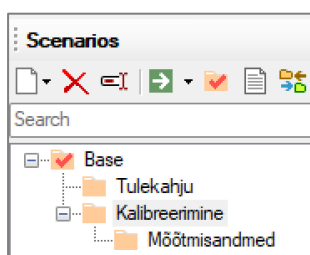


Mudelite kalibreerimine – esituse juhendmaterjal

Antud juhendmaterjal annab lühiülevaate iseseisva töö esitusnõuetest. Kodutöö sisulise poole pealt leiad näiteid erinevatest juhendmaterjalidest (sh PDF, videod). Selle kodutöö eesmärk on näidata veevõrgu tundlikkust kalibreerimisele. Kui meil on liiga vähe mõõtmispunkte või voolukiirused on väikesed, siis on leket/toru karedusi väga keeruline hinnata.

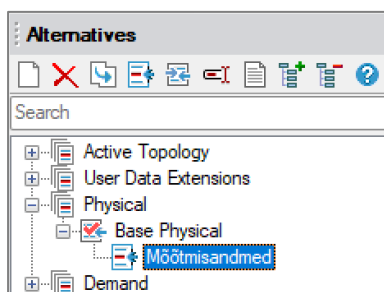
Lähteülesanne

1. Eelnevalt oled loonud WaterGEMS mudeli, mille torude läbimõõt tagab tulekahju olukorra viisil, et mistahes sõlmes oleva tulekahju korral (15 l/s) ei langeks üheski sõlmes vabasurve alla 10 m H₂O. Sinu mudelis on 2 stsenaariumit, **Base** ning **Tulekahju** – mõlemas stsenaariumis on kasutusel samad **Demand** sätted (ehk siis sa ei ole käsitsi lisanud mitte üheski punktis tulekahju vooluhulka, tarbimissõlmedes on vaid tavatarbimiste keskmised väärtused).
2. Põhitähelepanu on nüüd **Base** stsenaariumil (torude karedused 0.1 mm, tarbimissõlmedes tavatarbimised), lisa selle alla uus **Child** stsenaarium, nimeta see kui **Kalibreerimine**. Ning selle alla omakorda veel üks **Child** stsenaarium, nimeta see kui **Mõõtmisandmed**.



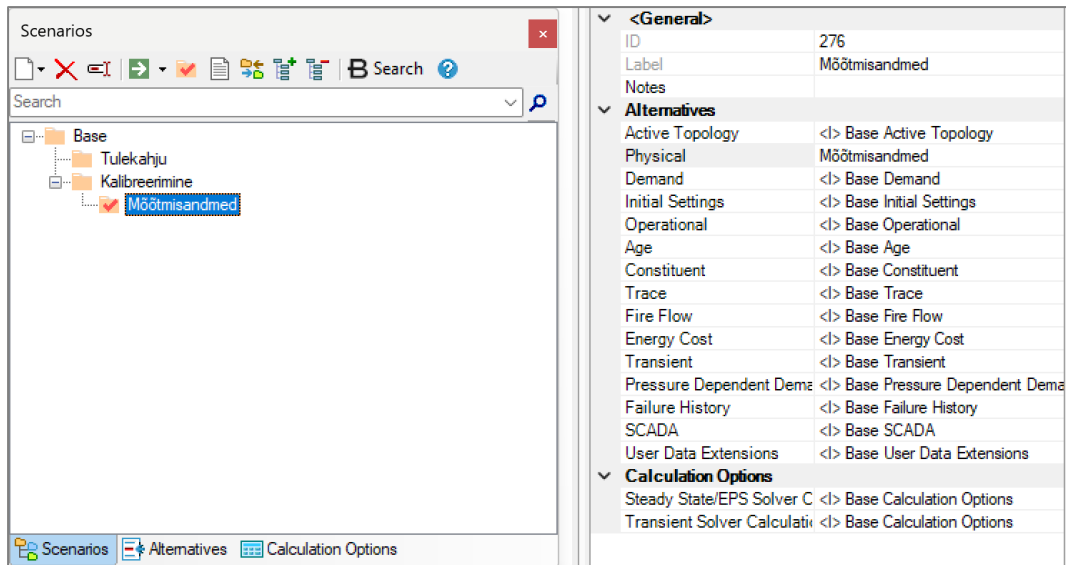
Märkus. Mõõtmisandmed alammudelit kasutame selleks, kus loome tehnilikult n-ö realistliku mudeli, milles on nii muudetud karedus kui ka leke ühes sõlmes.

3. Liigu **Alternatives** paletile ning tee **Child** alternatiiv seksioonis **Physical > Base Physical > ...** nimeta see kui **Mõõtmisandmed**.



Märkus. Mõõtmisandmed hakkab sisaldama meie muudetud torude karedusi ning ühte lekke koefitsienti.

4. Liigu **Scenarios** paletile. Tee aktiivseks stsenaariumiks **Mõõtmisandmed**. Lingi sellega **Alternatives** paletil äsja loodud Mõõtmisandmed **Physical** seksioonis.

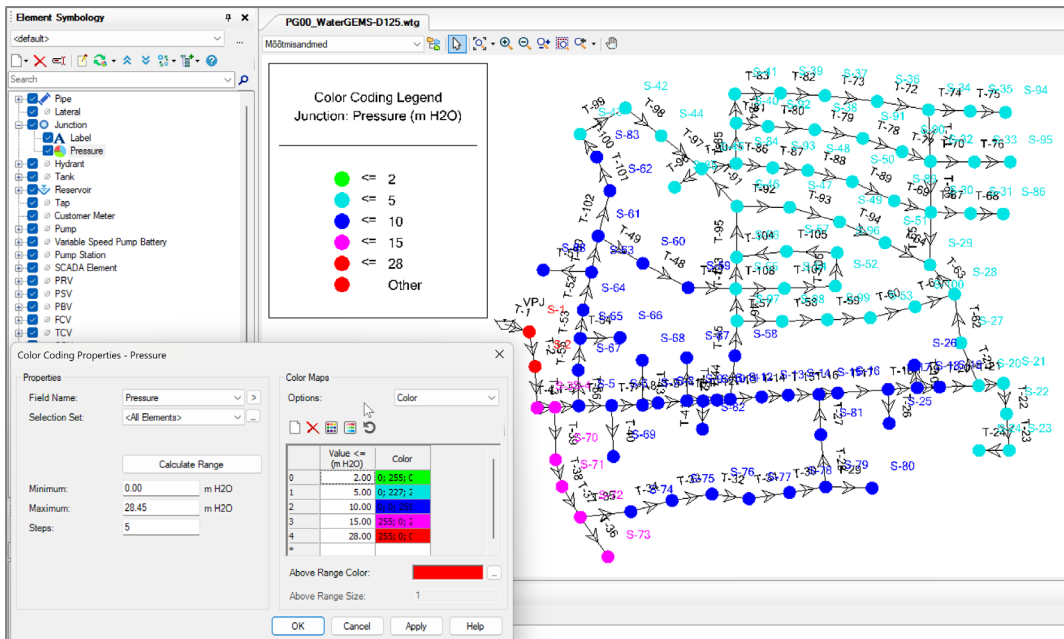


Märkus. Kui me hetkel käivitame **Mõõtmisandmed** stsenaariumi, siis peame saama samad tulemused, mis ka **Base** stsenaariumi korral. Sest me ei ole veel torude karedusi muutnud ega ka lekke lisanud. Tasub veenduda, et see tõesti nii on ja et stsenaariumit saab arvutada.

5. Muuda kõikide torude karedusi nii, et see oleks valitud vahemikus **2-10 mm** (üks ja sama karedus kõikidele torudele)
6. Vali lekkesõlme asukoht, see peaks asuma reservuaarist vähemalt 500 m kaugusel (linnulennult), seega kaugemal kui pool ruudu mõõtudest (mudeli ala on meil teatavasti 1000 x 1000 m). Seda ei ole soovitatav lisada tupikusse ehk haru viimasesse sõlme. Ega ka üksiku haru vahesõlme. Mõistlik oleks valida mõni hargnev sõlm (millest lähtub vähemalt 2 toru). Anna sellele sõlmele lekkekoefitsiendi, **Emitter Coefficient (L/s/(m H2O)ⁿ)**, väärtus vahemikus **1-10** eeldusel.
7. Leia vabalt valitud kombinatsioon torude karedusest (üks ja see sama kõikidele torudele vahemikus 2-10 mm) ning üks lekkesõlm, milles lekkekoefitsient vahemikus 1-10. Selle tulemusel võiks osades sõlmedes jääda vabasurve **2 – 5 m H2O** vahele.

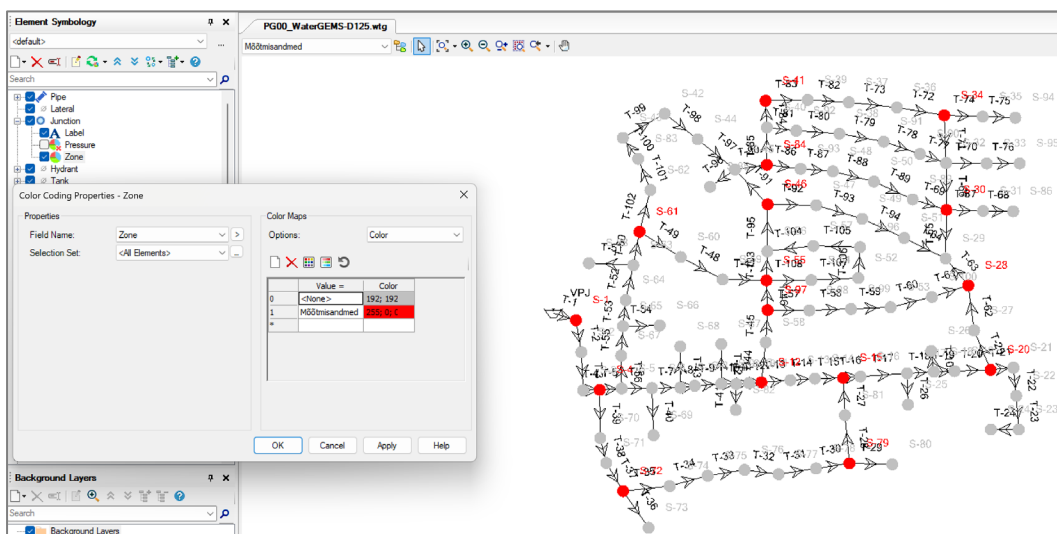
Märkus. Kuna nii toru karedused kui ka lekkekoefitsient mõjutavad survekadasid, siis soovitatav on pigem valida väiksem toru karedus kui et väike lekkekoefitsient. Meie eesmärk on siinkohal tehiskult luua n-ö tundlikum mudel, mille peal esmast kalibreerimist praktiseerida. Teisisõnu, kui peale torude karedusi ning lekke lisamist jääb endiselt alles väga suur vabasurve (ligilähedane sellele, mis algselt kui lekke pole ja karedused 0.1 mm), siis on sellist mudelit palju keerulisem kalibreerida.

Märkus. Võid kasutada sõlmede juures legendi, mis kuvab omaduse **Pressure** ja seadistada värvikoodid nii, et see kuvab kindlad vabasurve vahemikud. Näiteks alloleval pildil on need markeeritud kui 2, 5, 10, 15 ja 28 m H2O. Pane tähele, et peale kareduste seadistust ning lekkepunkti valikut on üksjagu punkte vabasurvega alla 5 m H2O, mida näitab ka helesinine sõlme värvitoon.



- Olles loonud nn lekkiva veevõrgu mudeli koos toru karedustega vahemikus 2-10 mm, vali üle veevõrgu 15-20 sõlme, milles leia vabasurve väärtus. Need sõlmed peaksid olema valitud üle võrgu enam-vähem ühtlaselt, soovitatavalt torustike jagunemispunktidesse ja mitte tupikutesse (**valida ei või seda punkti, kuhu olete lisanud lekke**). Need on nn rõhuandurite mõõtmispunktid. Üks punkt peaks olema vahetult peale reservuaari. Ehk siis see markeerib rõhu muutuse lähtepunktis.

Märkus. Kasuta mõnda omadust, mille kaudu visuaalselt markeerid ära, mis sõlmed valid mõõtmispunktideks. Näiteks võid kasutada **Zone** omadust, lisada selle alla 2 värvikoodi, millest üks tähistab mõõtmispunkti. Nüüd lihtsalt kehtestad selle värvikoodi ja hakkad valima sõlmi, mida plaanid mõõtmispunktidena kasutada. Mõõtmispunktile valid **Properties** paletil siis vastava **Zone** väärtuse. Selliselt tekib hea ülevaade, mis punktid valikusse võtad. Allolev on lihtsalt näide. Samas pane tähele, et üks punkt on kohe peale reservuaari ning ülejäänud punktid peajasjalikult hargnemiskohtades ja mitte tupikutes. Hilisemas moodulis kasutad seda filtrit mõõtmispunktide eraldiseisval eksportimisel.



9. Võib juhtuda, et hiljem peate mõõtmispunkte lisama, et leket lihtsamini avastada. Samas ei peaks neid punkte olema rohkem kui 20% kõikide sõlmede arvust (100 sõlme korral max 20 punkti). Sisuliselt peate koguma igast punktist alljärgneva väärtuse, **Pressure (m H2O)**:

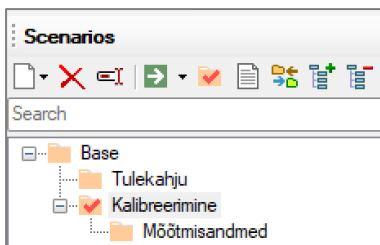
Results	
Hydraulic Grade (m)	3.49
Demand (L/s)	0.0
Pressure (m H2O)	3.49
Pressure Head (m)	3.49
Demand Adjusted Population ((N/A)

Märkus. Veendu, et ühikuks oleks **m H2O** ning kogud andmeid, mis kuvatud 2 kohta peale koma.

Märkus. Kui kasutad **Zone** väärtust, siis saad ka lihtsamini andmeid läbi **FlexTables** kuvada ja sealt üles markeerida. Allpool on filtreeritud ainult need sõlmed, mille juures markeeritud, et seda kasutatakse mõõtmispunktina. Nüüd vaja vaid andmed kokku korjata (näiteks Excelisse).

FlexTable: Junction Table (Current Time: 0.000 hours) (PG00_WaterGEMS-D125.wtg)										A B		
ID	Demand Adjusted Population (Capita)	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)			Label	Pressure
65: S-97	65	(N/A) S-97	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	5.00	5.00			S-97	5.00
75: S-84	75	(N/A) S-84	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	3.32	3.32			S-84	3.32
98: S-41	98	(N/A) S-41	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	3.14	3.13			S-41	3.13
99: S-1	99	(N/A) S-1	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	27.68	27.66			S-1	27.66
103: S-34	103	(N/A) S-34	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	2.98	2.98			S-34	2.98
105: S-30	105	(N/A) S-30	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	2.76	2.76			S-30	2.76
111: S-28	111	(N/A) S-28	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	3.49	3.49			S-28	3.49
116: S-46	116	(N/A) S-46	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	3.84	3.84			S-46	3.84
122: S-79	122	(N/A) S-79	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	7.58	7.58			S-79	7.58
127: S-55	127	(N/A) S-55	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	4.89	4.89			S-55	4.89
130: S-61	130	(N/A) S-61	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	5.61	5.61			S-61	5.61
139: S-72	139	(N/A) S-72	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	10.48	10.47			S-72	10.47
143: S-20	143	(N/A) S-20	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	4.61	4.60			S-20	4.60
148: S-15	148	(N/A) S-15	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	6.52	6.52			S-15	6.52
151: S-12	151	(N/A) S-12	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	6.52	6.52			S-12	6.52
159: S-4	159	(N/A) S-4	0.00	Mõõtmisandmed	<Collection:	0.0	11.85	11.84			S-4	11.84

10. Automaatne kalibreerimine. Kasutades WaterGEMS tarkvara, naase nüüd algse mudeli juurde (kus torude karedused on 0.1 mm, leket ei eksisteeri), eelnevalt on see nimetatud kui **Kalibreerimine**, tee see aktiivseks stsenaariumiks.



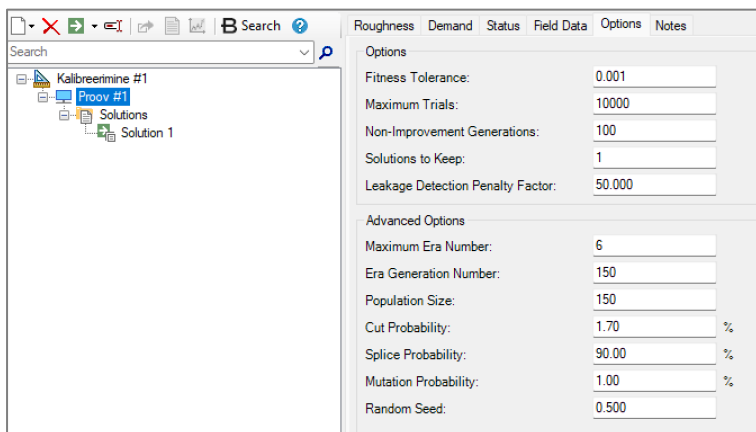
11. Veendu, et toru karedused on siin 0.1 mm ning leket üheski punktis ei ole. Näiteks, kui kogemata ei teinud lisa-alternatiivi, milles asusid neid väärtuseid muutma, siis on selge, et nüüd on need igal pool samad ja peaksid paar sammu tagasi võtma ja asjad korda tegema!

12. Kasutades **WaterGEMS Darwin Calibrator** moodulit püüa jõuda tulemuseni, kus tulemuseks kuvatakse sulle eelnevalt simuleeritud toru karedused ning ka lekkepunkti suudetakse, kas siis täpselt või olemasoleva sõlme kõrval asuvas sõlmes näidata! Selleks pead seadistama **Darwin Calibrator** põhisätteid, tooma sisse eelnevalt üles märgitud vabasurve näidud ja käivitama automaatse kalibreerimise.

Märkus. Võib juhtuda, et mõõtmispunkte on vaja juurde panna, ehk siis teostada simuleeritud mudelis lisamõõtmisi, märkida need üles ja lisada **Darwin Calibrator** moodulisse.

Märkus. Kalibreerimine ei pruugi esimesel katselt õnnestuda (ja ei peagi) ja see sõltub üksjagu, millised lähtevahemikud paned. Näiteks kui toru karedusi valisid vahemikus 2 – 10 mm ja oletame et panid 5 mm, siis kalibraatorisse ei tohiks sa panna otsinguvahemikuna 0.1 – 5 mm, sest sellega suunad sa kalibraatorit liiga palju. Sa võid panna 0.1 – 10 mm või ka 0.1 – 15 mm. Sama siis ka lekkekoefitsiendiga. Kui sa näiteks lisasid ühte sõlme väärtuse 3 aga lubatud vahemik oli 0-10, siis kalibraatorisse sa ei tohiks panna 0-3, sest sellega sa suunad kalibraatorit liiga palju! Seega õigem oleks panna kogu vahemik, ehk siis 0 – 10.

Märkus. Lisaks võid proovida muuta kalibraatori sätteid (Darwin Calibrator > Options). Näiteks suurenda **Population Size** väärtust, tõsta **Maximum Trials** ning **Non-Improvement Generations** väärtuseid.



Märkus. Reaalsetes võrkudes sul seda teadmist ei ole, mis võiks olla see „õige“ karedus või „õige“ lekkesuurus. Seega seal sa juhitudki teatud max väärtusest. Lekke juures saab seda eelarvestada bilansist, milline lekkekoefitsient millise vooluhulga tekitab (see sõltub võrgust). Sama ka toru kareduste vahemikuga. Kalibreerimine võib ka eeldada, et alustad esmalt suuremast vahemikust ja suurema sammuga ja seejärel kitsendad vahemikku, olles fookuse pannud kindlasse võrgu piirkonda ja teostades vajadusel ka lisamõõtmisi.

Esituspakett (failid)

- 1) WaterGEMS failid (*.wtg, *.sqlite), milles on lahendatud nii eelnevate moodulite stsenaariumid kui ka lisatud antud mooduli täiendavad stsenaariumid. Seega peavad kõik stsenaariumid endiselt töötama vastavalt konkreetse mooduli lähteülesandele.
- 2) Loo ülevaatlik raport (*.docx failina), milles:
 - a. esita, mis on valitud toru karedus, valitud lekke punkt ning selle lekkekoefitsient;
 - b. näita, et enne mõõtmisandmete korjet esitab sinu mudel nõutud vahemikus vabasurvet (ehk siis teatud hulk sõlmi on ka 2 – 5 m H₂O vabasurvega);
 - c. Kirjelda **Darwin Calibrator** loogikat, mida otsustasid kasutada (sh valitud toru kareduste vahemikku, sammuks on meie näites alati 1 mm; valitud lekke väärtuse vahemikku, sammuks on meie näites alati 1);
 - d. esita vähemalt 2 erinevat **Darwin Calibrator** arvutust (samas mudelis), kus kasutusel erinevad sätted (nt vahemikud, **Darwin Calibrator** põhisätted või ka erinev mõõtmispunktide valik kui esialgne justkui polnud piisav);
 - e. esita lõpptulemus, mida said **Darwin Calibrator** vahendusel (tegelik vs kalibreeritud väärtus), arutle kas väärtus leiti täpselt või näiteks lekke puhul leiti see mõnevõrra eemal.

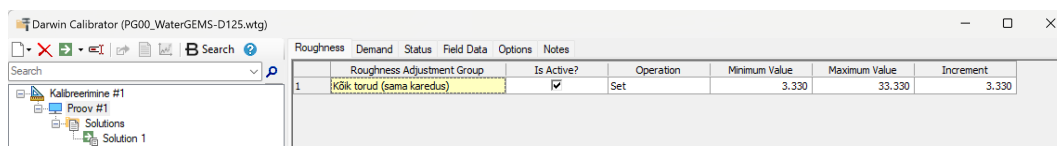
Lisa 1. WaterGEMS Darwin Calibrator

Pane tähele, et kui oled sisestamas toru kareduste vahemikku, siis Bentley WaterGEMS eeldab, et sealed ühikud on "millifeet". Paraku seda ei saa muuta kui „millimeeter“, mistõttu tuleb väärtuste sisestamisel teha mõttes väike arvutustehe. Oletame, et lubame toru karedusel muutuda vahemikus 1 – 10 mm ja seda sammuga 1 mm. Sellisel juhul sisestame tabelisse väärtused:

- Maximum Value = 33.33 (sest kui see korrutada $0.3 \times 33.33 = 10$ mm)
- Increment = 3.33 (sest kui seda korrutada $0.3 \times 3.33 = 1$ mm)
- Minimum Value = 3.33 (see ei saa olla 0, mistõttu siin kasutame lihtsalt väikest suurus, kuid antud juhul minimaalselt lubatud karedust ehk 1 mm ja seega $0.3 \times 3.33 = 1$ mm)

Märkus: Kordaja 0.3 tuleb sellest, et millifeet -> millimeeter teisendamiseks on vaja teha 0.3 korrutamine.

- $ft/1000$ (ft -> mmft) * 0.3 (ft -> m) * 1000 (m > mm) = $(ft/1000)*0.3*1000 = 0.3 * ft$



Roughness	Demand	Status	Field Data	Options	Notes
1	Kõik torud (sama karedus)	<input checked="" type="checkbox"/>		Set	

Seda ei pruugi kohe tähele panna, kuid see on ka tarkvara abifailides märgitud: <https://docs.bentley.com/LiveContent/web/Bentley%20WaterGEMS%20Help%20SS6-v1/en/GUID-7FCE869C-F083-46A5-B3CF-FCBE93BC4DC6.html>

Üldjuhul tasub kalibreerimist alustada suurema **Increment** väärtusega ja seejärel katsetada, kas väiksema väärtuse kasutamine võimaldab paremat lahendit leida või hakkab lahend pigem "hüppama", mis viitab, et veevõrgus pole kaasatud piisavalt mõõtmisandmeid (sh liiga väikesed voolukiirused). Pane ka tähele, et mida väiksemaks muudad **Increment** väärtuse või mida suuremast vahemikust tulemust otsid, seda suurem on lahendite ruum ja seda keerukam on ka õige lahendini jõuda. Seetõttu on oluline, et insenerina kaalutled mistahes väärtuste sisestamist.

Lisa 2. Esituse/kaashindamise nõuete komplekt

Allolevalt on toodud nimekiri nõuetest, mida tuleb esitamise hetkel tagada ning kaashindamise käigus ka kontrollida. See nimekiri tuleb 1:1-le kleepida vastava foorumi postitusse, kus esitus tehakse (nii postituse algataja kui hindaja tähenduses). Postituse algataja ehk esitaja kinnitab sellega, et kõik nõuded on täidetud. Hindaja kopeerib aga vastava nimekirja ja markeerib iga nõude juures, kas see on täidetud (ükshaaval) ning lisab ka punktisumma (valida saab täisarvu; kui nõue poolikult täidetud, siis on see 0 punkti ja mitte 0,5 või 0,75 punkti).

Nõuete komplekt (kopeeri peale seda rida, Nõue 1 – Nõue 10 koos kirjeldustega):

Nõue 1. Esitatud on üks komplekt WaterGEMS *.wtg ning *.sqlite faile, milles kajastuvad stsenaariumid vastavalt esitusnõuetele (sh eelmiste moodulite) ning raport (*.docx failina). Juhul kui kasvõi üks fail on puudu või stsenaariumite koosseis ei vasta nõuetele, tuleb esitus kohe tagasi saata! Juhul kui esitatud on mitu WaterGEMS faili, siis tuleb esitus tagasi saata! **(0 või 1 punkti)**

Nõue 2. Võimalik on valida mõõtmisandmete kogumiseks kasutatud stsenaarium; kasutatud on näiteks **Zone** omadust, et visualiseerida mõõtmispunktide valikut üle mudeli, mõõtmispunktide arv on vähemalt 15, välditud on tupikuid, lisatud on mõõtmispunkt vahetult peale reservuaari, mõõtmispunkti ei ole valitud lekke punkti; mõõtmispunktid katavad ühtlaselt kogu mudelit **(0 või 1 punkti)**

Nõue 3. Mõõtmisandmete kogumise stsenaariumis on kõikidel torudel üks ja seesama karedus ning see on vahemikus 2 – 10 mm. **(0 või 1 punkti)**

Nõue 4. Mõõtmisandmete kogumise stsenaariumis on vaid üks lekkepunkt, see asub linnulennult vähemalt 500 m kaugusel ning selles olev lekkekoefitsient on vahemikus 1-10. **(0 või 1 punkti)**

Nõue 5. Teatud hulk mõõtmisandmete väärtuseid on vahemikus 2 – 5 m H₂O, alla 2 m H₂O ei või olla üheski sõlmes (sh nendes sõlmedes, mida ei kasutata mõõtmispunktina). **(0 või 1 punkti)**

Nõue 6. Mõõtmisandmete kogumiseks kasutatud stsenaariumi vabasurved (valitud mõõtmispunktides) kattuvad Darwin Calibrator moodulis olevate mõõtmisandmete väärtustega (Pressure). **(0 või 1 punkti)**

Nõue 7. Darwin Calibrator on korrektselt ja loetavalt üles seadistatud, sätete juures on arvestatud eelnevalt kirjeldatud nõuetega, ei ole kasutatud liiga kitsaid/suunavaid vahemikke; kui loodud on mitu erinevat arvutuskeemi, siis need on nimetatud kirjeldavalt ning lisatäpsustused leitavad raportist. **(0 või 1 punkti)**

Nõue 8. Darwin Calibrator lõpplahend esitab toru kareduse, mis on ligilähedane mõõtmisandmete korjamisel markeeritule (nt 1 mm erinevus on veel OK). **(0 või 1 punkti)**

Nõue 9. Darwin Calibrator lõpplahend esitab lekkepunkti ja lekkekoefitsiendi, mis on ligilähedane mõõtmisandmete korjamisel markeeritule (lubatud on tegeliku lekkesõlme kõrval asuv sõlm ning max 1 ühik erinev suurus); leket ja karedust on otsitud sama kalibreerimise piires. **(0 või 1 punkti)**

Nõue 10. Esitatud raport kirjeldab, kuidas on ülesandele lähenetud, milliselt põhimõtetal valikud tehtud, kirjeldatud ning põhjendatud lõpptulemusi ning võrreldud mõõtmisandmete stsenaariumis juures olevate väärtustega (toru karedus, lekke koefitsient); põhjendatud ning vajadusel näidatud, et teostatud lisamõõtmisandmete korje, et kalibreerimise tulemust parendada. **(0 või 1 punkti)**