

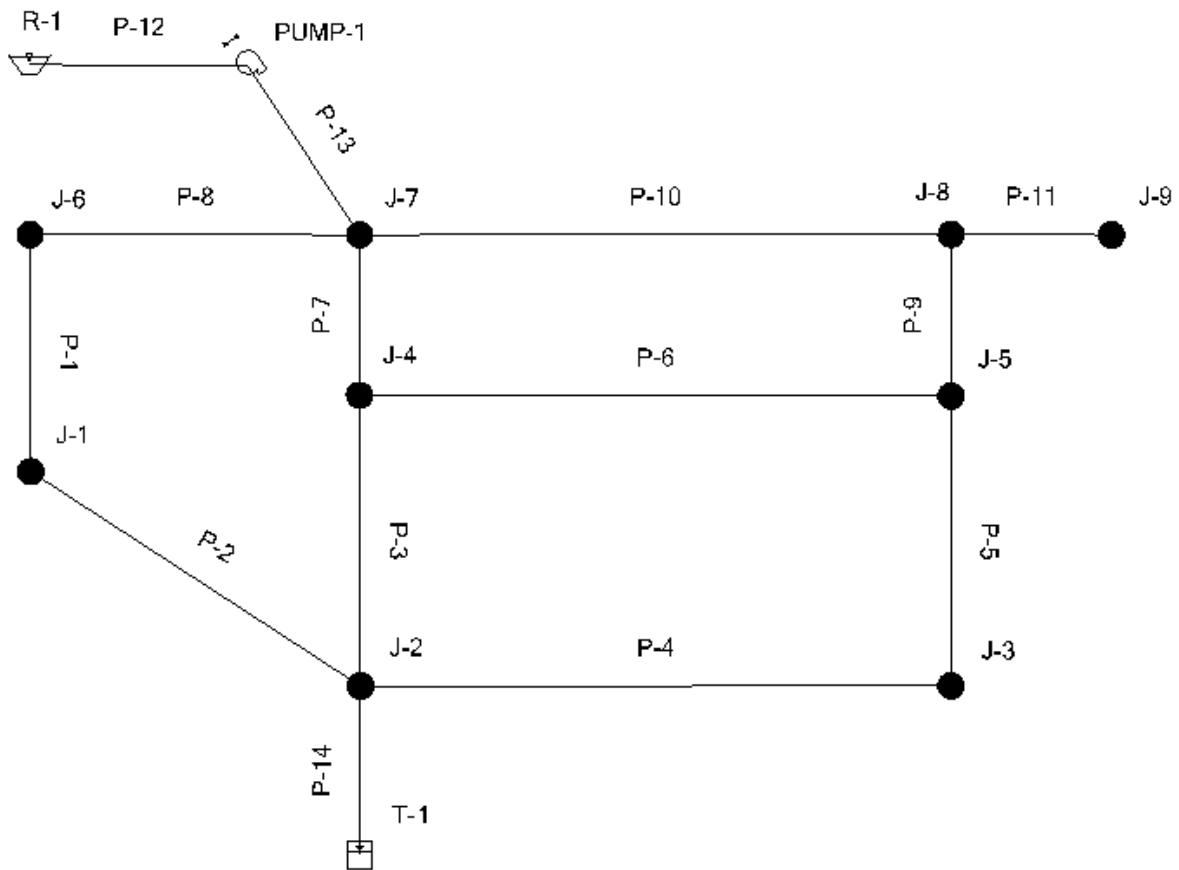
Veekvaliteedi analüüs ringvõrgus (Bentley WaterGEMS)

Järgnev näide demonstreerib WaterGEMS tarkvaras tehtavaid veevõrgumudeli veekvaliteedi analüüse. Kasutatakse ka stsenaariumite haldamissüsteemi, selleks et sisestada erinevaid andmeid ühele samale elemendile.

Vee-ettevõtte tunneb huvi oma veevõrgu kvaliteedi parameetrite vastu. Ettevõtte soovib teada vee viibimise aega ja kloori sisaldust erinevates sõlmpunktides. Veetasapind reservuaaris on *70 m*.

Kloori lisatakse süsteemi toitepunktist, **R-1**, kontsentratsiooniga **1 mg/l**. On kindlaks tehtud läbi mitmete katsemõõtmiste (pudeliga võetud veenäitude baasil), et keskmine kloori reageerimise aeg (arvestades kõiki torusid ja mahuteid) on umbes **-0.5 /päevas**.

Võrguskeem, mis **WaterGEMS** tarkvarasse tuleb sisse lugeda, on esitatud alloleval joonisel.



Mahuti läbimõõt on **15 m** (ringikujulise ristlõikega). Minimaalne veetase on **99 m**. Maksimaalne on **104 m**, ja algne **103,4 m**. Baaskõrgus **98 m** ning kasutamata ruumala (**inactive volume**) on **10 m³**. Pumba maapinna kõrgusmärk on **70 m**.

Pumba kohta käiv lisainfo

<i>Tõstekõrgus (m)</i>	<i>Vooluhulk (l/min)</i>	<i>Seaded</i>
40	0	<i>Ei tööta, kui T-1 on suurem 103,5 m-st Töötab, kui T-1 on madalamal 99,5 m-st</i>
35	3 000	
24	6 000	

Tarbimisgraafik

Ajahetk (h)	Kordaja	Ajahetk (h)	Kordaja
0	0.80	13	1.30
1	0.60	14	1.40
2	0.50	15	1.50
3	0.50	16	1.60
4	0.55	17	1.80
5	0.60	18	1.80
6	0.80	19	1.40
7	1.10	20	1.20
8	1.50	21	1.00
9	1.40	22	0.90
10	1.30	23	0.80
11	1.40	24	0.80
12	1.40		

Sõlmede kohta käiv lisainfo

<i>Sõlm</i>	<i>Maapind (m)</i>	<i>Tarbimine (l/min)</i>
J-1	73	151
J-2	67	227
J-3	85	229
J-4	61	212
J-5	82	208
J-6	56	219
J-7	67	215
J-8	73	219
J-9	55	215

Torude kohta käiv lisainfo

<i>Toru</i>	<i>Pikkus (m)</i>	<i>Diameeter (mm)</i>	<i>Karedus</i>
P-1	300	200	130
P-2	305	200	130
P-3	225	200	130
P-4	301	200	130
P-5	225	200	130
P-6	301	200	130
P-7	225	200	130
P-8	301	200	130
P-9	200	200	130
P-10	301	200	130
P-11	300	200	130
P-12	1	250	130
P-13	3 000	300	130
P-14	300	300	130

Mudeli eesmärk

- Sooritada veevanuse analüüs süsteemis, kestvusega 7 päeva, valides aja sammuks 1 tund. Leida noorim ja vanim veevanus süsteemis ning mahutis. Miks veevanus kõigub?
- Soorita süsteemi komponent analüüs samadel ajalistel tingimustel, mis sammul (**a**). Leida kontsentratsiooni vahemikud süsteemis ja mahutis. Seletada süsteemi käitumist lähtuvalt kloorist.
- Kas simulatsioonil saadud tulemused on realistlikud teadaolevate tulemustega?
- Miks peab süsteemi tööd vaatlema nii pika ajaperioodi jooksul? Mida arvata, kas 7 päeva on liialt pikk või lühike mudeli testimiseks? Miks?

Baas stsenaarium

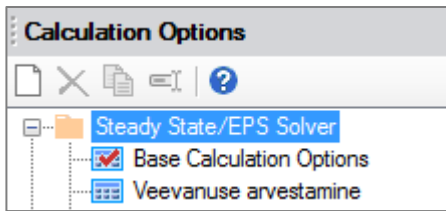
- Kui mudel on üles ehitatud, sea arvutuse parameetrid. Menüüst **Analysis > Calculation Options: Base Calculation Options**. Vali **Time Analysis Setup : EPS** ning sisesta reale **Duration (hours): 24**. Sulge dialoogid.
- Käivita mudel. WaterGEMS arvutab nüüd süsteemi käitumise *24-tunnise* perioodi vältel. Arvutustulemusi saab vaadata dialoogist **Calculation Summary (<stsenaariumi nimi>)** ning veateated esitatakse dialoogis **User Notifications**.
- Sulge stsenaarium dialoogiaknad. Vaata arvutustulemusi, kasutades selleks nuppu **EPS Results Browser** (asub mudeli käivitamise nupu kõrval). Avanevas dialoogis saad valida sind huvitava ajahetke ning vaadata tulemusi või esitada tulemusi animatsioonina. Pane tähele, et torudes **P-12** ja **P-13** vooluhulka ei eksisteerigi, ajal mil pump ei tööta. Vooluhulga suund muutub torudes **P-1**, **P-2**, **P-3**, **P-4**, **P-5**, **P-7** ja **P-9** ööpäevase simulatsiooni käigus. Mahuti **T-1** mahtu saab näidata kirjega. Selleks tee parem klikk **Element Symbology** kasti real **Tank** ning vali **New > Annotation**. Seal all saab valida, mis kirjet soovitakse (lisaks nimele) veel näidata (neid võib teha erinevatele elementidele erinevad). Valime näiteks **Field Name > Percent Full**. Saab lisada eesliite ning ka teksti, mis esitakse peale arvutuslikku parameetrit.

Veevanuse analüüs

- Veevanuse analüüsi veevõrgus saab läbi viia defineerides ja käivitades vanuse analüüsi stsenaariumi. Menüüst **Analysis > Scenarios**.
- Kliki **New > Base Scenario**.
- Sisesta stsenaariumi nimeks **Veevanuse analüüs**.



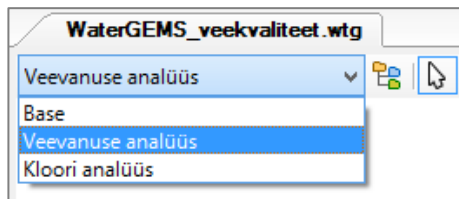
- Calculation Options** dialoogis loome uue arvutuslike parameetrite grupi. Selleks klikk ülal paremal ikoonil ning sisestame nimeks **Veevanuse arvestamine**.



5. Topelt klikk loodud seadete grupil. Kontrollime, et sektsioonis **General: Calculation Type = Age**. Simulatsiooni tüüp on automaatselt dünaamiline (ehkki vastavat rida nüüd sektsioonis **Calculation Times** ei esitata). Kestvuseks (**Duration**) paneme nüüd **168** tundi (7 päeva). Sulge dialoogid.
6. Vali uuesti paan **Alternatives**.
7. Vali alternatiiv **Age**. Tee parem klikk, vali **New > Base Alternative**.
8. Lisatakse uus alternatiiv, mille saame kindlale stsenaariumile eraldi valida.
9. Vali uuesti paan **Scenarios**. Seal veendu, et oleks aktiivne **Veevanuse analüüs**. Nüüd vali alt paan **Properties – Scenario – Veevanuse analüüs (...)**. Seal vali reale **Age** meie poolt loodud **Age Alternative 1**. Samuti alumises sektsioonis **Calculation Options > valime Veevanuse arvestamine**.

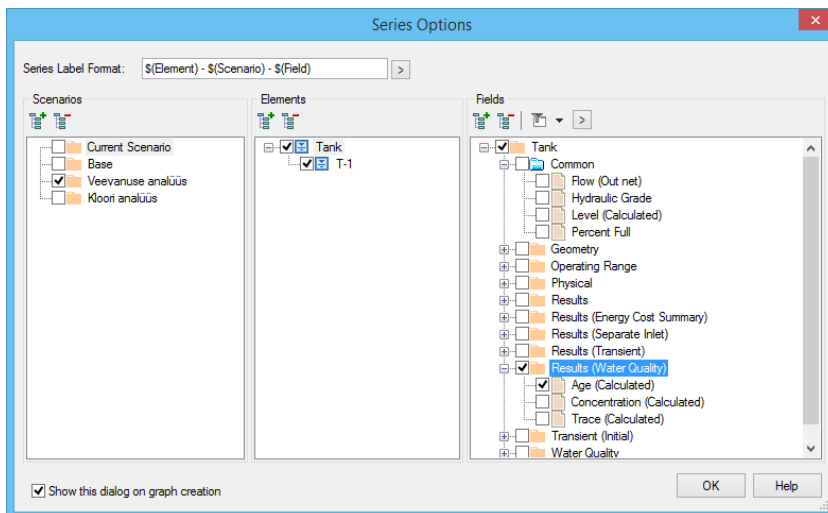
<General>	
ID	58
Label	Veevanuse analüüs
Notes	
Alternatives	
Active Topology	4: Base Active Topology
Physical	5: Base Physical
Demand	6: Base Demand
Initial Settings	7: Base Initial Settings
Operational	8: Base Operational
Age	59: Age Alternative - 1
Constituent	10: Base Constituent
Trace	11: Base Trace
Fire Flow	12: Base Fire Flow
Energy Cost	13: Base Energy Cost
Transient	73: Transient - 1
Pressure Dependent Demand	14: Base Pressure Dependent Demand
Failure History	75: Base Failure History
SCADA	78: Base SCADA
User Data Extensions	15: Base User Data Extensions
Calculation Options	
Steady State/EPS Solver Calculation Options	60: Veevanuse arvestamine
Transient Solver Calculation Options	68: Base

10. Käivita stsenaarium **Veevanuse analüüs** (vali see üleval vastavast kastikesest). Kliki **Compute**.

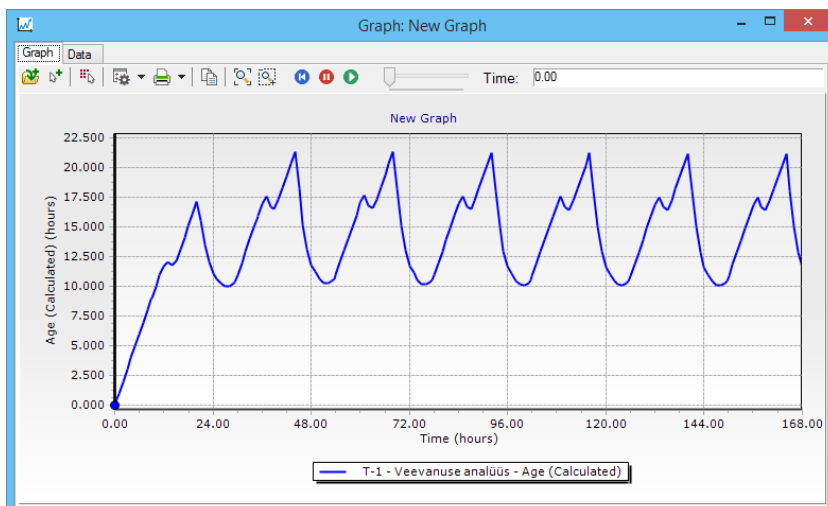


11. Vaata tulemusi.

Tulemused. Veevõrgu kõige vanem vesi asetseb mahutis **T-1**. Parem klikk mahutil, vali **Graph**. Avanevas dialoogis vali seksioonis **Field: Results (Water Quality) > Age (Calculated)**. Kliki OK.



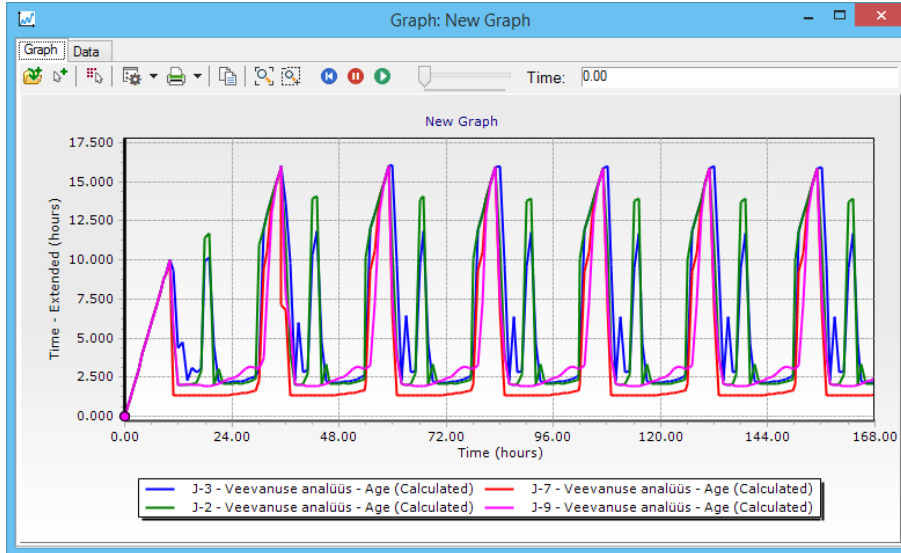
Esitatakse graafik, mis näitab veevanust tundides sõltuvalt ajahetkest. Vastav graafik on ka esitatud allpool.



Pane tähele, et süsteem jõuab dünaamilisse tasakaalu teisel simulatsiooni päeval. Peale 36-ndat tundi, mahutis **T-1** on maksimaalne veevanus 21,7 tundi ja minimaalne 10,7 tundi.

Süsteemi enda veevanuse hindamiseks, sulge graafik. Vali CTRL klahvi all hoides sõlmed J-2, J-3, J-7, J-9. Seejärel parem klikk ning vali **Graph**. Dialoogiaknas **Graph Series Options** vali sektsioonis **Fields: Results (Water Quality) > Age (Calculated)**. Kliki OK.

Joonestatakse graafikud sõlmpunktide kohta. Vanim vesi, mis sõlmpunktides talletub, on ligi 16 tundi.

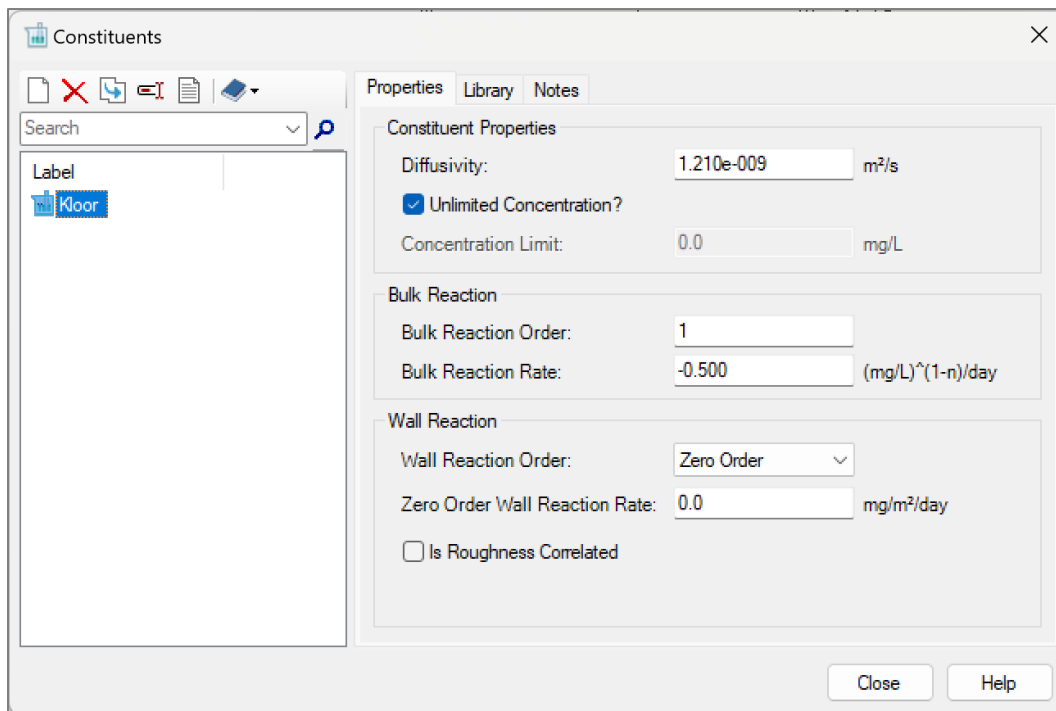


Veekvaliteedi analüüs

Selleks, et analüüsida kloori levikut võrgus, tuleb esmalt kloori omadused defineerida. Selleks on kaks varianti. Mõlemad leiad **Components** paanilt.

Water Quality > Constituents

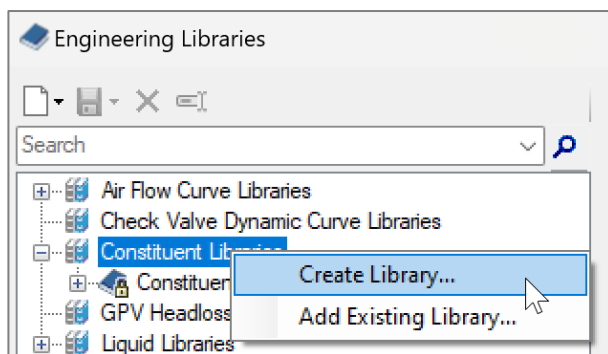
Vali riba paanilt **Components > Water Quality > Constituents**. Loo uus aine, nimeta see kui **Kloor** ning kasuta pildil toodud väärtuseid.



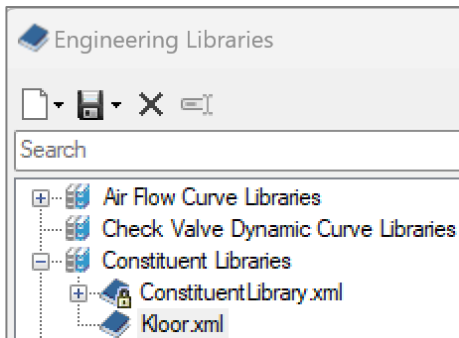
Engineering Library kasutamine

Engineering Library võimaldab luua andmekogusid, mis on kättesaadavad ka teistele mudelitele. Muus osas vahet ei ole. Kasutada võib ka eelnevalt kirjeldatud varianti.

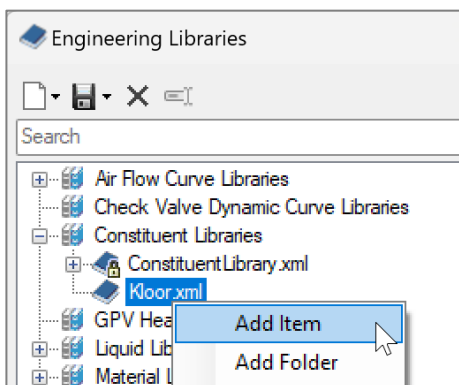
1. Riba paanilt: **Components > Library > Engineering Library**. Sektsioonis: **Constituent Libraries**, tee esmalt parem klikk ja vali **Create Library**.



2. Märki faili asukohaks näiteks oma arvutis käesoleva faili asukoht ning nimeta see kui **Kloor**.



3. Tee parem klikk **Kloor.xml** peal ning vali **Add Item**.

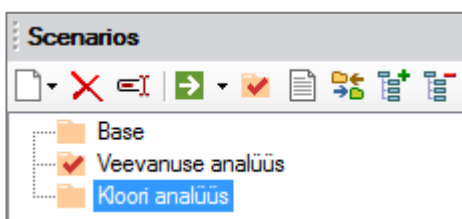


Nimeta uus aine kui **Kloor** ning märgi järgmised parameetrid:

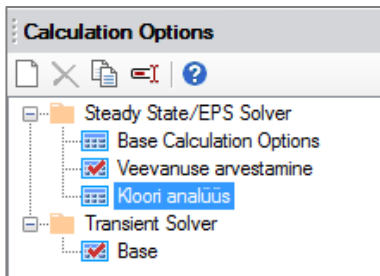
4. **Diffusivity (m²/s) = 1.21e-009**
5. **Has Unlimited Concentration = True**
6. **Bulk Reaction Order = 1**
7. **Bulk Reaction Rate = -0.5 (mg/L)¹⁻ⁿ/day**. Kuna **n = 1**, siis saame ühikuks **day⁻¹**.
8. Sulge dialoogid.

Kloori sidumine uue stsenaariumiga

1. Menüüst vali **Analysis > Scenarios**.
2. Loo uus stsenaarium, ning pane nimeks **Kloori analüüs**.



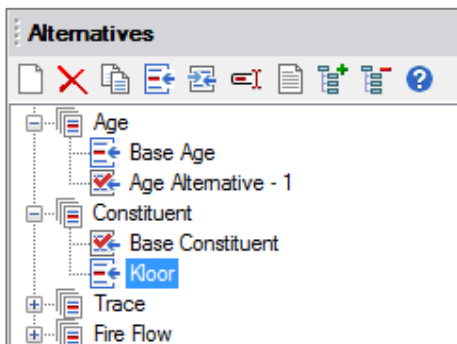
- Loo ka uus arvutuslike parameetrite grupp (**Calculation Options**).



Arvutuslike parameetrite töölehel (tee topelt klikk nimel: **Kloori analüüs**).

Lisa parameetrid:

1. **General: Calculation Type: Constituent.**
2. Paanil **Alternatives**, rea **Constituent** alla loo uus valik nimega **Kloor**.

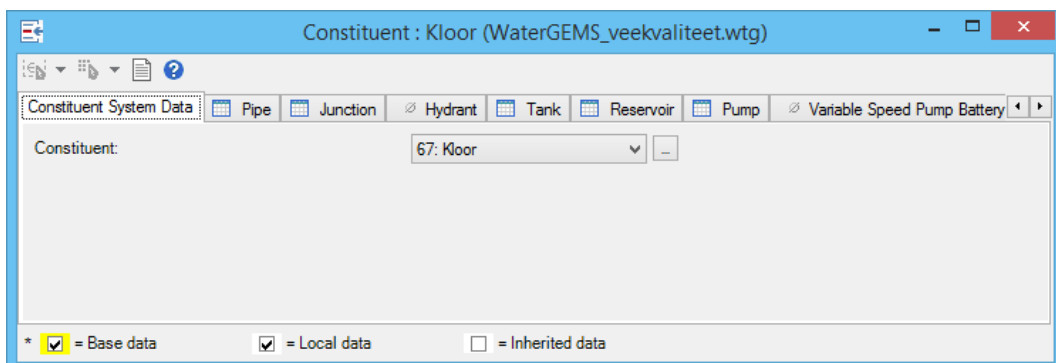


3. Tee topelt klikk ning sea järgmised parameetrid. Vali paan **Pipe**. Veendu, et **Bulk Reaction Rate (Local) ((mg/L)¹⁻ⁿ/day)** veerus oleks kõikidel torudel väärtus: **-0.5**. Vajadusel lisa linnuke **Specify Local Bulk Reaction Rate? (Globa Edit)** ning määra väärtus.

Sisesta sama väärtus ka mahutile. Veendu, et algne kloori kontsentratsioon oleks seatud 0.0.

Märkus. Kui parameetreid omaks ei võeta, tee seda läbi **FlexTables** akna.

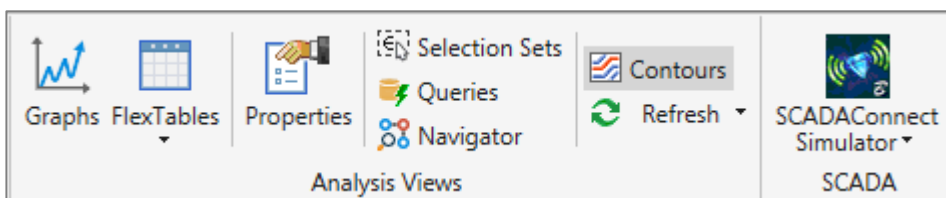
4. Esimesel paanil **Constituent System Data**, kliki (...) nupul ning (a) vali **Kloor** (kui kasutasid esimest varianti selle loomiseks) või (b) impordi andmebaasist eelnevalt loodud **Kloor**.

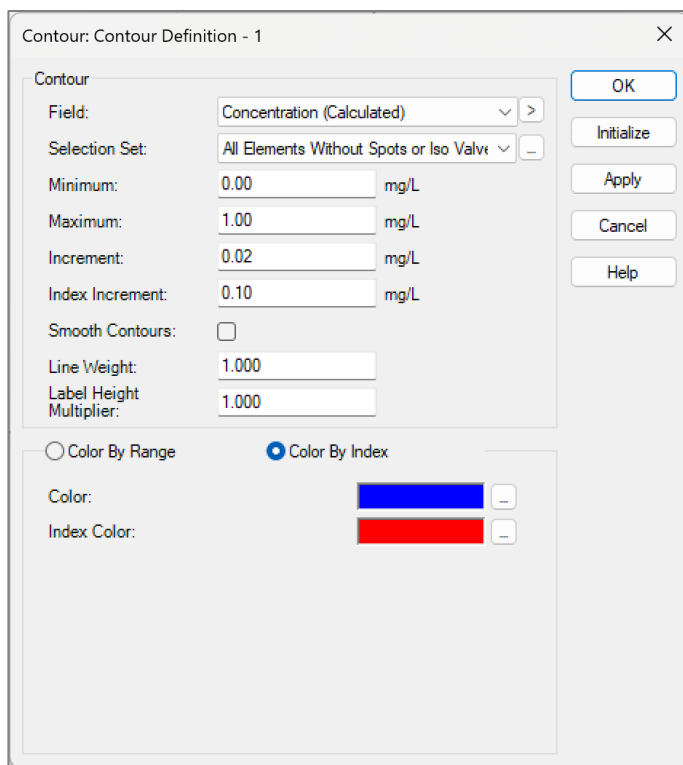


5. Veendu, et tehtud alternatiivid seotakse ka vastava stsenaariumiga.

<General>	
ID	63
Label	Kloor analüüs
Notes	
Alternatives	
Active Topology	4: Base Active Topology
Physical	5: Base Physical
Demand	6: Base Demand
Initial Settings	7: Base Initial Settings
Operational	8: Base Operational
Age	9: Base Age
Constituent	65: Kloor
Trace	11: Base Trace
Fire Flow	12: Base Fire Flow
Energy Cost	13: Base Energy Cost
Transient	73: Transient - 1
Pressure Dependent Demand	14: Base Pressure Dependent Demand
Failure History	75: Base Failure History
SCADA	78: Base SCADA
User Data Extensions	15: Base User Data Extensions
Calculation Options	
Steady State/EPS Solver Calcul	64: Kloor analüüs
Transient Solver Calculation Op	68: Base

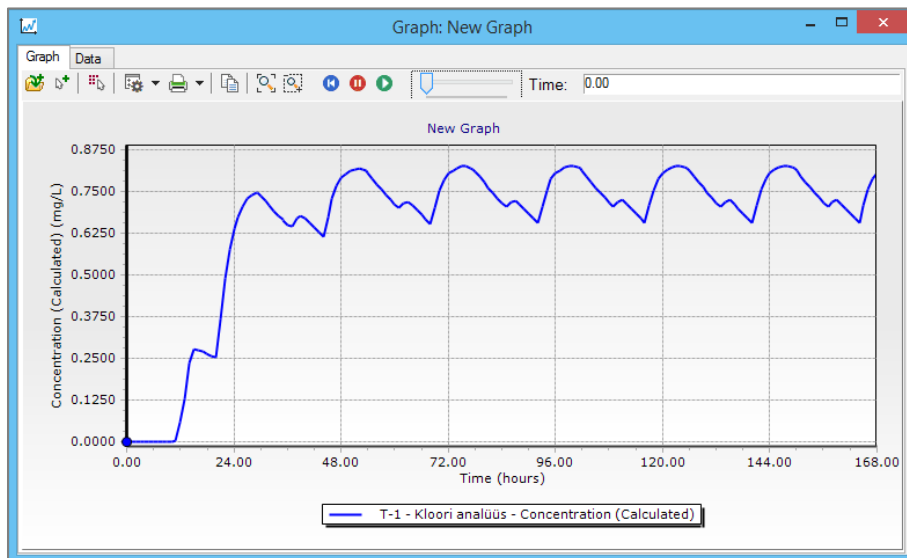
6. Enne veel, kui mudeli arvutame, peame määrama mudelis ka koha, kust kloor sisestatakse. Selleks on reservuaar. Teeme sellel kliki ning **Properties** aknas sektsioonis: **Water Quality** seame väärtused:
 - **Is Concentration Source? = True**
 - **Concentration (Base) (mg/L) = 1.0**
- Käivita stsenaarium, vajutades nupule **Compute**. Sulge arvutuse lõppedes kuvatavad dialoogid, analüüsimeks tulemusi.
- Vaata animatsiooni tundide lõikes. Vali töövahend **Contours** (riba paan: **Analysis > Analysis Views**). Loo uus seadete grupp, klõpsates nupul **New**. Määra minimaalne **Minimum** : **0.0** ja maksimaalne **Maximum** : **1.0**. Samm (**Increment**) : **0.02** ja indeks (**Index Increment**) : **0.1** mg/L. Kliki OK.



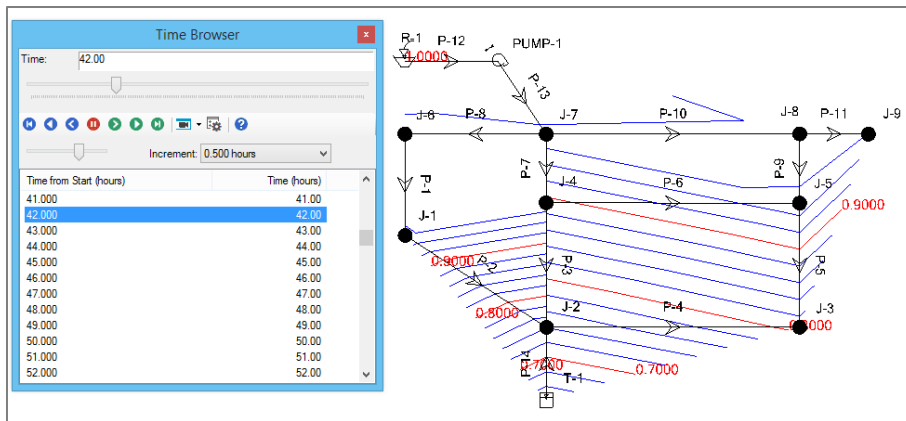


7. Kloori kontsentratsioon igal ajasammul saab jälgida, kui vajutada vastaval tunninoolel.

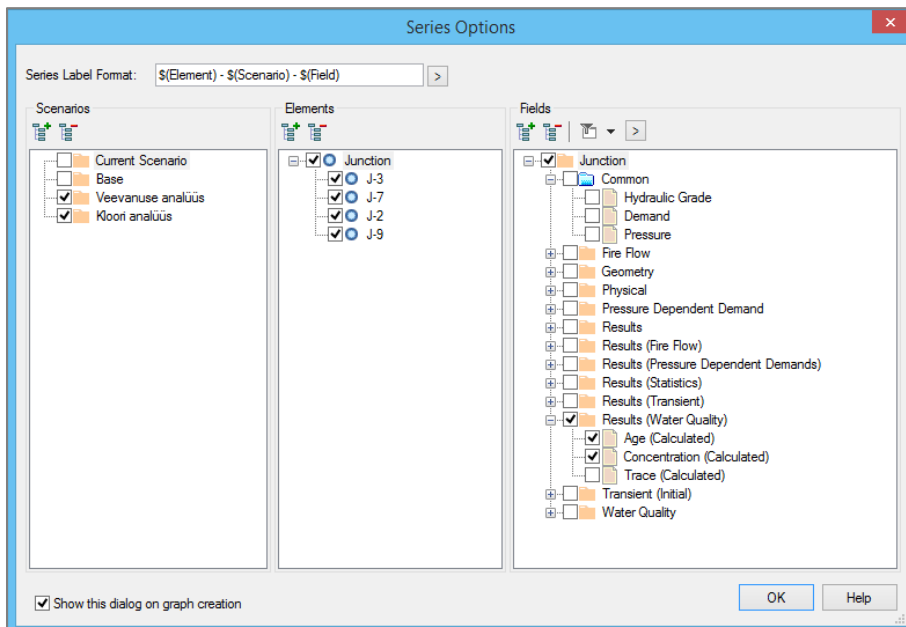
Tulemused. Madalaim kloori kontsentratsioon on mahutis **T-1**. Parem klikk mahuti sümbolil. Vali **Graph**. Sõltuv muutuja on sedakorda kontsentratsioon **Results (Water Quality) : Concentration (Calculated)**. Kliki OK ja kuvatakse kloori kontsentratsioon ajas. Vastav näidisgraafik on esitatud ka alloleval joonisel.



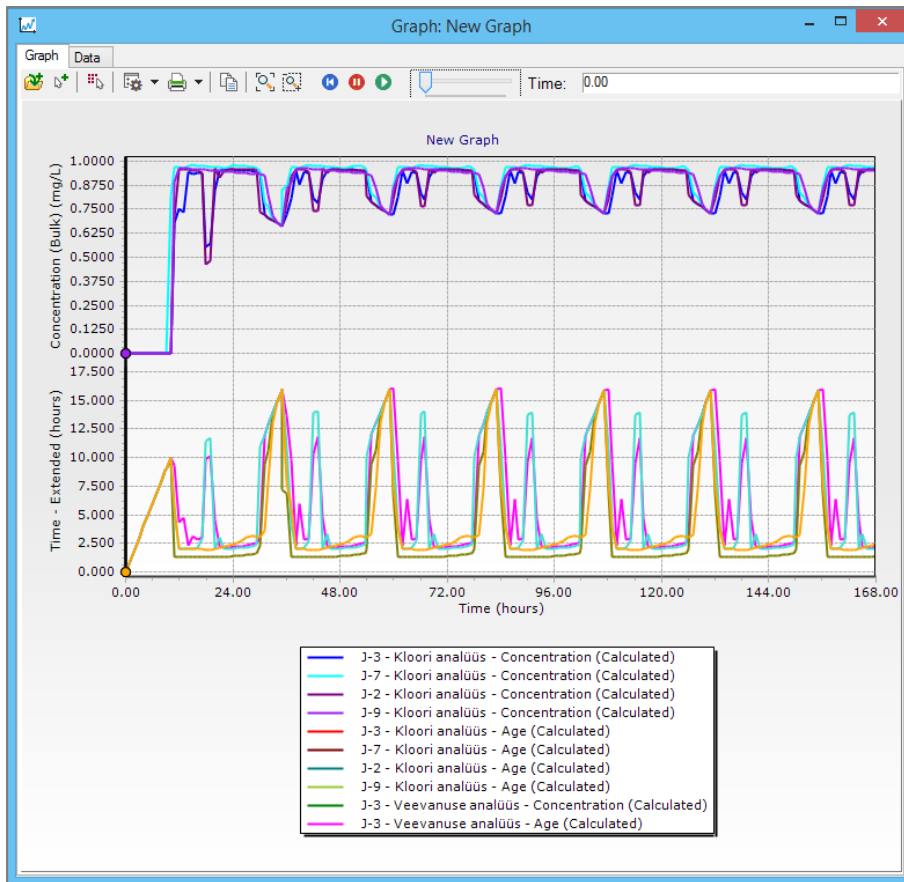
Pane tähele, et veevõrk jõuab dünaamilisse tasakaalu kolmandal päeval. Peale 48-ndat tundi, maksimaalne vanus mahutis **T-1** on **0.81** tundi ja minimaalne **0.64** tundi.



Selleks, et jälgida kloori kontsentratsiooni kogu võrgus, sulge graafik ja välju mahuti dialoogiaknast. CTRL + klikk sõlmedel **J-2, J-3, J-7, J-9**, parem klikk, vali **Graph**. Seejärel vasemalt paanilt (**Scenarios**) vali nii **Veevanuse analüüs** kui **Kloori analüüs**. Paremtalt paanilt vali **Results (Water Quality): Age (Calculated); Concentration (Calculated)**.



Graafikud **veevanus sõltuvalt ajast** ja **kloori kontsentratsioon sõltuvalt ajast** kuvatakse ekraanil. Kahe graafiku võrdlusel selgub, et tegemist on pöörvõrdelise sõltuvusega veevanuse ja kloorikontsentratsiooni vahel.



Vastused

- Vanim vesi asub mahutis. See on ka kõige kaugem punkt algallikast ja lisanduv vesi seguneb alati juba olemasolevaga. Veevõrgusüsteemis on vanim vesi sõlmes **J-3**. Seevastu noorim vesi on sõlmes **J-7**, sel ajal kui töötab ka pump **PUMP-1**.
- Madalaim kloori kontsentratsioon on mahutis **T-1**, sel hetkel, kui see on peaaegu tühi. Veevõrgusüsteemis on madalaim kloori kontsentratsioon sõlmes **J-3** hetkel kui **T-1** tühjeneb.
- Saadud tulemused on vastavuses asjaolule, et kloori kontsentratsioon aja möödudes väheneb. Näiteks, kolmandal päeval, minimaalne kloori kontsentratsioon sõlmes **J-3** kattub maksimaalse veevanusega (17 tundi), maksimaalne kloori kontsentratsioon (0.95 mg/l) on vastavuses minimaalse veevanusega (2.17 tundi).
- Vaadates kloori kontsentratsiooni esitavat graafikut mahuti **T-1** kohta, selgub et süsteem tasakaalustub päevase graafiku lõikes kolmandal päeval. Siiski, kui muudetakse algset mahuti veetasapinda või tarbimisi, võib tasakaalustumine ka rohkem aega võtta. Selgub, et seitsme päevane simulatsioon on piisav sellise võrgu jaoks.