CC BY NC SA

Koolitusmaterjal

Raido Puust, *MSc, PhD*

Autodesk InfraWorks – Drainage Design

Sissejuhatus

Kursuse eesmärgiks on õppida kasutama *InfraWorks Drainage Design* moodulit, et luua, analüüsida valgalasid ning truupe ja luua sademeveetorustikku piki sõiduteed.

Eeldused

Kursus eelduseks on eelnev *InfraWorks (InfraWorks)* platvormi tundmine *InfraWorks* algkursuse tasemel. Soovitav on eelnevalt läbida ka *InfraWorks Roadway Design, InfraWorks Bridge Design* kursused, kuna üldjuhul jagavad moodulid omavahel olulist disianiinfot, mida asume seejärel täpsustama. Soovitav on omada ka põhiteadmisi operatsioonisüsteemidest *Microsoft Windows 7*, *Windows 8* või *Windows 10*.

Koolitusmaterjal

Kursust toetavad erinevad näiteülesannete failid, mille abil saab iseseisvalt põhiprotseduurid uuesti läbi käia (kaasates eesti keelset konspekti). Koolitusmaterjalis on viidatud failinimele/projektile, mida konkreetne peatükk kasutab.

Sisujuht

Sissejuhatus 5
Ülevaade *Drainage Design* mooduli võimalustest 5
Valgalade piiritlemine 5
Vooluhulkade arvutamine 6
Ratsionaalne arvutusmeetod (*rational method*) 6
Kokkuvooluaja mõiste (*time of concentration*) 7
Truubi disain 7
Automaatne truubi disain 8
Truubi paigutamine käsitsi 8
Truubi tüübid 8
Truubi analüüsid 8
Äravoolusüsteemi loomine sõiduteele 8
Mahtude analüüs 9
Drainage Design mooduli kasutajaliides 9
Drainage Design mooduli lisapaletid 9
Create Watersheds palett 10
Watershed palett 11
Culvert palett 12
Quantities palett 13
Drainage Pavement paletid 14
Kiirvalikumenüü 15
Äravoolusüsteemi parameetrid 16
Tööleht – Sissejuhatus *Draiange Design* moodulisse 17
Äravoolusüsteemi disain ning analüüs 18
Valgala olemus 18
Valgala loomine 18
Valgala stiilid 19
Tööleht – Huvipunktil põhineva valgala loomine 20
Tööleht – Sõiduteel põhineva valgala loomine 21
Valgala analüüs 22
Tööleht – Valgala analüüs 23
Truubi lisamine 24

Automaatne truubi lisamine 24
Tööleht – Truubi automaatne lisamine 25
Truubi lisamine käsitsi 26
Truubi kuvamine profiilil 26
Tööleht – Truubi lisamine käsitsi 27
Truupide redigeerimine 28
Truupide graafiline redigeerimine 28
Tööleht – Truubi redigeerimine graafiliselt 29
Truubi redigeerimine läbi truubi paleti 30
Tööleht – Truubi redigeerimine läbi *Culvert* paleti 32
Truubi analüüs 33
Tööleht – Truubi analüüs 34
Töötamine äravoolusüsteemidega 35
Äravoolusüsteemist üldiselt 35
Äravoolusüsteemi loomine 36
Äravoolusüsteemi redigeerimine 37
Tööleht – Töötamine äravoolusüsteemiga 38

Sissejuhatus

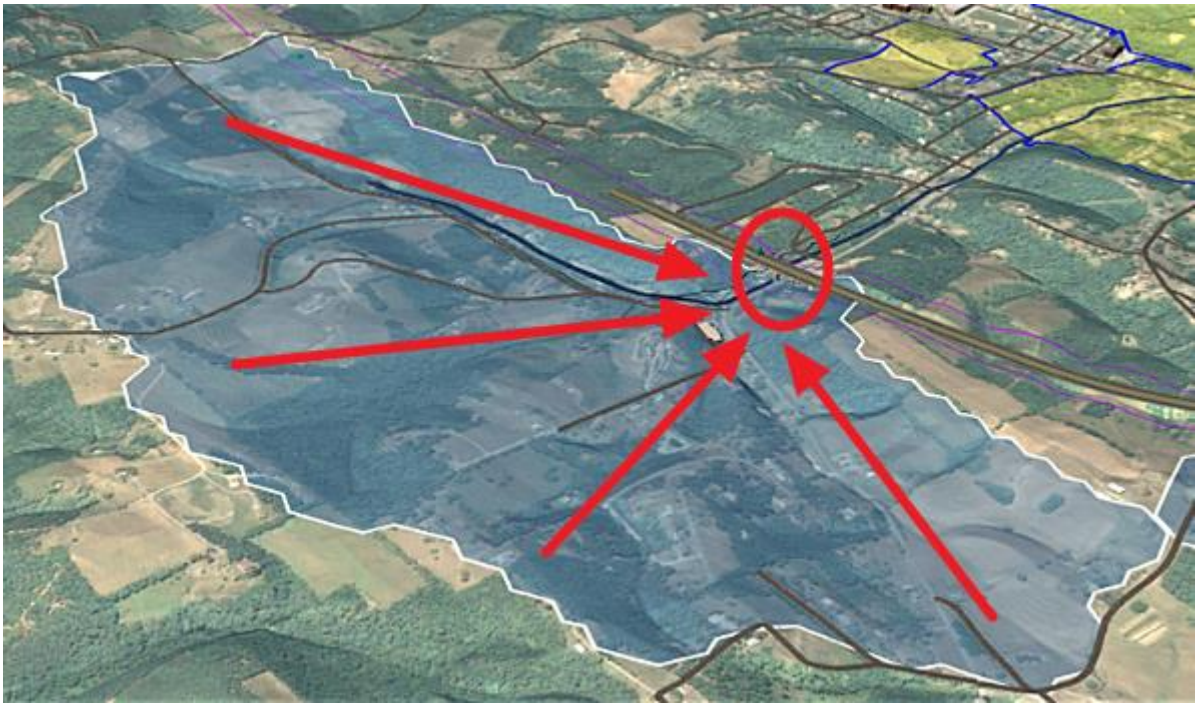
Autodesk Drainage Design on lisamoodul *InfraWorks* tarkvarale. Moodul pakub lisavõimalusi hüdroloogilise disaini ning analüüsi läbiviimiseks planeeritavatel aladel. Tegemist on ühtlasi ka suurepärase töövahendiga loomaks esmast sademeveetorustiku disaini, analüüsi projekti varajases staadiumis.

Ülevaade *Drainage Design* mooduli võimalustest

Enne kui alustad instruktuuri disainiga, mis tagab planeeringust lähtuvalt äravoolude majandamise ja/või ümber suunamise, pead esmalt need vooluhulgad välja arvutama. Seda saab teha läbi valgala töövahendite, mis on kättesaadavad *Drainage Design* moodulis.

Valgalade piiritlemine

Hüdroloogilise analüüsi läbiviimiseks oma projektile pead esmalt piiritlema valgalad – alad, millelt valguv vesi valgub kindlasse punkti. Allolevalt on näha valgala, kust valguv vesi koondub sõidutee silla alusesse punkti. Seega vihma korral, vesi mis langeb antud valgalale ja mis ei filtreeru pinnasesse, liigub eelnimetatud punkti suunas. Enamikel juhtudel on disainer/projekteerija huvitatud sellest, milline vooluhulk planeeritud truubini või restkaevuni jõuab.



Sedalaadi valgalade tekitamine/jaotamine eeldab maapinnamudeli analüüsi, kus arvestades maapinna langusid, leitakse meie poolt valitud punkti koonduv või sealt eemalduv äravool. Tegemist võib olla mahuka arvutusega, mistõttu on see arvutus viidud *InfraWorks* pilveteenusesse. *Drainage Design for InfraWorks* on võimeline läbi pilveteenuse arvutama ning piiritlema äravoolu alad üksikute punkite või terve sõidutee ulatuses.

Vooluhulkade arvutamine

Peale valgala piiritlemist saame arvutada vooluhulga lähtuvalt meile huvipakkuvas punktis. Vooluhulga arvutamiseks eksisteerib väga palju erinevaid meetodeid, kuid on ka üldlevinud meetodeid, mida kõige rohkem neist kasutatakse. Näiteks ratsionaalne meetod (*rational method*). *InfraWorks* pakub siiski võimaluse sinul valida, millist meetodit soovid kasutada valitud puntkis. Lisaks saad sisestada ka muud olulist infot arvutamise läbiviimiseks. Neid tegevusi saad läbi viia paletil *Watershed*.

Ratsionaalne arvutusmeetod (*rational method*)

Juhul kui see on esimene kord, kus sa puutud kokku hüdroloogiliste meetoditega, siis ratsionaalset aruvutusmeetodit on ilmselt kõige lihtsam mõista. *Ratsionaalne meetod* lähtub ühest lihtsast arvutusvalemist, et leida vooluhulk määratud punktis lähtuvalt maapinnast, katendist ning ajaloolisest sademete infost. Valem on esitatv:

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

- Q – vooluhulk, mõõdetuna näiteks l/s või m^3/s.
- C – äravoolu koefitsient, mis on vahemikus 0 – 1. Näiteks asfalt või teised läbiimbumatud pinnad on vahemikus 0.7 – 1.0. Samas metsamaa/haljasala võib olla 0.1 – 0.3. Kõik ülejäänud pinnase tüübid on nende väärtuste vahel. Oluline on mõista, et see C väärtus võtab arvesse vaid vooluhulga, mis ei imbu maapinda ning seega liigub äravoolupunkti suunas. Näiteks kui C = 0.85, siis 85% sinna pinnale maha sadanud veest liigub äravoolupunkti suunas ning 15% imbub pinnasesse või koguneb pinnase lokaalsetesse madalamatesse punktidesse.
- i – intensiivsus, sõltub vihma intensiivsusest. Väärtus sõltub omakorda ka kokkuvooluajast (*time of concentration*).
- A – valgala pindala, mis panustab meie poolt valitud punkti.

Seega kokkuvõttes kui vaadata veel korra ülalnimetatud valemit, siis mida läbiimbumatum pinnas (suur C väärtus), mida suurem vihma intensiivsus (suur i väärtus) ja mida suurem pind (suur A väärtus) - seda suurem äravooluhulk Q tekib maha sadanud vihmast.

Kokkuvooluaja mõiste (*time of concentration*)

Analüüsides valgalasid, siis ilmselt oled sa kõige rohkem huvitatud suurimast vooluhulgast, mis mingi vihm või maha sadanud sademed tekitavad. Ajas mõõdetuna saaame mingisse punkti jõudvat äravooluhulka kirjeldada hüdrograafina (kellukese kujuline), mis üldjuhul algab nullist, saavutab teatud maksimaalse väärtuse ning seejärel kahaneb taas nullini. Sulle võib tunduda, et kellukese kujuline graafik on ju loogiline, sest sadama hakates on see alguses väiksema intensiivsusega ning sama ka lõpu poole. Tegelikult pole see üldsegi põhjus, sest me kohtame kellukese kujulisi hüdrograafe ka valingvihmade korral. Põhjus on hoopis selles, et maha sadanud vesi läbib (sõltuvalt maha sadamise kohast) väga erineva pikkusega vooluteekoondi. Vahetult peale vihma algust jõuavad meie poolt märgitud äravoolupunkti need vooluhulgad, mis asuvad märgitud punktile kõige lähemal (väike kokkuvooluaeg). Seejärel, ühel hetkel jõuab ka vooluhulk näiteks 30 või 100 m kauguselt äravoolupunkti. Kõik need teekonnad (vooluhulgad) ajas summeeruvad ning kõige kaugemast punktist kohale jõudev vooluhulk võib näiteks olla 8 minutit peale vihma algust. Seda kaheksat minutit nimetataksegi kokkuvooluajaks, mis väljenda ajalist mõõdet, millal jõuab valgala kõige kaugem punkt panustada oma vooluhulgaga äravoolupunkti (meie poolt valitud punkti). Tasub siiski tähelepanu juhtida ka asjaolule, et alati ei pruugi kõige kaugemal olevast punktist jõuda vesi kõige hiljem meie poolt valitud äravoolupunkti. Põhjus on lihtne, seda kokkuvooluaega mõjutab ka pinnas, kalle, takistus. Sestap võib näiteks äravoolupunktile lähedal olevale metsaalusele pinnale (puulehed jnet) langenud vesi jõuda hoopis hiljem äravoolupunkti kui distantsiliselt kõige kaugemast punktist.

Truubi disain

Varasemalt peaksid olema kursis, et *InfraWorks* sisaldab ka sõiduteede täpsemaks planeerimiseks lisamoodulit *Roadway Design*. Kui planeeritakse sõiduteed piki maa-ala, siis on alati küsimus ka äravooluhulkade suunamises. Olgu selleks siis kraavi rajamine või jõe/oja läbipääsu rajamine sõidutee alt. Suuremate jõgede (vee-alade) korral vajatakse juba silla ehitamist. Ka selleks otstarbeks on *InfraWorks* tarkvaras lisamoodul nimetusega *Bridge Design*. Samas väiksemate vooluhulkade korral piisab truubi rajamisest. *Drainage Design* moodul sisaldab võimekat töövahendite arsenali, et truupi kiirelt lisada/luua, disainida/täpsustada või redigeerida.

Automaatne truubi disain

Kasutades töövahendit *Create Watersheds*, jagamaks mudelis valgalasid, luuakse ühtlasi ka omavahel liigenduv vooluvõrk. Kui mistahes voolamine selles võrgus läheb sõidutee alt läbi, saad ühe lihtsa liigutusega paluda *InfraWorks* tarkvaral lisada neisse asukohtadesse truubid. Ja neid mitte lihtsalt ei paigutata aga ka dimensioneeritakse lähtuvalt valgaladelt tulenevate vooluhulkade järgi. Juul kui aga peaksid muutma sõidutee disaini, näiteks lisama sõiduradasid või redigeerima telgjoont, siis uuenevad automaatselt ka truubid. Teisisõnu truubi objekt saab aru oma liigendatusest sõidutee, valgala ning vooluvõrgu vahel. Kui üks neist peaks muutuma, muutub ka truup.

Kui sa ei soovi läbi viia valgalade analüüsi, siis võid ikkagi paluda *InfraWorks* tarkvaral paigutada truubid asukohtadesse, kus jõig ristub sõiduteega. Sellisel juhul ei tea truup oma disainvooluhulka ning seda seetõttu ka ei dimensioneerita, kuid selle mõõdud ikkagi muutuvad kui näites peaks muutuma sõidutee radade arv, muutuma telgjoon.

Truubi paigutamine käsitsi

Truupi saad lisada ka käsitsi kui kävitad töövahendi *Culvert*. Seejärel valid kaks punkti, mis tähistavad truubi algust ning lõppu. Truubi põhi pannakse automaatselt maapinna järgi, kuid sul on võimalus seda muuta näiteks läbi objektipunktide või *Properties* paleti. Seeläbi saad piirangute vabalt lisada truubi, kuna see ei ole seotud teiste disaini komponentidega.

Truubi tüübid

Truupi lisama asudes paned ilmselt tähele, et sul on võimalik valida väga paljude erinevate truubi kujude, paigutusskeemi ning lõpetamise seade järgi. Seeläbi saad luua just sellise detailsusega truubi, mis vastab projekti vajadustele aga ka arvestab kohalike standarditega.

Truubi analüüsid

Peale truubi paigutamist ning dimensioneerimist saad läbi viia paar lihtsat analüüsi. Esimene neist loob visuaalse analüüsi, kus 3D kuvas näidatakse hüdraulilist survejoont (*hydraulic grade* line) koos vajalike kõrgusmärkide, sügavuste, vooluhulkade ning kiirustega. Teise variandina saad tulemused eksportida faili, et seeläbi importida info mõnda teise tarkvarasse lisaanalüüsideks.

Äravoolusüsteemi loomine sõiduteele

Äravoolusüsteemi teine oluline disaini vajadus on tagada sõidutee pinnale mahasadanud vee äravool. *Drainage Design* moodul lubab äravooluvõrku luua automaatselt või käsitsi. Peaaegu samal viisi nagu *InfraWorks* loob, paigutab ning dimensioneerib truupe, saab see hakkama ka restkaevude, kaevude ning torude automaatse paigutamisega lähtuvalt disaini kriteeriumitest ning üldistest insenertehnilistest eeldustest. Peale äravooluvõrgu loomist, üksikuid komponente saab analüüsida ning redigeerida. Äravooluvõrgu komponente saab ka käsitsi lisada, et seeläbi lisada näiteks detailsust või luua võrk täiesti nullist.

Mahtude analüüs

Drainage Design moodul pakub ka võimaluse võtta kokku äravoolusüsteemi mahud valitud sõidutee lõikes. Seeläbi saame teha täpsema eelarvestuse projektile.

Drainage Design mooduli kasutajaliides

Drainage Design moodul omab omaette kasutajaliidese nuppu ning selle alt leiab kolm alamnuppu: *Analyze*, *Design Review*. Sarnaselt teistele *InfraWorks* töövahenditele on ka *Drainage Design* moodulis kasutusel terve rida lisapalette ning võimalus redigeerida nii parema kliki kaudu kui ka *Properties* paleti vahendusel.

Analyze – ***Create Watersheds*** (kasutab *InfraWorks* pilveteenust, et analüüsida pinnamudelit ning määrata valgalad ning kokkuvoolujooned. See loob valgala ning kokkuvoolujoonte objektid, mida saab hiljem edasi disainida või analüüsida); ***Quantities*** (palutakse valida sõidutee, seejärel kuvatakse *Quantities* palett, mis kuvab truubi ning äravoolusüsteemi mahtude tabeli).

Design – ***Culverts*** (käivitab käsitsi lisatava truubi töövahendi, misjärel palutakse valida kaks punkti, mis määravad truubi otsad); ***Drainage Network*** (selle kaudu saab lisada restkaevusid, kaevusid ning torustikke, mis kokku moodustavad äravoolusüsteemi); ***Create Watersheds*** (kasutab *InfraWorks* pilveteenust, et analüüsida pinnamudelit ning määrata valgalad ning kokkuvoolujooned. See loob valgala ning kokkuvoolujoonte objektid, mida saab hiljem edasi disainida või analüüsida).

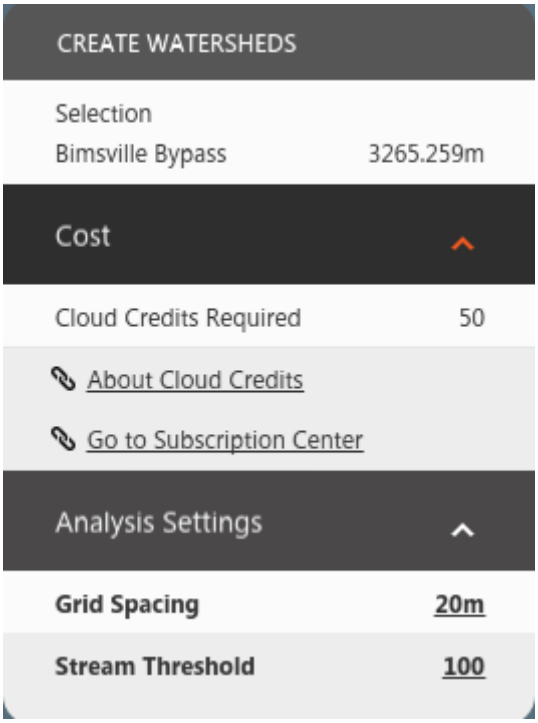
Review – ***Profile View*** (käivitab *Profile View* paleti, mille peamine eesmärk on vaadata ning redigeerida sõidutee disaini, kuid mis kuvab ka äravoolusüsteemi komponente).

Drainage Design mooduli lisapaletid

Drainage Design moodul sisaldab järgmisi lisapalette: *Create Watersheds*, *Watershed*, *Culvert*, *Quantities* ning kolm *Drainage Pavement* paletti.

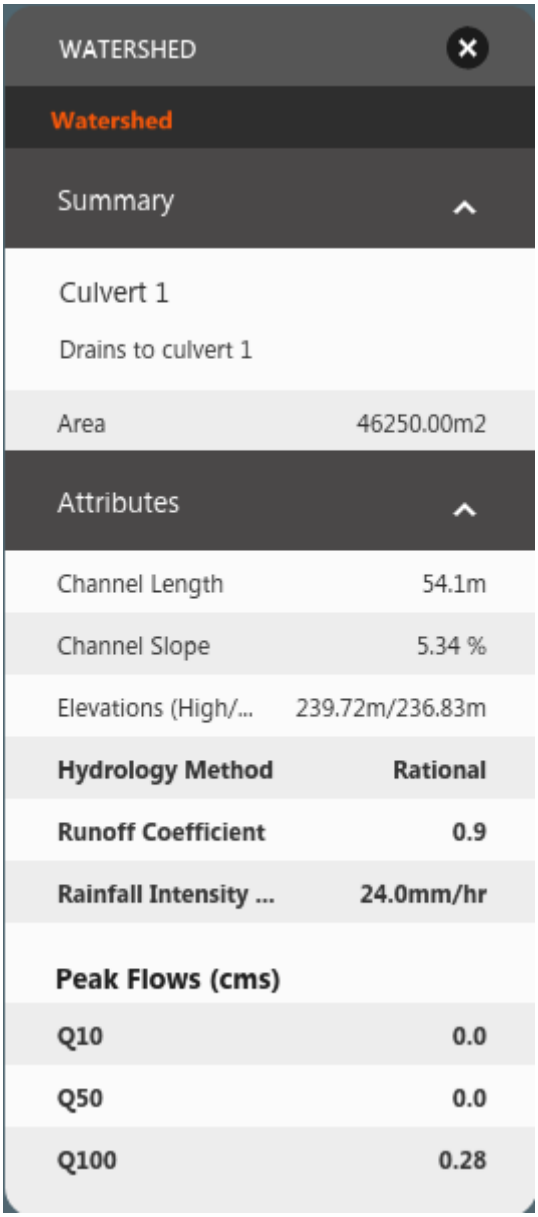
Create Watersheds palett

Create Watersheds palett sisaldab põhiinfot, määranguid, mis on vajalik, et teostada pilveteenuses valgalade arvutus. Lisaks näeb siin ka infot pilvekrediidi kohta, mida mingi analüüsi läbiviimiseks vajatakse.



Watershed palett

Watershed palett kuvab info olemasoleva valgala kohta ning samuti saad siin redigeerida osasid parameetreid hüdroloogilisest arvutusest lähtuvalt. Muuhulgas kuvatakse valgala pindala, kõrgusmärgid, kalded. Lisaks saad valida arvutusmeetodi, seadistada põhiparameetrid ning mõistaig arvutada vooluhulgad.

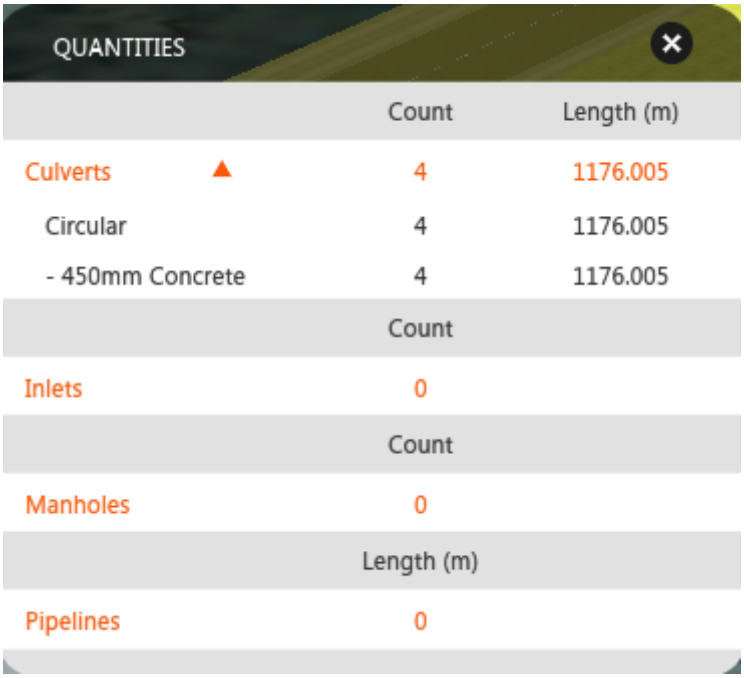


Culvert palett

Culvert palett võimaldab terviklikku truubi disaini aga ka samaaegset arvutust. Saad valida truubi ristlõike, paralleelsete torude arvu, sissevoolu ava kuju jpt. Lisaks saad määrata ka truubi toru taha jääva veetaseme tingimuse, kõrguse (*tailwater*) ning kuvada truubi analüüsi tulemused.

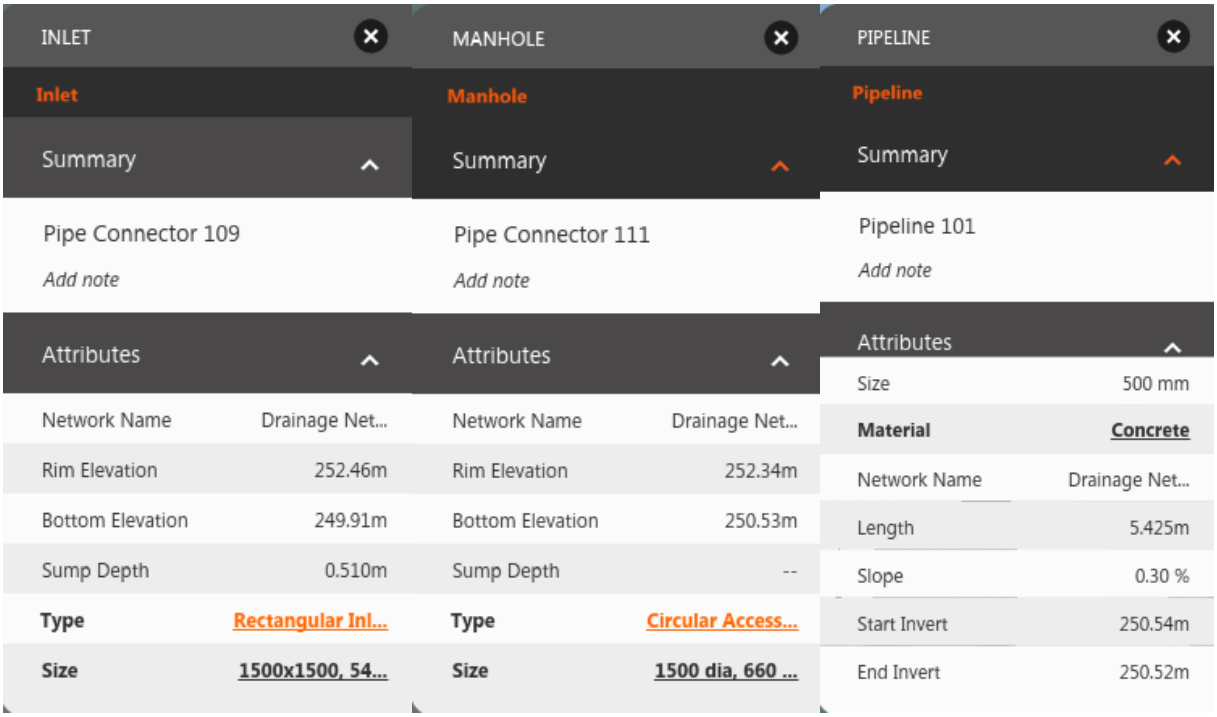
Quantities palett

Quantities palett esitab valitud sõidutee truubitorude, restkaevude, kaevude ning torude mahud. See palett on informatiivse iseloomuga ning kuvatavat infot redigeerida ei saa.



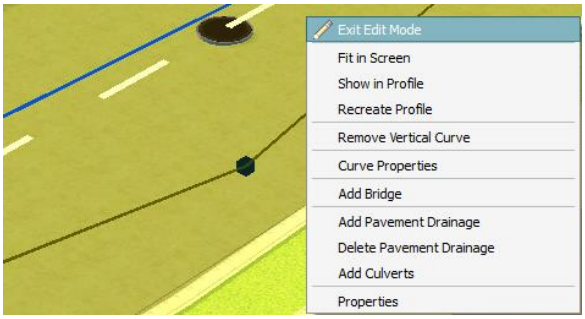
Drainage Pavement paletid

Drainage Pavement paletid kuvavad infot omaette palettidel restkaevude (*inlet)*, kaevude (*manhole)* ning torude (pipes) kohta.



Kiirvalikumenüü

Drainage Design moodul pakub lisavõimalusi kiirvalikumenüüde kaudu. Kui oled valinud sõidutee redigeerimisrežiimis (*Road*), siis võid leida kolm lisavalikut.



Add Pavement Drainage – lisab automaatselt restkaevu, kaevu või toru piki sõiduteed lähtuvalt disaini kriteeriumitest ning inseneri eeldustest. Peale loomist saad loodud võrku redigeerida. See töövahend on saadaval vaid siis kui sõiduteel on äärekivi.

Delete Pavement Drainage – kustutab kõik restkaevud, kaevud või torud, mis on seotud valitud sõiduteega.

Add Culverts – see töövahend analüüsib sõiduteed ning juhul kui sõidutee ületab jõge/oja, siis lisab truubi. Truup jääb seotuks sõiduteega ning ka veekoguga, mida see ületab. Truup uueneb automaatselt kui viiakse läbi redigeerimisi.

Kui oled aga valinud truubi selle redigeerimisrežiimis, siis kiirvalikumenüü kaudu näed nelja valikut.

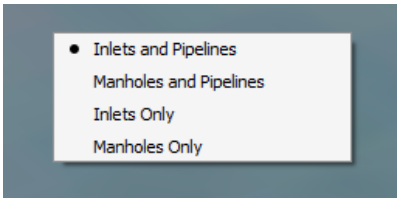
Exit Edit Mode – lülitab redigeerimisrežiimi välja, mistõttu peidetakse ka *gizmo* objektid.

Analyze Culvert – sunnib truupi ümber arvutama ning arvesse võtma tehtud redigeerimisi. Enamus ajast siiski truup uuendab end ise, kuid seda käsku saab kasutada olukorras, kus just nüüd soovitakse andmeid värskendada uuesti.

Export Analysis to CSV – võimaldab truubi analüüsi tulemused eksportida **.csv* faili, mida saab seejärel kasutada raportitest või võtta aluseks mõnes teise analüüsi tarkvaras.

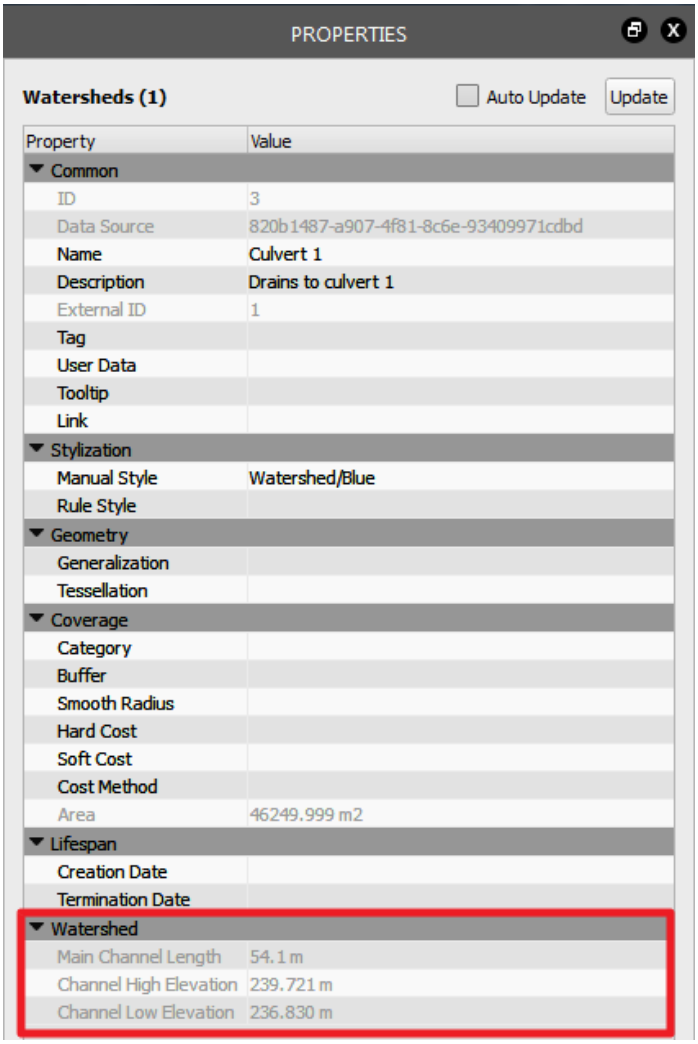
Properties – tavapärane *Properties* käsk, mis avab omaette paleti ning kuvab infot truubi kohta.

Kui oled käivitanud aga *Pavement Draingage* töövahendi, siis parema kliki kaudu saad valida, millist komponenti soovid parasjagu sisestada. Valikus on *Inlets and Pipelines*; *Manholes and Pipelines*; *Inlets Only*; *Manholes Only*.



Äravoolusüsteemi parameetrid

Drainage Design moodul toob sisse nii mõnegi uue komponendi *InfraWorks* tarkvarasse naug näiteks truup, valgala ning voolujooned. Need objektid omavad lisaks üldistele parameetritele ka unikaalseid omadusi. Samas on need objektid klassifitseeritud kui torustikud ning torustike liitmikud (vastavalt *pipelines* ning *pipeline connectors*).



Tööleht – Sissejuhatus *Draiange Design* moodulisse

Antud iseseisva töö eesmärk on põgusalt tutvust teha *Drainage Design* mooduli olemusega.

1) Käivita *Autodesk InfraWorks*. Vajadusel logi sisse.
2) Mudeli avamiseks kliki plussikoonil (paremas servas) ning vali *Open*.
3) Ava projekt *DD01/01 Bimsville Drainage.sqlite.*
4) Vali ettepanek: *Utility Bar > Proposal > Ex_1_1*.
5) Vali *Utility Bar > Bookmarks > Watershed 1*.
6) Pane tähele, et esiplaanil on üks valgala, mille voolujoon ületab *Bimsville Bypass* sõidutee. Antud valgala objekt loodi töövahendiga *Create Watershed*.
7) Vali valgala objekt, kuvatakse *Watershed* palett.
8) Pane tähele osasid parameetreid ning ka seda, et maksimaalne vooluhulk on leitud Q_{100} osas.

9) Vajuta ESC klahvi, et valik tühistada. Vali järjehoidja *Culvert* 1. Kuvatakse truubi üks ots, mis on lisatud *Bimsville Bypass* sõidutee alla. See on loodud töövahendiga *Add Culverts*.
10) Vali truup, kuvatakse *Culvert* palett.
11) *Analysis* sektsioonis lülita sisse *Show Analysis Results* (juhul kui see juba sees pole).
12) Vali järjehoidja *Culvert 1 Analysis*. Sulle kuvatakse nüüd truubi analüüsi tulemusi vahetult tegeliku truubi peal.
13) Vajuta *ESC* klahvi, et tühistada truubi valik. Vali järjehoidja *Pavement Drainage*. Sulle kuvatakse kaks restkaevu ning üks tavaline kaev, mis on lisatud sõiduteele. Juhul kui sul ei õnnestu maapinna alla navigeerida, siis eemalda linnuke kastist *Lock Mouse Navigation Above Ground*, mille leiad *Application Options > Navigation*.
14) Vali järjehoidja *Pavement Drainage Underground*. Nüüd vaatad torusüsteemi juba maa-alt.
15) Vali järjehoidja *Pavement Drainage*. Vali sõidutee ning tee parem klikk. Veendu, et oled redigeerimise režiimis.
16) Vali *Delete Pavement Drainage*. Kaevud ning torud antud sõidutee lõikes kustutatakse.
17) Lõpp-tulemus on näha ka ettepanekus *Ex_1_1_End*.

Äravoolusüsteemi disain ning analüüs

Praeguseks hetkeks oled põgusalt tutvunud *Drainage Design* mooduliga ja selle võimalustega. On aeg ise alustada uue disainiga ning näha eelnevalt kirjeldatud praktikas. Lisaks valgala loomisele, viid läbi ka valgala analüüsi, lisad truubi ning disainid sõiduteele äravoolusüsteemi torustiku koos kaevudega. Seejärel lased InfraWorks tarkvaral välja tuua ka projekti mahud, mis puudutab äravoolusüsteemi disaini.

Valgala olemus

Valgala on pind, millele valguv vesi liigub ühte kindlasse punkti nagu näiteks truubi sisenemispunkti, silla avasse, jõkke, ojja, tiigi või järve. Valgalal on terve rida parameetreid, mis mõjutavad kui suur osa sellele langevast sademetest äravoolupunkti jõuab. Mõistagi üks lihtsamaid, mida kirjeldada on valgala pindala. Mida suurem valgala, seda suurem vooluhulk ka ilmselt tekib, ehkki seda mõjutab omakorda ka valgala pinnase tüüp. Pinnase tüüp paneb paika, kui palju on see võimeline endasse imama (infiltratsioon). Lisaks on ka valgala kalded olulised faktorid, kuidas sellele langevad sademed edasi suunatakse. Eelnevalt oleme rääkinud ratsionaalsest arvutusmeetodist, kus siis hinnatakse valgala tüüpi äravoolukoefitsiendiga. Valgala objekti määratlemine ei pruugi alati ollagi nii lihtne, seda on ajast aega tehtud näiteks kogemuse baasil või siis püütud hinnata 3D mudeli kaudu. Viimasest lähtume ka siin kursusel. Nimelt on 3D mudeli kaudu võimalik hinnata maapinnamudeli madalamad ning kõrgemad alad ja seeläbi luua valgalade perimeetrid.

Valgala loomine

Maapinna analüüs, mis lubab hinnata valgalade perimeetreid, võib ola üsna arvutusmahukas. Kuna meie igapäeva tööarvutil ei pruugi olla võimekat arvutussuutlikkust, siis on valgalade loomine *InfraWorks* tarkvaras jäetud pilveteenuse hooleks. Esmalt valid *Create Watersheds* töövahendi. Seejärel valid disainitud sõidutee või huvipakkuva punkti väljaspool sõidutee pinda. Kui valid sõidutee, siis võid lasta analüüsida seda terves ulatuses või valida kaks punkti määramaks sõidutee regioon, mis parasjagu huvi pakub. Juhul kui valid aga lihtsalt ühe punkt, mis ei asu sõiduteel, siis võid *Enter* vajutamisega kinnitada analüüsi alguse. *Create Watersheds* töövahend avab ka vastava paleti, kus saad muuta teatud parameetreid enne kui alustad analüüsi. Kaks esimest sektsiooni märgivad lihtsalt valitud objekti info ning ka pilvekrediidi vajalikkuse määra. Neid muuta ei saa. Sektsioonis *Analysis Settings* on kaks olulist väärtust, mille tähelepanu pöörata. Esmalt *Grid Spacing* ning seejärel *Stream Threshold*.

Grid Spacing – Maapind jagatakse esmalt võrgustikuks, mille igal lahtril on ühtlane lang. Need lahtrid on arvutusvõrgustik ning valgla objekt ja voolujooned lähtuvad nende lahtrite servadest. Mida väiksemad lahtrid, seda täpsem analüüs aga seda ka arvutusmahukam on analüüs. Arvutussammu saab valida vahemikus 10 – 50 m. Seega vali see lähtuvalt projekti enda mahukusest.

Stream Threshold – Selle väärtusega määratakse võrgustiku lahtrite arv, mis defineerib voolujoone. Näiteks väärtus 50 tähendab seda, et voolujoon luuakse kuniks seal on 50 võrgu lahtrit, mille kaudu voolamine toimub. Pane tähele, et kui määrad seda parameetrit, siis vasakus servas kuvatakse pindala. Seega näiteks kui võrgustiku silm *Grid Spacing* = 10 meetrit ning *Stream Threshold = 50*, siis pindala *Area = 5000 m*^{2}. See saadakse 50 x (10x10 m). Mida väiksem väärtus, seda pikemad on voolujooned ning mida suurem väärtus, seda lühemad voolujooned. Väärtus võib olla vahemikus *50 – 150*.

Märkus: *Cloud Credits* on *Autodesk* veebiteenuste üldine termin. *Cloud Credit Required* näitab kui palju pilvekrediiti on vaja konkreetse arvutuse läbiviimiseks.

Peale eelvalikute tegemist võid vajutada *Enter* ning *InfraWorks* valmistab ette andmepaketi, mille saadab seejärel veebiteenusesse analüüsimiseks. Seejärel, lähtuvalt analüüsi tulemustest, genereeritakse mudeli valgala objektid, voolujooned ning huvipunktid, mis näitavad kus voolujooned võiksid ristuda sõiduteega või kus võiks olla väljavoolupunkt. Need komponendid on näha ka *Data Sources* paletil. Analüüsi lõppedes kuvab *InfraWorks* ka info, kui palju pilvekrediiti kasutati.

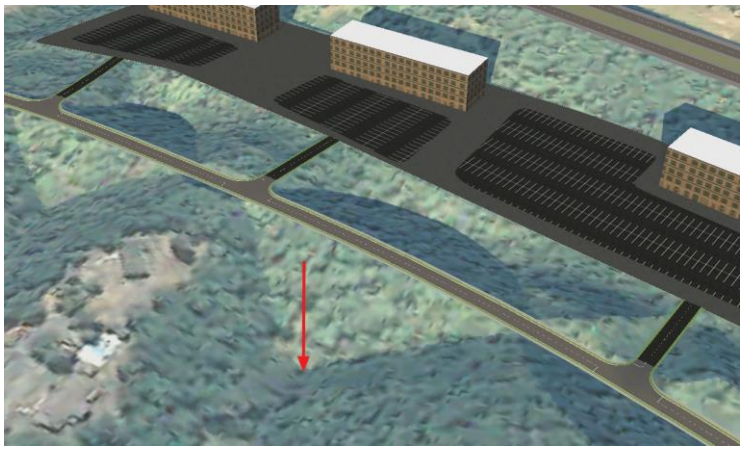
Valgala stiilid

Valgala objektidel on omaette stiil ning valikud kuvatakse *Style Palette* eraldi paanil nimetusega *Watershed*. Nende esitus on seadistatud täpselt samamoodi nagu ka üldistel ala (*coverage*) objektidel. Saad valida täitematerjali ning eraldi materjali ka välisele perimeetrile ühes laiuse parameetriga (*Outline Width*).

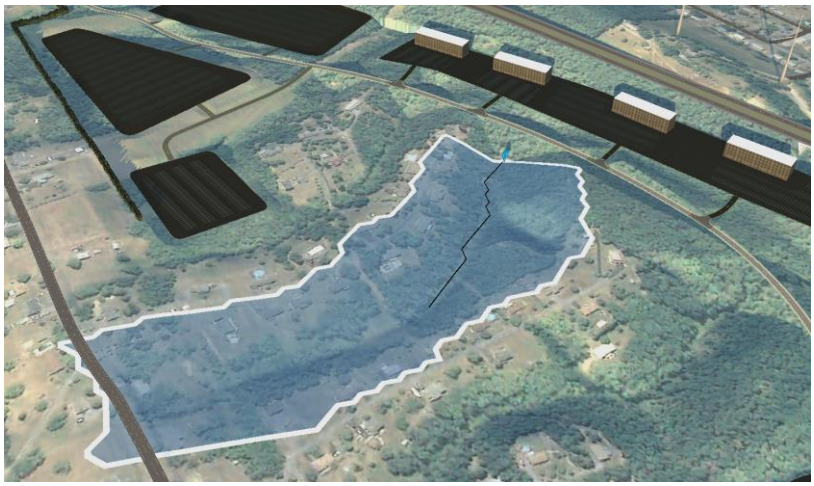
Tööleht – Huvipunktil põhineva valgala loomine

Antud iseseisva töö eesmärk on luua valgala lähtuvalt valitud huvipunktist.

1) Ava projekt *DD02/02 Bimsville Drainage.sqlite.*
2) Vali ettepanek: *Utility Bar > Proposal > Ex_2_1*.
3) Vali *Utility Bar > Bookmarks > Point Watershed.*
4) Sulle kuvatakse tööstupargi serv, kus sõidutee mulle takistab looduslikku vaba voolamist. Disainerina otsustad sa lisada sellesse punkti truubi aga esmalt on sul vaja teada saada vooluhulka, mis sellesse punkti võiks tulla. Seega esmalt loome valgala.
5) Vali *Drainage Design > Design > Create Watersheds*.
6) Kuvatakse dialoog *Create Watersheds*.
7) Kliki punktis (näidatu punase nooleotsaga), kus sõidutee mulle lõikab oru madalamat punkti. Lisatakse sinine huvipunkt.



8) Paletil *Create Watersheds* sisesta *Grid Spacing = 10 m* ning *Stream Threshold = 50*. Vajuta *Enter*.
9) Sulle kuvatakse terve rida teavitusi analüüsi läbiviimise jooksul. Arvutus ei tohiks võtta rohkem aega kui ca 1 minut. Peale arvutuse lõppemist kuvatakse valgala objekt ning voolujoon sinu mudelis.

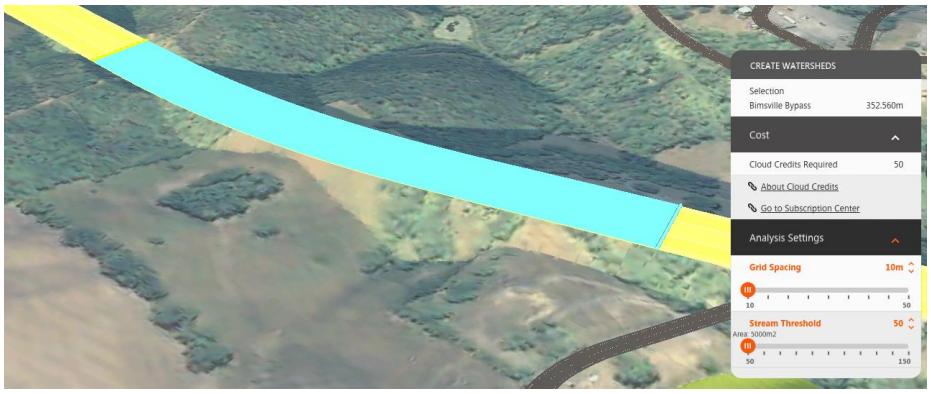


10) Valgala esitab just nimelt seda ala, millele maha sadanud vihmavesi jõuab märgitud punkti. Hilisemas näites lisame märgitud punkti truubi. Lõpptulemus on näha ka ettepanekus *Ex_2_1_End*.

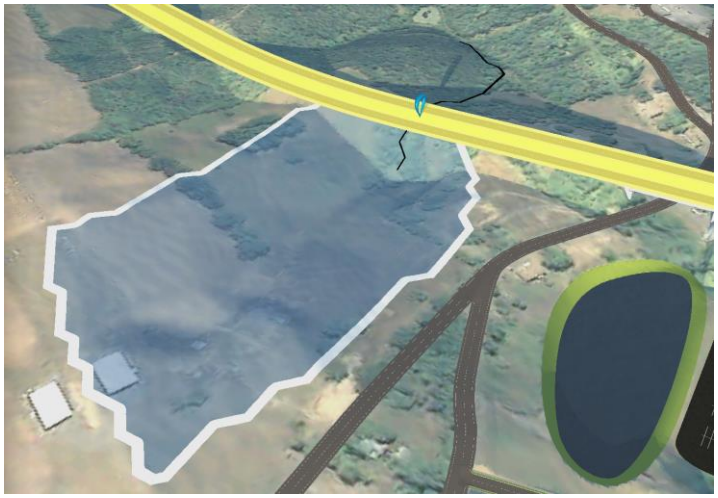
Tööleht – Sõiduteel põhineva valgala loomine

Antud iseseisva töö eesmärk on valida sõidutee regioon ning määrata selles alas väljavoolupunktid aga ka piiritleda valgalad ning luua voolujooned.

1) Ava projekt *DD02/02 Bimsville Drainage.sqlite.*
2) Vali ettepanek: *Utility Bar > Proposal > Ex_2_2*.
3) Vali *Utility Bar > Bookmarks > Road Watersheds.* Sa peaksid nägema, et osa planeeritud sõiduteest on rajatud täitele ning sestap takistavad ka võimaliku vee läbivoolu mitmest erinevast orust.
4) Vali *Drainage Design > Design > Create Watersheds*.
5) Kuvatakse *Create Watersheds* palett. Vali punkt *Bimsville Bypass* sõidutee peal. Sul palutakse valida nüüd regioon. Liikudes hiirega, kuvatakse silindriline *gizmo* objekt, mis kuvab lisainfona ka piketaaži. Kliki punktis, kus piketaaž on ligikaudu *0+850*. Seejärel palutakse valida teine piketaaž. Vali ligikaudu *1+200*.
6) *Create Watersheds* paletil sisesta *Grid Spacing = 10 m* ning *Stream Threshold = 50*.

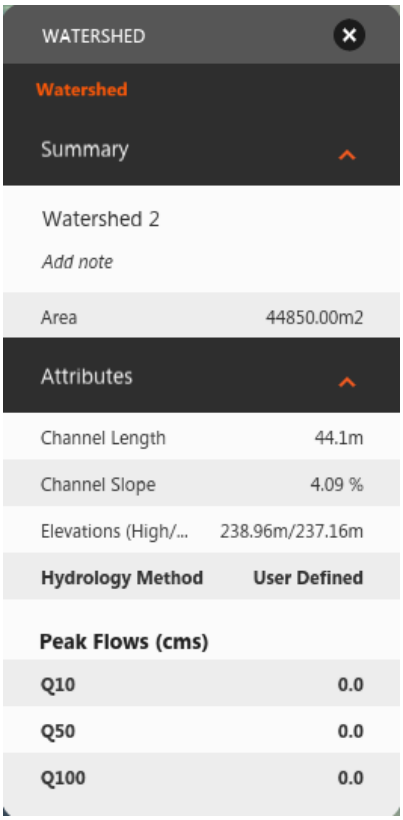


7) Vajuta *Enter*. Antud arvutus ei tohiks võtta rohkem aega kui ca 1 minut. Peale arvutust kuvatakse sulle valgala objekt ning voolujoon. Lisaks ka huvipunkt. Sind ka teavitatakse analüüsi õnnestumisest, mille võid sulgeda.
8) Vähenda joonist. Pane tähele, et sinu poolt valitud sõidutee jääb tegelikult kahe võimaliku väljavoolu punkti alasse. Samas loodi vaid üks. Teine võimalik ala ei täitnud 5000 m^2 nõuet (ülesvoolu vaadatuna), et luua voolujoone võrgustik ning sestap ka valgala.
9) Lõpp-tulemus on ka näha ettepanekus *Ex_2_2_End*.



Valgala analüüs

Peale valgala lisamist on üsna lihtne arvutada valgala maksimaalsed vooluhulgad. Selleks kasutad *Watershed* paletti.



Summary sektsioon kuvab üldise info, millest nii valgala nimetust kui kirjeldust saad redigeerida. Pindala leitakse valgala objektilt automaatselt ning seetõttu seda muuta ei saa.

Attributes sektsioon võimaldab redigeerida analüüsi ning samas kuvatakse ka arvutustulemused maksimaalsete vooluhulkade tähenduses (*peak flows*). Osad väärtused ka siin sektsioonis on automaatselt arvutatud objekti baasil ja neid ei saa muuta. Samas saad valida hüdraulilise meetodi:

Hydrology Method: User Defined – kasuta juhul kui soovid sisestada väärtused käsitsi, mille oled näiteks leidnud mõne teise tarkvara abil.

Hydrology Method: Rational – enamlevinud meetod vooluhulkade leidmiseks.

- *Runoff Coefficient* – väärtus vahemikus 0 – 1 (eelnevalt kirjeldatud).
- *Rainfall Intensity* – leitakse üsna tihti *IDF (intensity-duration-frequencyi)* kõveratelt, mis kehtivad kindla piirkonna kohta. Tegemist on väärtusega, mis esitab arvutusliku vihma intensiivsuse lähtuvalt ajaloolistest andmetest.
- *Peak Flows* – Arvutatakse vaid Q_{100} kui valitud on *Rational* meetod.

Hydrology Method: Regression – arvutab vooluhulga lähtuvalt regressiooni valemist. Need valemid on leitud kindla piirkonna kohta, et hinnata maksimaalseid vooluhulkasid. Seda meetodit saad kasutada *USA* piirkondade lõikes. Saad valida osariigi, piirkonna, arvutatakse kõik kolm maksimaalset vooluhulka.

Tööleht – Valgala analüüs

Antud iseseisva töö eesmärk on sisestada vooluhulgad käsitsi ning seejärel analüüsida valgala *Rational* ning *Regression* meetodeid kasutades.

1) Ava projekt *DD02/02 Bimsville Drainage.sqlite.*
2) Vali ettepanek: *Utility Bar > Proposal > Ex_2_3*.
3) Vali *Utility Bar > Bookmarks > Point Watershed.* Kuvatakse valgala, mis on suunatud tulevikus rajatavasse truubi alguspunkti. Oletame, et see disain on kohaliku tee piirkonnas ning seega ei ole disaini standardite järgmine nii oluline, mistõttu me sisestame ligikaudsed vooluhulgad.
4) Vali valgala, kuvatakse *Watershed* palett. Veendu, et oled redigeerimise režiimis.
5) *Attributes* sektsioonis vali *Hydrology Method = User Defined*.
6) *Peak Flows* sektsioonis sisesta: Q_{10} *= 0.28,* Q_{50} *= 0.42,* Q_{100} *= 0.57*. Need väärtused jäävad selle valgalaga seotuks. Hiljem lisame siia ka truubi, mis seob end Q_{100} väärtusega.
7) Vali järjehoidja *Road Watersheds*. Vali valgala, kuvatakse *Watershed* palett.
8) *Watershed* paletil tee järgmised muudatused:
    - *Hydrology Method = Regression*.
    - *State = West Virginia*.
    - *Region = Peak Flow Eastern Panhandle region 2010 5033*.
9) Pane tähele arvutatud vooluhulkasid.
10) *Watershed* paletil tee järgmised muudatused:
    - *Hydrology Method = Rational*.
    - *Runoff Coefficient = 0.27*.
    - *Rainfall Intensity = 203*.
11) Pane tähele arvutatud vooluhulkasid. Tulemuste võrdlemisel paneme tähele, et *Rational* meetod annab suuremad vooluhulgad kui *Regression* meetod. Siiski on hetkel soovitav kasutada just *Rational* meetodit, et arvestada lisavaruteguriga.
12) Tulemused on näha ka ettepanekus *Ex_2_3_End*.

Märkus: Tasub veelkord rõhutada, et *InfraWorks* tarkvara on töövahend viimaks läbi kontseptsioonlahendusi esitavat disaini. Arvutused on seega ligikaudsed. Detailsema disaini juures kasutad sa hoopis teisi töövahendeid, et täpsustada analüüsi tulemusi nagu näiteks *Autodesk Storm and Sanitary Analysis*, mis on kättesaadava *AutoCAD Civil 3D* kasutajatele. Samas see, mida *InfraWorks* pakub, on siiski väga oluline disaini varajases staadiumis, kuna kiire valgala analüüs annab meile juhised, kas meil on vaja planeerida sild või piisab truubist. Sedalaadi kindlus mõjutab projekti eelarvestust väga palju. Lisaks pane ka tähele, et need eelarvutused võtavad väga vähe aega, samas kui detailsema projekti juures võib hüdroloogiliste ning hüdrauliliste arvutustele kuluv aeg olla mõõdetav nädalatest kui mitte kuudes. Seega veelkord, erinevates disaini staadiumites tuleb kasutada sobivaimaid töövahendeid.

Truubi lisamine

InfraWorks tarkvaras saad truubi lisada kahte moodi. Esmalt võib *InfraWorks* selle lisada automaatselt, teise võimalusena võid seda teha käsitsi.

Automaatne truubi lisamine

InfraWorks on võimeline automaatselt lisama truubi sõiduteee ning veeala ristumise asukohta (eeldab lineaarset veeala, mitte tiiki või järve) või voolujoonele. Esialgu võib tunduda, et tegemist on väga lihtsa tegevusega, et milleks särada. Teise nurga alt vaadates aga see nii lihtne polegi või siis tulemus on väga efektiivne, sest lisatav truup järgib sõiduteed, mullet, paigutab õigele kõrgusele, lisab parameetrid. Juhul kui antud asukohas on ka valgala objekt, siis kasutab *InfraWorks* automaatselt *Q100* väärtust, et truup dimensioneerida. Lisatud truup jääb intelligentselt seotuks eelnimetatud objektidega. Kui seotud objekt peaks muutuma, siis muutub ka truup ning teostatakse uus arvutus. Ehkki me vaatame ka käsitsi truubi lisamise võimalust on automaatne lisamine siin eelistatumas olukorras ning soovitav on seda võimalust ka kasutada.

Automaatseks lisamiseks valid sa sõidutee, teed parema kliki (eelnevalt redigeerimisrežiimis) ning valid *Add Culverts*. Käsu aktiveerimisel lisab *InfraWorks* truubi mistahes voolusuuna ning veeala ristumispunktis.

Tööleht – Truubi automaatne lisamine

Antud iseseisva töö eesmärk on lasta *InfraWorks* tarkvaral luua automaatselt truup.

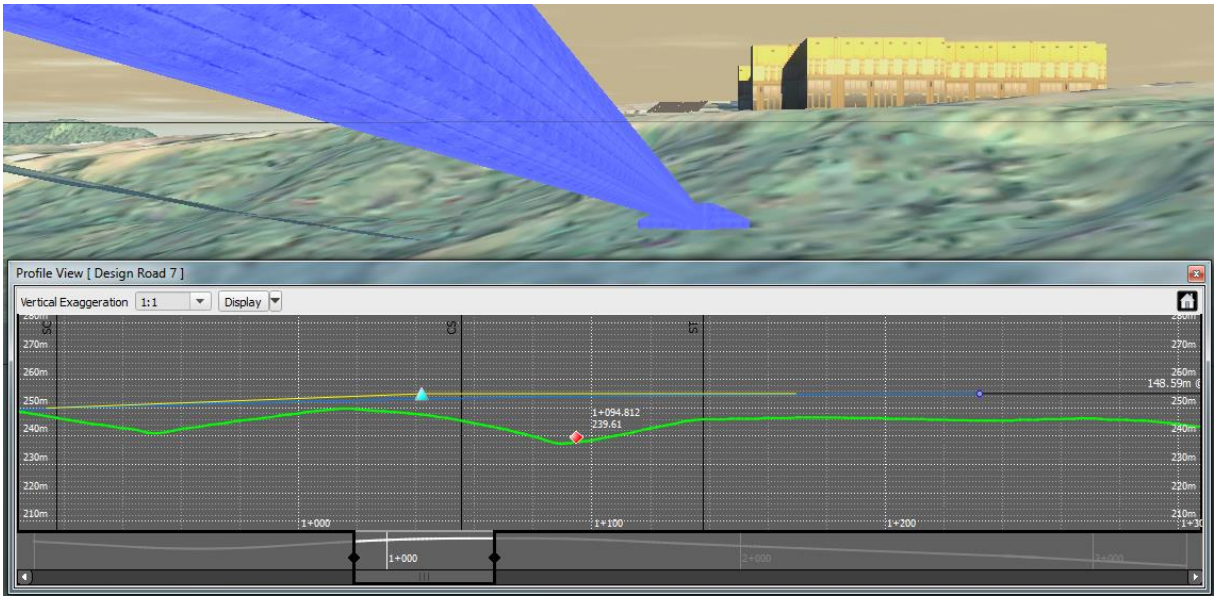
1) Ava projekt *DD02/02 Bimsville Drainage.sqlite.*
2) Vali ettepanek: *Utility Bar > Proposal > Ex_2_4*.
3) Vali *Utility Bar > Bookmarks > Road Watershed.* Selles näites on voolusuuna võrgustik on eemaldatud ning selle asemel on kasutatud *Rivers* töövahendit, et täpsustada voolusuuna kulgemist. Uus voolusuund lähtub orust ning seejärel liigub sõidutee alt läbi, väiksesse järve (lõuna-lääne suunal).
4) Vali sõidutee (veendu, et oled redigeerimisrežiimis), parem klikk ning *Add Culverts*.
5) Lisatakse uus truup, mis järgib sõidutee mullete kõrgusmärke ning nende lõikumist voolusuunaga.
6) Vali järjehoidja *Culvert Upstream*, et näha lisatud truupi lähemalt.
7) Vali uuesti järjehoidja *Culvert Underground*, et näha truupi maa alt (veendu, et tarkvaras on sul lubatud maa-alal minna, vaata *Application Options > Navigation > 3D Graphics > Lock Mouse Navigation Above Ground*).
8) Vali järjehoidja *Culvert Downstream*. Nüüd vaatad truupi teisest otsast. Pane tähele, selle hetke asukohta. Järgnevate sammude jooksul sa redigeerid sõidutee laiust, et näha truupi dünaamilist, automaatset muutumist.
9) Vali *Bimsville Bypass* sõidutee, kuvatakse *Road* palett. Paletil *Road* vali *Edit Mode = Lanes Backward*.
10) Sisesta *Lanes = 3*, pane tähele, et sõidutee laieneb. Mulle surub end lääne poole ning truubi ots läheb sellega kaasa.
11) Lõpp-tulemus on näha ka ettepanekus *Ex_2_4_End*.

Truubi lisamine käsitsi

Mõnel juhul on sul vaja lisada truup asukohta, kus ei eksisteeri veeala, voolujoont. Sellistel puhkudel saad kasutada *Culverts* töövahendit, et märkida selle alg- ning lõpppunkt. *Culvert* töövahendi leiad *Drainaga Design* > *Design*. Peale töövahendi käivitamist valid lisatava truubi kaks otspunkti. *InfraWorks* paigutab truubi põhja maapinna kõrgusmärki. Juhul kui teine otspunkt asub kõrgemalt kui esimene, siis tarkvara pöörab truubi automaatselt ringi. Peale esimese punkti valimist kuvatakse ka *Culvert* palett. Juhul kui ülesvoolu punkt on valgala väljavoolupunkti läheduses, omistatakse truubile automaatselt Q_{100} vooluhulk ning sellest väärtusest lähtuvalt ka dimensioneeritakse truup.

Truubi kuvamine profiilil

Juhul kui vaatad sõiduteed profiili vaatel, siis truup kuvatakse sinise teemandkujulise sümboliga. Klikkides sümbolil, kuvatakse truubi kõrgusmärk ning piketaaž, kus truup läbib sõidutee telgjoont. Kui teed parema kliki, saad valida *Show in* Canvas ning mudelivaade kohandatakse truubile.



Tööleht – Truubi lisamine käsitsi

Antud iseseisva töö eesmärk on lisada truup käsitsi töövahendiga *Culvert*.

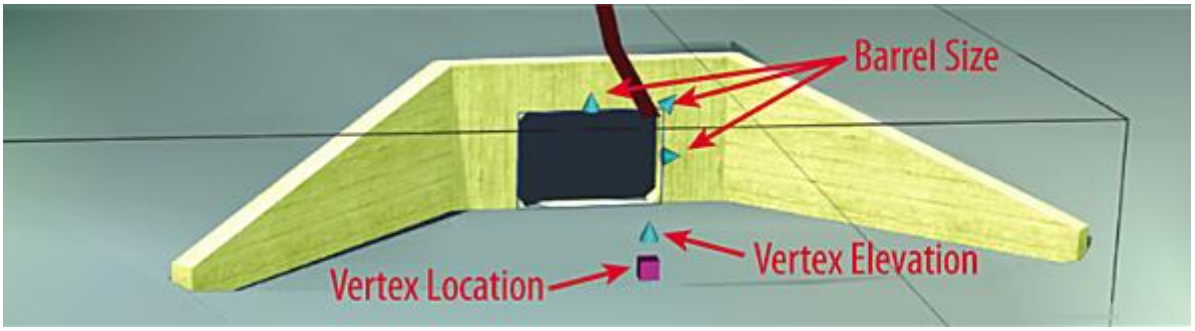
1) Ava projekt *DD02/02 Bimsville Drainage.sqlite.*
2) Vali ettepanek: *Utility Bar* > *Proposal* > *Ex_2_5*.
3) Vali *Utility Bar* > *Bookmarks* > *Culvert 2*. Selles näites on eesmärk lisada truup ülemisest sinisest märgist alumisse, lipuga tähistatud märki.
4) Vali *Drainage Design* > *Design* > *Culverts*.
5) Suurenda ülemise sinise markeri juurde ning kliki selle punkti läheduses.
6) Vähenda joonist ning suurenda nüüd alumise marketi (lipukese) juurde ning tee klikk selle jalamil. Mõne hetke pärast lisatakse truup.
7) Kustuta lipuke (alumises punktis).
8) Vali järjehoidja *Culvert 3*.
9) Vaade esitab parkimisala põhjaserva kahe oranži lipukesega.
10) Vali uuesti *Culverts* töövahend, kliki ühel, seejärel teisel oranži lipukese jalamil. Lipukesed võid seejärel kustutada (kui sa lipukesi ei näe, siis redigeeri graafika esitust). Sellega oled lisanud veel ühe truubi.
11) Lõpp-tulemus on näha ka ettepanekus *Ex_2_5_End*.

Truupide redigeerimine

Nagu iga disaini puhul, esimene variant ei pruugi jääda viimaseks või lõplikuks. Seetõttu on oluline omada ka redigeerimisvõimalust. *InfraWorks* tarkvaras saad truupe redigeerida graafiliselt ning ka läbi *Culvert* paleti.

Truupide graafiline redigeerimine

Valides truubi kuvatakse sulle sarnaselt teistele *InfraWorks* objektidele objektipunktid ehk *gizmo* objektid.



Vertex Location - saad paigutada truubi otsa (emba-kumba) teise asukohta, truup järgib maapinda.

Vertex Elevation – saad redigeerida truubi otsa kõrgusmärki. Samas kui peaksid nüüd kasutama uuesti *Vertex Location* objektipunkti, siis paigutatakse truup taas järgima maapinda. Saad ka kõrgusmärgi sisestada arvväärtusena, kuid pane tähele, et tegemist ei ole täpse truubi kõrgusmärgiga (üsna lähedal küll sellele).

Move – esitatud teljestikuna, sarnaselt teistele objektidele saad redigeerida terve truubi paigutust.

Barrel Size – saad redigeerida truubi mõõtusid. Ümarristlõikega truubi korral on vaid üks objektipunkt (diameeter), ristkülikukujulise truubi ristlõike korral aga kolm objektipunkti. Saad laiust/kõrgust redigeerida ühe kaupa või mõlemat koos. Kui muudad truubi mõõtusid, siis need haaravad nii-öelda kinni järgmisest standard mõõdust.

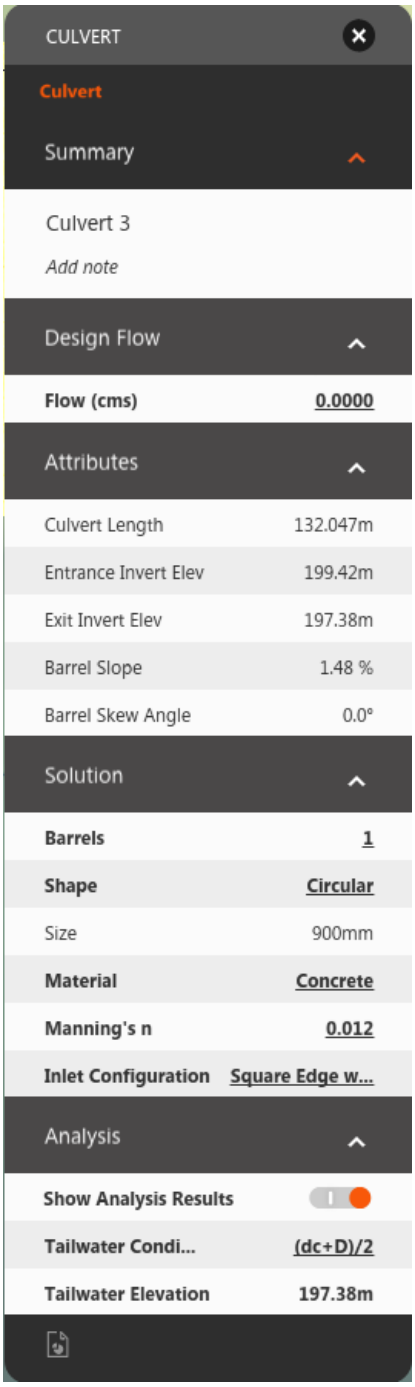
Tööleht – Truubi redigeerimine graafiliselt

Antud iseseisva töö eesmärk on redigeerida truupi graafiliselt.

1) Ava projekt *DD02/02 Bimsville Drainage.sqlite.*
2) Vali ettepanek: *Utility Bar > Proposal > Ex_2_6.*
3) Vali *Utility Bar > Bookmarks > Culvert 2 Upstream.*
4) Vali truup, et kuvada selle *gizmo* objektid. Veendu, et oled redigeerimise režiimis.
5) Vali kuubiku kujuline (lilla) *gizmo* ning tiri see sinise lipukese juurde. See lilla objektipunkt ei asetse truubitoru keskel, vaid on joondatud sisenemisstruktuuri esiserva ning truubitoru telgjoone lõikumispunkti järgi.
6) Vali järjehoidja *Culvert 2 Downstream*.
7) Vali uuesti truup, et näha selle objektipunkte.
8) Kliki *elevation gizmo* peal ning sisesta **212** uueks kõrguseks. See on mugav viis korrigeerida truubi kõrgusmärki, kuid tasub tähele panna, et see objektipunkt ei ühti täpselt truubi väljumispunkti kõrgusmärgiga.
9) Vali järjehoidja *Culvert 3 Upstream*. Vali truup, et näha selle objektipunkte. Muuda truubitoru läbimõõtu nii, et selle diameeter oleks 900 mm.
10) Mõne hetke pärast truubi konstruktsioon uueneb. Lõpp-tulemus on näha ka ettepanekus *Ex_2_6_End.*

Truubi redigeerimine läbi truubi paleti

Truupi saab redigeerida ka läbi *Culvert* paleti. See kuvatakse alati kui valid truubi. Parameetrite muutmiseks pead olema redigeerimisrežiimis.



Summary – võimaldab truubile anda nimetuse ning kirjelduse.

Design Flow – see võib kuvada parameetri *Flow* või *Watershed Flow*. Juhul kui see on *Flow*, siis saab seda väärtust muuta, kuna link valgalaga puudub. Juhul kui aga kuvatakse kui *Watershed Flow*, siis see väärtus saadakse automaatselt ning seda redigeerida siin ei saa.

Attributes – kuvatakse truubi geomeetrilised parameetrid, mida redigeerida ei saa.

Solution – siin sektsioonis redigeeritakse truubi disaini parameetreid.

- *Barrels* – määrab truubitorude arvu (täisarv).
- *Shape* – saab valida truubi ristlõike, kas *Circular* või *Box*.
- *Size* – ümarristlõikega truupide korral kuvatakse läbimõõdu, ristkülikulise ristlõikega truubi korral aga laiust ning kõrgust. Neid väärtuseid ei saa otse redigeerida. Truubi suurust redigeeritakse objektipunktide kaudu.
- *Material* – truubi materjal, kas *Concrete* või *Corrugated Metal*.
- *Manning's n* – n on truubi karedus, mida kasutatakse truubi dimensioneerimisel vooluhulga järgi.
- *Inlet Configuration* – see määrab valemi, mida kasutatakse kui vooluhulk siseneb truubi sisenemisavasse. Mõnel juhul kontrollib see ka survekõrgust ning servade konfiguratsiooni.
- Ümarristlõikega truubi korral on valikuteks näiteks: *Square Edge with Headwall, Groove End in Headwall, Groove End Projecting*. Ristkülikulise truubi korral on nimekiri pikem.

Tööleht – Truubi redigeerimine läbi *Culvert* paleti

Antud iseseisva töö eesmärk on redigeerida truupi paleti *Culvert* kaudu.

1) Ava projekt *DD02/02 Bimsville Drainage.sqlite.*
2) Vali ettepanek: *Utility Bar > Proposal > Ex_2_7*.
3) Vali *Utility Bar > Bookmarks > Culvert 2 Downstream.*
4) Pane tähele, et valgalale on rakendatud nähtamatu stiil, sestap seda hetkel ka justkui ei kuvata. Saad seda teha stiili rakendamise kaudu ning lihtne viis, kuidas objekte visualiseerimise eesmärgil peita.
5) Vali truup, et kuvada *Culvert* palett.
6) Paletil *Culvert* sisesta näiteks kirjelduse lahtrisse **Truup parkimisplatsi 4 all**.
7) Sisesta *Barrels = 3*.
8) Sisesta *Shape = Box*.
9) Vali *Inlet Configuratsion = 90deg and 15deg Wingwall Flares*.
10) Vajuta ESC klahvi, et tühistada truubi valik. Vaata truubi uut esitust teiste vaatenurkade all.
11) Lõpptulemus on näha ka ettepanekus *Ex_2_7_End*.

Truubi analüüs

Lisaks truubi paigutamisele, dimensioneerimisele ning redigeerimisele saad ka truupe analüüsida hüdraulises tähenduses. Selleks kasutad *Culvert* paleti *Analysis* sektsiooni.

Show Analysis Results – lülitab analüüsi graafilise esituse sisse/välja. Tulemuste kuvamiseks pead truubi valima. Kuvatakse nii üles-/allavoolu tingimused kui ka vooluhulk truubitoru kohta. Samas kuvatakse ka graafiline voolujoon piki truupi. Kui hiirega liigud *3D* kujundi peal, siis hiire asukohas kuvatakse truupi vahemaa vs voolusügavus.

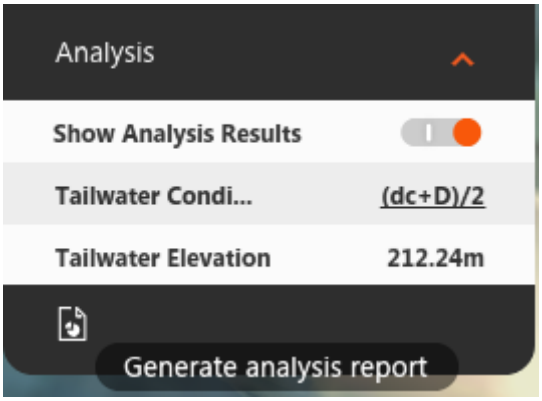
Tailwater Condition – selle sätte kaudu määratakse väljavoolu punktis veetasapinna tingimus. Valida saad:

- *(dc + D)/2* (*dc* – kriitiline sügavus, *D* – truubitoru läbimõõt)
- *Crown*
- *Critical*
- *Normal*
- *User Defined*

Valik *User Defined* võimaldab sul veetasapinna väärtuse käsitsi sisestada *Tailwater Elevation* kasti. Ülejäänud väärtused esitavad arvutusliku suuruse, mida ei saa redigeerida.

Tailwater Elevation – see on arvutuslik veetasapind truubi väljavoolupunktis (välja arvatud juhul kui tingimusena on valitud *User Defined*; tarkvara poolt on sisseehitatud minimaalne väärtus, ning kui sa sisestad väiksema, siis *InfraWorks* automaatselt suurendab selle minimaalsele väärtusele)

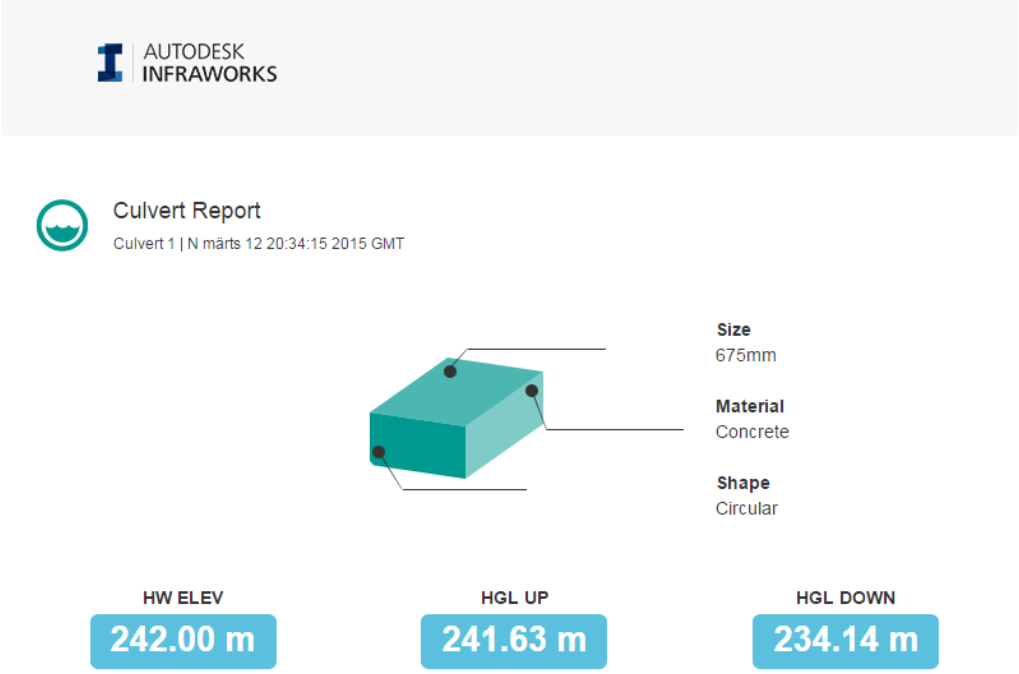
Lisaks pane paleti all vasakus nurgas tähele ühte lisanuppu, *Generate analysis report*. See loob valitud truubi kohta raporti ning avab selle brauseri aknas.



Tööleht – Truubi analüüs

Antud iseseisva töö eesmärk on analüüsida truupi ning vaadata tulemuste raportit.

1) Ava projekt *DD02/02 Bimsville Drainage.sqlite.*
2) Vali ettepanek: *Utility Bar > Proposal > Ex_2_8.*
3) Vali *Utility Bar > Bookmarks > Culvert Upstream.*
4) Vali truup, et kuvada *Culvert* palett.
5) Aktiveeri (kui veel ei ole) *Culvert > Analysis > Show Analysis Results*.
6) Vali järjehoidja *Culrvert Analysis*. Kuvatakse truubi analüüs graafiliselt.
7) Vali *Tailwater Condition = Crown*.
8) *Tailwater Elevation* väärtus uueneb, et kajastada veetasapinda toru peale, mis on *toru põhi + diameeter = 233.54 + 675/1000*.
9) Vali paleti alt vasakult *Generate analysis report*. Avatakse brauser ning kuvatakse analüüsi tulemused omaette veebilehena. Lõpp-tulemus on näha ka ettepanekus *Ex_2_8_End*.



Märkus: Taaskord on oluline rõhutada, et *InfraWorks* ning selle lisamoodulid on ennekõike mõeldud eeldisainiks (kontseptsioonlahenduste väljapakkumiseks). Ehkki insenertehnilisi eelduseid ning valemeid on rakendatud ka *InfraWorks* tarkvaras on tulemused ligikaudsed. Nende tulemuste abil on võimalik vastu võtta olulisi otsuseid projekti väga varajases staadiumis. Näiteks kui paigutad truubi sõidutee alla ning analüüsi tulemusel saad teada, et sõidutee uputab, siis on see vihje, et ilmselt truupi tuleks redigeerida või sõidutee profiili muuta või hoopis tuleb truup asendada sillaga. Tegemist ei ole kindlasti lõpliku disainlahendusega, mida võid esitada projekti koosseisu kinnitamiseks. Lisainfot truupide disaini kohta võid leida erinevatest allikatest, näiteks *Highway Design Manual – Chapter 8 – Highway Drainage*, mida järgitakse *USA*-s.

Töötamine äravoolusüsteemidega

Äravoolusüsteem koosneb restkaevudest, kaevudest ning torudest, mille ülesanne on juhtida äravool turvalisemasse asukohta. *Drainage Design* pakub rida töövahendeid, et saaksid äravoolusüsteemi sõiduteele luua.

Äravoolusüsteemist üldiselt

Äravoolusüsteemi komponendid on sarnased tavalise torussüsteemi komponentidega nagu toru ja toru ühendused, mida saad kasutada baas *InfraWorks* tarkvaras. Järgnev on aga olulisemad erinevused:

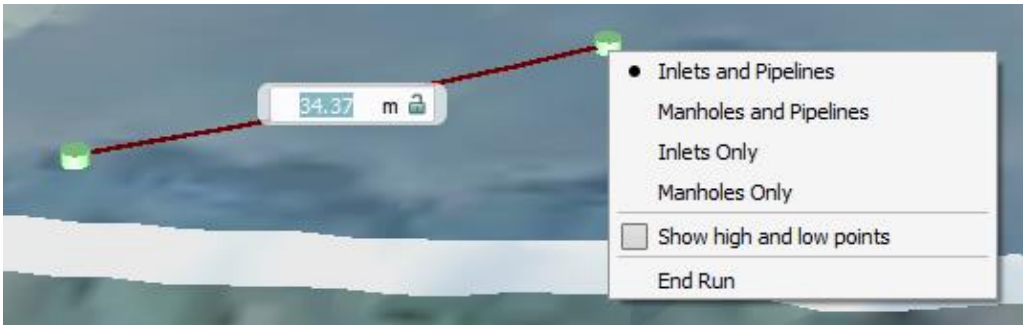
- Automaatne loomine – töövahendi *Add Pavement Drainage* abil saad äravoolusüsteemi luua automaatselt. Töövahend on leitav peale disain-sõidutee valimist ning tehes seejärel parema kliki. Sedalaadi töövahendit ei ole tavaliste torusüsteemide loomiseks baas *InfraWorks* tarkvaras.
- Sidumine sõiduteega – peale äravoolusüsteemi loomist töövahendiga *Add Pavement Drainage* jääb see selle sõiduteega seotuks ning järgib sõidutee muudatusi.
- Disaini reegleid – restkaevud, kaevu ning torud on omavahel seotud läbi üldiste tavade ning disaini reeglite. Seetõttu on sul ka märksa väiksem vajadus neid objekte redigeerida kui võrrelda tavapäraste torusüsteemidega, mis *InfraWorks* tarkvaras kättesaadavad.
- Paletid – äravoolusüsteemi komponentidel on ka omaette paletid, kus saad redigeerida nende parameetreid. Tavaliste torusüsteemide juures, mis on *InfraWorks* baastarkvaras, neid ei ole.
- Detailiküllased objektid – restkaevud ning kaevud on väga detailiküllased oma esituse mõttes (võrreldes baastarkvaras olevatega).
- Piiratud valikud – üks piiranguid, mis äravoolusüsteemi komponentide juures võib täheldada, on see, et nende välimust/geomeetriat muuta ei saa. Sul puudub võimalus rakendada standardset toru ühenduse stiili. Samas äravoolu torudele saad lisada toru stiile.
- Mahutabelid – äravoolusüsteemi komponendid loetakse kokku *Quantities* paletil.

Äravoolusüsteemi loomine

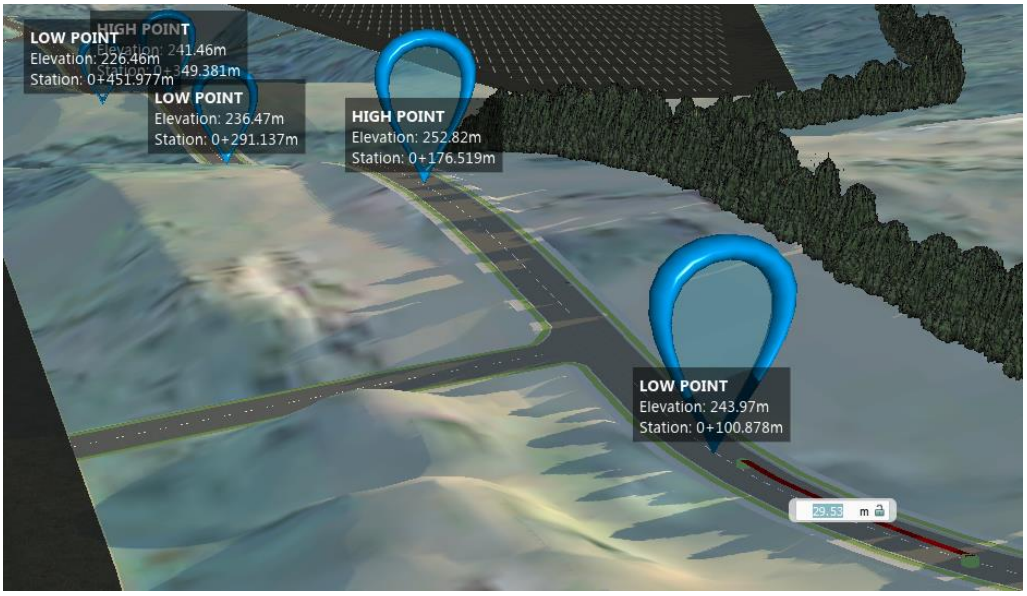
Äravoolusüsteemi saad *InfraWorks* tarkvaras luua kahte moodi: automaatselt sõiduteele ning käsitsi, kuhu iganes. Automaatseks loomiseks valid sa esmalt sõidutee, teed parema kliki ning valid *Add Pavement Drainage*. *InfraWorks* paigutab restkaevud madalamatesse punktidesse ning vahekauguse ning kaldega, mis on määratud disaini reeglites. See käsk on saadaval vaid siis kui sõidutee stiil kaasab ka äärekivi. Sarnaselt on sul võimalik olemasolevat äravoolusüsteemi kustutada, kasutad töövahendit *Delete Pavement Drainage*.

Äravoolussüsteemi käsitsi loomiseks kasutad töövahendit *Drainage Design* > *Design* > *Drainage Network*. Peale töövahendi käivitamist saad koheselt valida punktid, kuhu lisatakse restkaevud. Lisaks ühendatakse nendega automaatselt ka torud. Viimase restkaevu paigutmiseks teed topelt-kliki.

Selle töövahendi kasutamisel on parema kliki all ka teised valikud, ennekõike määravad need seda, mis tüüpi kaevu soovid lisada ning kas torud lisatakse automaatselt või mitte. Peale esimese punkti (või rohkem) valimist võid teha uuesti parema kliki ning sellisel juhul näed lisavalikuid: *Show high and low points* ning *End Run*.



Valik *Show high and low points* teeb kaevude lisamise mugavamaks, kuna ajutiselt esitatakse markereid (koos sildiga) kõikide disaini sõiduteede madalamate ning kõrgemate punktide kohta. Sa võid alati klikkida ka juba olemasoleva kaevul ning *InfraWorks* ühendab uue toru selle kaevu külge (mitte ei lisa uut kaevu) ja võid sealt jätkata disainiga.



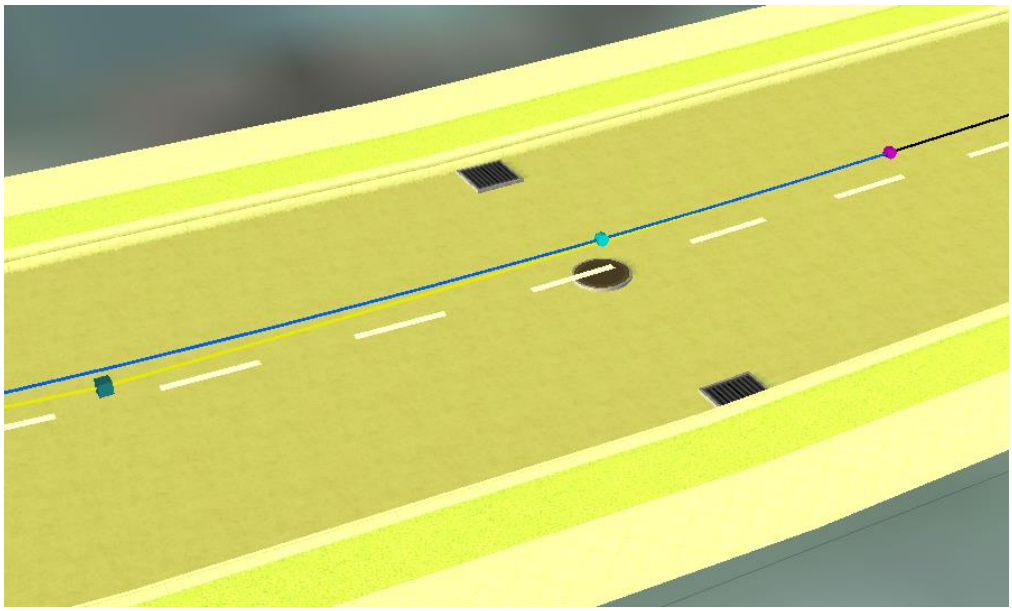
Äravoolusüsteemi redigeerimine

Äravoolusüsteemi komponente saad redigeerida sarnaselt baastarkvaras olevatele torusüsteemi komponentidele. Nende valimisel kuvatakse *gizmo* objektid. Lisaks kuvatakse ka komponentide põhised lisapaletid, kuid nende kaudu ei saa parameetreid redigeerida (välja arvatud nimetus ning kirjeldus). *Properties* palett on sarnane taas tavapärastele torusüsteemi komponentide lõikes kuvatavale, kuid *Manual Style* ning *Rule Style* ei ole redigeeritavad restkaevu ning kaevu juures, kuna nende stiile ei saa muta.

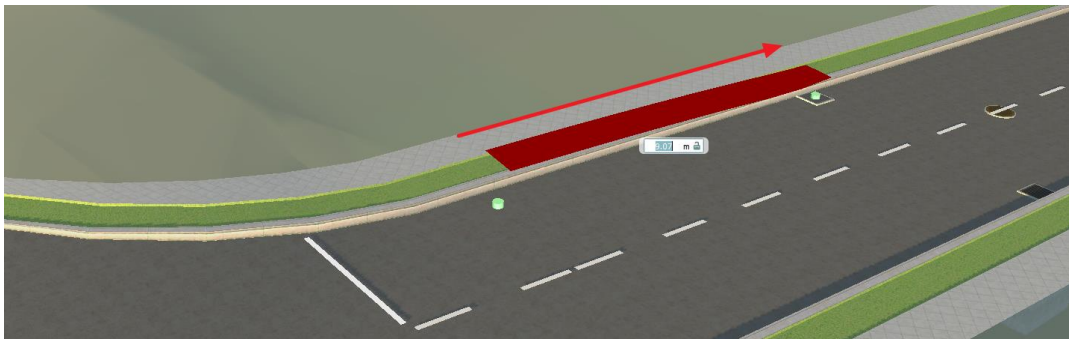
Tööleht – Töötamine äravoolusüsteemiga

Antud iseseisva töö eesmärk on kasutada automaatseid ning käsitsi lisamise äravoolusüsteemi töövahendeid.

1) Ava projekt *DD02/02 Bimsville Drainage.sqlite.*
2) Vali ettepanek: *Utility Bar > Proposal > Ex_2_9.*
3) Vali *Utility Bar > Bookmarks > Drainage Network.* Sulle kuvatakse mõned tööstuspargi sõiduteed. Sõidutee, millega tööle asud, suundub idapoole ning lõpeb vaate vasakus servas olevas parkimisplatsis.
4) Vali sõidutee, parem klikk ning vali *Add Pavement Drainage*. Juhul kui valikuid ei kuvata, siis veendu, et oled sõidutee redigeerimise režiimis ning *Road* paletil oleks *Edit Mode = Geometry*. Luuakse terve rida restkaevusid, kaeve ning torusid piki sõiduteed.
5) Vali järjehoidja *Low Point*. Vali uuesti sõidutee (kui see ei ole endiselt valitud).
6) Pane tähele, et restkaevud on automaatselt paigutatud madalamatesse punktidesse, millele viitavad ka helesinised silindrilised *gizmo* objektid.



7) Vali järjehoidja *Edit Drainage*. Sa jälgid parkla sõidutee ristumist sõiduteega. Mõistlik oleks luua katkestus, et saaks parkla äravoolu juhtida eelnevalt loodud süsteemi.
8) Vali *Drainage Design > Design > Drainage Network*.
9) Vali punkt piki äärekivi serva alumiselt pöördelt, seejärel kliki olemasoleval restkaevul.



10) Parem klikk ning vali kastike *Show High and Low Points*, pane tähele markereid ning silte, mis kuvatakse. Sa küll ei kasuta neid hetkel, seega on see info informatiivse iseloomuga.
11) Parem klikk ning vali *End Run*. Käsk lõpetatakse ning uus restkaev kuvatakse sõiduteel.
12) Suurenda uue restkaevu lähedusse ning kasutades *gizmo* objekte, pööra seda äärekivi järgi ning redigeeri selle kõrgusmärki, et see ühtiks sõidutee katendiga.
13) Vaata uut äravoolusüsteemi ka maa-alt ning pane tähele, kuidas süsteem on omavahel ühendatud. Vali järjehoidja *Drainage Network Underground*. Tarkvara on automaatselt lisanud sügavused ning kalded, lähtudes disaini tavadest.
14) Vali *Drainage Design* > *Analyze* > *Quantities*. Kuvatakse kokkuvõte äravoolusüsteemi komponentide kohta. Truupide rida on null, kuna neid hetkel ei ole.

15) Vali järjehoidja *Main Industrial Park Road*.
16) *Quantities* palett on endiselt avatud, vali pikem sõidutee, mis suundub põhjast lõunasse. *Quantities* paleti sisu uueneb, mis kuvab nüüd valitud sõiduteega seotud info. Nüüd kuvatakse ka info truupide kohta ning ka äravoolukomponente tervikuna on siin rohkem.
17) Lõpp-tulemus on näha ka ettepanekul *Ex_2_9_End*.