	40	12	60
6	40	12	60
6	40	12	60
6	40	12	60

Potential production based on Safe Operating Limits		Demand based on historic data
Min. Utilization Factor * Pump Capacity	Max. Utilization Factor * Pump Capacity	
m3/h	m3/h	m3/h
150	240	197
Min. Utilization Factor okay		
Max. Utilization Factor okay		



3. Modelinvoer

E. Schakelschema

Vul hier in hoe de putten momenteel worden geschakeld

Tip:

Als je hier 4 rijen invoert, dan zal het model ook met 4 carrousel komen.

Je hoeft niet per se het huidige schakelschema op te geven. Je kunt ook een zelf bedacht schema invoeren als je dat wilt testen.

De “Desired Rotation time” is periode waarna van carroussel wordt gewisseld. Vul hier 2x hetzelfde getal (voor Min en Max) als je deze periode niet wilt aanpassen.

CURRENT OPERATION												
Current rotation		Desired rotation		Current position in rotation								
Name	Rotation time	Min rotation time	Max rotation time	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	PP8	PP9
	h	h	h	#	#	#	#	#	#	#	#	#
A	24	4	48	1	2	3	4	5	6	7	8	9
B				3	4	5	6	7	8	9	1	2
C				5	6	7	8	9	1	2	3	4
D				7	8	9	1	2	3	4	5	6

same number of rotations is used for optimization

3. Modelinvoer

F. Tijdreeksen

Vul hier in hoeveel kuub water de putvelden samen per uur moeten leveren aan de zuivering.

Gegevens moeten op uurbasis worden ingevoerd. Dit wordt rechtsboven gecontroleerd

Tip:

- Je kunt maximaal 1 jaar doorrekenen. Gebruik een jaar met gemiddelde watervraag voor de optimalisatie.
- Is er geen meetreeks van ingaand water? Gebruik dan afpompstation. Vlak pieken eventueel af i.v.m. buffering in de reinwaterkelder, anders overschat je het aantal schakelmomenten. De WFSO bevat namelijk geen buffering.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data table:

1	Timestamp	Demand	Columns used by WellOptimizer	Errors in columns?	J
2	dd-mm-yyyy hh:mm	m3/h	CHECK Format timestamp?	Timestamp column is date	CORRECT
3	01-01-18 00:00	150.000019	01-01-2018 00:00	Demand column is value	CORRECT
4	01-01-18 01:00	143.7435346	01-01-2018 01:00	Timestamp is 1 hour	CORRECT
5	01-01-18 02:00	148.3785137	01-01-2018 02:00		
6	01-01-18 03:00	141.7118795	01-01-2018 03:00		
7	01-01-18 04:00	145.3832626	01-01-2018 04:00		
8	01-01-18 05:00	143.8043721	01-01-2018 05:00		
9	01-01-18 06:00	141.2155071	01-01-2018 06:00		
10	01-01-18 07:00	138.2639387	01-01-2018 07:00		
11	01-01-18 08:00	135.0091485	01-01-2018 08:00		
12	01-01-18 09:00	131.4319644	01-01-2018 09:00		
13	01-01-18 10:00	127.7786061	01-01-2018 10:00		
14	01-01-18 11:00	123.3327122	01-01-2018 11:00		
15	01-01-18 12:00	120.0193624	01-01-2018 12:00		
16	01-01-18 13:00	123.3331025	01-01-2018 13:00		
17	01-01-18 14:00	127.7915028	01-01-2018 14:00		
18	01-01-18 15:00	131.5113093	01-01-2018 15:00		
19	01-01-18 16:00	135.0343416	01-01-2018 16:00		
20	01-01-18 17:00	138.30218	01-01-2018 17:00		
21	01-01-18 18:00	141.2571963	01-01-2018 18:00		
22	01-01-18 19:00	143.8435031	01-01-2018 19:00		
23	01-01-18 20:00	146.0348472	01-01-2018 20:00		
24	01-01-18 21:00	147.7753074	01-01-2018 21:00		
25	01-01-18 22:00	149.0429327	01-01-2018 22:00		
26	01-01-18 23:00	149.8145204	01-01-2018 23:00		
27	02-01-18 00:00	150.0773314	02-01-2018 00:00		
28	02-01-18 01:00	143.827214	02-01-2018 01:00		
29	02-01-18 02:00	143.0669789	02-01-2018 02:00		
30	02-01-18 03:00	141.8193988	02-01-2018 03:00		
31	02-01-18 04:00	146.8956211	02-01-2018 04:00		
32	02-01-18 05:00	143.912376	02-01-2018 05:00		
33	02-01-18 06:00	141.3333561	02-01-2018 06:00		
34	02-01-18 07:00	138.3910322	02-01-2018 07:00		
35	02-01-18 08:00	135.1364859	02-01-2018 08:00		
36	02-01-18 09:00	131.6255452	02-01-2018 09:00		
37	02-01-18 10:00	127.3184238	02-01-2018 10:00		
38	02-01-18 11:00	124.0787201	02-01-2018 11:00		
39	02-01-18 12:00	120.172227	02-01-2018 12:00		
40	02-01-18 13:00	124.0376511	02-01-2018 13:00		
41	02-01-18 14:00	127.3562316	02-01-2018 14:00		
42	02-01-18 15:00	131.6263371	02-01-2018 15:00		
43	02-01-18 16:00	135.2122068	02-01-2018 16:00		
44	02-01-18 17:00	138.4856852	02-01-2018 17:00		
45	02-01-18 18:00	141.4463988	02-01-2018 18:00		
46	02-01-18 19:00	144.0454879	02-01-2018 19:00		
47	02-01-18 20:00	146.2370616	02-01-2018 20:00		
48	02-01-18 21:00	147.3843565	02-01-2018 21:00		
49	02-01-18 22:00	149.2576756	02-01-2018 22:00		
50	02-01-18 23:00	150.0354362	02-01-2018 23:00		
51	03-01-18 00:00	150.3045339	03-01-2018 00:00		
52	03-01-18 01:00	150.0605926	03-01-2018 01:00		
53	03-01-18 02:00	149.3079884	03-01-2018 02:00		
54	03-01-18 03:00	148.0596253	03-01-2018 03:00		
55	03-01-18 04:00	146.2376942	03-01-2018 04:00		
56	03-01-18 05:00	144.172678	03-01-2018 05:00		
57	03-01-18 06:00	141.5978734	03-01-2018 06:00		
58	03-01-18 07:00	138.661774	03-01-2018 07:00		
59	03-01-18 08:00	135.4134509	03-01-2018 08:00		
60	03-01-18 09:00	131.3087323	03-01-2018 09:00		
61	03-01-18 10:00	128.2078377	03-01-2018 10:00		
62	03-01-18 11:00	124.3743476	03-01-2018 11:00		
63	03-01-18 12:00	120.4741158	03-01-2018 12:00		
64	03-01-18 13:00	124.4057138	03-01-2018 13:00		
65	03-01-18 14:00	128.2705639	03-01-2018 14:00		
66	03-01-18 15:00	132.0029303	03-01-2018 15:00		
67	03-01-18 16:00	135.5363149	03-01-2018 16:00		

The chart on the right shows Demand (m3/h) on the y-axis (0 to 300) and time on the x-axis (11-12-2017 to 31-12-2017). The data points are connected by a blue line, showing a fluctuating demand pattern. A green box highlights a specific data point in the table.

4. Inlezen model invoer

Open de WFSO

Druk op “File links”

Selecteer vervolgens het Excel bestand.

Druk op “Sync” om het bestand in te lezen
(synchroniseren).

”

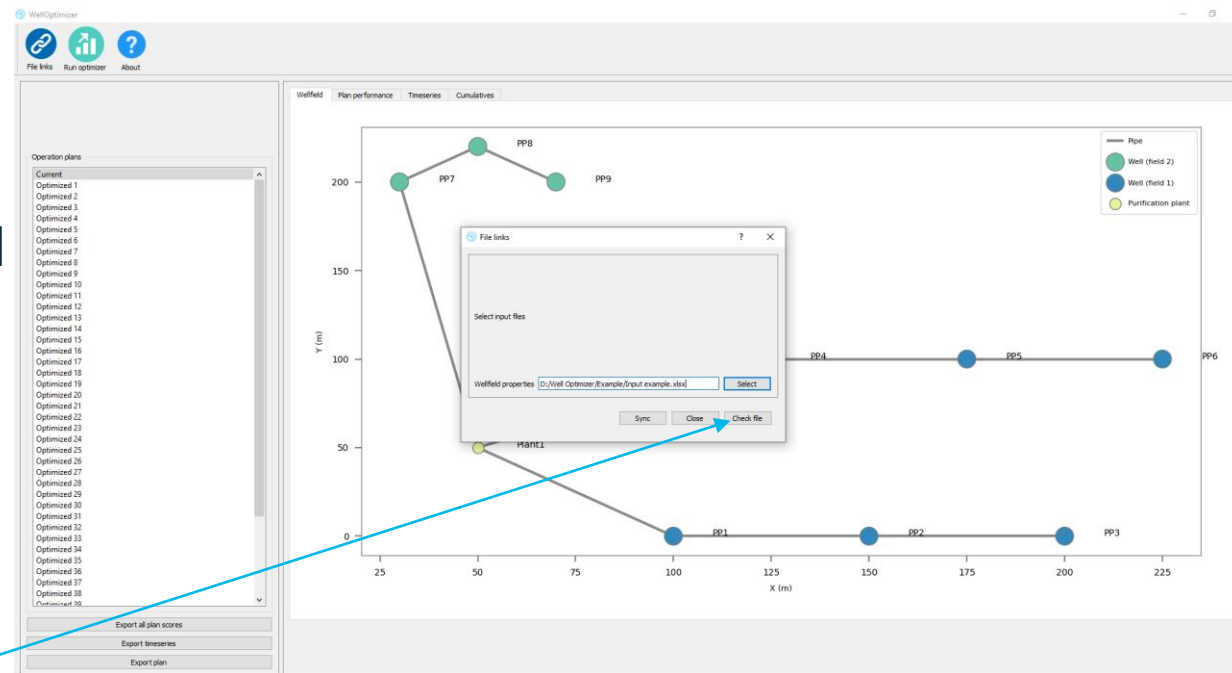


4. Inlezen model invoer

Tip:

Als je klaar bent met deze stap, dan zou de WFSO de ruimtelijke indeling van het puttenveld moeten tonen en het huidige schakelschema (genaamd “current”,

Als je de WFSO opstart, toont deze altijd je laatste berekening. Controleer of het Excel bestand dat je hiervoor hebt ingelezen nog actueel is via “check file”



5. Uitvoeren optimalisatie

Druk op “Run Optimizer”

Je hebt hiermee een genetisch algoritme gestart (NSGA-II) dat 50 schakelschema's gaat optimaliseren in 75 stappen. Met elke stap probeert het model de prestatie-indicatoren te verbeteren. In totaal gaat het model dus $50 \times 75 = 3750$ jaar doorrekenen.

Deze berekening kan enkele uren duren, afhankelijk van het aantal putten en de lengte van de tijdreeks. Let op dat de computer in deze tijd niet in de slaapstand gaat staan of zichzelf uitschakelt.



6. Resultaten bekijken en exporteren

De schakelschema's kunnen bekeken worden via 4 tabbladen:

Wellfield: layout van het puttenveld

Plan Performance: Vergelijking van de uitkomsten van alle optimalisaties.

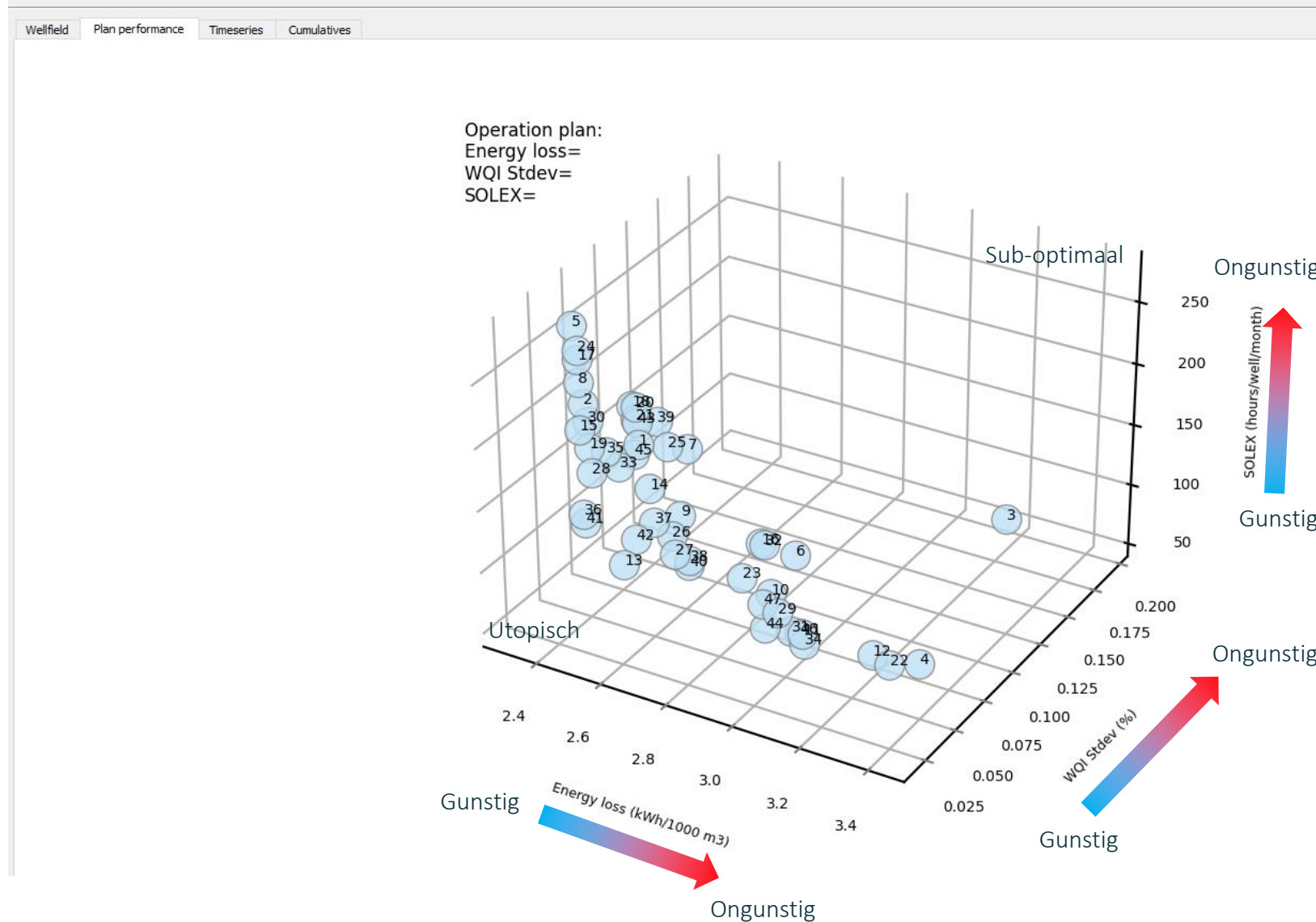
Timeseries: tijdreeksen van prestatie-indicatoren

Cumulatives: grafiek met concentratie als functie van de watervraag.

6. Resultaten bekijken en exporteren

Tabblad “Plan Performance”

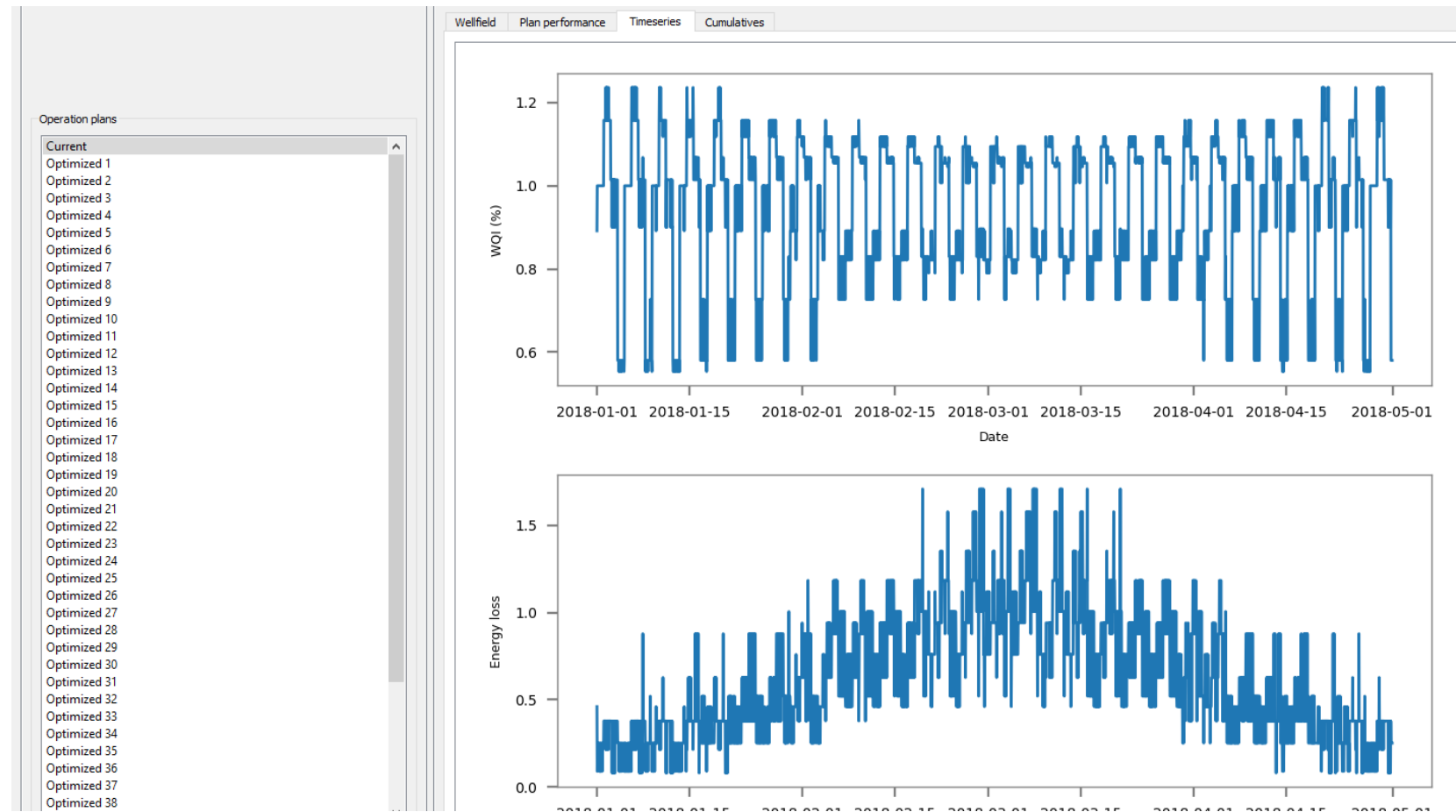
Vergelijking van de uitkomsten van de verschillende optimalisaties. Elk getal staat voor een “pareto-optimale” oplossing. Dit houdt in dat Dit houdt in dat elk geoptimaliseerd schakelschema dusdanig is dat geen enkele prestatie-indicator erop vooruit kan gaan zonder dat een andere indicator erop achteruit gaat.



6. Resultaten bekijken en exporteren

Grafieken met tijdreeksen:

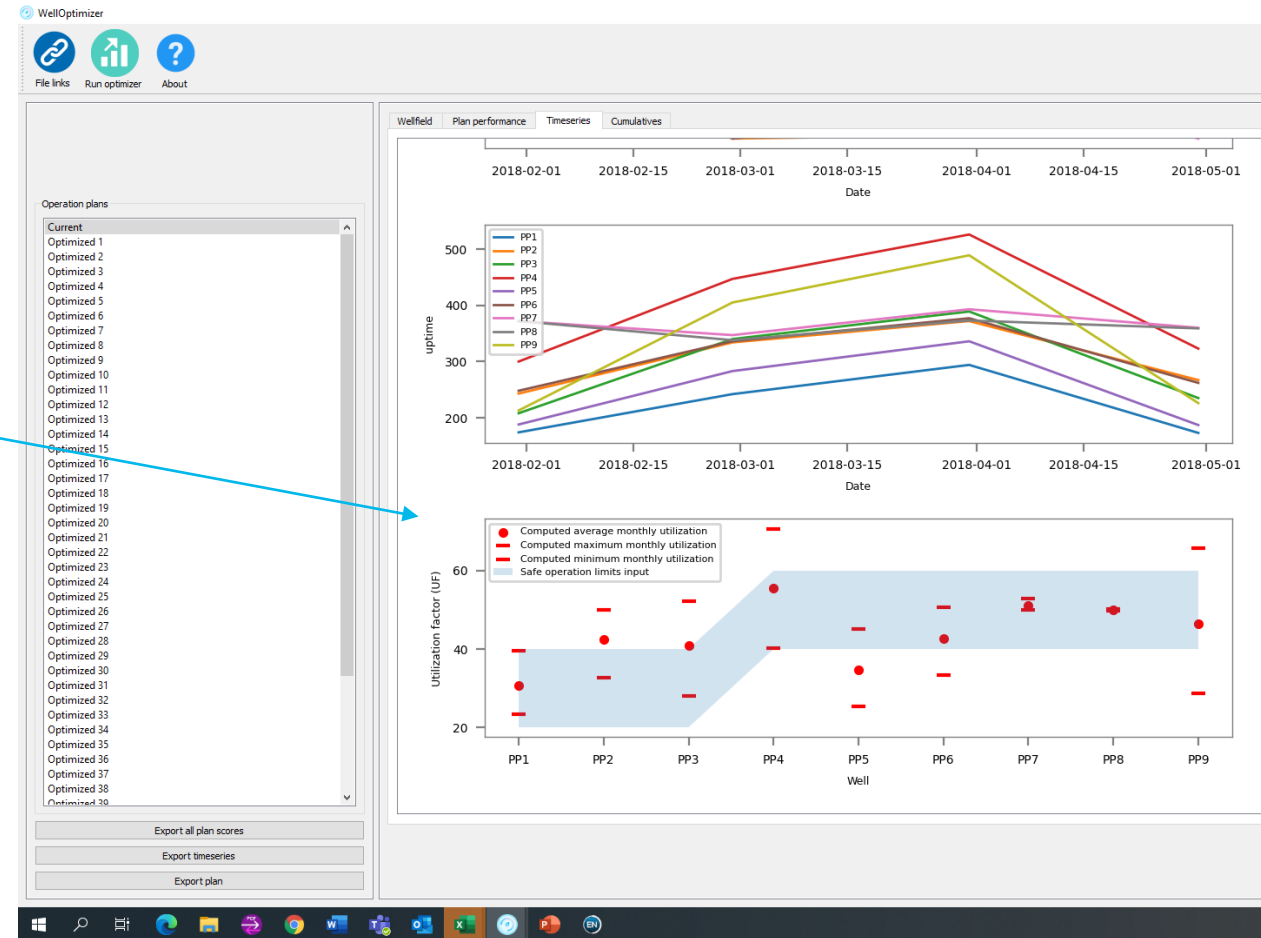
- WQI
- Energieverlies
- Waterkwaliteit
- SOLEX
- Draaiuren
- Schakelmomenten



6. Resultaten bekijken en exporteren

Grafieken met info per winput:

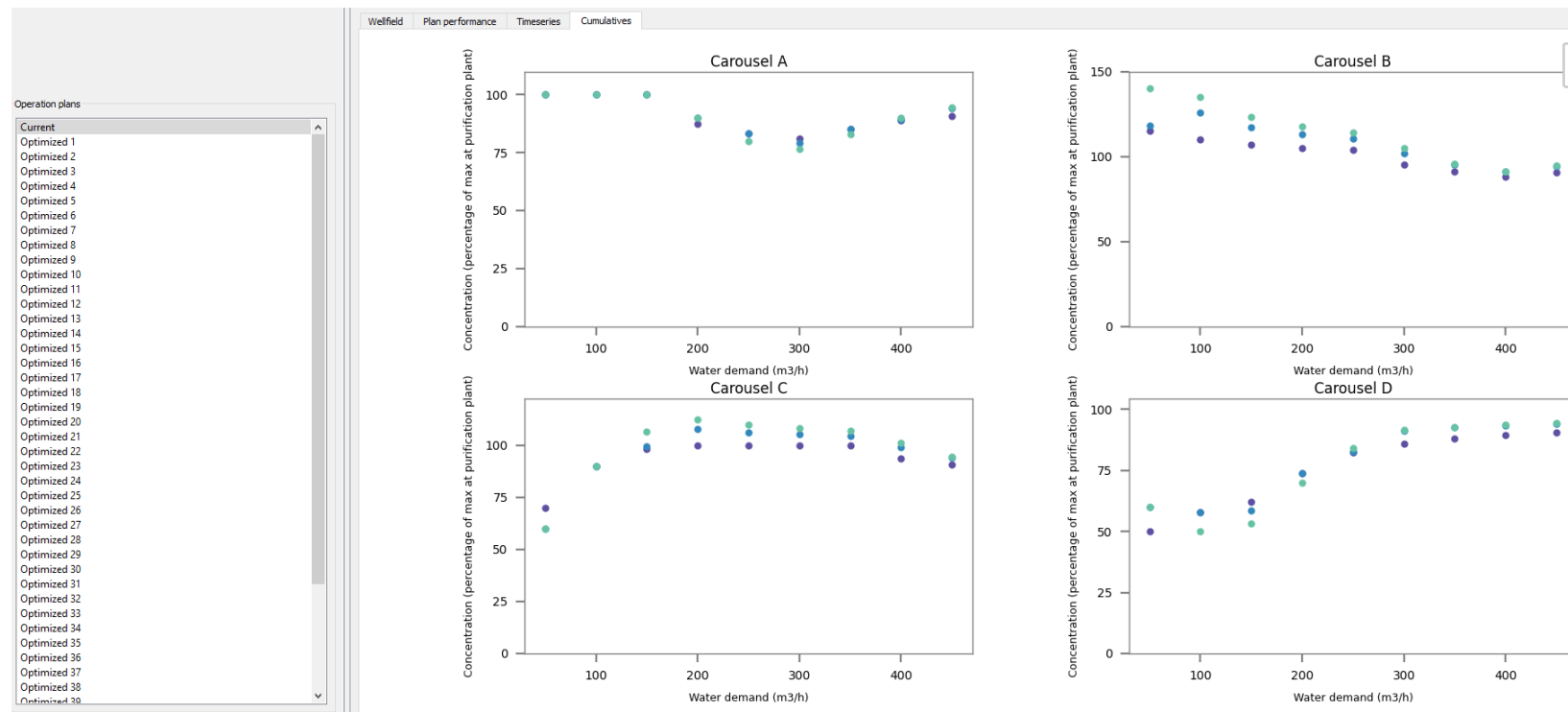
- Gewenste versus gerealiseerde range aan Utilization Factor



6. Resultaten bekijken en exporteren

Cumulatieve waterkwaliteit:

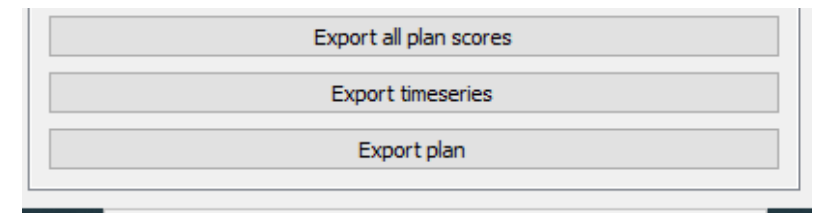
Vergelijking van de waterkwaliteit genormaliseerd naar de grenswaarde van de zuivering (y-as), weergegeven als functie van de watervraag (x-as). De grafiek is herhaald voor alle 4 de schakelcarrousel



6. Resultaten bekijken en exporteren

De volgende gegevens kunnen geëxporteerd:

- Een tabel met de prestatie-indicatoren (voor alle pareto-optimale oplossingen)
- Het optimale schakelschema (per optimale oplossing)
- Tijdreeksen met de waterkwaliteit, energieverbruik en SOLEX (per optimale oplossing).





7. Definitities

Abstraction well (onttrekkingsput)

A groundwater well designed for abstraction purposes. As such, the well contains one or more screens that allow for flow from the surrounding aquifers and is equipped with a pump.

Carousel (schakelcarrousel)

A grouping of wells within a well operating plan. Within each carousel, each individual well has a priority number. Whether or not a well in a wellfield is switched on at a certain point in time depends on the water demand and priority number of the well. A well with priority number 1 would be switched on at any time, while wells with the highest priority number would rarely be switched on (only on peak days). Carrousels are rotated every N hours, to ensure that wells with low priority numbering don't run uninterrupted for long timespans (which is bad for clogging).



7. Definitives

Max Operating Period

The maximum uninterrupted duration (hours) that a well can be active before substantial clogging is likely to occur. After this duration the well ideally needs to 'rest'.

Max Utilization Factor

The percentage of time that a well can be active before substantial clogging is likely to occur.

Min Operating Period

The minimum amount of hours that a well is allowed to operate non-stop. The longer a well operates uninterrupted, the faster it gets clogged. Hence, a minimum operating period of 3 hours means that each time a well is turned on, it should at least stay on for 3 hours before being shutted down again.

Min Utilization Factor

The percentage of time per month that a well is allowed to operate. This factor tells something about how time a well gets to 'rest'. As an example, a minimum utilization factor of 30% means that each month the well should be on for at least 223 hours.



7. Definities

Purification plant (waterzuivering)

Water treatment facility that is fed with abstracted water from one or more wellfields.

Rotation time

Number of hours that one well carousel is active. After this period the next carousel is activated.

Well field (puttenveld)

A collection of abstraction wells that together abstract water from a single aquifer and feed a purification plant (or treatment train). One purification plant can be fed by multiple individual wellfields. Wellfields can be subjected to boundary conditions, such as abstraction permits, that limit the total volume that can be abstracted in certain periods of time.

Well operation plan (schakelschema)

A standardized way to prescribe which wells should be turned on and which ones should be turned off at any given moment ('schakelschema' in Dutch). A plan consists of several well carousels.



8. Licentie

Het programma is alleen verspreid onder deelnemers van het BTO programma. Je mag het programma gebruiken wanneer KWR je in direct contact heeft voorzien van de executable. Overnemen van onderdelen, of reverse-engineering, open sourcing, verkoop en redistributie aan derde partijen is niet toegestaan.

BTO 2022.035 | Februari 2022

Dit onderzoek is onderdeel van het collectieve Bedrijfstakonderzoek van KWR, de waterbedrijven en Vewin.

Opdrachtnummer

402045-017

Trefwoorden

puttenveld, schakelschema,
putverstopping, energieverbruik

Auteurs/ contact

Erwin Vonk (KWR, thans StellaSpark)
Software development

Bram Hillebrand
bram.hillebrand@kwrwater.nl
Doorontwikkeling en onderhoud software

Martin van der Schans
martin.van.der.schans@kwrwater.nl
Conceptueel ontwerp en test

Verzonden aan

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het adviesproject. KWR zal zich onthouden van verspreiding van dit rapport en het rapport derhalve niet verstrekken aan derden, tenzij partijen anders overeenkomen. Opdrachtgever is gerechtigd het rapport te verspreiden mits KWR daarvoor vooraf toestemming heeft verleend. Aan de toestemming voor de verspreiding van (onderdelen van) het rapport kan KWR voorwaarden verbinden.