

WatPro

Version 3

Tutorial Guide

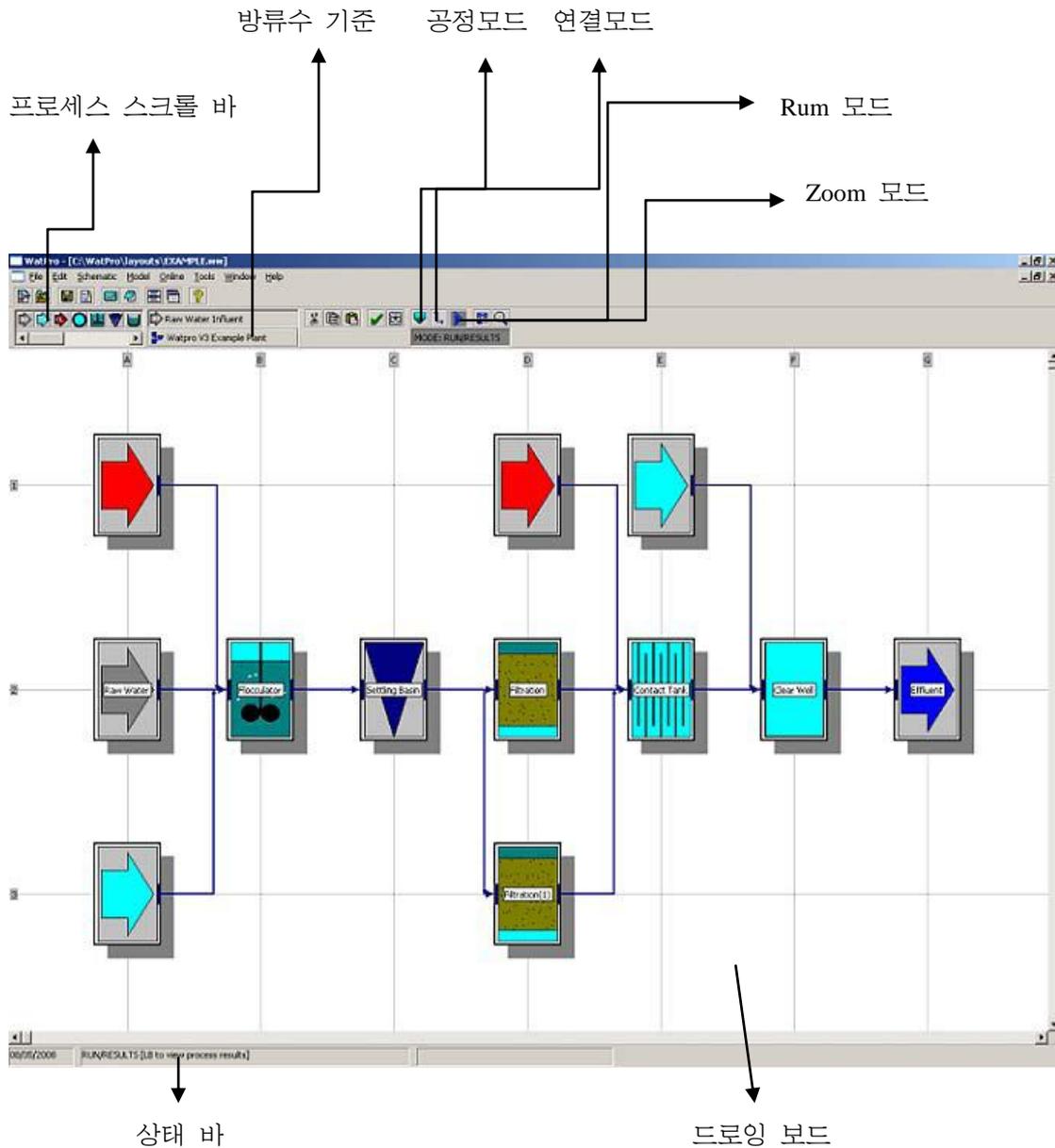


목 차

- 1과 인터페이스 소개
- 2과 정수처리장 설계
- 3과 운전조건 최적설정
- 4과 민감도 분석
- 5과 O₃과 GAC 공정

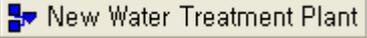
TUTORIAL #1 – Interface 소개

새롭게 런칭한 Watpro 3.0의 인터페이스에 대한 설명을 하도록 하겠습니다. 2.0버전에 비하여 사용자 편의의 환경으로 바뀌었고, 보다 더 안정적인 플랫폼으로 바뀌었습니다.



툴바 및 상단의 아이콘에 대한 설명은 다음과 같습니다.

1. 프로세스 스크롤 바 : 드로잉 보드상에 나열할 객체를 선택하는 것으로 스크롤 하면서 원하는 공정을 선택하시면 됩니다. 각 객체를 마우스로 클릭하면 우측에 객체의 설명이 나타납니다. Ex)  Disinfectant Add'n 즉, 빨간색 아이콘을 누르면 우측에 소독제 추가라는 설명이 나타납니다.

2. 방류수 기준 :  버튼은 작성할 정수처리장에 대한 간략한 정보를 입력하는 것으로 아래와 같이 처리장의 이름과 방류수의 기준을 설정합니다.

3. 공정모드 :  공정 모드를 누르고 원하는 공정을 프로세스 스크롤 바에서 선택하신 후 드로잉보드의 원하는 격자지점에 클릭하면 해당 아이콘이 생성됩니다. 불필요한 공정을 삭제할 경우 마우스 우측을 클릭하여 Delete 버튼을 누르시면 됩니다.

4. 연결모드 : 레이아웃에 있는 각 객체간을 서로 연결해주는 것입니다.  버튼을 누르고 연결을 시작할 객체에서 연결할 대상 객체로 마우스 왼쪽을 누르며 드래그 하면 됩니다. 연결이 잘못되어 삭제할 경우에는 마우스 오른쪽을 누른 채 시작 객체에서 끝날 객체로 드래그 하면 연결 삭제를 묻는 대화창이 나타납니다.

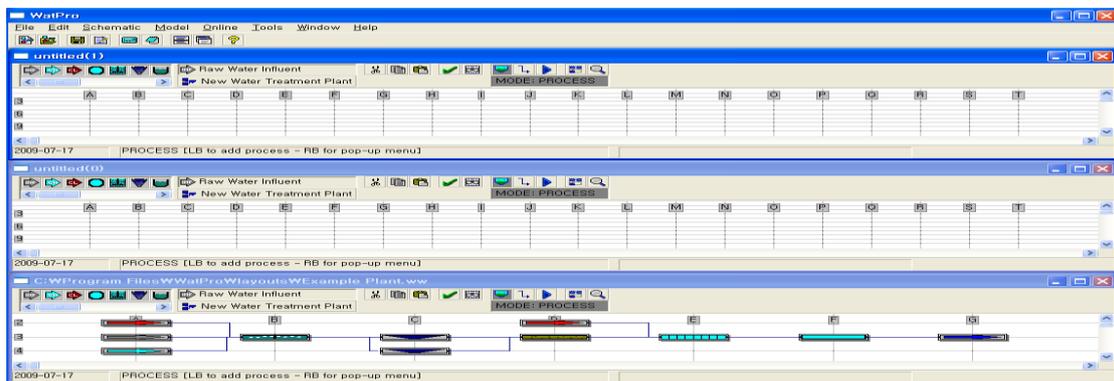
5. Run 모드 : 레이아웃이 모두 작성되어 모델을 구동하고자 할 때, Run 모드  버튼을 눌러 모델을 구동합니다.

6. Zoom 모드 : Zoom 모드  버튼을 누르면, 확대해서 보고자 하는 범위를 마우스를 이용하여 블록 설정하면, 블록으로 처리된 부분이 화면상에 확대되어 보여집니다. 또 다른 Zoom 방식으로는 상단의 Schematic>Zoom 을 클릭하여 원하는 Zoom 방식을 선택하시면 됩니다.

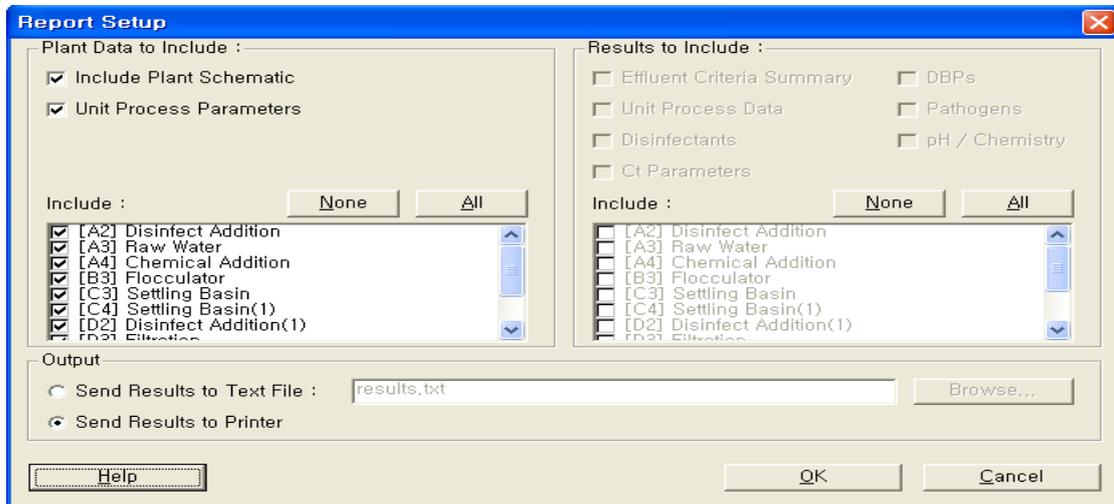
7. 상태바 : 상태바는 프로그램의 하단에 표시되는 것으로, 현재 레이아웃의 상태가 어떤 모드에서 구동되고 있는지를 확인할 수 있습니다.

8. 드로잉 보드 : Watpro 프로그램의 레이아웃을 작성하는 바닥을 의미합니다. 격자무늬로 표시되고, 각 격자무늬의 교차점에 객체를 위치하여 공정을 설계하시면 됩니다. 격자무늬를 없애고자 할 때는 상단의 Tools>Preferences > Schematic Settings의 Show Grid Lines과 Grid Dots 선택을 해지하시면 됩니다. 또한 Grid의 열이나 행을 삽입 혹은 삭제하고자 할 때는 빈 바닥에 마우스 우측을 클릭하여 insert 혹은 delete를 실행하시면 됩니다.

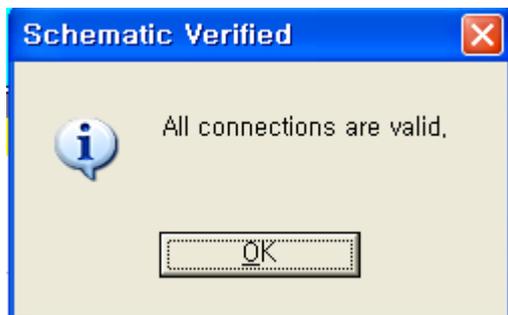
9. 멀티 창 기능 : WatPro 3.0에서는 여러 개의 창을 띄어놓고 개별적으로 작업할 수 있도록 변경되었습니다. 아래 그림과 같이 여러 개의 창을 열고서 각각 모델을 수행할 수 있습니다. 멀티 창의 설정 방법은 상단의 Window를 클릭하여 설정하시면 됩니다.



10. 리포트 기능 : 모델의 결과에 대한 보고서 기능을 제공하고 있습니다. File> Generate Report 를 클릭하여 사용자가 원하는 결과 항목을 체크하여 선택할 수 있습니다. 또한 모델 결과를 프린터로 전송하여 출력할 것인지, 새로운 텍스트를 생성할 것인지 선택하고 Ok 버튼을 누르시면 모델의 결과가 원하는 형태에 따라 출력됩니다.



11. 모델 검증 기능 : 드로잉보드상에 객체를 순서도에 맞게 나열하고 연결모드를 이용하여 연결 한 후  버튼을 누르거나, Model>Verify Schematic을 클릭하여 전체적으로 연결이 잘 되었는지 확인을 할 수 있습니다. 연결이 올바르게 되었을 경우 아래와 같은 대화창이 뜹니다.



TUTORIAL #2 – 정수 처리장 설계

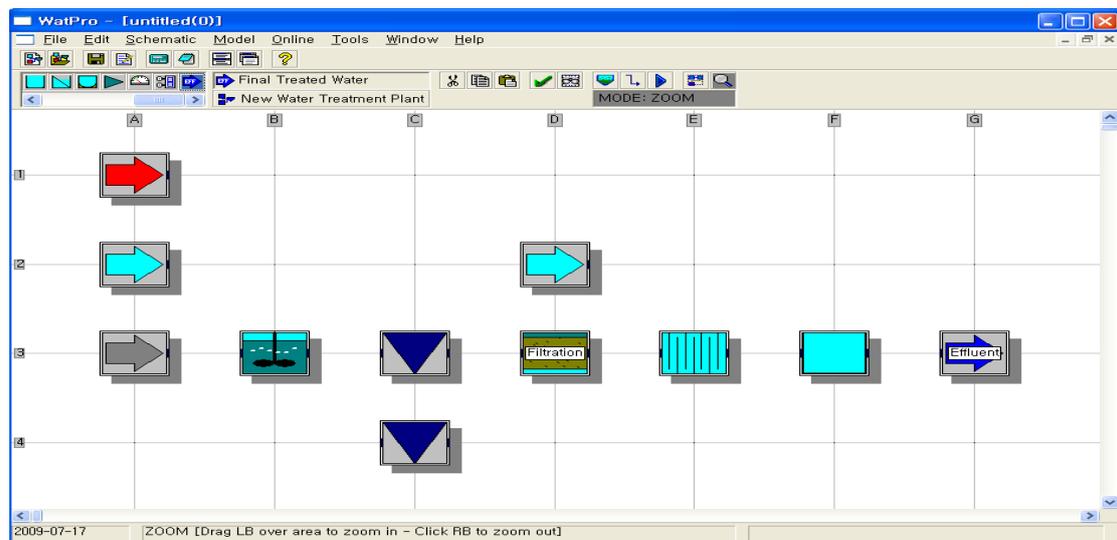
이번 과에서는 간단한 정수처리 플랜트를 만들어보도록 하겠습니다. 정수장의 순서도는 다음과 같습니다.

유입수 – 응집 – 침전 – 여과 – 접촉조 - 정수지 - 방류

1. 공정 배치

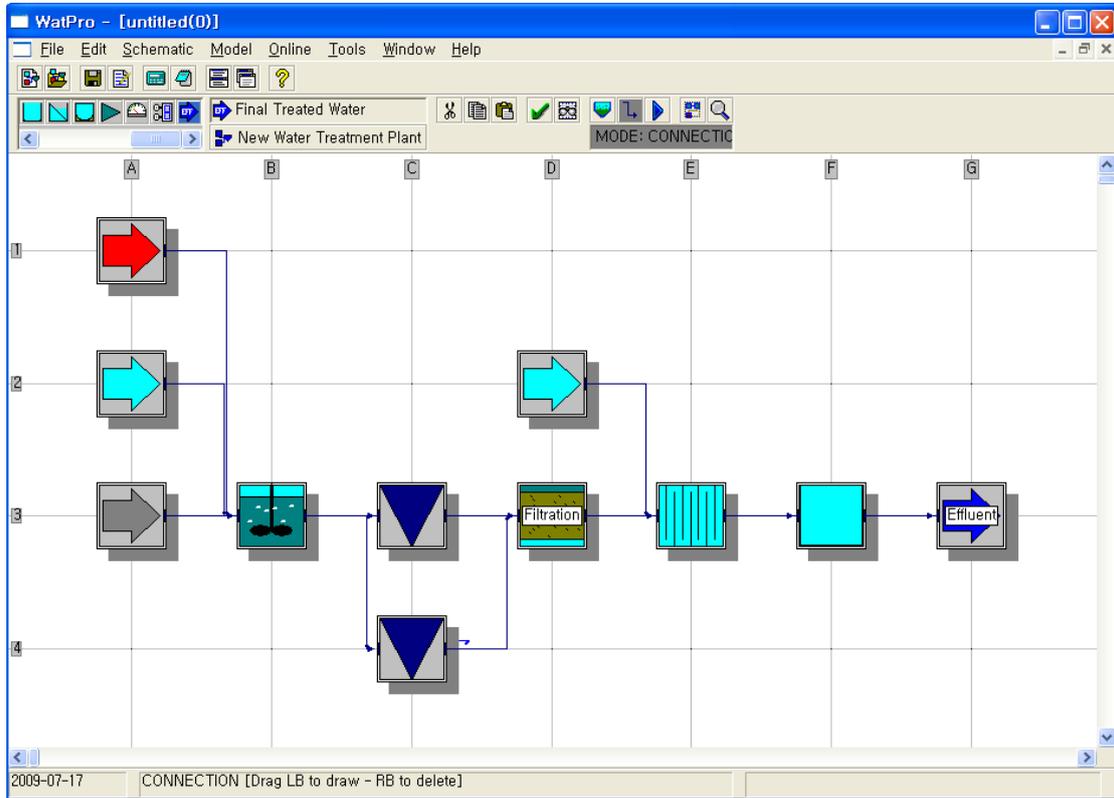
공정 모드를 클릭 한 후 프로세스 스크롤 바를 이용하여 해당 공정을 드로잉 보드상에 클릭함으로써 배치시킵니다. 이 때, 배치시키는 위치는 아래의 표에서와 같이 Grid Location 을 이용하시면 편리합니다.

공정	Grid Location	연결할 공정	Grid Location
Disinfectant (Chlorine)	A1	Flocculator	B3
Chemical Addition (Alum)	A2	Flocculator	B3
Raw Water	A3	Flocculator	B3
Flocculator	B3	Settling Basins #1,2	C3,C4
Settling Basin #1	C3	Filter	D3
Settling Basin #2	C4	Filter	D3
Chemical Addition (Lime)	D2	Contact Chamber	E3
Filter	D3	Contact Chamber	E3
Contact Chamber	E3	Clear Well	F3
Clear Well	F3	Effluent	G3
Effluent	G3		

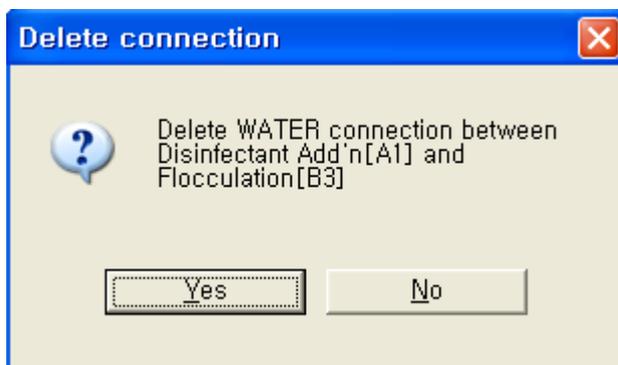


2. 공정 연결

공정의 배치가 끝나면 각 공정들을 연결해줘야 합니다. 연결모드 아이콘을 클릭한 후, 드로잉 보드에 배치한 공정들을 정수처리 flow에 맞춰 마우스를 왼쪽을 클릭한 후 해당 공정에 드래그 하여 연결시켜 줍니다.



연결이 잘못되어 삭제하고자 할 때는 마우스 오른쪽을 클릭한 채 잘못 연결된 객체에 드래그하면 연결을 삭제와 관련된 대화창이 아래와 같이 활성화되어 연결을 삭제하면 됩니다.

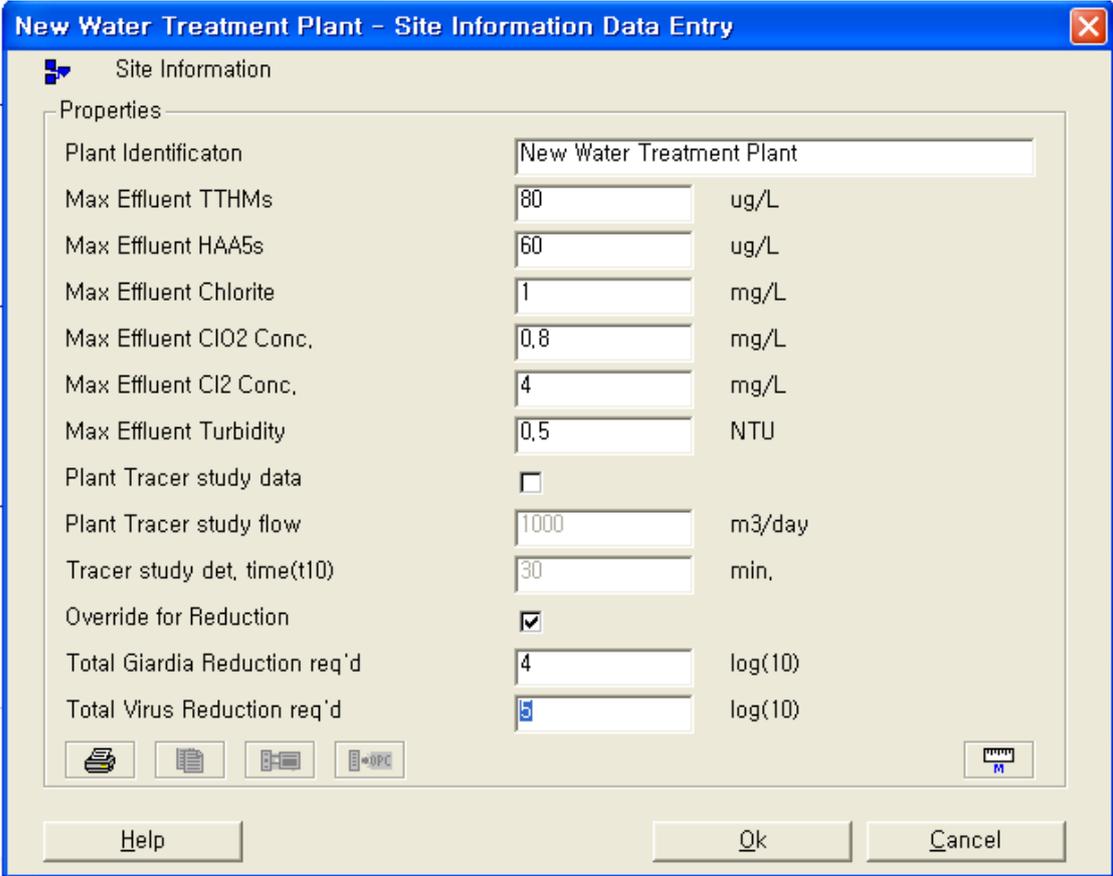


공정 연결이 끝난 후, 필요한 경우 zoom 모드를 이용하여 스크린에 레이아웃을 적절히 맞춰 사용하시면 됩니다.

3. 데이터 입력

공정을 배치와 연결이 끝나면, 각 공정에 해당하는 물리적 데이터 및 운영 데이터를 입력하면 됩니다.

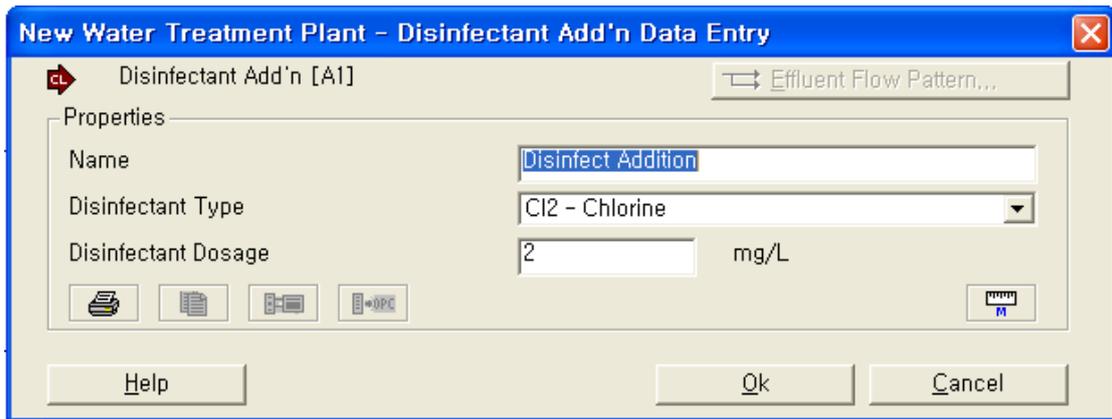
1) 우선 전체 현재 처리장의 이름과 방류수 수질 기준을 설정합니다. 상단의 Schematic>Site Information을 클릭하여 설정하거나,  New Water Treatment Plant 를 클릭하여 설정하면 됩니다.



Property	Value	Unit
Plant Identification	New Water Treatment Plant	
Max Effluent TTHMs	80	ug/L
Max Effluent HAA5s	60	ug/L
Max Effluent Chlorite	1	mg/L
Max Effluent ClO2 Conc.	0.8	mg/L
Max Effluent Cl2 Conc.	4	mg/L
Max Effluent Turbidity	0.5	NTU
Plant Tracer study data	<input type="checkbox"/>	
Plant Tracer study flow	1000	m3/day
Tracer study det. time(t10)	30	min.
Override for Reduction	<input checked="" type="checkbox"/>	
Total Giardia Reduction req'd	4	log(10)
Total Virus Reduction req'd	5	log(10)

TTHM과 HAA5의 최대 농도를 각각 80 ug/L와 60 ug/L로 설정하십시오. Giardia 와 바이러스의 제거율은 현재의 제거 요구율에 맞도록 각각 4 logs, 5 logs가 되도록 설정하고 OK버튼을 클릭하십시오.

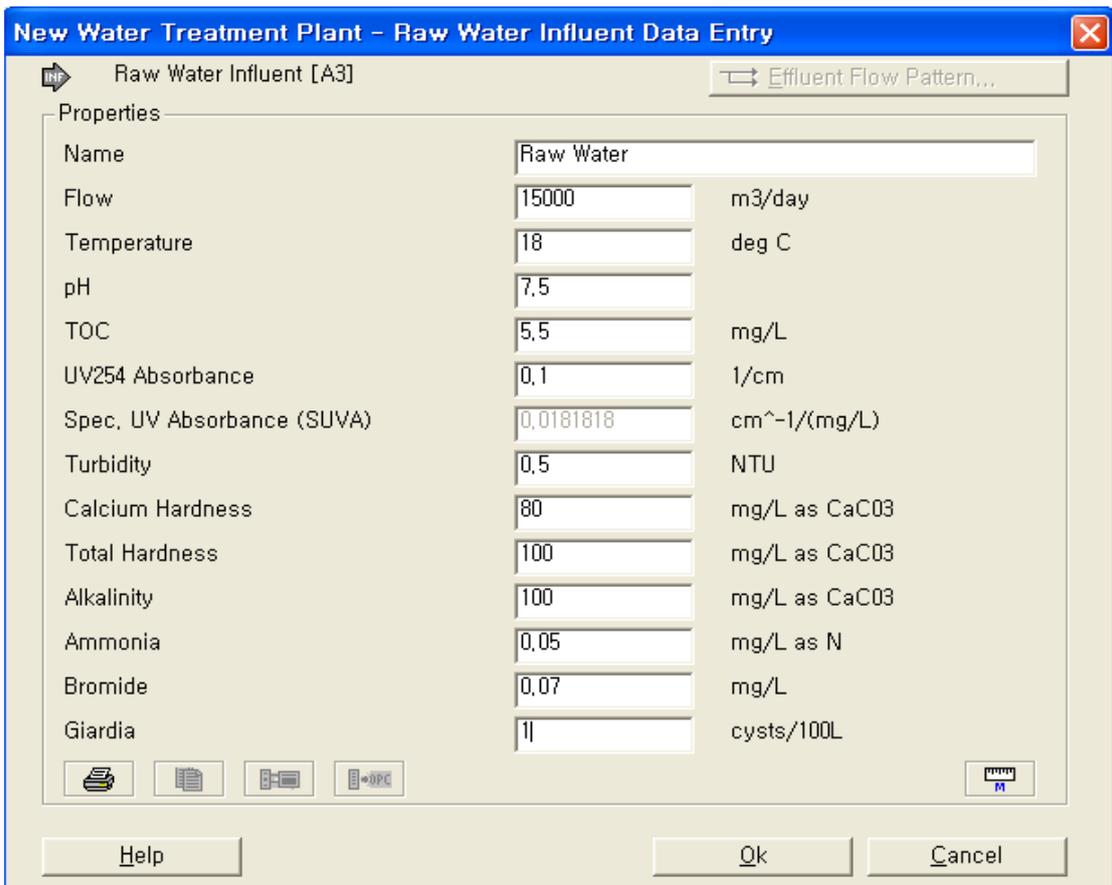
2) 각 공정 데이터를 입력하기 위해서는 해당 공정 아이콘 위에 마우스를 올려놓고 우측을 클릭하면 Edit으로 설정하면 됩니다. 다음 그림은 소독제를 마우스 우측 클릭하여 소독제 종류로는 Cl₂로 하고 주입량은 2mg/L로 설정합니다.



A2에 위치한 화학 약품 주입공정을 클릭 > Edit 하여 명반(aluminum sulphate) 주입량을 20mg/L로 설정하고 OK버튼을 클릭합니다.

D2에 있는 화학 약품 주입 공정을 클릭 > Edit 하여 석회(calcium hydroxide) 주입량을 2mg/L로 설정하고 OK버튼을 클릭합니다.

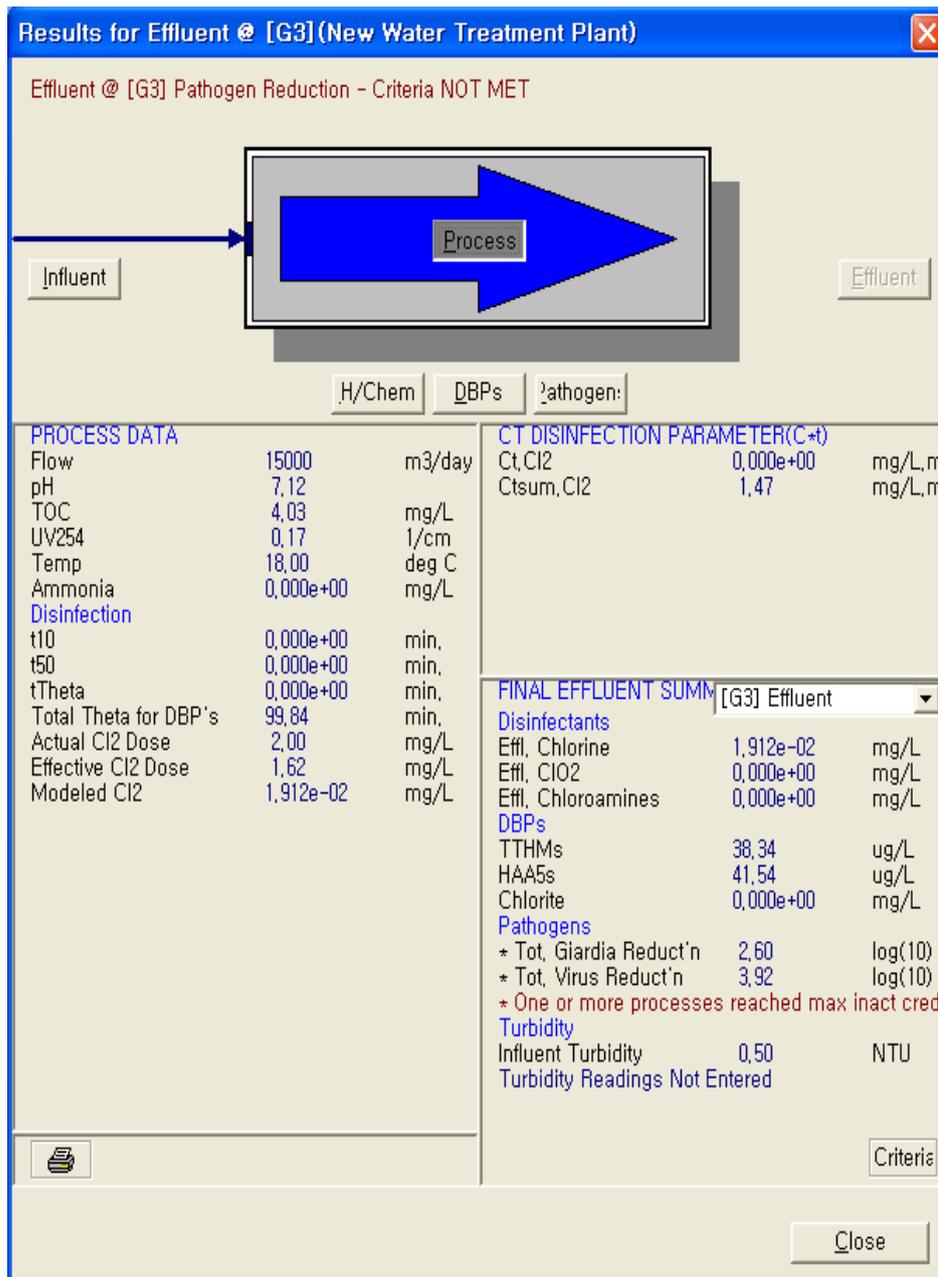
원수 공정을 클릭 > Edit 하고 원수 특성을 다음의 입력 값과 일치되도록 수정하십시오.



접촉조(격자 E3에 위치)를 제외한 나머지 다른 공정들은 default 설정을 사용할 것입니다. 반응조 부피는 default 값 200 m³ 대신에 300 m³으로 설정합니다. 모든 반응조는 처음에 unbaffled(default 설정)로 설정되어 있다는 것에 유의하십시오.

4. 모델 구동

지금 모델을 실행하도록 하겠습니다. 시뮬레이션을 시작하기 위해 틀 바에 있는 “Run” 아이콘을 클릭하십시오. 모델 실행이 완료되면 승인하기 위해 “OK”을 클릭합니다. 드로잉 보드에 있는 어떤 공정이든 간단히 클릭만 하면 어느 위치에서든 그 결과를 살펴 볼 수 있습니다. 이 튜토리얼에서 우리는 최종 처리수에 관심이 있으므로 유출수 공정을 클릭합니다. 결과화면은 다음과 같이 보여야 합니다.



< Model Result

< CT value

< Residual chlorine at process

< TTH value

< HAA5 value

< Giardia reduction

공정 결과 화면은 많은 정보를 제공하여 구체적인 결과를 보여줍니다. 시설에 따른 총 CT 값은 1.47mg.min/L이고 Cl₂값은 상대적으로 낮게 나타났습니다. 최종처리수의 잔류 염소 농도는 0.019mg/L로 본질적으로 모두 사용 됐음을 알 수 있습니다. 플랜트에서 Giardia 제거율은 2.6 logs이고, 방류수 기준에서 설정한 제거율은 Giardia 불활성화는 4.0log 이었습니

다. TTHM과 HAA5 농도는 각각 80ug/L와 60 ug/L로 규정한 최대 농도보다 낮게 나타났습니다. 각각의 항목에 대한 자세한 사항은 상단의 pH/Chem, DBPs, Pathogen을 클릭하여 살펴 볼 수 있습니다.

요약된 결과를 보기 위한 편리한 방법은 아래 화면 하단 부분에서 “Criteria”라 불리는 버튼을 클릭하는 것입니다. 다음의 화면이 나타나야 합니다.

The screenshot shows a window titled "Criteria for [G3] Effluent" with a close button in the top right corner. The window contains a table with the following data:

EFFLUENT CRITERIA SUMMARY				
	Criteria	Status	Results	
Disinfection				
Req Giardia Reduction	4.00	log(10) NOT MET	2.60	log(10)
Req Virus Reduction	5.00	log(10) NOT MET	3.92	log(10)
Alternative Disinfection				
Req Giardia Reduction	3.50	log(10) NOT MET	2.60	log(10)
Req Virus Reduction	4.50	log(10) NOT MET	3.92	log(10)
DBPs				
Max TTHMs Allowed	80.00	ug/L OK	38.34	ug/L
Max HAA5s Allowed	60.00	ug/L OK	41.54	ug/L
Max Chlorite Allowed	1.00	mg/L OK	0.000e+00	mg/L
Disinfectants				
Max Chlorine Allowed	4.00	mg/L OK	1.912e-02	mg/L
Max ClO2 Allowed	0.80	mg/L OK	0.000e+00	mg/L
Turbidity				
Max Turbidity Allowed	0.50	NTU OK	0.50	NTU

A "Close" button is located at the bottom right of the dialog box.

이 표는 레이아웃 작성시 설정해 두었던 방류수 기준과 모델의 결과가 부합되는지 확인하는 것입니다. 위에서 알 수 있는 것처럼 Giardia 와 Virus 제거율은 Status 항목을 보면 기준치에 적합하지 않은 것으로 나타나 이에 대한 대처방안이 필요한 것으로 판단 할 수 있습니다.

파일이름을 Tutorial 1로 하여 저장합니다.

TUTORIAL #3 – 운전조건 최적설정

이번 과에서는 앞서 작성한 Tutorial1.wv파일을 이용하여, 적절한 CT값을 찾고, 또한 이를 만족하는 소독제나 화학약품의 양을 정해보도록 하겠습니다.

방류수 기준에서 설정한 Giardia 제거율 4.0log 에 해당하는 CT값을 찾기 위해서는 가장 쉽게 소독제인 Cl₂의 양을 증가시키는 방법이 있습니다. 염소 투입량을 4mg/L로 증가하여 모델을 구동한 후 결과에서 Criteria를 살펴보면 다음과 같습니다.

Criteria for [G3] Effluent				
EFFLUENT CRITERIA SUMMARY				
Disinfection	Criteria	Status	Results	
Req Giardia Reduction	4.00	log(10)OK	4.16	log(10)
Req Virus Reduction	5.00	log(10)OK	51.91	log(10)
Alternative Disinfection				
Req Giardia Reduction	3.50	log(10)OK	4.16	log(10)
Req Virus Reduction	4.50	log(10)OK	51.91	log(10)
DBPs				
Max TTHMs Allowed	80.00	ug/L OK	52.88	ug/L
Max HAA5s Allowed	60.00	ug/ NOT MET	67.67	ug/L
Max Chlorite Allowed	1.00	mg/L OK	0.000e+00	mg/L
Disinfectants				
Max Chlorine Allowed	4.00	mg/L OK	1.36	mg/L
Max ClO ₂ Allowed	0.80	mg/L OK	0.000e+00	mg/L
Turbidity				
Max Turbidity Allowed	0.50	NTU OK	0.50	NTU

염소 투입량을 증가시킴으로써 Giardia와 virus의 제거율은 기준치를 만족했지만, 과도한 염소투입량으로 인하여 소독부산물인 할로초산의 농도는 높아져서 기준치를 초과하였습니다.

Trial & Error로 시도하여 염소 양을 다양하게 변화시킴으로써 할로초산의 농도를 낮추려 해도 이는 실제적으로 가능하지 않습니다. 소독부산물은 미생물의 존재와도 밀접한 관련이 있으므로 이를 제어하기 위해서는 TOC를 감소시켜야 합니다. TOC를 제거하기 위해서는 화학약품을 사용하여 응집 침전시키는 방법이 있습니다. 따라서 A1에 위치한 소독공정의 Cl₂ 투입량을 다시 2mg/L로 바꾸고, A2에 위치한 화학약품 투입 공정을 클릭하여 명반의 투입량을 20에서 30mg/L로 증가시키고 모델을 실행합니다.

다음 그림은 명반의 양을 증가시키자 할로초산의 농도는 기준치를 만족하고, Giardia의 제거율은 개선되긴 했으나 다시 기준치를 초과하는 것으로 나타났습니다.

Criteria for [G3] Effluent				
EFFLUENT CRITERIA SUMMARY				
Disinfection	Criteria	Status	Results	
Req Giardia Reduction	4,00	log(10) NOT MET	2,75	log(10)
Req Virus Reduction	5,00	log(10) OK	7,14	log(10)
Alternative Disinfection				
Req Giardia Reduction	3,50	log(10) NOT MET	2,75	log(10)
Req Virus Reduction	4,50	log(10) OK	7,14	log(10)
DBPs				
Max TTHMs Allowed	80,00	ug/L OK	36,98	ug/L
Max HAA5s Allowed	60,00	ug/L OK	41,47	ug/L
Max Chlorite Allowed	1,00	mg/L OK	0,000e+00	mg/L
Disinfectants				
Max Chlorine Allowed	4,00	mg/L OK	0,15	mg/L
Max ClO2 Allowed	0,80	mg/L OK	0,000e+00	mg/L
Turbidity				
Max Turbidity Allowed	0,50	NTU OK	0,50	NTU

소독을 위한 CT 개념에서 고려해보면, 이제까지 CT에 있는 “C”(소독제 농도)를 조절하는 것만 시도하였습니다. 이제 실용적인 방법으로 배플을 사용하여 CT에 있는 “T”를 조절하여 보도록 하겠습니다.

접촉조를 클릭하여 Edit으로 들어가면 “unbaffled”에서 “inlet/outlet/intra-basin”로 배플링 조건을 변경할 수 있습니다. 접촉조를 위한 데이터 입력 박스는 다음과 같습니다.

New Water Treatment Plant - Contact Tank Data Entry	
Contact Tank [E3] Effluent Flow Pattern,...	
Properties	
Name	Contact Tank
Volume	300 m3
Baffling Description	Unbaffled
Tracer study data	Unbaffled Inlet Only Inlet/Outlet/Intra-basin Perforated Inlet/Intra-Basin Perfect (Plug Flow)
Tracer study flow	
Tracer study det. time(t10)	30 min.
Tracer study det. time(t50)	30 min.
Chlorine Measured	<input type="checkbox"/>
Chlorine Residual	2 mg/L
ClO2 Measured	<input type="checkbox"/>
ClO2 Residual	0,5 mg/L
Turbidity Readings	<input type="checkbox"/>
Measured Turbidity	0,5 NTU
Include in Ct(Sum)	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="button" value="Help"/> <input type="button" value="Ok"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

반응조에 배플을 설치함으로써, 소독제와 유체의 접촉시간이 길어지고 이에 따라 실제적으로 소독효과가 높아집니다. 또한 Watpro는 Tracer study를 수행함으로써, 반응조에서의 CT값을 조절하여 소독 효과를 확인해 볼 수 있습니다.

배플의 조건을 변경하여 모델을 구동하면 다음과 같은 결과가 나옵니다. 위의 결과와 비교해보면 Giardia의 제거율이 다소 개선되었으나 여전히 기준치에는 미흡한 것으로 나타났습니다.

Criteria for [G3] Effluent				
EFFLUENT CRITERIA SUMMARY				
Disinfection	Criteria	Status	Results	
Req Giardia Reduction	4.00	log(10) NOT MET	2.86	log(10)
Req Virus Reduction	5.00	log(10) OK	9.41	log(10)
Alternative Disinfection				
Req Giardia Reduction	3.50	log(10) NOT MET	2.86	log(10)
Req Virus Reduction	4.50	log(10) OK	9.41	log(10)
DBPs				
Max TTHMs Allowed	80.00	ug/L OK	36.98	ug/L
Max HAA5s Allowed	60.00	ug/L OK	41.47	ug/L
Max Chlorite Allowed	1.00	mg/L OK	0.000e+00	mg/L
Disinfectants				
Max Chlorine Allowed	4.00	mg/L OK	0.15	mg/L
Max ClO2 Allowed	0.80	mg/L OK	0.000e+00	mg/L
Turbidity				
Max Turbidity Allowed	0.50	NTU OK	0.50	NTU

CT와 Giardia 불활성화는 증가되었지만 아직 근사값입니다. 배플링 하는 것과 함께 염소 주입량의 증가를 결합 시킬 경우 요구 조건 기준에 부합할지도 모릅니다. 제한 값에 모두 달성될 수 있는지 살펴보기 위해 염소주입량을 3mg/L로 증가시켜 주십시오. 만약 모두 달성된다면 적절한 최적화 해결을 이룬 것입니다.

다른 1차 소독제의 사용을 포함시키는 것이 다른 최적화 해결책일 수도 있음을 유의하십시오. 달성 할 수 있는 결과를 살펴 보기 위해 염소를 이산화 염소로 바꾸어 주십시오. 기술적인 해결책 역시 최선의 전략으로 결정되기 위해서는 경제적인 평가 또한 필요하다는 점에 유의하십시오. 이 파일을 tut1_opt.ww.으로 저장하십시오.

Criteria for [G3] Effluent				
EFFLUENT CRITERIA SUMMARY				
Disinfection	Criteria	Status	Results	
Req Giardia Reduction	4.00	log(10) OK	4.10	log(10)
Req Virus Reduction	5.00	log(10) OK	44.95	log(10)
Alternative Disinfection				
Req Giardia Reduction	3.50	log(10) OK	4.10	log(10)
Req Virus Reduction	4.50	log(10) OK	44.95	log(10)
DBPs				
Max TTHMs Allowed	80.00	ug/L OK	44.87	ug/L
Max HAA5s Allowed	60.00	ug/L OK	55.05	ug/L
Max Chlorite Allowed	1.00	mg/L OK	0.000e+00	mg/L
Disinfectants				
Max Chlorine Allowed	4.00	mg/L OK	0.81	mg/L
Max ClO2 Allowed	0.80	mg/L OK	0.000e+00	mg/L
Turbidity				
Max Turbidity Allowed	0.50	NTU OK	0.50	NTU

TUTORIAL #4 – 민감도 분석

여러 해 동안 정수처리시설은 항상 평균상태를 유지하는 것이 아니라 다양한 조건 하에서 운영되고 있습니다. 여름철과 겨울철 수온의 간단한 경우를 고려해 보십시오. 겨울철 수온은 2°C보다 낮게 떨어지고 여름철 수온은 20°C보다 더 높게 증가 할 수도 있습니다. 이와 같은 변화들은 소독 부산물의 형성뿐만 아니라 미생물을 불활성화시키기 위한 소독제의 유효성에 상당한 영향을 미칠 수 있습니다. 또 어떤 경우에는 호수의 턴오버(수온역전), 큰 태풍과 같은 요소가 원수의 수질을 극적으로 변화시키는 원인이 될 수 있습니다. 그러한 상황에서 TOC, UV₂₅₄, 탁도, 경도 및 알칼리도와 같은 파라미터는 크게 변화 될 수도 있습니다. 시뮬레이터 공정은 원수 수질의 변화에 따른 DBPs 형성과 CT의 영향을 시험하기 위한 이상적인 도구입니다.

일반적으로 수온의 증가만큼 화학물질 소독의 동역학은 증가하고, Giardia와 바이러스의 불활성화는 겨울철과 비교하여 여름철에서는 증가합니다. 그러나 따뜻한 온도는 더 높은 수준의 소독 부산물 형성을 만들게 합니다. 그래서 우리는 DBPs의 과도한 형성을 방지하기 위해 겨울철과 상대적인 여름철의 소독제 주입량 정도에 대해 주의할 필요가 있습니다.

다음은 민감도 분석을 통하여 각 공정 파라미터에 대한 영향을 살펴보도록 하겠습니다. 민감도 분석을 수행하기 위해서는 상단 메뉴의 Model>Sensitive Analysis를 클릭하여 설정하면 됩니다.

다음 대화상자는 A3에 위치한 유입수의 온도에 따른 민감도 분석을 수행하는 것입니다. 온도의 범위는 factor로 설정하고 5.4~27°C로 하고, 10개 step으로 나누어 보는 것입니다. Run 버튼을 눌러 분석을 수행합니다.

Sensitivity Analysis

Sensitivity Analysis Options

Final Effluent to Analyse : [G3] Effluent

Sensitivity Location : [A3] Raw Water

Sensitivity Parameter (X) : Temperature

Low Factor : 0.3

High Factor : 1.5

Number of Steps : 10

Current Value : 18 Low Value : 5.4 High Value : 27

Output Options

Graph Table

Scale Options

Linear Logarithmic

User Sensitivity

User Sensitivity

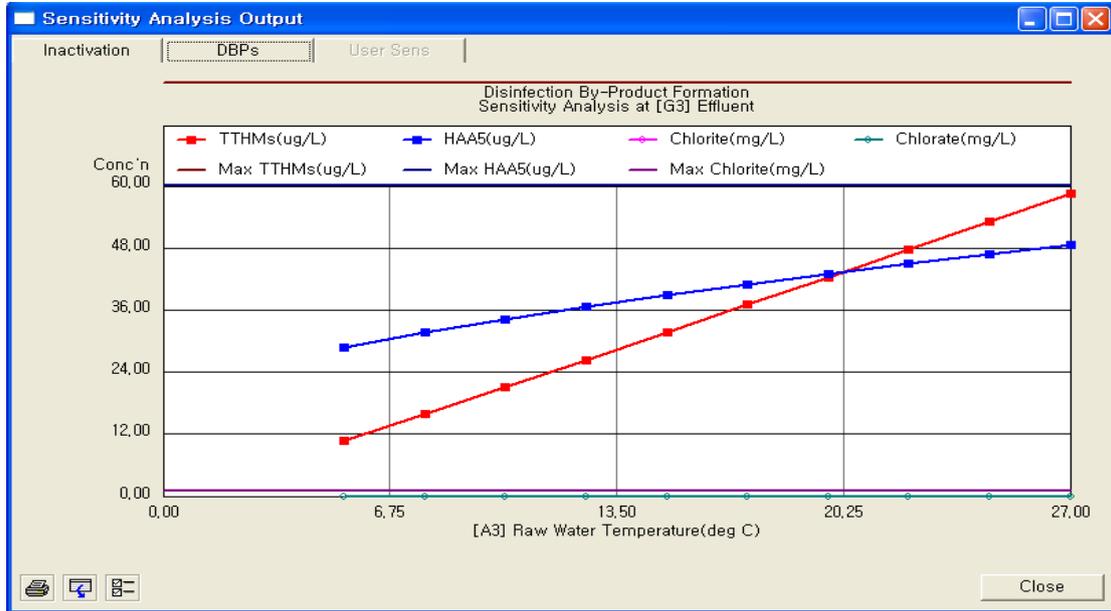
Location to Analyse : [B3] Flocculator

Parameter (Y) : pH

Help Run Close

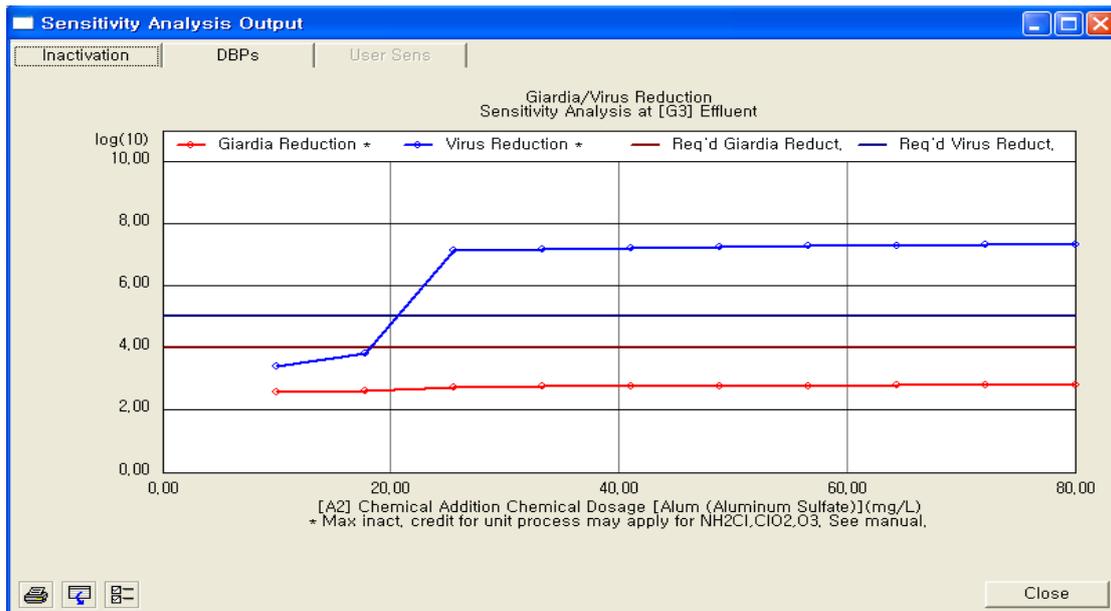
다음은 원수의 수온에 따른 DBPs의 생성율에 대한 그래프입니다. 온수가 올라갈수록 생성율은 더욱 높아지므로 여름 철에는 DBPs의 생성율이 많아 질 것을 예상할 수 있습니다.

상단의 Inactivation 탭을 누르면 Virus 제거율에 대한 그래프를 확인할 수 있습니다.

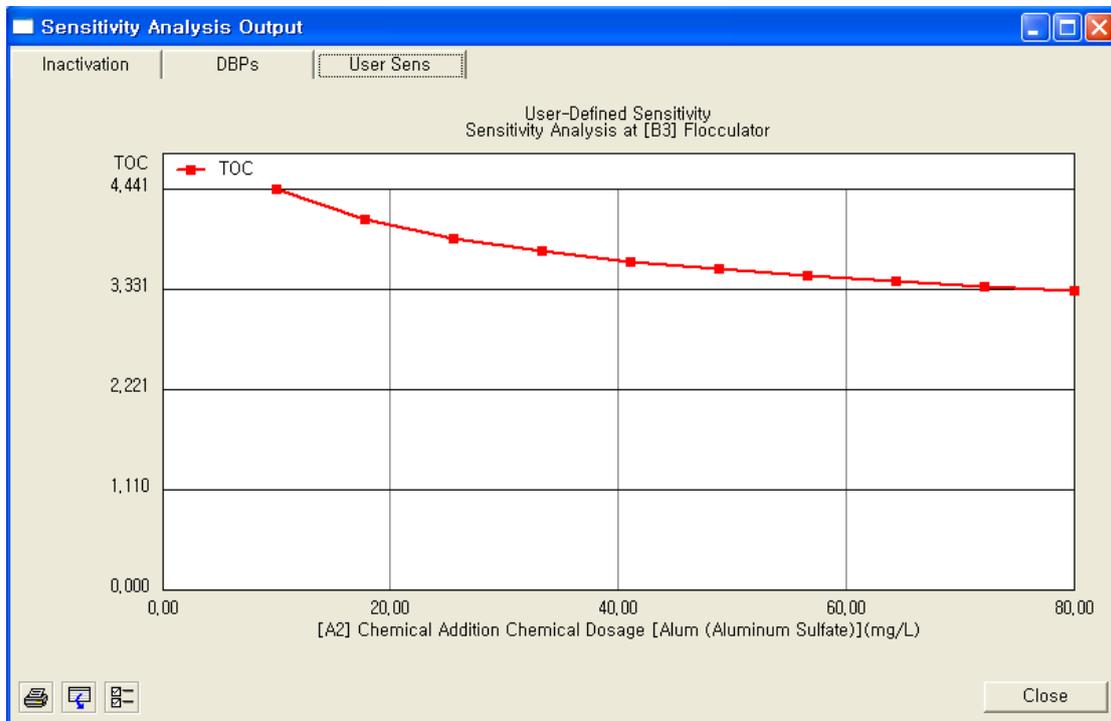


다음으로 명반 주입량이 DBPs와 미생물제거율에 어떤 영향을 미치는지 알아 보기 위해 [A2]에 위치한 명반 주입량을 8개의 단계로 10~80mg/L의 범위 내에서 변화하도록 시도하십시오. 다음과 같은 그래프가 나타날 것입니다.

명반 주입량이 증가할수록 병원균의 제거가 증가되는 것으로 나타났습니다.

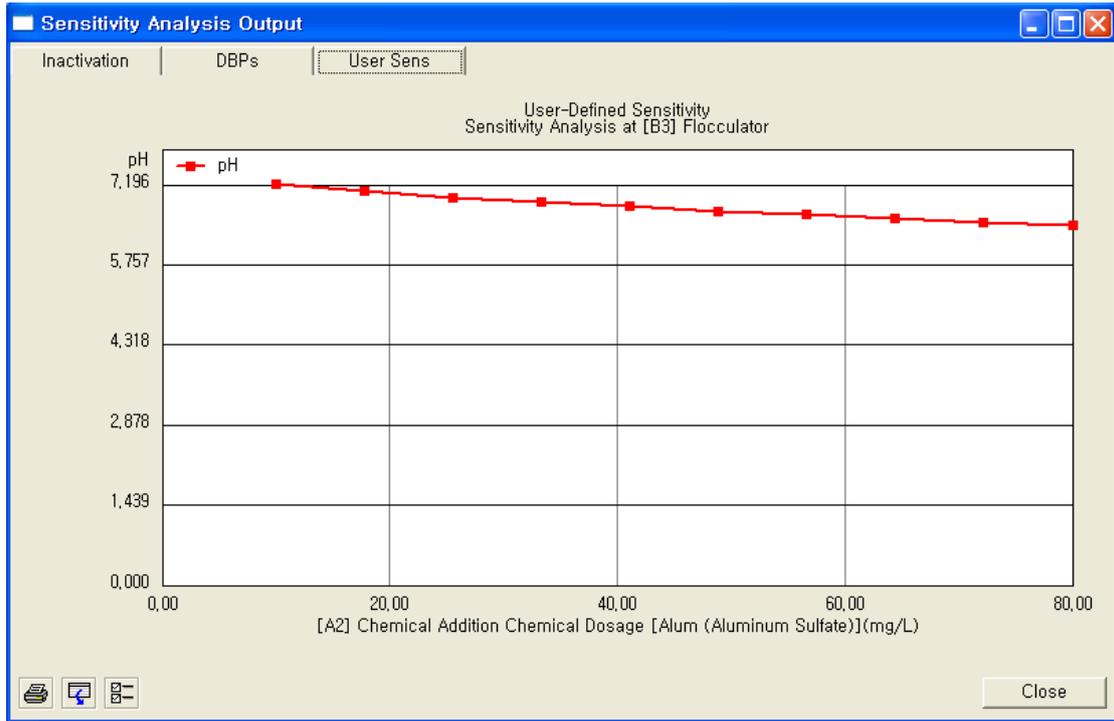


민감도 분석 대화상자에서 이전의 예와 같이 명반 주입량 비율의 범위를 10~80mg/L로 설정하지만 User Sensitivity를 클릭하십시오. [B3] Flocculation을 선택하고 Y파라미터는 TOC를 선택한 후 분석을 실행하십시오. 그 결과는 아래의 화면과 같습니다.



명반 주입량이 증가함에 따라 TOC제거도 향상되는 것으로 나타났습니다. 그 결과로 명반 주입량에 따른 TOC 감소율 효과가 적기 때문에 보다 효과적인 염소 소독제 량을 만들어 줍니다. 명반 추가는 또 다른 영향을 가졌으나 그 영향은 좀 더 나중에 살펴보겠습니다. DBPs는 무엇입니까? 명반이 TOC를 감소시키기 때문에, DBPs 형성에서 염소와 반응하는 전구물질이 보다 적게 존재하게 됩니다. 그래서 명반 주입량의 증가에 따라 THMs 감소를 기대 할 수 있습니다. [이것은 플랜트 처리에서 DBP 수준을 감소시키기 위한 한가지 방법이 될 수 있습니다.] 그러나 HAAs는 명반 주입량에 따라 증가하는 것처럼 모순되게 보입니다. 그래서 여기의 대처방법상에 또 다른 요인에 의한 것이 틀림없습니다.

실제로, 명반 주입량의 추가는 처리에서 또 다른 영향력을 가집니다. 명반 주입량은 물의 pH를 감소시키고, pH는 HAA형성에 상당한 영향을 미치는 요인입니다. pH의 민감도 분석을 실행하십시오. Flocculator에 있는 TOC에 대한 명반 주입량의 영향을 실습하는 대신에 Flocculator에 있는 pH에 대한 민감도 분석을 실행하십시오. 그 결과는 다음과 같습니다.



명반 주입량 범위 내에서 pH는 대략 pH단위 1만큼 감소하였습니다. 이러한 pH감소는 HAA형성을 통제하는 모델에 영향을 미치기 충분합니다. 총체적인 그림에서 명반 주입량이 증가함에 따라 TOC는 제거되고 물의 pH는 떨어지게 됩니다. THMs에 적합한, TOC와 pH의 감소는 미리 말한 THMs 수준으로 감소시키기 위해 협력합니다. 그러나 HAAs에서 pH감소는 TOC감소 효과와는 반대로 작용하며 pH가 좀 더 큰 영향력을 가지게 됩니다.

명반 주입량을 늘릴수록 pH값은 낮아지고, 이는 염소 소독의 결과를 높여 줍니다. 그 이유는 많은 염소가 차아염소산염 이온보다 오히려 차아염소산으로 존재하기 때문입니다. 차아염소산은 차아염소산염 이온보다 훨씬 강력한 소독제입니다.

민감도 분석에 익숙해지기 위하여 아래의 예제를 독자적으로 수행하십시오. 원수의 어떤 파라미터가 DBP 형성 또는 미생물 감소에 영향을 미치는지 살펴 볼 수 있을 것입니다.

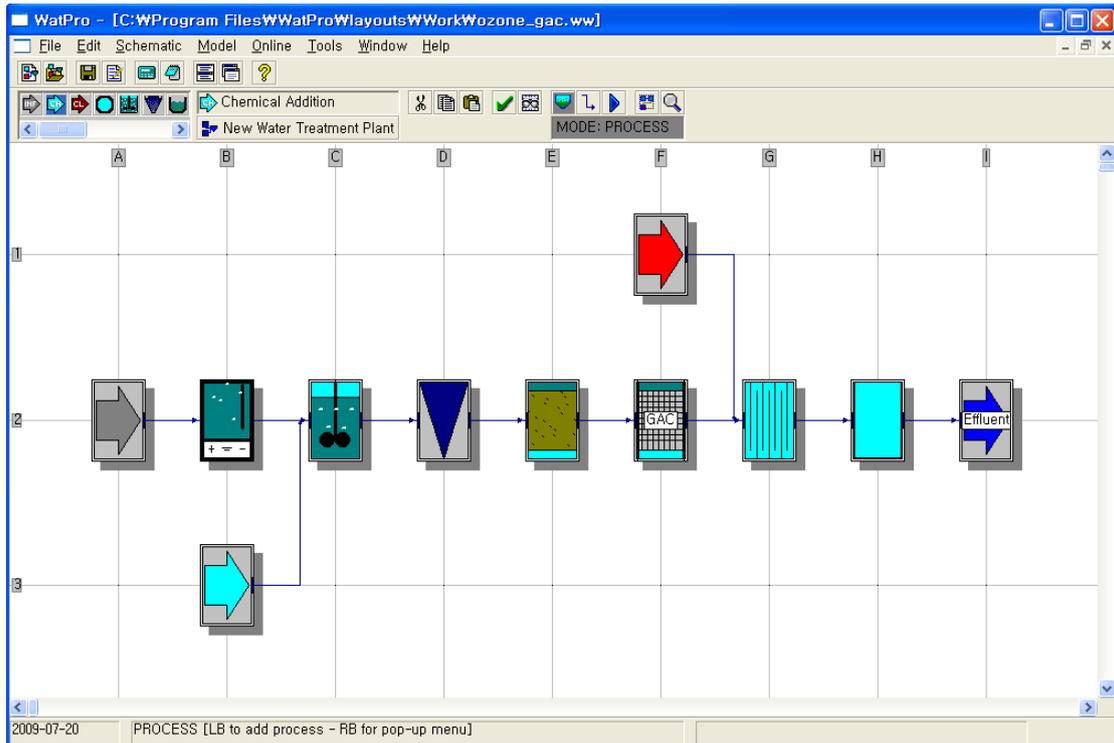
- a. TOC의 농도를 2~10mg/L로 바꿔주십시오.
- b. UV_{254} 투과율을 $0.1\sim 1\text{cm}^{-1}$ 로 바꿔주십시오.
- c. 물의 경도를 50~500mg/L as CaCO_3 로 바꿔주십시오.

민감도 분석은 많은 다른 유형의 영향을 테스트 하기 위해 사용 할 수 있습니다. WatPro에서 민감도 분석의 특징은 변화하고 있는 파라미터에 따라 DBPs이든 세균감소율이든 또는 다른 변수이든지 간에 이러한 관심 대상의 결과에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보고 결정하는 가장 빠른 방법입니다.

TUTORIAL #5 – O3(오존)과 GAC 공정

최근에 정수처리장에서는 UV, 오존, GAC(입자상 활성탄)등과 같은 공정을 많이 사용하고 있습니다.

다음은 오존과 GAC을 이용한 모델링으로 전단에 오존을 투입하여 맛과 냄새를 제거한 것이고, 후단에 GAC을 설치하여 유기 탄소(TOC)를 제거하고자 한 것입니다.



O₃ Process

오존공정의 특성치를 입력하는 사항은 다음과 같습니다.

Type of Ozone Contactor 는 오존과 처리수가 어떤 방향으로 접촉하는지를 선택하는 것입니다. 접촉방법에 따라 오존의 산화력이 달라지므로 신중히 선택해야 합니다.

First Chamber in series or Ozone Added 는 오존반응조가 여러 개가 연결된 반응조의 맨 처음 반응조에 오존이 투입되는지 혹은 하나의 오존 반응조에 오존이 투입되는 것인지를 체크하는 것입니다. 선택에 따라서 CT값이 달라지므로 유의하여 선택하셔야 합니다.

O₃ Concentration 은 투입되는 오존의 농도를 입력하는 것으로 평균 오존 농도값을 입력하거나 유출수의 오존 농도를 입력하는 방법 두 가지가 있습니다.

Volume & Baffling Description 은 반응조의 사이즈와 반응조 안의 Baffle이 어떤 타입으로

이루어진 것인지 설정하는 것입니다. 기본값으로 Baffle은 없는 것으로 설정되어 있습니다.

New Water Treatment Plant - Ozonation Data Entry ✖

Ozonation [B2] ↔ Effluent Flow Pattern...

Properties

Name	Ozonation	
Type of Ozone Contactor	Turbine	
First Chamber in Series	Turbine Co-Current Counter-Current Reactive Flow	
Ozone Added		
Use Avg. Ozone Conc.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Avg. Ozone Conc.	0,5	mg/L
Effluent Ozone Conc.	0,5	mg/L
Volume	200	m3
Baffling Description	Unbaffled	
Tracer study data	<input type="checkbox"/>	
Tracer study flow	1000	m3/day
Tracer study det. time(t10)	30	min.
Tracer study det. time(t50)	30	min.
Chlorine Measured	<input type="checkbox"/>	
Chlorine Residual	2	mg/L
ClO2 Measured	<input type="checkbox"/>	
ClO2 Residual	0,5	mg/L
Turbidity Readings	<input type="checkbox"/>	
Measured Turbidity	0,5	NTU
Include in Ct(Sum)	<input checked="" type="checkbox"/>	

Help Ok Cancel

GAC Process

GAC 공정은 오직 유기탄소를 제거하는데 목적이 있습니다. 입력란은 다음과 같습니다.

The screenshot shows a software dialog box titled "New Water Treatment Plant - Granular Activ'd Carbon Data Entry". The main area is labeled "Granular Activ'd Carbon [F2]" and contains a "Properties" section with the following fields and values:

- Name: GAC
- Regeneration Frequency: 10 days
- n (from Lab Test): 3,164
- Empty bed contact time: 30 min.
- Turbidity Readings:
- Measured Turbidity: 0,5 NTU
- Include in Ct(Sum):

At the bottom of the dialog are buttons for "Help", "Ok", and "Cancel".

Regeneration Frequency 는 재생주기로 교체되기 전까지의 사용기간을 의미합니다.

Empty bed contact time은 입상활성탄의 접촉시간을 의미하는 것으로 통상적으로 최소 20분 이상을 권장하고 있습니다.

n은 GAC에 TOC와 UV₂₅₄가 흡착되는데 사용되는 USEPA(1992) 공식의 변수를 의미하고 공식은 다음과 같습니다.

$$TOC_{\text{effluent}} = \left[\frac{(TOC_{\text{influent}})^{n-1}}{1 + Ae^{-rt}} \right]^{\frac{1}{n-1}}$$

TOC_{effluent} =TOC effluent concentration(mg/L)
 TOC_{influent} =TOC effluent concentration(mg/L)
 1/n =Freundlich isotherm for TOC exponent
 r =derived function parameter
 A =derived function parameter
 t =time since last GAC reactivation(d)

여기서,

$$r=0.07426(EBCT)^{-0.4289}$$

$$A=0.7570(EBCT)^{1.350}$$

EBCT=GAC 단위의 empty bed constant time

1/n=0.316(상수값)

Hot Spot

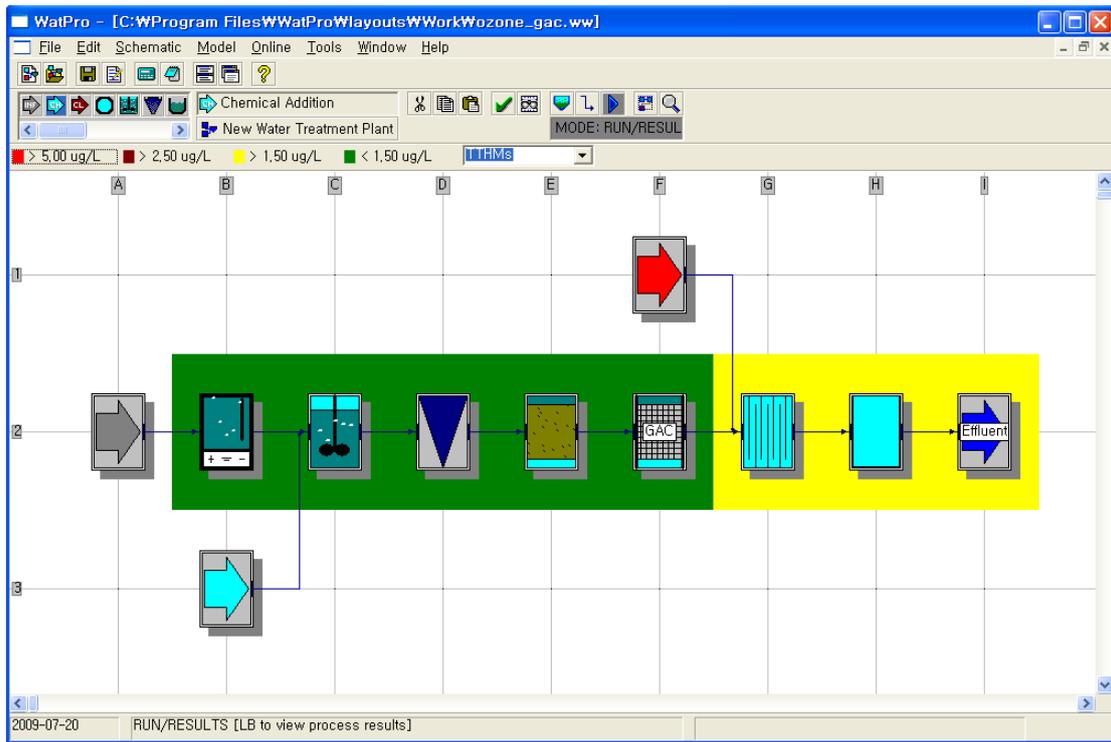
Hot Spot은 사용자가 모델을 수행한 후에 결과를 한눈에 보기 쉽게 하기 위한 툴로써, 공정에 걸쳐서 DBPs, CT, TOC, pH 등의 농도가 어떻게 분포되고 있는지 색으로 표시를 해주는 것입니다. 농도가 높은 지역은 붉은 색으로 낮은 지역은 노란색 등으로 사용자가 지정하여 설정할 수 있습니다.

상단의 모델>Hot Spot을 클릭하면 다음과 같은 대화창이 뜹니다. Show Hotspots After Run과 Show Legend를 클릭하고, 각 지정할 색에 대한 농도의 범위를 정할 수가 있습니다. 이번 예에서는 총 트리할로메탄, 할로초산, 아염소산염, 염소산염의 농도를 Hot Spot으로 살펴볼도록 하겠습니다.

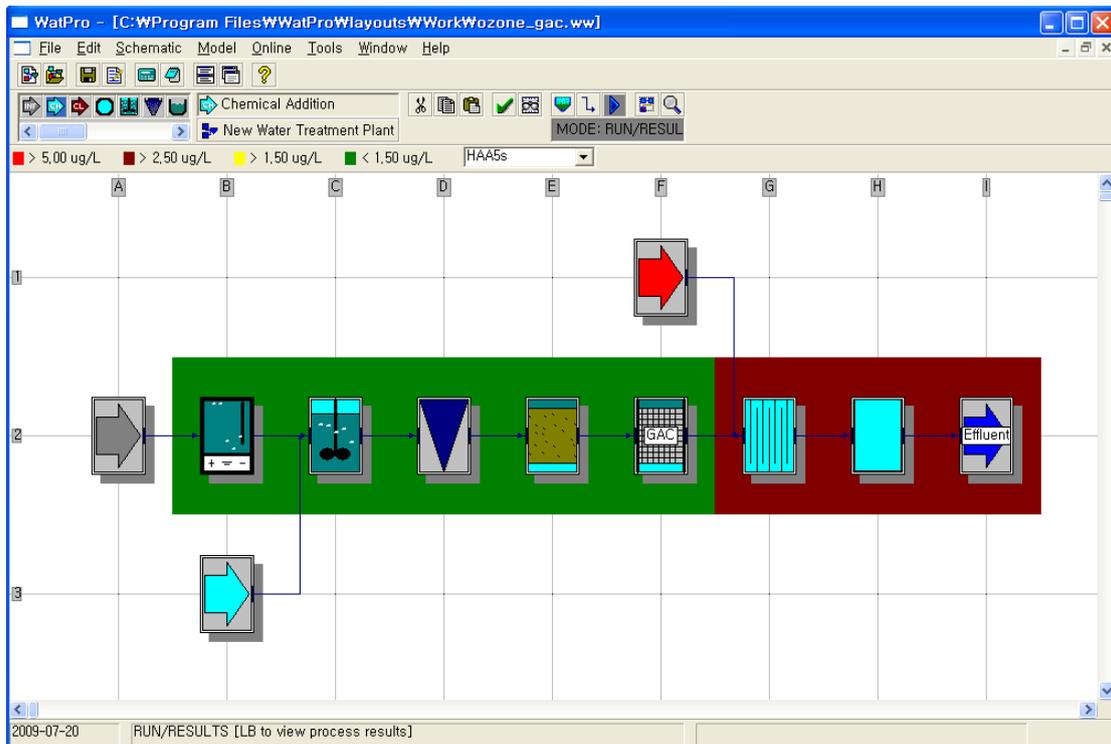
	TTHMs	HAA5s	Chlorite	Chlorate
	ug/L	ug/L	mg/L	mg/L
Level 3 (BRIGHT RED)	> 5	> 5	> 1	> 1
Level 2 (RED)	> 2.5	> 2.5	> 0.7	> 0.7
Level 1 (YELLOW)	> 1.5	> 1.5	> 0.25	> 0.25
All other processes are shown as GREEN				

위와 같이 Hotspot 부분에 체크하여 설정을 한 후에 모델을 구동하면, 자동으로 프로그램 화면에 공정 별 지정된 농도가 색으로 지정되어 나타납니다. 각 농도에 대한 결과는 드로잉보드 상단에 색깔 별로 범례표시가 되어 나타나고, 드랍다운 단추를 눌러서 Hotspot 대상 농도를 선택하여 확인해 보실 수 있습니다.

<트리할로메탄 Hotspot>



<할로초산 Hotspot>



모델 수식 보정 기능

Watpro에 사용된 수치해석 공식들은 대부분 USEPA에서 사용되는 것들입니다. 그러나 상황에 따라서는 사용자의 목적에 따라 변수를 다르게 지정하여 시뮬레이션을 할 경우가 있습니다. 또한 실제 정수처리장의 거동을 살필 때는 수동적으로 변수를 지정하거나 경험값을 사용할 수 도 있습니다. 이런 경우를 대비하여 Watpro는 사용자가 정의하여 모델의 수식을 보정할 수 있는 기능이 있습니다.

상단 Model 메뉴에서 Model Calibration을 클릭하면 DBP Formation, Chlorine Decay 및 ClO₂ Consumption 의 세가지 메뉴가 나타납니다. 우선 DBP Formation을 클릭해 보면 다음과 같은 대화창이 나타납니다. 아래 그림은 트리할로메탄의 생성 공식으로 K1 ~ K7까지의 변수를 Default로 사용할 수 도 있고, Use Calibrated Amy Parameters 부분을 체크하여 사용자가 직접 값을 입력하여 모델을 구동 할 수 있습니다.

Calibrate DBPs for New Water Treatment Plant

HAA | TTHM | Chlorite | Chlorate

TTHM Formation

$$\text{TTHM} = K1 + (\text{TOC} + \text{UV}254)^{K2} + (\text{BR} + 1)^{K3} + (\text{pH} - 2,6)^{K4} + T^{K5} + \text{ClDose}^{K6} + (t^{K7} - \text{tp}^{K7})$$

Use Calibrated Amy Parameters

K1 : 0,00309 K2 : 0,44 K3 : 0,0358 K4 : 0,715 K5 : 1,06
K6 : 0,409 K7 : 0,265

Defaults Help Ok Cancel

변수를 초기값으로 다시 바꾸고자 할 경우에는 좌측하단의 Default를 눌러서 기본값으로 변경하시면 됩니다.